

Управление обратной стороной водного цикла :

превращая сточные воды в ценный ресурс

Акиса Бахри

Глобальное Водное партнерство



Глобальное Водное Партнерство (GWP), основанное в 1996 году, является международной сетевой структурой, открытой для всех организаций, занимающихся управлением водными ресурсами, среди которых: правительственные ведомства развитых и развивающихся стран, учреждения ООН, двухсторонние и многосторонние банки развития, профессиональные общества, научно-исследовательские институты, неправительственные организации и частный сектор. GWP была образована с целью создания благоприятных условий для интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР), обеспечивающего скоординированное развитие и управление водными, земельными и связанными с ними ресурсами, максимизирующими экономические и социальные выгоды без ущерба для устойчивости жизненно важных экосистем.

GWP способствует внедрению ИУВР, создавая условия для свободного обсуждения на глобальном, региональном и национальном уровнях и обеспечивая поддержку заинтересованным организациям в практической реализации принципов ИУВР. Руководство GWP осуществляется Техническим комитетом, состоящим из группы международно-признанных практиков и ученых, специализирующихся в различных областях управления водными ресурсами. Настоящий комитет, члены которого представляют различные регионы мира, обеспечивает техническую помощь и рекомендации другим управляющим структурам и GWP в целом. Технический комитет занимается разработкой аналитической структуры водохозяйственного сектора и предлагает мероприятия, которые будут способствовать устойчивому управлению водными ресурсами. Технический комитет осуществляет связи с его региональными отделениями по всему миру, способствуя внедрению принципов ИУВР в региональном и национальном масштабе. Руководители регионов участвуют в работе Технического комитета.

Адаптация и выполнение требований ИУВР во всем мире, изменяющих характер производственных отношений, осуществляются международным водохозяйственным сообществом, особенно в отношении инвестиций. Чтобы осуществить изменения такого характера и масштаба, требуются инновационные подходы для решения глобальных, региональных и концептуальных задач и выполнения программ внедрения принципов ИУВР.

Данная серия, опубликованная секретариатом GWP в Стокгольме, подготовлена для распространения статей, написанных по поручению Технического комитета и освещающих концептуальные аспекты. Такие вопросы, как понятия и определения ИУВР, водные ресурсы для продовольственной безопасности, партнерство государственного и частного секторов экономики, вода как экономический товар и ряд других проблем освещены в этих публикациях.

***По инициативе GWP Центральной Азии и Кавказа,
настоящая публикация переведена на русский язык
к.т.н. Н. И. Горошковым под редакцией В.И. Соколова.***

**Управление обратной стороной
водного цикла :**

превращая сточные воды в ценный ресурс

Акиса Бахри

Использование данной публикации для перепродажи или других коммерческих целей без предварительного письменного разрешения Глобального Водного Партнерства (GWP) запрещено. Фрагменты данного текста могут воспроизводиться при разрешении и соответствующей ссылке на Глобальное Водное Партнерство. Результаты, их интерпретация и выводы, представленные в данной публикации, являются ответственностью автора и могут не совпадать с официальным мнением технического комитета Глобального Водного Партнерства.

© Секретариат GWP– Центральная Азия и Кавказ /Офис IWMI
Узбекистан, 700000, Ташкент, Главпочтамт, п/я 4564
ул. Муртазаева, 6, апартаменты 123
Тел/Факс: +998-71-2652555; +998-71-2370445
E-mail: vadim@icwc-aral.uz; i.babaev@cgjar.org
Web-site: www.gwpcacena.net

ПРЕАМБУЛА

Видение Глобального Водного Партнерства представляет картину более безопасного с позиций обеспеченности водными ресурсами мира, жители которого защищены от наводнений, засух и заболеваний, передающихся через воду, и где эффективно решаются вопросы охраны окружающей среды. Его миссия заключается в поддержке устойчивого развития и управления водными ресурсами на всех уровнях. В начале 2009 года, ГВП приступил к исполнению своей новой стратегии (2009-2013 гг.), которая охватывает также период до 2015 года (установленный срок достижения Целей Развития Тысячелетия), и четко формулирует направления, которыми будет следовать ГВП при реализации своего видения и миссии в предстоящие годы.

Реализуя свою новую стратегию, Партнерство ведет активный поиск ответов на критические вызовы водной безопасности. Одним из таких вызовов является растущая урбанизация. К 2025 году шестьдесят процентов населения планеты будет жить в городах. Поэтому весьма актуальным является совершенствование системы управления городским водоснабжением и сточными водами. Необходимо рассмотреть не только воздействия на водные ресурсы по всей территории бассейнов и в границах водоносных формаций, но также взаимное влияние городов и сельских территорий, в плане передвижения потоков воды и питательных веществ. ГВП считает, что развитие экологически безопасных систем при комплексном подходе и рассмотрении всего водного цикла, включая подачу и использование воды, а затем сбор, очистку и повторное использование сточных вод и отстоя, является наилучшим ответом на критические вызовы.

Исходя из этих позиций, публикация «Управление другой стороной водного цикла» фокусируется на управлении всем циклом водоснабжения/утилизации сточных вод в рамках интегрированного подхода, описывая то, что необходимо предпринять, чтобы провести в жизнь идеи интегрированного управления водными ресурсами. Рассматриваются варианты ликвидации разрыва между управлением городскими стоками и окружающими водосборами, основываясь на интегрированном подходе к управлению водными ресурсами. Особое внимание уделено всему спектру технических, социальных, управленческих, институциональных, экономических и политических аспектов. Публикация «Управление другой стороной водного цикла» представляет собой важный вклад в вестующиеся дискуссии по управлению водой «после использования», являющегося частью водного цикла.

Поэтому мы рассматриваем эту публикацию как составную часть наших усилий по достижению стратегических целей ГВП в период с 2009 по 2013 гг. Завершающийся Международный год санитарии предшествует 5-му Всемирному Водному Форуму в Стамбуле, который также следует рассматривать исключительно своевременным. Я благодарен Акисе Бахри за её руководство подготовкой публикации «Управление другой стороной водного цикла». Я также благодарен членам расширенной группы ГВП по ИУВР и санитарии – Хартмуту Брюэхль, Михаэлю Скоуллосу, Бьёрну Гутерстау и Алану Холлу, которые помогли Акисе в подготовке этой публикации. Особая благодарность членам Технического комитета ГВП, которые также помогали написанию данной статьи с самого начала и обогатили её своими идеями, а также ценными комментариями в ходе интенсивного обсуждения чернового варианта. Я уверен, что эта публикация положит хорошее начало усилиям ГВП по поиску и пропаганде адекватных решений серьезных проблем водной безопасности, вызываемых растущей урбанизацией.

Роберто Лентон

*Председатель Технического Комитета
Глобального Водного Партнерства*

Январь 2009 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Преамбула	3
1.	Введение	5
2.	Незавершенное дело	7
3.	Улучшение санитарных условий	8
3.1.	Ранний этап развития санитарии	8
3.2.	Значение термина «санитария»	11
3.3.	Урбанизация и проблемы улучшения санитарных условий	12
3.4.	Водоснабжение и санитария, и Цели Развития Тысячелетия	13
3.4.1.	Канализация мегаполисов и крупных городских образований	15
3.4.2.	Канализационные системы в пригородах и небольших поселках	17
3.4.3.	Канализационные системы в прибрежных зонах и на островах	17
3.4.4.	Последствия неадекватных систем водоснабжения и санитарии	17
4.	Очистка и повторное использование воды	19
4.1.	Повторное использование сточных вод при орошении и развитии аквакультуры	19
4.2.	Повторное использование воды для других целей	30
4.3.	Повторное использование сточных вод на островах	32
5.	Устойчивый подход к водоснабжению, санитарии и повторному использованию воды	34
5.1.	Смена системы взглядов и понятий	34
5.2.	Вызовы и путь вперед	40
5.2.1.	Планирование, управление и общественные институты	40
5.2.2.	Технические аспекты	41
5.2.3.	Экономика водоснабжения, санитарии и повторного использования сточных вод	42
5.2.4.	Переосмысливание вопросов финансирования для санитарии и повторного использования сточных вод	44
5.2.5.	Стратегии и организации, связанные с повторным использованием воды	49
6.	Выводы	55
7.	Десять ключевых рекомендаций	57
	Список использованной литературы	60

1. Введение

С точки зрения охраны природных ресурсов, города и поселки могут рассматриваться как объекты, превращающие такие ценные ресурсы, как вода и продукты питания, в смесь воды с питательными элементами и органическими веществами, в обиходе известную как сточные/канализационные воды, с определенным содержанием фекалий. В развивающихся странах, почти во всех городах, сточные воды сбрасывают в водоприемники без какой-либо очистки. Подсчитано, что около 90% городских территорий на нашей планете не имеют соответствующей санитарной инфраструктуры. В современных городах образуются небольшие реки из сточных вод, которые сбрасываются в моря или другие водоприемники. Неочищенные сточные воды создают угрозу здоровью населения и загрязнения источников воды, расположенных ниже по течению, и подземных вод, угрожая водным экосистемам. Обычным делом является неконтролируемое и прямое повторное использование сточных вод. Часто беднейшие слои городского и сельского населения используют их для выращивания овощей и других продуктов питания, обеспечивая себе средства к существованию. Такая практика создает риски их собственному здоровью, здоровью потребителей их продукции и приводит к загрязнению окружающей среды в целом. Иногда, эти «реки» сточных вод очищаются, с целью защиты окружающей среды от тотального загрязнения. Однако, лишь в отдельных случаях, концепция управления ресурсами находит свое применение при планировании и проектировании сооружений по очистке муниципальных и промышленных стоков.

В настоящее время деградация пресноводных и морских экосистем усиливается из-за таких последствий изменения климата, как засухи и наводнения. Эти угрожающие воздействия вызывают необходимость пересмотра проектных решений в отношении систем водоснабжения и канализации урбанизированных территорий, с целью удовлетворения критериев устойчивости развития, то есть, другими словами, планирование утилизации сточных вод должно безопасным образом сочетаться с общим управлением водных ресурсов и охраной экосистем. Всемирная комиссия по финансированию водохозяйственной инфраструктуры пришла к выводу, что большую часть из 100 миллиардов долларов США, которые дополнительно ежегодно выделяются, следует направить в сектор очистки сточных вод (Отчет Камдессю, Винпенни, 2003 г.).

Планирование, проектирование и управление инвестициями в создание инфраструктуры водоснабжения, санитарии и управления водными ресурсами традиционно разобщены и соответствуют различным временным периодам. При создании дружественных для окружающей среды систем, которые учитывают весь цикл использования и утилизации водных ресурсов (подача воды, отвод сточных вод, сбор твердых отходов, очистка и повторное использование), необходим комплексный подход, при участии в процессе принятия решений широкого круга заинтересованных сторон, а также преодоление межведомственных барьеров и различного отношения к городскими и сельскими территориями.

Однако несколько ключевых и взаимосвязанных вопросов следует рассмотреть в первую очередь, а именно: какие барьеры должны быть устранены для создания условий для достижения целей водоснабжения и санитарии в сельской местности, городах и на пригородных территориях? Как наилучшим образом применить известные технологии при решении вопросов развития? Как сделать управление сточными водами эффективным, улучшение санитарных условий доступным по средствам, а повторное использование сточных вод безопасным? Смогут ли города в развивающихся странах справиться с требованиями развития инфраструктуры, чтобы одновременно обеспечить:

i) необходимые объемы водоподачи; ii) необходимую пропускную способность канализационных систем для растущего городского населения; iii) очистку и повторное использование муниципальных стоков безопасным и эффективным способом; iv) охрану здоровья населения и защиту городской и пригородной окружающей среды? Поможет ли увязка управления сточными водами и экскреты с повторным использованием стоков решить вопросы достижения целей развития тысячелетия, наряду с целями обеспечения продовольственной безопасности? Какие институциональные структуры приемлемы для улучшения санитарных условий и повторного использования сточных вод на этих территориях? Каким образом можно создать крепкий экономический и экологический фундамент для улучшения санитарных условий, превратив отходы и сточные воды в полезные ресурсы? Как сделать финансирование мероприятий по очистке и повторному использованию сточных вод ключевым элементом надежной будущей стратегии водоснабжения? Можно ли найти устойчивое решение с помощью подключения к обсуждению проблемы практиков, ученых, политических деятелей и представителей местных общин?

В настоящей публикации рассматриваются различные варианты создания замкнутого контура управления городскими стоками и окружающими их водосборными территориями в контексте интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР)¹. Приводится обзор проблем, с которыми можно столкнуться при улучшении санитарных условий, связанных с ними вопросов развития и управления, а также предпринимается попытка ответить на вышеприведенные вопросы. Несколько примеров было использовано для демонстрации различных подходов к *«управлению обратной стороной водного цикла»*.

¹ИУВР определяется Глобальным Водным Партнерством (2000 г.) как «процесс, который способствует скоординированному развитию и управлению водными, земельными и связанными с ними ресурсами с целью максимального повышения уровня материального и социального благополучия на равноправной основе и без компромиссов в отношении устойчивого развития жизненно важных экосистем».

2. Незавершенное дело

Обеспечение неразрывности водного цикла, как единого целого, и принцип интегрированного управления водными ресурсами влекут за собой поиск ресурсов для развития всех компонентов водохозяйственной отрасли. Объявление 2008-й года международным годом улучшения санитарных условий (МГС) способствовало выдвиганию вопросов санитарии в международную повестку дня и создало возможность для выявления барьеров на пути к достижению ЦРТ в сфере улучшения санитарных условий для жизни населения и разработки реалистичной стратегии их устранения (Wright, 2007г.).

Основной акцент МГС и крайне амбициозных Целей Развития Тысячелетия (ЦРТ) сделан, прежде всего, на беднейших слоях населения, рассмотрением нужд которого долгое время пренебрегали. В данной публикации описывается поиск новых и осуществимых решений, в соответствии с повесткой дня МГС/ЦРТ.

Сточные/канализационные воды одновременно являются и проблемой, и ресурсом, имеющим большое воздействие на жизнь бедных сообществ. Достижение ЦРТ в области водоснабжения и санитарии усиливают неотложность и необходимость поиска следующего грандиозного решения – безопасное управление и приносящая выгоды эксплуатация сточных вод. Бедные сообщества испытывают в наибольшей степени тяжесть текущей ситуации и станут основными бенефициариями данной инициативы.

Начиная с МГС, и за рубежом 2015 года, намеченного в ЦРТ, необходимо срочно направить все международные усилия и изобретательность на мобилизацию необходимых ресурсов - технологических, созидательных, социальных и финансовых - для «низовой части» водного цикла – сбор и очистка сточных вод, а также повторное использование очищенных стоков и их побочных продуктов. Если не заниматься проблемой сточных вод, то существует опасность, что потенциальные выгоды для поддержания здоровья населения, а также другие выгоды от инвестиций, выделяемых для достижения ЦРТ, будут сведены к нулю, из-за загрязнения окружающей среды, которое обязательно произойдет. Определенное время потребуется, чтобы внедрить новую структуру, и вполне своевременно в качестве предварительных шагов, которые необходимо предпринять сейчас, внести её в политическую повестку дня для периода за рубежом 2015 года, когда новые глобальные политические приоритеты должны будут снова согласовываться.

Необходимость управления сточными водами подкрепляется несколькими серьезными аргументами:

Обеспечение благополучия нескольких миллиардов человек, чье здоровье, достоинство и коммунальные удобства подрываются нищетой и рисками текущих условий.

Спасение среды обитания людей и природы, которые уничтожаются в результате их загрязнения.

Необходимость начать использование значительных ресурсов, которые можно извлечь из сточных вод, а именно, питательные вещества и воду, в её чистом виде для поддержания средств существования и экосистем.

В равной степени это необходимо по экономическим причинам, так как за неадекватное управление сточными водами приходится платить большую цену, и оно действует как тормоз для дальнейшего развития.

И, наконец, нарастающий дефицит воды, ожидаемый вследствие роста населения, урбанизации и изменений климата существенно повышает значение повторного использования воды, которое вполне реально.

3. Улучшение санитарных условий

3.1. Ранний этап развития санитарии

История улучшения санитарных условий восходит к древним временам (Соорег, 2001 г.). В древних поселениях Месопотамии (3500-2500 до нашей эры), некоторые дома уже были подключены к системе ливнеотводов. В Вавилоне туалеты были соединены с вертикальными колодцами диаметром 450 мм, вкапываемыми в грунт. В древнем городе Мохенжо-Даро в долине Инда, Пакистан, в период с 2500 до 1500 годов до нашей эры, многие дома имели канализацию, которая была подключена к закрытым канализационным системам. Некоторые уборные и выгребные ямы были соединены с системами сбора сточных вод, устроенных вдоль улиц.

Во дворце царя Миноса в столичном городе Кносос на острове Крит, к 1700 году до нашей эры, были построены четыре отдельные канализационные системы, которые отводили сточные воды по трубопроводам, смонтированных из гончарных труб. Древнейший известный нам туалет со смывным устройством, бак с водой расположенный на крыше, был во дворце царя Миноса и был вновь введен в обиход спустя 3000 лет. В Греции, с 300 года до нашей эры и до 500 года нашей эры, сточные воды из общественных туалетов отводились в канализационные системы, по которым сточные и ливневые воды направлялись в водоприемный бассейн, расположенный за чертой города. Облицованные кирпичом водоводы транспортировали сточные воды на плантации, где ими орошались и удобрялись посевы сельскохозяйственных культур и фруктовые сады. Около 600 года до нашей эры римляне построили «*Cloaxa Maxima*», централизованную канализационную систему. Эта облицованная кирпичом подземная канализация состояла из семи веток - по одной для каждого холма - и богатые горожане должны были платить за подключение к канализации. Эти канализационные системы использовались также для отвода с улиц ливневых вод. Моча собиралась в общественных писсуарах и продавалась красильщикам, дубильщикам и торговцам. Тот, кто не мог позволить себе подключиться к канализационной системе, использовал ночные горшки в комнатах, которые опорожнялись в общественные выгребные ямы. Выгребные ямы ежедневно очищались оплачиваемыми городом рабочими, а их содержимое использовалось как удобрение. Клоасина была римской богиней канализации и отвечала за сохранность и гигиеническое состояние общественных канализационных систем. В Раннее Средневековье (Темные века), санитарная практика пришла в состояние упадка. Впервые в Париже закрытая канализация была построена в районе Монмартра в 1370 году, по которой сточные воды из Лувра сбрасывались в реку Сена. В 16-ом веке разразилась эпидемия чумы, опустошавшая города Европы, и король Франциск I приказал в 1539 году всем владельцам недвижимости строить выгребные ямы для сбора сточных вод. Первый ватерклозет был спроектирован в 1596 году, и первая химическая обработка сточных вод (использование извести в Париже) зарегистрирована в 18-ом веке.

Эпидемии холеры и тифа приносили большие несчастья: они свирепствовали в Париже, Лондоне, Гамбурге и других европейских городах, убивая тысячи людей, в период между 1830 и 1850 годами. Британские и европейские

инженеры исследовали технические решения, применявшиеся для отвода сточных вод по канализационным системам, построенным древними цивилизациями, такими как греческая, минойская и римская и применили давно забытую стратегию «решением проблемы загрязнения является растворение». Водоотводящие системы, первоначально проектируемые для отвода ливневых вод, стали использоваться комбинированным способом. В связи с быстрым развитием городов, первой системой очистки сточных вод, примененной в крупных масштабах в середине 19-го века, была наземная обработка. Первый септический резервуар был запатентован в 1895 году. Биологическая очистка сточных вод (активный ил) была разработана в конце 19-го века. Совершенствование процесса очистки сточных вод шло на протяжении всего 20-го века, в основном, фокусируясь на охране окружающей среды и на удалении органического вещества, а затем и питательных веществ, с целью защиты экологически ранимых водоемов и, в конце концов, на дезинфекции.

Концепции переработки отходов для повторного использования и управления ресурсами были использованы на заре индустриальной Европы. В Германии канализационные системы, построенные в городах в течение 19-го и 20-го веков, во многих случаях представляли собой системы прудов и полей для прямой переработки сточных вод с помощью специально разработанных схем сельскохозяйственного производства и аквакультуры (Prein, 1990 г.). В Датской столице Копенгагене, в начале 20-го века, за счет новых инвестиций, традиционную сухую систему утилизации сточных вод, увязывающую сельское хозяйство с городом, вскоре заменили канализационной системой, сбрасывавшей в течение десятилетий неочищенный сток в Балтийское море (Wrisberg, 1996 г.).

В таблице 1 подытожены различные подходы к улучшению санитарных условий – управлению отходами, адаптированные для своего времени и согласно масштабам обслуживаемой площади.

Таблица 1. Сводка различных подходов управлению отходами, типичными для своего времени и масштабов работ (Czemiel-Berndtsson, 2004 г.).

Подход	Типично для	Цель	Система требует	Примеры
Без отходов	Сельских сообществ Старой практики	Производство продуктов Охрана водных ресурсов	Необходимых площадей Затрат труда	Сухая санитария Использование удобрения в сельском хозяйстве Аквакультура на сточных водах
С отходами	Городских сообществ Современных этапов	Охрана здоровья	Воды для транспорта отходов Энергии для работы системы	Традиционная система утилизации сточных вод
Повторное использование	Современных подходов на сельских и городских территориях	Сохранение ресурса Охрана окружающей среды	Энергии Затрат труда Необходимых площадей	Управление в источнике (моча и фекалии, «серые воды», ливневые воды) Очистка в месте сброса

3.2. Значение термина «санитария»

Следует прийти к консенсусу относительно термина «санитария», и почему подходы ИУВР необходимы для решения проблем улучшения санитарных условий. Некоторые агентства ООН, Совет по сотрудничеству в области водоснабжения и санитарии (ССОВС), Программа совместного мониторинга ЮНИСЕФ, Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и ряд других организаций предложили различные формулировки для терминов «санитария», «базовая санитария», «улучшенная санитария» и «экологическая санитария». Формулировка принятая Рабочей группой ЦРТ следующая: «Санитария это доступ и возможность использования инфраструктуры и услуг по утилизации сточных вод и фекалий, которые обеспечивают интимность и достоинство, гарантируя чистую и безопасную среду обитания для всех людей [как в собственном доме, так и в непосредственной близости от расположения пользователя] (CONRE и другие, 2008 г.)». Ключевые аспекты санитарии:

1. обеспечение гигиены;
2. утилизация испражнений, охватывая сбор, транспортировку (включая канализационные сети), очистку и захоронение или повторное использование экскрементов людей;
3. удаление сточных вод, твердых отходов и ливневых вод.

В данной публикации мы будем ссылаться на различные компоненты санитарии, которые согласно проработкам Стокгольмского международного водного института (SIWI, 2005 г.) включают:

безопасный сбор, хранение, обработку и захоронение/повторное использование экскрементов людей (фекалии и моча);
управление/переработка для повторного использования твердых отходов;
отвод и утилизация/переработка для повторного использования бытовых сточных вод (так называемые «серые воды»);
сбор, очистка, и сброс/повторное использование очищенных сточных вод;
отвод и управление ливневыми водами;
сбор и управление промышленными отходами;
управление опасными высокотоксичными отходами;
гигиена и изменение поведения, с акцентом на утилизации экскрементов людей и очищенных сточных вод.

Сразу невозможно решить все проблемы санитарии. Их решение требует поэтапного подхода. Согласно Райту (Wright, 2007 г.), существует потребность в дифференциации препятствий на пути к достижению целей санитарии, с которыми сталкиваются различные типы поселений: сельские общины, мегаполисы и крупные урбанизированные территории и трущобы. Сельские общины сталкиваются с проблемами нехватки средств и имеют трудности с доступом. Сельские общины, районы трущоб и территории склонные к нищете страдают от плохого использования управленческого подхода, ориентированного на бедных. В мегаполисах и на крупных урбанизированных территориях обычно используется централизованный подход к планированию и оказанию услуг.

Здоровье людей, экономические, социальные и экологические выгоды являются наиболее важными результатами улучшения санитарных условий. Поэтому санитарии следует рассматривать как право людей и их ответственность. Люди, составляющие сообщество, имеют право на безопасную и чистую среду обитания. В тоже время, каждый член сообщества несет ответственность перед своим сообществом, гарантируя, что его отходы не влияют негативно на условия среды проживания. Такой подход требует совместной ответственности за улучшение санитарных условий и общего давления общественности для мобилизации политической воли и «выбивания» санитарных проектов.

В Центральной и Восточной Европе (ЦВЕ), региональный совет Глобального Водного Партнерства, включающий представителей из 12 стран членов ЕС, а также Молдавии и Украины, обнаружил пробел в санитарной политике в отношении сельских поселков. Необходимость в улучшении санитарных условий 20-40% населения в этих странах не учтена в далеко идущих планах ЕС по улучшению качества воды, посредством выполнения Рамочной водной директивы ЕС. Таким образом, 20 миллионов человек остаются без доступа к безопасным санитарным услугам только в рамках ЕС. Для того чтобы помочь местным органам власти подобрать соответствующие методы решения санитарных проблем на селе, ГВП ЦВЕ опубликовало книгу с перечислением вариантов устойчивого поддержания хороших санитарных условий, которые доступны по затрачиваемым средствам и безопасны с позиций охраны здоровья населения и окружающей среды. Ключом для успешного продвижения вперед является обеспечение консенсуса всех вовлеченных в данный процесс сторон (Bodik и Ridderstolpe, 2007 г.). В данном контексте, термин «устойчивая санитария» определяется как *санитария, которая охраняет и поддерживает здоровье населения, не вызывает деградации окружающей среды или истощения ресурсной базы, подходящая технически и институционально, экономически жизнеспособна и социально приемлема* (Kvarnström и Petersens, 2004 г.).

3.3. Урбанизация и проблемы улучшения санитарных условий

Доля городского населения быстро растет в результате общего роста населения и миграции между городом и деревней. В близкой перспективе, к 2030 году, население городов и поселков городского типа в развивающихся странах будет составлять около 81% урбанизированного населения нашей планеты (Фонд народонаселения ООН, 2007 г.). Это предопределяет срочную потребность в серьезном отношении к планированию городов и соответствующих инвестиций в развитие коммунальной инфраструктуры, особенно, в возникающих городах среднего размера, для того чтобы избежать ошибок, с которыми мы сталкиваемся в настоящее время во многих крупных урбанизированных центрах. Рост населения происходит более быстрыми темпами в городах и их пригородах, оказывая значительное давление на земельные и водные ресурсы, что приводит к серьезному водному стрессу, плохому управлению отходами и распространяющемуся загрязнению.

Рост городского населения привел к образованию плохо спланированных городских территорий, окружающих многие крупные города в развивающихся странах и к быстрому увеличению числа трущоб, безработице и нищете. Согласно данным программы ООН по жилищному строительству (ЮНФПА, 2007 г.) жители трущоб составляют 43% городского населения в развивающихся странах и около 72% в странах Африки, расположенных к югу от Сахары. При текущих темпах прироста населения, половина населения земли будет жить в условиях трущоб к 2030 году.

Расширяющиеся городские территории выходят за официально признанные границы, с разрастанием вновь образующихся рассредоточенных поселений. Стихийное строительство жилья на городских окраинах также приводит к ежегодным потерям сельскохозяйственных земель и ухудшению условий проживания. Кроме того, использование несоответствующих для строительства участков, например, подверженные затоплению во время паводков территории или окрестностей захоронений твердых отходов, представляет основные риски. Обеспечение элементарных санитарных условий в трущобах и стихийно созданных поселках требует совсем другого подхода, с учетом масштаба проблемы, высокой плотности населения, сложности ситуации, трудности оказания стандартных услуг в таких условиях (неподтвержденные права на недвижимость, отсутствие инфраструктуры, отсутствие необходимой площади и т.д.) и, как результат, ухудшение состояния

3.4. Водоснабжение и санитария, и Цели Развития Тысячелетия

Около двух пятых населения планеты не имеет доступа к адекватным санитарным услугам (таблица 2). Почти 80% необслуживаемого населения сосредоточено в странах Африки, расположенных к югу от Сахары, а также в странах Восточной и Южной Азии (4-й ВВФ, 2006 г.). Санитарная инфраструктура находится в критическом состоянии и неспособна обеспечить снабжение чистой водой, однако ничего существенного не предпринималось, чтобы изменить ситуацию.

Таблица 2. Распределение мирового населения, не имеющего доступа к безопасной питьевой воде и канализации, по странам (млн. человек) (4-й ВВФ, 2006).

		Страны с низкими доходами	Страны со средними доходами	Всего
Питьевая вода	Ниже черты бедности	320	96	416
	Выше черты бедности	30	259	289
	Всего	350	355	705
Канализация	Ниже черты бедности	540	93	633
	Выше черты бедности	565	730	1295
	Всего	1105	823	1928

Данная статистика подчеркивает, что необходимо ликвидировать отставание в строительстве инфраструктуры и значительно увеличить инвестиции в развитие систем водоснабжения и сбора, хранения, очистки и управления сточных вод, чтобы «сделать» безопасными для потребления воды в открытых источниках и подземные воды, а также безопасным управление ливневыми и сточными водами, контролируя их качество и снижая уровень рисков для здоровья людей. Следует отметить потребность в развитии инновационных подходов, чтобы достичь ЦРТ в области водоснабжения и санитарии до 2015 года. Данные также показывают, что потребуется значительно увеличить темпы обеспечения населения чистой и доступной питьевой водой и канализацией – если текущий смысл определений «улучшенные системы»² и «охват»³ не подвергаются сомнению. Звучит все больше голосов в поддержку термина «улучшенные» системы, вместо ссылки на международно-признанные стандарты.

Улучшение базовых санитарных условий не обязательно зависит от наличия достаточных объемов воды: утилизация сточных вод может производиться на местах (очистка с помощью септических резервуаров или ям), или они могут вывозиться специализированными муниципальными или частными автоцистернами. Однако использование канализационных систем с отводом сточных вод по общественной канализационной сети создает проблемы на различных уровнях. Там, где планируется строительство канализационных сетей, следует помнить о том, что накапливающиеся сточные воды необходимо очищать, а также обрабатывать отстой. Эта инфраструктура довольно дорогостоящая, но в большинстве городов нет другой альтернативы. «[В Азии] затраты на канализационные системы составляют 300 долларов США на душу населения, в то время как при использовании септических резервуаров тратится 100 долларов США на душу населения, а при использовании отхожих мест только 25 долларов США на душу населения (McIntosh, 2003 г.).

Городская канализация отличается от сельских аналогов. Для последних централизованный сбор и очистка сточных вод являются исключением из правил, а стоки собираются в выгребных ямах, в которых оставляются для естественной фильтрации. Однако наш мир быстро урбанизируется, и сотни миллионов человек в процессе совершенствования восходят по «санитарной лестнице» от уборных с выгребными ямами до туалетов с септическими резервуарами и, в конце концов, до полномасштабных общественных канализационных систем.

²Согласно ВОЗ (2000 г.) термин «улучшенный охват качественной питьевой водой» включает услуги при подключении домохозяйств или доступе в пределах одного километра к построенной общественной водопроводной сети (стояк, скважина с ручным насосом, охраняемый колодец или родник и т.д.), которая обеспечивает, по крайней мере, 20 л/сут*чел, а «улучшенный охват канализацией» определяется как домохозяйство, подключенное к общественной канализационной системе или имеющее свою собственную построенную систему (септический резервуар, улучшенный туалет со смывным бачком и вентилируемой выгребной ямой).

³Охват – доля населения, использующая улучшенную санитарную инфраструктуру: подключение к канализации, подключение к септическим резервуарам, туалеты со смывом, вентилируемые улучшенные выгребные ямы и т.д. (ВОЗ, 2008).

3.4.1. Канализация мегаполисов и крупных городских образований

Лишь в Европе, Северной Америке и некоторых регионах Азии большая часть городов имеют развитые канализационные системы (рис. 1). При этом всего 80 ведущих городов Западной Европы имеют очистные сооружения, оборудованные по последнему слову техники (в основном, на севере). Многие города Европы запаздывают в вопросах внедрения современных очистных сооружений, например, в Бельгии и Португалии охват составляет лишь 49%, в Греции и Италии на уровне 60%. В Брюсселе, где природоохранное законодательство соответствует принятому в странах ЕС, только в 2006 году удалось начать очистку всех сточных вод. В том же году, после 40 лет дискуссий, в Милане начали эксплуатацию его очистных сооружений (Rosemarin, 2008 г.).

В Румынии более 10 миллионов жителей не имеют доступа к централизованной канализационной системе. По оценкам Мирового Банка, в Румынии, по крайней мере, 25% подземных вод загрязнены нитратами, попадающих в них из выгребных ям или плохо спроектированных септических резервуаров. В то же время, в Румынии имеются 1310 очистных сооружений для утилизации и хранения сточных вод (муниципальных и промышленных). В 2005 году, только 492 очистных сооружения функционировало адекватно (*Женщины Европы за общее будущее, «Диалог по санитарной политике ЕС и практике в МГС⁴», 29 января 2008 г.*)

В Индии очищается 24% бытовых сточных вод и промышленных стоков, и только 2% в Пакистане (IWM⁵, 2003 г.; Minhas и Samra, 2003 г.) В Аккре, Гана, 10% сточных вод отводятся закрытыми канализационными системами, а также производится первичная обработка и доочистка сточных вод (Drechsel и др., 2002 г.; Scott и др., 2004 г.). В Африке лишь 1% сточных вод очищается (ВОЗ и ЮНИСЕФ, 2000 г.). Эти незначительные объемы сточных вод не всегда обрабатываются адекватно из-за недостаточных финансовых, технических и/или управленческих возможностей или из-за неисправностей или перегрузке очистных сооружений, поэтому они просто сбрасываются в реки, озера, моря и т.д. Это может привести к загрязнению производимых продуктов питания и водозаборов, расположенных ниже по течению, создать риски для здоровья людей, нанести экологический ущерб и создать неприятные условия для жизни. Так как объемы неочищенных сточных вод постоянно возрастают, загрязнение водоемов, вода которых используется для орошения, увеличивается. Быстрый и незапланированный рост городов продолжает опережать развитие санитарной инфраструктуры, приводя к тому, что управление городскими сточными водами становится все более сложным и неэффективным. Перспективы развития мощностей очистных сооружений в этих городах удручающи.

⁴Международный год санитарии

⁵Международный институт по управлению водных ресурсов

“В настоящее время муниципальные предприятия коммунального обслуживания стали главными загрязнителями поверхностных вод во многих странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. До 90 % азота и фосфора попадает в Черное море и Каспийское море со стоком рек, которые транспортируют муниципальные сточные воды” (Целевая группа OECD EAP⁶, 2007 г.)».

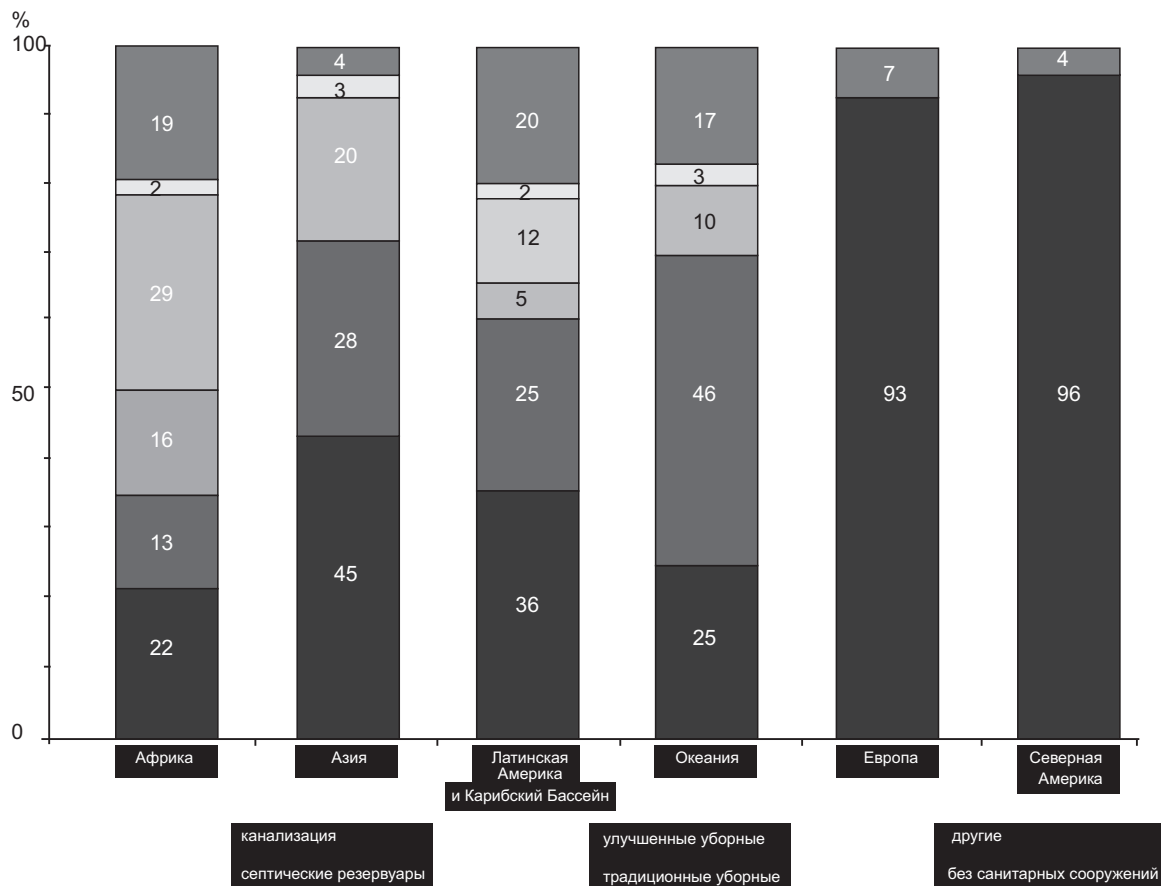


Рис. 1. Распространение санитарных технологий на планете (данные ВОЗ и ЮНИСЕФ, 2002 г.).

Часто поступает информация о проблемах, связанных с эксплуатацией внешних или внутренних канализационных систем. Экспертная группа Международной водной ассоциации (МВА) проанализировала различные причины, приводящие к нарушению работы канализационных систем (2006 г.). Было выявлено, что эти системы не соответствовали тем городам, которые они обслуживали, так как были плохо спроектированы, построены, а также их управление было на низком уровне. Другими причинами являлись разрыв между интересами домохозяйств и стимулами для качественной работы муниципальных служб/городов; недостаток ресурсов и мощностей; отсутствие внимания к долгосрочной эффективности систем и планированию поставок согласно требованиям эксплуатации.

⁶ Целевая группа Программы природоохранных мероприятий Организации экономического сотрудничества и развития

3.4.2. Канализационные системы в пригородах и небольших поселках

Небольшой процент домохозяйств, расположенных в пригородах и небольших поселках в развивающихся странах подключены к коллективным канализационным системам или имеют собственные санитарные сооружения (туалеты без смыва водой, устройство для компостирования нечистот, сточные колодцы, септические резервуары и подземные инфильтрационные системы), поэтому они должны быть построены быстрыми темпами (ВОЗ и ЮНИСЕФ, 2002 г.). В Индии только 232 из 5003 небольших городов имеют канализационные системы. Жители остальных 4771 коммун используют туалеты без смыва водой или вообще обходятся без каких-либо сооружений. Священная река Ганг является источником питьевой воды, а также рекой, которая отравляется неочищенными стоками. Сточные воды, недостаточно очищенные, в буквальном смысле «растрачиваются понапрасну», так как не могут быть использованы для других целей без возможных негативных последствий. Большая часть сточных вод в этом государстве не используется из-за нехватки инфраструктуры для их сбора и очистки. Утилизация фекального отстоя и сточных вод, накапливаемых в санитарных сооружениях на местах (общественные туалеты, септические резервуары, и выгребные ямы), также является большой проблемой. Проблемы могут также возникнуть в связи с преобладающим использованием фекального отстоя в сельском хозяйстве и на предприятиях аквакультуры. При имеющейся тенденции к формированию кластеров рассредоточенного населения и подключения их к системам водоснабжения, проблема безопасного отвода сточных вод становится вопросом особой заботы. С другой стороны, расширение площадей, охваченных общественными канализационными системами, является дорогостоящим мероприятием. Для обеспечения социальной справедливости и защиты окружающей среды необходимо проработать вопрос применения подходящих систем сбора и очистки сточных вод в этих поселениях.

3.4.3. Канализационные системы в прибрежных зонах и на островах

В прибрежных зонах и на островах, море в течение длительного времени используется для утилизации стоков, в расчете на способность моря к самоочищению. Отчасти очищенные, а в большинстве случаев, до 80%, неочищенные сточные воды являются продуктом деятельности наземного базирования (муниципальной, промышленной и сельскохозяйственной) и сбрасываются прямо в море из прибрежных городов по сбросным водоводам или достигают моря посредством фильтрации.

3.4.4. Последствия неадекватных систем водоснабжения и санитарии

В целом известно, что недостаток чистой, безопасной с санитарной точки зрения и доступной по средствам воды и надежных канализационных систем влияет на жизнь и здоровье населения, и развитие общества. В большей степени это влияет на жизнь женщин и детей, так как они, в основном, занимаются доставкой воды в домохозяйства, и создает проблемы

безопасности и достоинства личности (Norström, 2007 г.). Это подвергает рискам образование детей и равенство женщин (ВОЗ и ЮНИСЕФ, 2006 г.). Это оказывает большое воздействие на производительность труда людей и часто причиняет страдания. Это является барьером на пути экономического развития вследствие: (1) потери рабочего времени из-за болезней и затрат времени на доставку воды (в среднем для Африки около полутора часов в день) и (2) потери «человеческого капитала», так как больные дети пропускают занятия в школе. Это может углубить разрыв между богатыми городскими жителями и бедными, которые платят больший процент их доходов за поставку воды, и обычно последние должны быть охвачены при расширении сферы оказания услуг в области водоснабжения и санитарии.

Недостаток доступа к чистой воде и канализации повышает риски эндемических болезней, а также эпидемий инфекционных болезней (холера, тиф и т.д.) (ВОЗ, 2006 г.). Болезни и потери работоспособности, связанные с плохим качеством воды и санитарных услуг, составляют 2% от ВВП в развивающихся странах. Болезни, передаваемые посредством воды, приводят к потере 443 миллионов дней обучения в школах каждый год. Загрязненная вода и плохие санитарные условия являются причиной смерти 5000 детей ежедневно от диареи. По данным Фьютрелла и других исследователей (2005 г.) уровень смертности от диареи может быть значительно понижен при инвестициях в улучшение водоснабжения и санитарных условий: до 45% за счет улучшения гигиены и до 39% за счет очистки воды в домохозяйствах, до 32% за счет улучшения санитарных условий и от 6 до 25% за счет повышения качества питьевой воды. Значение поставок чистой воды и строительства канализации трудно переоценить, так как это может повысить уровень экономического благосостояния на уровне домохозяйств, в основном, посредством значительной экономии времени и энергии людей. Это также вопрос безопасности женщин и детей в ночное время и в школах.

Лишь незначительный процент септических резервуаров правильно размещен, запроектирован, построен, эксплуатируется и подключен к эффективным системам инфильтрации через грунты. Санитарные сооружения в домохозяйствах создают наиболее острые проблемы, так как они загрязняют окружающую среду, когда системы отвода ливневых вод также принимают и отводят «серые воды», сточные воды и фекальный отстой при переполнении отхожих ям и попадании их стоков в канализацию и внутригородские стоки. Это наблюдается во многих городах, кроме того, в крупные канализационные системы дополнительно поступают все виды пластика и твердых отходов. В то же время, отсутствие доступа к чистой воде и канализации, неадекватное управление отходами и другие факторы приводят к усугублению экологических и других социально-экономических проблем. Необходимость утилизации твердых отходов и ливневых вод обостряет эти проблемы. Во многих регионах качество жизни не отвечает приемлемым социальным стандартам и стандартам здравоохранения. Такая ситуация создает серьезные природоохранные проблемы и осложнения, связанные со здоровьем и безопасностью людей.

В прибрежных зонах, сброс сточных вод вносит свой вклад в ухудшение качества воды. Это приводит к загрязнению морей и значительным рискам для здоровья людей, а также несет угрозы для морской среды, включая: (1) риск распространения болезнетворных микроорганизмов, способных угрожать здоровью людей; (2) токсическое воздействие на водную жизнь, включая жизнь людей; (3) эвтрофикацию, в результате широко распространенной дисперсии питательных веществ; (4) кислородному голоданию; и (5) появление «красных приливов» и увеличение численности токсичных микроорганизмов. Проблемы, связанные со здоровьем населения, вследствие загрязнения сточными водами, могут стать более серьезными для большей части населения, проживающего в прибрежных зонах. Эти проблемы могут иметь глобальное воздействие вне границ одной страны. Так как прибрежные зоны используются также для рыбоводства, отдыха и купания, экономические

4. Очистка и повторное использование воды

Система улучшения качества и повторного использования воды быстро распространилась по всему миру. По сравнению с опреснением, это менее затратная и энергосберегающая опция для повышения водообеспеченности и смягчения воздействий переменчивости климата и изменения климата. Имеются различные возможности для повторного использования очищенных вод с различными социальными, экономическими и экологическими эффектами: орошение сельскохозяйственных культур, аквакультура, непитьевое использование в городах и для орошения ландшафтов, наращивание запасов питьевой воды при пополнении водоносных пластов, восстановление водоемов и водно-болотных угодий, а также промышленности (охлаждение, питание бойлеров или в процессах связанных с использованием воды).

4.1. Повторное использование сточных вод при орошении и развитии аквакультуры

Повторное использование сточных вод в сельском хозяйстве является элементом развития и управления водных ресурсов, которое обеспечивает инновационные и альтернативные опции для сельского хозяйства. Повторное использование очищенной воды для орошения повышает продуктивность сельского хозяйства: оно обеспечивает воду и питательные вещества, способствуя росту урожайности (Bahri, 1999 г.). С другой стороны, бедное городское население в значительной степени зависит от роста продуктивности угодий, способствующего снижению цен на продукты питания. Обеспечение рабочих мест и продовольственной безопасности для бедного городского населения является проблемой. Ясно, что развитие сельского хозяйства в пригородах является одной из опций для решения проблемы увеличивающегося спроса на продукты питания в городах и борьбы с бедностью.

Повторное использование сточных вод при орошении и развитии аквакультуры может служить неотъемлемой функцией производства продуктов в процессе переработки для повторного использования городских отходов. Повторное использование сточных вод означает обеспечение производственных активов из отходов, при одновременном вкладе средств в очистку окружающей среды, применяя схемы устойчивого управления природными ресурсами. Это обычно «аутсорсинговая» часть санитарных услуг, максимизирующая эффективность водопользования, а также закрывающая водный цикл и кругооборот питательных веществ с целью обеспечения устойчивости и стимулирования производства продуктов питания. Сельскохозяйственный сектор может выполнять также «экологическую функцию» для городского сектора, которая может оцениваться как «экологическая услуга». Городское и пригородное огородничество может одновременно обеспечить снабжение городов продуктами и действовать в качестве «природоохранного менеджера» (Thiébaud, 1995 г.).

Это приводит к пересмотру связей между городскими, пригородными и сельскими территориями и требует целостного осмысливания управления городскими стоками.

Переработка и использование фекалий людей являлись применяемой практикой во многих культурах. Формирование больших объемов бытовых сточных вод является следствием образа жизни, характерного для западных индустриальных стран. Душевое потребление воды в городских домохозяйствах увеличилось от ведра в день столетие назад до 200 литров на человека в европейских городах (Guterstam, 1997 г.). Использование ватерклозетов не вписывается в рамки устойчивой санитарной концепции, если они применяются в городах, расположенных на территориях со скудными водными ресурсами, или когда необходимая очистка сточных вод отсутствует.

Орошение сточными водами является общепринятой практикой в городах и пригородах в большинстве развивающихся стран. Более 800 миллионов человек занимаются выращиванием различных культур в пределах городских территорий и пригородов по всему миру (ЮНДП, 1996 г.). Многие из 200 миллионов фермеров, которые разводят огороды, используют необработанные или разбавленные сточные воды, если источники с хорошим качеством воды отсутствуют. На практике использование сточных вод варьирует от использования загрязненных поверхностных вод до неочищенных сточных вод или до распределения по трубопроводам сточных вод после двойной или тройной очистки для орошения различных культур и деревьев. Это предопределяет трудность в точном учете степени использования «сточных вод» для орошения по всему миру, при этом приводятся цифры с разбросом от 4 до 20 миллионов гектар (IWMI, 2006 г.).

В большинстве развивающихся стран городские неочищенные или частично очищенные сточные воды широко используются для полива овощей, риса и кормовых культур. Вследствие отсутствия рефрижераторов для

транспортировки, 70-90% наиболее скоропортящихся овощей, потребляемых в городах, также выращиваются в пределах городских границ и при этом обычно используются довольно загрязненные источники воды, в основном, домашними стоками. Примерами могут служить Ханой (80% овощей производится на огородах в пределах города и его пригородов); Дакар (70% потребления овощей удовлетворяется за счет огородов в пределах города и его пригородов); Дар эс Салам (до 90% потребностей в овощной продукции покрывается за счет огородов в пределах города и его пригородов); Бамако (производит все потребляемые им овощи на городских и пригородных огородах и даже экспортирует их в отдельные сезоны); Пакистан (26% национального производства овощей основывается на городских и пригородных огородах); аналогичная ситуация в Уагадугу, Аккре, Аддис-Абебе и Найроби.

Имеется лишь несколько развивающихся стран с опытом планирования повторного использования и учетом по очистным сооружениям сточных вод, обеспечивающим безопасную для использования воду. В Африке, Намибия, Южная Африка и Тунис осуществляют на практике эту стратегию по очистке сточных вод, используя сеть обычных и специальных систем, а также национальные инструкции и нормативные документы по повторному использованию сточных вод. Привлекающие внимание аспекты повторного использования сточных вод в Африке, Азии, Латинской Америке, Европе и Австралии рассматриваются, чтобы проиллюстрировать разнообразие ситуаций и подходов, применяемых в различных контекстах. Пример повторного использования сточных вод в Гане (Вставка 1) демонстрирует потенциальные риски для здоровья людей и социально-экономические выгоды для фермеров, а также общие выгоды для города.

**Вставка 1:
Улучшение санитарных условий и повторное использование сточных вод в Гане**

В Гане городская санитарная инфраструктура плохо развита. Менее 5% населения обслуживается канализационными системами, и лишь незначительная часть сточных вод очищается (Keraita и Drechsel, 2004 г.). Двадцать процентов домохозяйств не имеют вообще каких-либо туалетов, около 30% используют общественные туалеты, в то время как 22% пользуются туалетами с выгребными ямами. Около 7% домохозяйств используют туалеты с улучшенными вентилируемыми выгребными ямами и 9% ватерклозеты. Доступ к воде в сельских и городских районах, в основном, улучшен, что постепенно приводит к увеличению объемов сточных вод при росте подтопленных территорий и образовании застойных водоемов во многих городах, вследствие отсутствия канализации и дренажа. Неадекватное водоснабжение и канализация в значительной степени влияют на состояние здравоохранения (70% процентов заболеваемости в Гане можно отнести за счет плохих санитарных условий) (Водная помощь, 2001). Только 20% из 44 построенных очистных сооружений функционируют, и на них обычно качество очистки не соответствует проектным стандартам. Пруды для осаждения стоков и биофильтры представляют наиболее

распространенные системы. Незначительное увеличение протяженности канализационной сети имело место, после её строительства в начале 70-х годов прошлого века. Вследствие ограниченного количества участков для утилизации отстоя и их плохой доступности и/или состояния, более 60% всех собранных фекалий сбрасываются в океан.

Были проведены исследования с целью улучшения канализации, отвода стоков и санитарных условий в целом при использовании санитарных сооружений в домохозяйствах и общего пользования. В рамках проекта улучшения канализации Аккры будут построены два новых очистных сооружения с использованием прудов для осаждения сточных вод и трубопроводов для сброса очищенных сточных вод в море и реки (АБР, 2005). Перераспределение ответственности за санитарную и канализационную отходы от централизованных правительственных агентств ассоциациям пользователей осуществляется в рамках Национальной экологической и санитарной программы, однако при этом не происходит автоматической передачи соответствующих мощностей и средств на эксплуатацию.

Городское и пригородное огородничество развивается там, где имеются свободные площади, расположенные близко рекам и дренам (Obuobie *и др.*, 2006 г.). Вокруг Кумаси, площади произвольно производимого орошения, часто используя загрязненные поверхностные воды, составляет около 11500 га (Keraita и Drechsel, 2004 г.). Обычная концентрация бактерий кишечной группы в оросительной воде варьирует от 10^4 до 10^8 КОЕ/100 мл (Keraita *и др.*, 2003 г.). Поливы лейкой наиболее распространенный способ орошения, используемый в стране. Ведра, насосы со шлангами и поверхностное орошение также используются, чтобы доставить и полить культуры. В Аккре, более 15 видов овощей (салат, капуста, весенний лук, цветная капуста, огурцы, помидоры, баклажаны и горький перец) выращивают 800-1000 фермеров. Круглогодичное выращивание орошаемых овощей может обеспечить ежегодный доход среднего по размерам хозяйства на уровне 400-800 долларов США. Стоимость годовой продукции овощей, значительная часть которых поливается сточными водами при выращивании овощей в сухой сезон, была оценена Корнишем и др. (2001 г.) и составляет 5.7 миллионов долларов США, а в случае завоза тех же овощей из соседних стран, имеющими источники безопасной воды общие затраты оцениваются в 14 миллионов долларов США (Drechsel *и др.*, 2006 г.).

Каждый день около 200,000 городских жителей, представляющих все слои общества столицы Аккра, получают выгоду от этой продукции, когда едят салаты, входящие в меню городских «фаст-фудов», но те же жители подвергают себя риску заболевания вследствие загрязнения этих овощей. В овощах, продаваемых на рынках, обнаружены кишечные палочки и яйца гельминтов ($> 10^3$ КОЕ/г по весу сырой ткани и до 3 яиц гельминтов на грамм овощей) (Keraita *и др.*, 2003 г.). Поэтому и снабжение городов продуктами, и здоровье населения в значительной степени подвержены воздействию санитарных условий в городе. Это главная забота властей, которые пытаются запретить использование загрязненной воды для орошения, с тем же успехом, как и попытки прекращения загрязнения вод. В настоящее время идет поиск промежуточных альтернативных стратегий понижения уровня рисков для здоровья людей, так как адекватная инфраструктура для сбора и очистки сточных вод еще отсутствует, а существующая не функционирует должным образом.

Орошение сточными водами создает угрозы здоровью фермеров и потребителей, но в тоже время обеспечивает значительный экономический вклад в виде рабочих мест и поставок продуктов питания (таблица 3).

Таблица 3. Компромиссы между экономическими выгодами от повторного использования воды и питательных веществ и рисками для окружающей среды и здоровья населения.

Экономические выгоды от повторного использования воды и питательных веществ	Риски для окружающей среды и здоровья людей
<p>Сохранение водных ресурсов и снижение потребления пресных вод</p> <p>Обеспечение надежного водоснабжения фермеров</p> <p>Низко-затратный способ утилизации муниципальных сточных вод</p> <p>Снижение уровня загрязнения рек, каналов, и других поверхностных вод</p> <p>Повторное использование органических и питательных веществ в виде удобрения почв, тем самым, снижая потребность в искусственных удобрениях</p> <p>Повышение урожайности и, таким, образом прямое позитивное воздействие на доходы фермеров</p>	<p>Риски для здоровья поливальщиков и членов сообществ, контактирующих со сточными водами (увеличение случаев заболевания диареей)</p> <p>Риски для здоровья потребителей овощей, орошаемых сточными водами</p> <p>Болезнетворные микроорганизмы в сточных водах могут привести к заболеванию скота</p> <p>Загрязнение подземных вод (нитраты, микро-органика, патогены и т.д.)</p> <p>Накопление химических загрязнителей в почвах (соли, тяжелые металлы и т.д.)</p> <p>Создание условий для переносчиков болезней (москитов) в пригородах</p>

Риски для здоровья при орошении сточными водами должны учитываться в общем контексте плохого обеспечения питьевой водой и санитарной инфраструктурой, а не в изоляции. Орошение сточными водами создает также проблемы, связанные с охраной окружающей среды, так как содержание питательных веществ, солей и других загрязнителей может быть достаточно высоким. Фермеры, использующие сточные воды для орошения, при различных обстоятельствах, одновременно являются правонарушителями, и жертвами загрязнения воды. Многие фермеры используют загрязненную воду, сбрасываемую городами или другими хозяйствами. Загрязненные хозяйственные стоки являются одновременно и проблемой и возможностью: это проблема для ниже расположенных водопользователей, и так как уровень загрязнения повышается, растет напряженность в отношениях между пользователями речной воды. Однако хозяйственные стоки приводят к образованию большего количества доступной воды для других, если уровень загрязнения может быть понижен в источнике (например, более экологически чистыми методами, меньшим использованием химикатов, уменьшением минерализации за счет лучшего дренажа). Помет животных также может быть превращен в энергию (например, метан) и удобрения.

Промышленное загрязнение крупными предприятиями является проблемой в некоторых городах. Неконтролируемые сбросы опасных загрязнителей этих предприятий приводят к накоплению токсичных веществ в поверхностных водах (отложениях ила) и загрязнению подземных вод. Тяжелые металлы (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni, Pb и As) были обнаружены в

концентрациях, вызывающих тревогу (Itanna и Olsson, 2004 г.), в овощах поливаемых водой из рек Акаки и Аддис Абеба (на исследованных 400 га производилось 11.100 тонн более чем 14 видов овощей).

Однако обычно у фермеров нет выбора - использовать сточные воды или нет, так как очень трудно найти источник с чистой водой в пригородах большинства городов. Сточные воды дают много преимуществ фермерам, так как они могут содержать, в зависимости от степени растворения, значительные количества питательных веществ, используемых для производства продовольственных культур, что снижает потребность в химических удобрениях. Сточные воды, содержащие органические вещества, азот, фосфор и калий, могут повысить плодородие почв, способствуя развитию растений и повышая продуктивность сельского хозяйства. Однако, еще более важно, что это надежный источник водоснабжения, обычно свободен от оплаты, постоянно присутствующий в окрестностях городского рынка сбыта. Повторное использование сточных вод обеспечивает средства к существованию многих фермеров и торговцев и играет значительную роль в борьбе с бедностью. Также обеспечивается ниша для снабжения городов продуктами в дополнение к чисто сельской продукции (Drechsel *и др.*, 2006 и 2007 г.), что может помочь в борьбе с водным и продовольственным кризисом. Относительно небольшое количество людей в развивающихся странах обслуживается системами сбора водных смесей фекалий или канализационными системами, но имеются несколько коммерчески жизнеспособных систем переработки отходов, которые используют сточные воды. Индия и Китай имеют крупнейшие в мире площади для рыбоводства, основанного на использовании сточных вод (Edwards, 1992 г.) (см. Вставки 2 и 3).

Вставка 2:
Индия – Вэтланды Калькутты

«В Индии было открыто новое качество заболоченных территорий на окраинах городов. Такие территории были идентифицированы для ряда муниципалитетов и были выделены средства правительства для преобразования их в низко-затратные санитарные системы и экосистемы, восстанавливающие ресурсы, в рамках реализации плана действий по Гангу под патронажем Министерства окружающей среды и лесоводства правительства Индии. Эта деятельность стала началом использования экосистемного подхода для решения проблем муниципальной санитарии в развивающихся странах» (500 мировых лауреатов ООН, доктор Дхрабаджиоти Гош, правительство Западного Бенгало, 1991 г.).

В 1875 году, магистральные канализационные системы Калькутты начали функционировать. Система канализации использует естественный уклон городской территории в восточном направлении. В 30-х годах прошлого столетия было инициировано создание рыбоводческих ферм на базе сточных вод. Рыбное хозяйство, созданное на крупнейшей в мире, единой системе аквакультуры, при повторном использовании сточных вод, площадью около 7000 га, в 40-х годах поставляло на городские рынки до 10-12 тонн рыбы ежедневно. Этот факт описан Гхошем (1997 г.) и Эдварсом (1990 г.).

В 80-х годах прошлого столетия вэтланды к востоку от Калькутты были восстановлены в рамках плана действий по Гангу. Калькуттские вэтланды, при использовании сточных вод для сельского хозяйства и аквакультуры, охватывали площадь около 12.000 га и были известны как Регион повторного использования сточных вод (Ghosh, 1996 г.). В последние годы, был спад в этой деятельности, вследствие урбанизации и сокращения площади рыбных прудов до 2.500 га (Edwards, 2000 г.).

Опыт Калькутты показывает, что система повторного использования сточных вод отвечает современным критериям устойчивого развития мега-городов в отношении:

Окружающей среды, благодаря низко-затратной очистке сточных вод, отводу ливневых вод и созданию зеленой зоны для города;

Социальных и экономических выгод, включая занятость около 17.000 бедных жителей и производство около 20 тонн рыбы в день для городской бедноты (Edwards, 2000 г.);

Создания модели, которая может быть воспроизведена повсюду в Индии (и других странах);

Снижения воздействий на природу загрязнения тяжелыми металлами в результате промышленной деятельности, такими как хром в сбросах кожевенных заводов в Калькутте (Biswas и Santra, 2000 г.).

Наконец, необходимо отметить, что сильная поддержка правительства нужна, чтобы защитить системы повторного использования от превращения их в земли, отводимые для городского строительства.

Вставка 3:

Китайские системы повторного использования сточных вод

В Китае имеются давно существующие традиции эффективного управления природными ресурсами, которые охватывают повторное использование бытовых отходов и экскрет людей в сельскохозяйственном производстве и аквакультуре. Согласно отчетам, классическая система «ночного удобрения почв»⁷ обеспечивала повторное использование в сельском хозяйстве до 90% отходов (Edwards, 1992 г.). Все еще преобладающим типом санитарных сооружений являются так называемые «сухие системы», однако канализация также строится в быстро растущих городах.

Из общих объемов сточных вод, которые, на уровне 2000 г., достигали в Китае почти 80 миллиардов тонн за год, 75% были индустриального происхождения (Ou и Sun, 1996 г.). Только 24% промышленных стоков и 4% коммунальных сточных вод подвергались очистке.

Орошение муниципальными сточными водами началось в больших масштабах в конце 50-х годов прошлого века и охватило около 1.5 миллионов га в 1995 году, или около 1% всей пашни Китая (Ou и Sun, 1996 г.). Проблемы загрязнения тяжелыми металлами и устойчивыми органическими загрязнителями также были отмечены.

Повторное использование сточных вод крупных городов в сельском хозяйстве началось в 1951 году в Ухане, и достигло своего пика в 80-х годах прошлого века (Edwards, 2000 г.). Повторное использование сточных вод в сельскохозяйственном

⁷ В рамках китайской системы «ночного удобрения почв» фекалии должны были вывозиться из городов до наступления рассвета

производстве было подкреплено традиционными концепциями «Комплексное земледелие» и «Поликультура рыб» (Li, 1997 г.).

Согласно сценарию развития до 2050 года китайского правительства, половина сельского населения мигрирует в города. Это означает, что остальным 400 миллионам китайских граждан понадобятся отходы, поставляемые городскими системами (Ванг, С., министр водных ресурсов 2002 г.).

В Китае, задача № 10 ЦРТ в области водоснабжения и санитарии является наиболее емкой. Согласно промежуточному отчету ООН за 2003 год: «Китай достиг огромного прогресса в достижении ЦРТ». Стратегия должна быть направлена на обеспечение воды для всех и внедрение концепции водосберегающего общества. В течение текущего пятилетнего плана (2006 -2010 гг.), оставшиеся 160 миллионов человек будут обеспечены чистой питьевой водой. В то же самое время, согласно данным ЮНИСЕФ, свыше 700 миллионов человек, в основном в сельской местности, не имеют базовых санитарных условий (Spruijt, 2008 г.).

Мехико (Вставка 4) подает хороший пример дополнительного пополнения водоносных пластов в долине реки Мезкуитал при орошении сточными водами.

Вставка 4.

Орошение сточными водами и пополнение водоносных пластов в долине Мезкуитал, Тула, Мексика.

К северу от Мехико, в долине Мезкуитал, 85.000 га орошается, в основном, неочищенными сточными водами, формирующимися в Мехико. Сточные воды позволяют обеспечить сельскохозяйственное развитие на площади с 550 мм осадков в год и почвами с низким содержанием органических и питательных веществ. Поэтому фермеры выступают против очистки сточных вод, в ходе которой могут быть удалены удобрения почвы и поддерживают повторное использование воды в пределах Мехико. Со сточными водами около 2400 кг органических веществ вносятся в почвы, 195 кг питательных веществ и 81 кг фосфора на каждый гектар ежегодно. После 80 лет орошения, содержание фосфора в почве увеличилось с 6 до 20 г/м², азота с 0.2 до 0.8 кг/м² и органических веществ с 2 до 5 %.

Сточные воды способствовали повышению микробной активности и способности почвы к денитрификации. Однако на участках орошаемых свыше 65 лет, было отмечено, что засоление почв и растений увеличилось (например, в тканях люцерны с 1.5 до 4 г/кг) (Siebe, 1998 г.) и снизилась активность микробов в почвах. Содержание в почве тяжелых металлов также увеличилось от 3 до 6 раз от их первоначального значения, но культуры не содержат повышенных концентраций тяжелых металлов.

Вследствие больших оросительных норм (1.5-2.2 м/год), и хранения и транспортирования сточных вод в необлицованных водохранилищах и по необлицованным каналам, водоносные горизонты начинают подпитываться. В 1998 году Британская геологическая экспедиция обнаружила, что объемы инфильтрации воды составляют, по крайней мере, 25 м³/сек. Это незапланированное пополнение, которое имело место на протяжении нескольких десятилетий, способствовало поднятию УГВ с 50-м глубины до поверхности. Появились родники с расходами от 40 до 60 л/сек. Эти родники стали единственным источником воды для более 500.000

человек. Транспортировка сточных вод по руслам и их использование для орошения способствовало улучшению их качества. Ко времени поступления воды в водоносные пласты, содержание органических веществ уменьшалось на 95%, концентрация тяжелых металлов на 70-90%, микроорганизмов на 6-7 порядков, а уровни более чем 130 органических компонентов на 99%. Концентрация солей увеличилась.

С целью покрытия разрыва в 5 м³/сек подачи пресной воды в Мехико и вследствие увеличения спроса, правительство рассматривает вопрос о возврате 6-10 м³/сек запасов воды, созданных в долине Мезкуитал. Эта опция была бы более привлекательной по сравнению с переброской воды с участка, который расположен на 1000 м ниже Мехико и на расстоянии 200 км, или с более близких участков, но чье население возражает против этой идеи, или очищать сточные воды Мехико и закачивать их в водоносные пласты для последующего потребления.

Тунис (Вставка 5) представил пример управления повторным использованием сточных вод, которое было интегрировано в проекты планирования и проектирования улучшений санитарных условий. Был принят поэтапный подход для реализации запланированной стратегии повторного использования сточных вод.

Вставка 5:
Комплексная очистка и повторное использование сточных вод
в Тунисе

В Тунисе, большинство жителей крупных урбанизированных центров обслуживаются различными адекватными санитарными системами и сооружениями для очистки сточных вод. Общий охват санитарными системами составляет 87% всего населения, при 96% в городах и 65% в сельской местности. Промышленные стоки должны очищаться и по своему качеству соответствовать тунисским стандартам (INNORPI, 1989 г.) до их сброса в канализационную систему. Выделяются субсидии промышленным предприятиям для оборудования их очистных сооружений. Из 287 млн. м³ сточных вод собираемых ежегодно, 224 млн. м³ (78%) очищается на 98 очистных сооружениях (в основном, биологическая доочистка).

Около 30-43% очищенных сточных вод используется для сельскохозяйственного и ландшафтного орошения. Повторное использование сточных вод для орошения рассматривается как способ повышения обеспеченности водными ресурсами, снабжение дополнительных питательных веществ, и защиты прибрежных территорий, водных ресурсов и уязвимых водоприемников. Вода после очистки используется на площади 8.100 га для орошения технических и кормовых культур, зерновых, виноградников, цитрусовых и других фруктовых деревьев. Стандарты позволяют использовать доочищенные стоки для полива всех культур, за исключением овощей. Региональные отделы сельского хозяйства осуществляют надзор за соблюдением директив по повторному использованию сточных вод и собирают оплату (около 0.02 дол/м³). Поля для гольфа также поливаются очищенными стоками.

В Тунисе в начале 80-х годов прошлого века запущена национальная программа по повторному использованию сточных вод. Потребности очистки и повторного использования комбинируются и рассматриваются на стадии планирования. Некоторые пилотные проекты были запущены или изучаются в направлении

повторного использования сточных вод в промышленности, для пополнения запасов подземных вод, орошения лесов и полива шоссе, а также развития ветландов (водно-болотных угодий) (Bahri, 2000 г.). Ожидается, что ежегодный объем очищенных вод достигнет 290 млн. м³ к 2020 году. Исходя из этого, ожидаемые объемы очищенных вод будут составлять приблизительно 18% от имеющихся запасов подземных вод, которые могли бы использоваться там, где избыточный отбор подземных вод приводит к интрузии морских вод в прибрежные водоносные горизонты.

В рамках программы улучшения санитарных условий в бассейне реки Мажерда в 11 крупнейших городах были построены канализационные системы, очистные сооружения и системы орошения очищенной водой с целью защиты природных ресурсов, а именно основных источников водоснабжения региона Большой Тунис и других южных регионов, водохранилища Сиди Салем (550 млн. м³) от загрязнения неочищенными сточными водами. Один новый крупный проект повторного использования сточных вод планируется построить в западном регионе Туниса с проектной мощностью 224.700 м³/сут (82 млн. м³/год) до 2016 года, который позволит оросить около 6000 га. К 2020 году, площадь орошения очищенными водами планируется расширить до 20.000-30.000 га, то есть увеличить на 7-8% от общей орошаемой площади.

Межотраслевая координация и соответствующие комиссии, состоящие из представителей различных министерств и их соответствующих отделов или агентств, муниципалитетов и представителей пользователей (ассоциации водопользователей) были созданы на национальном и региональном уровнях с тем, чтобы устранить разрыв в требованиях различных сторон, обеспечить достижение целей развития и сохранить окружающую среду.

Стратегия повторного использования сточных вод нацелена на развитие повторного использования вод и учет очищенных вод в качестве используемых водных ресурсов. Планируемые проекты, нацеленные на удовлетворение реальных потребностей в воде, как в отношении количества, так и качества, должны позволить обеспечить более высокий уровень использования очищенных вод, прежде всего, в сельском хозяйстве и, во-вторых, в других секторах экономики. Благодаря улучшению качества воды и при большей степени информированности, повторное использование сточных вод должно широко распространиться в будущем.

Системы повторного использования сточных вод используются также в развитых северных странах. Учитывая новые реалии изменения климата с их воздействиями на гидрологические циклы, а также общую глобальную цель по достижению устойчивого развития, важно широко освещать приобретенный опыт, как варианты для значительного числа городов, в которых необходимо улучшить санитарные условия. Два практических примера описаны ниже – один представляет европейский опыт (Вставка 6), а другой австралийский (Вставка 7).

Вставка 6: Европа – Мюнхен

В Европейском Союзе, имеется амбициозная регулирующая структура для защиты водной среды. Директива Комиссии Европейского Сообщества (91/271/ЕЕС) предусматривает, что «очищенные сточные воды необходимо использовать всякий раз, когда это уместно» и что «способы использования должны минимизировать отрицательные последствия для окружающей среды» (Европейское Экономическое сообщество, 1991 г.). Даже в 21-ом веке, большинство городов ЕС не имеют адекватных систем очистных сооружений для сточных вод. В Брюсселе, где действует природоохранное законодательство, разработанное для стран ЕС, только в последнее время было начато строительство первого очистного сооружения для сточных вод.

В северно-европейских странах с влажным климатом внедряются экологически чистые инженерные технологии очистки сточных вод, например, построенные ветланды служат как системы доочистки воды и снижения питательных веществ, для того чтобы предотвратить эвтрофикацию водоприемников. Наиболее производительная и современная система повторного использования сточных вод была построена в Мюнхене. Система включала активное участие граждан в общем процессе повторного использования вод, через их применение в сельском хозяйстве и аквакультуре. Компании по повышению уровня информированности стимулировали жителей смывать только безвредные отходы, которые могут быть переработаны для повторного использования.

В 1029 году, хозяйства аквакультура для производства рыбы были созданы, основываясь на использовании сточных вод (Prein, 1990 г.). Рыбные хозяйства были адаптированы к северному климату с периодом производства рыбы, длящимся с апреля по октябрь. Зимой сточные воды хранились в озере, а рыбные пруды очищались. Мюнхенская система была запроектирована для обслуживания всего населения, которое в то время составляло 500.000 человек, при нормативном использовании 200 литров воды в день. Общая площадь рыбных прудов составляла 223 га, обеспечивающими ежегодное производство рыбы в размере 150-200 тонн. Санитарные исследования рыбы показали, что очистка воды в течение одного года была эффективной в отношении таких микроэлементов как Cd и Pb, но не для Hg и ПХД.

Система рыбных прудов в Мюнхене еще действует. Сегодня создаются современные системы предварительной очистки, которые преобразуют очистные сооружения сточных вод в сооружения доочистки, то есть очистки третьего уровня. Сейчас время использовать Мюнхенский опыт для того, чтобы усилить природоохранные стратегии ЕС.

Вставка 7: Мельбурн

В Австралии аридный климат, и большая часть страны испытывает дефицит пресной воды. В штате Виктория на юге Австралии, крупнейшее региональное управление водными ресурсами («Baron Water») осуществило несколько проектов повторного использования сточных вод для орошения различных культур, таких как картофель, томаты, сады и др. (веб-сайт «Baron Water»).

В Мельбурне, система использования сточных вод «Верриби» была запущена в эксплуатацию в 1897 году. Половина сточных вод, формируемых населением в 4 млн. человек, используются для орошения пастбищ крупного и мелкого рогатого скота. Государственная водная компания «Melbourne Water» утилизирует 54% сточных вод на 11.000 га прудов, ветландов и пастбищ, т.е. 500.000 м³/сут пресной воды. Скот пасется на 3.799 га пастбищ, которые орошаются неочищенными сточными водами и 3.500 га неорошаемых пастбищ. Скот обеспечивает существенную окупаемость, в размере около 3 миллионов австралийских долларов в год, что значительно снижает стоимость очистки сточных вод («Melbourne Water», 2001 г.).

С позиций ИУИР, повторное использование воды описывается как процесс, который сохраняет запасы пресных вод и вносит свой вклад в снижение незапланированных сбросов сточных вод и загрязнения водоемов и окружающей среды, в целом. Повторное использование необходимо рассматривать как важное мероприятие для городов, которое должно быть интегрировано в планы устойчивого развития санитарной инфраструктуры городов.

4.2. Повторное использование воды для других целей

Сточные воды могут быть повторно использованы для таких муниципальных целей как орошение ландшафтов (парки, озеленение, площадки для гольфа и т.д.), пополнения подземных вод, рекреационных и экологических использований (восстановление водоемов и ветландов), промышленных целей, промывки туалетов и повторного использования для питьевых нужд. Для обеспечения микробиологической безопасности, а также для некоторых видов повторного использования потребуются современные технологии, такие как ультрафиолетовое обеззараживание и мембранные процессы (Mujeriego и Asano, 1998 г.). Нормы и правила будут меняться в зависимости от типа применения повторного использования, наиболее строгие правила для повторного использования в питьевых целях. Два примера практики, существующей в Соединенных Штатах, представлены в рамках 8 и 9.

Проект «Водосбережение и зимний парк», Флорида, (Вставка 8) включает среди прочего надежную и рентабельную поставку очищенных вод для сельскохозяйственных и других пользователей, сохранение запасов подземных вод, пополнение подземных вод с помощью бассейнов с ускоренной инфильтрацией.

Вставка 8: Проект «Водосбережение и зимний парк»

Проект «Водосбережение и зимний парк» является одним из крупнейших проектов повторного использования воды, сочетающим сельскохозяйственное орошение и бассейны с ускоренной инфильтрацией (БУИ). Он также является первым проектом повторного использования воды во Флориде, разрешенным департаментом охраны окружающей среды штата Флорида, в котором орошаемые очищенными водами

культуры выращиваются для потребления населением. Совместный проект города Орландо и округа Оранж позволяет очистить стоки для их сброса в поверхностные водоемы и затем, после доочистки воды, превратить её в ценный ресурс, приносящий выгоды городу, округу и сельскохозяйственной общине.

Система включает два очистных сооружения, соединенных 34-км транспортирующим трубопроводом с центральным пунктом распределения воды. От центрального пункта распределения, сеть трубопроводов (общей протяженностью 78 км) распределяет очищенную воду 76 сельскохозяйственным и коммерческим потребителям. Очищенная вода, неиспользуемая для орошения распределяется в БУИ. Сеть БУИ состоит из семи участков с 74 БУИ на площади 809 га. Как распределительная сеть, так и сеть участков БУИ находится под мониторингом и контролем центрального компьютеризированного диспетчерского пункта. Основные итоги:

- (1) в результате реализации проекта прекращен сброс сточных вод в поверхностные водоемы;
- (2) участки БУИ обеспечивают сохранение исчезающих видов растений и животных, как официально зафиксировано в постановлении города и округа;
- (3) проект способствует пополнению водоносных пластов Флориды, посредством подачи доочищенных вод в БУИ. Он также обеспечивает снижение потребления подземных вод, ликвидировав потребность в откачке вод скважин для орошения.

Многоцелевое повторное использование вод после доочистки – орошение ландшафтов, сельскохозяйственное орошение и промывка туалетов – успешно осуществляется на землях водного округа «Ранчо Ирвайн» в Калифорнии (Вставка 9).

**Вставка 9:
Водный округ «Ранчо Ирвайн», Ирвайн (ВОРИ)**

В настоящее время, очищенные воды составляют 20% общей водоподачи ВОРИ, снижая потребность в импорте дорогой воды и способствуя удерживать низкие цены на воду. Очищенная вода доставляется по полностью изолированной распределительной сети, которая включает 394 км трубопроводов, восемь накопительных резервуаров и 12 насосных станций. Система обеспечивает подачу очищенной воды приблизительно на 405 га полей и садов, где производятся различные овощи, фрукты и продукция питомников. Восемьдесят процентов всех бизнес-площадей и общественных ландшафтов (парки, школьные площадки) орошаются очищенными водами. Несколько жилых блоков также используют эту воду для орошения дворов и площадок перед домами. Многие фонтаны и озеро в парке Масон наполняются очищенной водой. В 1991 году, ВОРИ становится первым водным округом в национальном масштабе, получившим разрешение на использование очищенных вод коммунальной системы.

Первоочередными видами использования очищенных вод в ВОРИ являются:

- (1) орошение ландшафтов – парки, площадки для гольфа, школьные площадки, стадионы и многие общественные места, содержащиеся ассоциациями домовладельцев. Свыше 2818 ландшафтных распределителей получают очищенную воду для орошения более 2287 га ландшафтов.
- (2) Сельскохозяйственное орошение – очищенные воды используются для полива большинства культур, выращиваемых на этой территории. Водный округ поставляет

очищенную воду 44 сельскохозяйственным пользователям, для орошения 405 га посевных площадей.

(3) Промышленное использование – некоторые предприятия используют очищенную воду при своих производственных процессах. Только это экономит от 1892 до 3785 м³/сут питьевой воды.

(4) Промывка туалетов – очищенные воды используются для промывки туалетов в нескольких многоэтажных зданиях с двойной системой подачи воды и в других коммерческих зданиях. В обычном офисе приблизительно 80% воды тратится для промывки туалетов. Используя очищенные воды вместо питьевой воды для промывки туалетов, можно сэкономить много чистой воды.

4.3. Повторное использование сточных вод на островах

Большинство островов, обычно небольшого размера, страдают от дефицита воды, вследствие недостатка водных ресурсов и растущего водопотребления. Они сталкиваются с нарастающими проблемами в обеспечении водоснабжения. Эти трудности становятся все более чувствительными, так как туризм развивается и часто является главным сектором экономической деятельности на этих островах. Это вынуждает большинство из них осуществлять проекты повторного использования водных ресурсов, таких как на островах в Карибском море, Гавайях или Сингапуре. В Средиземноморском регионе, Канарские острова, как и Балеарские острова (см. Вставку 10), Кипр и Мальта являются примерами этой эволюции. Такие проекты, которые охватывают различные варианты повторного использования от сельскохозяйственного орошения до ухода за ландшафтами, пополнения запасов подземных вод или косвенное питьевое использование, должны стать частью планов развития прибрежных зон.

Вставка 10: Остров Пальма де Мальорка

Остров Пальма де Мальорка, в основном, имеет сельское население. Развитие туризма восходит к началу шестидесятых, когда население составляло только 363.000 жителей. Он способствовал созданию рабочих мест и иммиграции из различных испанских регионов, что привело к увеличению населения до 700.000 жителей в 2001 году. Поток туристов оценивается цифрой более 10 миллионов человек в год.

Мальорка испытывает серьезный недостаток пресной воды. Здесь нет постоянных водоемов. Водные ресурсы - это вода, накапливаемая в двух водохранилищах (около 7 млн. м³/год) и водоносные горизонты острова, при этом возобновляемые водные ресурсы оцениваются в 250 млн. м³/год. Водоносные пласты Ллано де Пальма и На Бургеса нещадно эксплуатируются и качество воды в них ухудшается за счет интрузии морских вод. Поэтому вода, откачиваемая из этих двух водоносных пластов должна опресняться при объемах 30.000 м³/сут на очистных сооружениях, использующих принцип обратного осмоса (Сон Тугерос), действующих с 1995 года. На водоносном месторождении С'Эстремера, обеспечивающем воду высокого качества, наблюдается серьезное понижение динамического уровня воды (в 1995 году уровень воды упал на 20 м ниже уровня моря). Водопотребление приблизительно равно имеющимся ресурсам, которые оценивались на начало 2000-х годов в 238 млн. м³/год,

т.е. 88 млн. м³/год для питьевого водоснабжения и 148 млн. м³/год для орошения. Последняя цифра составляет 62% от потребления.

В течение сильных засух в 1995-1997 годах, 17 млн. м³ были доставлены с материка. Поэтому существовала потребность в поиске новых ресурсов. Завод по опреснению морской воды был сдан в эксплуатацию в 1999 году с суточной производительностью 42.000 м³/сут с последующим увеличением до 60.000 м³/сут. Дополнительные мощности повысили общую производительность опреснения в Пальме до 80.000 м³/сут летом 2001 года. Кроме того, водохозяйственные органы все больше склонялись к использованию очищенных вод как надежному альтернативному ресурсу. Очищенные воды использовались для орошения в регионе Лпано де Пальма, который был центром садоводства при орошении откачиваемыми подземными водами, используя тысячи ветряков. Повторное использование началось в 1975 году на площади 250 га, и затем быстро распространилось до 500 га (полигон 1), при использовании от 3 до 3.5 млн. м³/год доочищенных стоков, либо прямой закачкой в скважины, расположенные близко от очистных сооружений сточных вод или использовались для целей орошения. В 1990 году, новый участок площадью 640 га (полигон 2) был освоен при строительстве предприятия для доочистки сточных вод (Пальма II). 95% орошаемой площади было отведено для выращивания зерновых и люцерны и стали важной зоной производства молочной продукции. Очищенные воды обеспечивали около 11% потребления для орошения сельскохозяйственных культур на острове, остальная часть покрывалась за счет подземных вод хорошего качества. Около 15.2 млн. м³/год доочищенных стоков использовались для сельскохозяйственного поверхностного орошения и последующего пополнения водоносных пластов. Повторное использование воды для орошения сельскохозяйственных культур одновременно использовалось для борьбы с интрузией морской воды; это обеспечивало «пресное» водоснабжение для орошения на территории, где подземные воды стали минерализованными. Несмотря на появление избыточно эксплуатируемых водоносных пластов с повышенной минерализацией, подземные воды все еще были наиболее важным, привычным и свободным для доступа источником для орошения. Фермеры получили высококачественную очищенную воду, но им было еще трудно привыкнуть к ситуации, когда они должны были отказаться от своих прав на откачку подземных вод. Они относятся к очищенным водам как к альтернативному ресурсу в случае сильных засух – *гарантийный ресурс в засухи*. Кроме того, с конца девяностых, около 7 млн. м³/год воды тройной очистки (коагуляция, флокуляция, фильтрация через песчаные фильтры и дезинфекция газообразным хлором) использовались для орошения общественных парков, ландшафтов и площадок для гольфа, таким образом, экономя равные объемы питьевой воды. Таким образом, повторное использование водных ресурсов позволяет:

- (1) повысить стоимость земельных ресурсов, которые становятся пригодными для выращивания различных культур;
- (2) предотвращается интрузия солей в результате пополнения запасов подземных вод и снижения объемов откачки для сельскохозяйственных нужд;
- (3) понижается минерализация питьевой воды и снижается стоимость очистки воды;
- (4) Создаются новые парки и площадки для гольфа в важных туристических районах без посягательства на питьевую воду.

Источник: Xu и др.. (2003 г.), Brissaud (2008 г.)

Если необходимо построить сбросные сооружения, важно, обеспечить:

- (1) снижение поступления загрязнителей со сбрасываемыми сточными водами до минимально возможного уровня, чтобы предотвратить эвтрофикацию воды в водоприемнике;
- (2) очистку стоков до стандартных уровней (БПК, ХПК, бактерии);
- (3) вывод сбросного трубопровода подальше от берега к более глубокой части моря.

5. Устойчивый подход к водоснабжению, санитарии и повторному использованию воды

5.1. Смена системы взглядов и понятий

«Большинство людей в развивающихся странах не имеют доступа к безопасным санитарным системам. Если мы собираемся решить эту проблему мы должны уйти от идеи централизованных санитарных систем индустриального мира. Новые доступные технологии, основанные на экологической санитарии, при которой экономится вода, повторно используются питательные вещества и извлекается энергия, открывает устойчивые опции как для богатых, так и для бедных стран» (Jenssen *и др.*, 2004 г.). Однако повторное использование воды и питательных веществ не рассматривалось как цель достаточно важная, чтобы изменить общий подход к санитарии. Когда обычные технологии применяются для очистки сточных вод, очистные сооружения проектируются без заботы о повторном использовании и независимо от требований повторного использования. Поэтому ключевые элементы устойчивой санитарии требуют смены системы взглядов и понятий. Потенциал повторного использования различных отходов, как функция выращиваемых культур, почв и климатических условий, включая аспекты здравоохранения, а также социально-культурные, экономические и политические аспекты повторного использования, должны формировать составляющую часть будущих стратегий устойчивой санитарии (Rijsberman, 2006 г.).

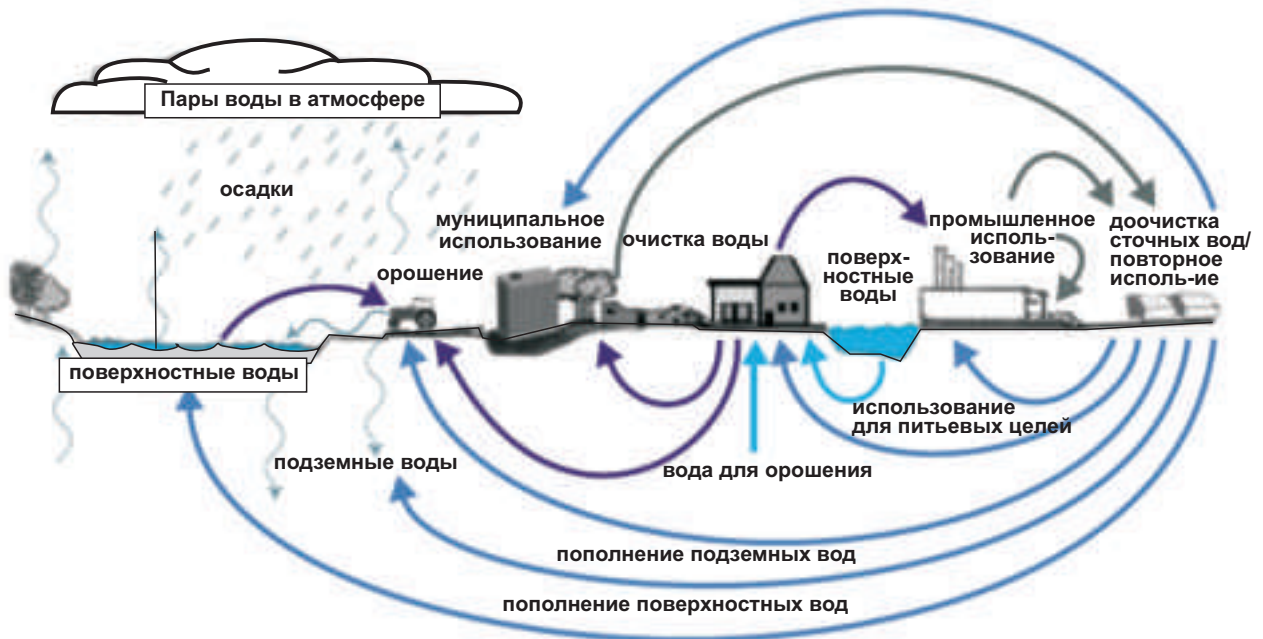


Рис 2. Роль инженерных сооружений для очистки, доочистки и повторного использования для различных видов использования воды в рамках гидрологического цикла (Asano и Levine, 1995 г.).

1. *Повторное использование воды играет ключевую роль для устойчивости развития – сточные воды как дополнительные ресурсы.* Сточные воды являются вопросом управления водными ресурсами и качества воды. Они должны быть интегрированы в глобальный гидрологический цикл, как составляющий компонент управления водных ресурсов (рисунок 2). Что касается обычных водных ресурсов, стратегия управления и оптимального использования должна быть продумана для различных масштабов.

2. *Бассейновый подход к ИУВР в городах: Управление водоснабжением, сточными водами, борьбой с загрязнением и повторным использованием воды, используя интегрированный метод.* Рост городского населения и экономическое развитие могут обострить конкуренцию из-за воды между различными отраслями и пользователями верхнего и нижнего течения и повлиять на управление качеством питьевой воды, сточными и ливневыми водами. Развитие городов влияет на качество и объемы стока рек, что выходит за пределы городских территорий. Конкуренция между городским, сельским и индустриальным водопотреблением растет вследствие расширения городов и политических приоритетов, отдаваемых городам. Полное понимание всей системы использования воды в городах необходимо для урбанизированных водосборов, учитывая различные уровни и режимы взаимодействия таких компонентов как пространственный масштаб водораздела, социально-экономическое развитие и интересы пользователей в верхнем и нижнем течении. При этом нужны инновационные подходы и средства для технологических и институциональных реформ, а также социологических исследований. Городское водоснабжение, улучшение санитарных условий и охрана окружающей среды требуют учета различных уровней, т.е. водосборов городов и районов, с перспективой применения интегрированного подхода управления городской водосборной территорией.

3. *Приемлемые и рентабельные уровни очистки, соответствующие каждой опции использования.* Очистка сточных вод должна быть увязана с типом повторного использования. Если очистка организована, общий подход, применяемый до настоящего времени, основывается на доведении качества сточных вод до уровня требований к качеству сбрасываемой воды. Очистные сооружения проектируются без учета повторного использования, и нет гарантий по качеству или количеству сточных вод. Повторное использование, в основном, рассматривается второстепенным шагом. Редко как начальное условие. При сельскохозяйственном повторном использовании, обычные очистные сооружения, такие как с технологией активированной обработки отстоя, проектируются с одной ключевой целью - борьба с загрязнением (контроль БПК и удаление ЗВ), и стандарты, определяющие их параметры, часто выше, чем действительно это необходимо; при этом, эти обычные системы неэффективны для удаления яиц кишечных червей, бактерий и вирусов. Поэтому используемый подход к очистке не учитывает, как наилучшим образом использовать компоненты, содержащиеся в сточных водах, что означает, прежде всего, как сохранить питательные элементы и избавляться от микроорганизмов и нежелательных компонентов, и, во-вторых, какая технология будет наиболее подходящей для данной цели. Применение критериев эксплуатационных качеств, которые описывают уровень возможных воздействий на здоровье людей (пониженная подверженность воздействию

болезнетворных микроорганизмов), окружающую среду (экосистемы должны быть защищены) и экономическую деятельность (сельское хозяйство, в конкретных случаях) должно быть более инновационным (Krauss и Boland, 1997 г.). Постановка целей, связанных с качеством воды, зависящим от типа повторного использования, должна быть результатом достижения баланса между тем, что желательно с экологической точки зрения и с позиций здравоохранения, и тем, что возможно с технической и экономической точек зрения.

Развитие систем очистки, которые обеспечивают биологическую и химическую безопасность очищенных сточных вод, но сохраняют питательные элементы, которые заменяют фермерам удобрения, все еще является проблемой. Поэтому нужно срочно разработать ряд рентабельных решений для преодоления технических, институциональных, социальных, поведенческих и культурных препятствий, которые не позволяют воспринимать санитарные альтернативы обществом. Хорошо составленный портфель санитарных альтернатив должен помочь как сообществам, так и планирующим организациям выбрать и осуществить жизнеспособные санитарные опции (ГВП ЦВЕ 2007 г.).

Разработка и реализация стратегий и опций для решения проблем, например, твердых отходов, фекального отстоя и мочевины, адаптируясь к условиям, превалирующим в развивающихся странах, все еще прорабатываются с увеличением числа организаций, имеющих экспертизу в этой области, такими как CREPA (Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à Faible Coût, который расположен в Уагадугу, Буркина-Фасо), WASTE в Нидерландах, EAWAG-SANDEC (Швейцарский федеральный институт водных наук и технологий – водоснабжение и санитария в развивающихся странах), Азиатский институт технологий, Мурдохский университети, например, Комиссия по водохозяйственным исследованиям в Южной Африке. Основной проблемой для повторного использования мочи, накапливаемой в туалетах, является её транспортировка из городов в хозяйства и последующее хранение. Чтобы решить её, SANDEC разрабатывает рентабельные методы переработки жидкой мочи в её экстракт. В декабре 2008 года, Немецкая ассоциация водоснабжения и утилизации сточных вод (DWA) опубликовала руководство, содержащее критерии для проектирования инновационных санитарных систем, с целью минимизировать потери воды и повысить в максимальной степени уровень повторного использования ценных компонентов коммунальных сточных вод (DWA, 2008 г.).

Низкая стоимость строительства, оправдавшая себя технология, легкость эксплуатации и возможность модернизации на последующих этапах – желательные характеристики соответствующих технологий сбора и очистки сточных вод. Там где имеются достаточные земельные ресурсы, природные системы, такие как пруды стабилизации сточных вод, или искусственные ветланды могут быть использованы.

Специальные технологии обработки могли бы быть также использованы, такие как ускоренная инфильтрация, перетекание по поверхности земли, низкоскоростная или внутрпочвенная фильтрация. Химически усиленная

предварительная очистка и перемешивание анаэробного поверхностного отстоя являются другими примерами применимых и доступных по средствам технологий. Выбор зависит от местных возможностей и видов использования на площадях, расположенных ниже по течению. Адаптация и стандартизация некоторых нетрадиционных процессов и сочетание очистных и других мероприятий еще необходимо проверить. Имеются возможности для проектирования санитарных систем, используя местные материалы, технологии и ноу-хау. Системы, основанные на обычных подходах или сочетающие природные и искусственные системы, могут быть использованы, если недостаточно земли или в случае, когда имеются топографические или иные ограничения. Экономия средств, как в плане инвестиций, так и на эксплуатацию, может быть достигнута в дополнение к экологическим преимуществам и приспособлению к ландшафту. Отстоем можно удобрять землю после соответствующей обработки (компостирование, перегнивание и т.д.). Так как стандарты становятся все более строгими, объемы и качество формирующегося отстоя становится ключевым фактором при выборе системы очистки. Важным партнером, который должен быть выявлен и поддержан, является частный сектор с точки зрения разработки моделей бизнеса для производства дешевых туалетов, маркетинга мочевины и т.д., который может приспособить санитарные услуги для различных пользователей.

4. *Место сельского хозяйства в цикле очистки сточных вод.* Сельское хозяйство может быть интегрирована, как наземная система очистки, в цикл очистки и рассматривается как часть цикла повторного использования питательных веществ. Почвы могут действовать как биореактор и снижать уровень загрязнения. Вода, используемая для целей орошения, должна отвечать определенным требованиям к её качеству. Орошаемые площади используются для производства различных культур, в частности, коммерчески выгодных овощей. Если очищенные воды собираются повторно использовать для орошения кормовых культур, полевых культур (зерновые, технические культуры) или лесопосадок, качество доочищенных сточных вод должно быть достаточным. Для овощей, потребляемых в сыром виде, требуется дополнительная очистка сточных вод, с целью охраны здоровья населения. Для того чтобы обеспечить воду приемлемого качества, очистка сточных вод должна быть улучшена с помощью различных технологий, таких использование прудов-усреднителей, открытые или закрытые хранилища, дезинфекция и т.д.

5. *Рассмотрение всего набора санитарных опций.* Для обеспечения социальной справедливости и предотвращения экологических проблем, необходимо рассмотреть все опции, имеющиеся систем для сбора, очистки и повторного использования сточных вод от туалетов с выгребными ямами до современных канализационных сетей – от безопасного сбора, хранения и вывоза/повторного использования фекалий людей до переработки, вывоза и повторного использования питательных веществ. Сочетание различных технологических решений, зависящих от местных условий и имеющихся ресурсов и возможностей, может помочь в решении проблемы устойчивым и экологически приемлемым способом. Для того чтобы преодолеть финансовые ограничения, встречающиеся при обеспечении санитарных услуг, строительство санитарных сооружений может выполняться поэтапно, постепенно продвигаясь по «санитарной лестнице» (4-й ВВФ, 2006 г.).

Учитывая текущий дефицит пресной воды в большинстве городов развивающихся стран, планирующие органы довольно скептически настроены в отношении расширения охвата населения ватерклозетами и канализационными системами. Применение туалетов без промывки, где возможно сочетание с замкнутыми системами, кажется соответствующим подходом для достижения прогресса в этой области. В настоящее время соответствующие технологии широко представлены и применяются, например, в окрестностях Дурбана, Южная Африка, при темпах строительства 1500 туалетов в месяц, их общее количество скоро достигнет 60.000. Шведский проект «EcoSanRes» помогает развивающимся странам передачей знаний и реализацией устойчивых санитарных решений, адаптированных к местным условиям, например, «сухие» санитарные сооружения в засушливой Внутренней Монголии, в городе Донгшенг на севере Китая (www.ecosanres.org). В Германии, в контексте Всемирной Выставки в 2000 году, новый квартал города Любек был оборудован аналогичными санитарными системами.

6. Децентрализованные подходы. Для оптимизированных систем сбора, распределения, канализации и повторного использования, проблема заключается в развитии децентрализованного подхода к планированию и проектированию инфраструктуры при решении нужд городского и сельского устройства. Децентрализованные системы, такие как собирающие воду для бытовых и сельскохозяйственных целей или «спутниковые» очистные сооружения сточных вод, могут лучше защитить водосборные площади и водные ресурсы и помогут избежать транспортировки на большие расстояния. В Сенегале, который увеличивает покрытие городов санитарными системами, расположенными непосредственно на участках образования стоков, в качестве своего основного подхода, переработка нарастающих объемов фекального отстоя производится на децентрализованных очистных сооружениях (компания «ONAS» в сотрудничестве с институтом SANDEC). Проектирование простых и разнообразных сооружений с обслуживанием и эксплуатацией на местах, вместо инженерно-сложных и крупных систем, оставляет необходимые ресурсы близко к месту повторного использования в местном масштабе (Kreissl, 1997 г.). Местное повторное использование может снизить общие объемы водозабора. Меньшие объемы сточных вод будут формироваться и их будет легче контролировать; меньше энергии будет потребляться и меньше отстоя производиться (Harremöes, 1997 г.).

7. От подхода «в конце производственного цикла» к подходу «в источнике». До настоящего времени, наиболее распространенным подходом остается строительство централизованных систем водоснабжения и канализации. Технология с замкнутым циклом снижает или устраняет, прежде всего, такие проблемы, как заболевания, передающиеся через воду, эвтрофикация и т.д. Однако при этом загрязнение перемещается с одного места в другое, когда более удобно переместить загрязняющие компоненты ближе к источникам загрязнения. Так как сточные воды могут быть повторно использованы для различных целей, качество сточных вод должно быть защищено от различных видов источников загрязнения. Главные загрязняющие компоненты, такие как устойчивые органические соединения, микроэлементы и радиоактивные вещества, которые могут повлиять на здоровье людей через пищевую цепочку, не должны сбрасываться в

общественные канализационные системы. Такие загрязнители должны устраняться в источнике и, насколько возможно, удерживаться в рамках закольцованной системы и повторно использоваться в промышленных циклах, где они и генерируются (Goodland и Rockefeller, 1996 г.). Легче удалить многие промышленные загрязнители в их концентрированном виде в источнике, чем позже, после сброса в муниципальную канализационную систему, в разбавленном состоянии.

Некоторые промышленные загрязняющие вещества токсичны для биологических систем, обычно используемых для очистки муниципальных сточных вод. Очистка непосредственно у источника необходима, чтобы минимизировать затраты и контакты окружающей среды с опасными материалами и чтобы обеспечить сохранность систем очистки муниципальных сточных вод. Прагматичные нормы для сбросов промышленных стоков должны быть подготовлены и, кроме того, реально усилены, для того чтобы защитить очистные сооружения и предотвратить накопление потенциально токсичных компонентов в почвах и водоносных пластах. Для того чтобы способствовать успешной работе схем повторного использования, сброс промышленных стоков в общественную канализацию необходимо минимизировать. Использование чистой продукции и энергосберегающие и водосберегающие процессы и технологии должны быть поддержаны. Тогда состав материалов отходов будет ближе к тем продуктам, которые можно многократно использовать. Необходимы изменения в отношениях и стратегиях потребления, а также инновационные, эффективные и устойчивые способы для управления отходами. Управление городскими водными ресурсами должно перейти от подхода «в конце производственного цикла» к подходу «в источнике».

8. Сочетание опций «с очисткой» и «без очистки» для снижения рисков здоровью. Комплементарный подход представляет собой сочетание мер, связанных с очисткой, и других мер по уменьшению рисков для здоровья людей (ВОЗ, 2006 г.). Такой подход с множественными «барьерами» может сочетать контроль в источнике загрязнения и меры, предпринимаемые на полях при выращивании культур и после сбора урожая для уменьшения рисков и защиты сельскохозяйственных рабочих и потребителей (Lazarova и Bahri, 2005 г.; ВОЗ, 2006 г.; Qadir и др., 2007 г.; Asano и др., 2007 г.). Например, альтернативы, понижающие уровень рисков, проверяются в настоящее время в Гане, чтобы оценить их потенциальные воздействия (Drechsel и др., 2007 г.). Этот подход адресуется непосредственно общему недостатку устойчивой или всесторонней очистки сточных вод, посредством привлечения внешних ресурсов для выполнения его функций, согласно потребностям и потенциалу участников повторного использования сточных вод. При этом используются небольшие пруды для отстаивания сточных вод в хозяйствах, а также более безопасные методы орошения и соответствующая обработка культур, которые едят в сыром виде. Где возможно, это сочетается с очисткой сточных вод.

5.2. Вызовы и путь вперед

Несколько предварительных условий должны быть соблюдены, чтобы сделать повторное использование сточных вод успешным: повторное использование сточных вод требует наличия перспективного планирования, хорошего управления и специализированных организаций, защиты общественного здоровья, соответствующих технологий очистки и их размещения, надежности очистки, управления водными ресурсами и общественного участия. Кроме того, это должно быть экономически и финансово жизнеспособным.

5.2.1. Планирование, управление и общественные институты

Планирование и управление процессом повторного использования в программах управления водными ресурсами требуют тщательного рассмотрения институциональных, организационных, регулирующих, социально-экономических, тарифных, экологических и технических аспектов (Asano, 2005 г.). Ради обеспечения эффективности и будущего планирования и реализации санитарных проектов, альтернативные опции должны быть рассмотрены с участием жителей. Ответственность за управление сточными водами должна быть возложена, при участии сообществ, на муниципалитеты или специализированные агентства, которые должны скоординировать стратегии водоснабжения, санитарии и повторного использования.

Высокий уровень планирования и координации требуется для программ безопасного повторного использования ресурсов. Хранение, размещение, своевременное наличие сточных вод для повторного использования и окупаемость мероприятий также являются важными вопросами, которые следует рассмотреть. Желание платить за воду связано с наличием воды определенного качества и в необходимых количествах. Решение этих вопросов требует координации деятельности различных агентств и секторов, интересы которых часто конфликтуют, например, здравоохранения, очистки муниципальных вод, распределение оросительной воды и т.д. Специализация и административная ответственность также часто распределяются между различными правительственными учреждениями. Для обеспечения эффективного повторного использования воды в сельском хозяйстве, межотраслевое сотрудничество необходимо как на национальном, так и местном уровне. Чувство взаимозависимости должно быть усилено. Совершенная система сбора, очистки и повторного использования сточных вод требует комплексного подхода и адаптации законодательных и институциональных структур. Могут потребоваться межведомственная координация и контроль водопользования или институциональный орган или исполнительный комитет, имеющий полномочия для соответствующего регулирования и усиления стандартов и процедур для повторного использования воды (мониторинг - информация – обеспечение соблюдения норм и правил и т.д.).

5.2.2. Технические аспекты

Сточные воды могут быть повторно использованы для различных целей, таких как орошение, полив ландшафтов (парков, озелененных территорий, площадок для гольфа и т.д.) и промывки туалетов, рекреационных и природоохранных использований, промышленных нужд, пополнения запасов подземных вод и других видов использования. До начала проектирования очистного сооружения сточных вод, прежде всего, следует рассмотреть потребности конечного пользователя. Затем следует четко определить цели очистки и стандарты. Это приведет к повторному рассмотрению подхода к очистке, требуемые процессы и уровни очистки, а также показатели, по которым будет оцениваться очистка. Это может понизить уровень конфликтов интересов производителей и потребителей сточных вод, возникающих из-за различных целей каждой группы. Однако до сих пор повторное использование не рассматривалось как цель достаточно важная, чтобы модифицировать подход к очистке и утилизации сточных вод. Обычная технология применялась для очистки сточных вод, независимо от типа их использования. Критерии эффективности, которые соответствуют для данного типа повторного использования, в целом, не рассматривались тщательно.

Соответствующие технологии, пригодные для конкретных социально-экономических условий, могут потребовать применения поддерживающих производств и логистики или новых технологических решений. Они должны быть доступны, управляемы и надежны (USEPA, 1992 г.; Kreissl, 1997 г.). Менее продвинутое технологии часто способны обеспечить стандартные показатели очистки. Использование сочетания различных высоких и менее продвинутых технологий (Dodds и др., 1993 г.), в зависимости от местных условий, поможет решить проблему в устойчивой и экологически дружелюбной манере. Для того чтобы преодолеть финансовые ограничения, с которыми сталкиваются небольшие сообщества при обеспечении санитарных услуг, эти услуги могут развиваться поэтапно (Bakir, 2001 г.).

Поэтому должны быть разработаны системы, которые не вредят окружающей среде и обеспечивают соответствующую очистку. Имеется широкий диапазон потенциальных методов очистки сточных вод; и несколько нестандартных и экономичных технологий могли бы быть использованы в индивидуальных и коллективных санитарных системах (сочетание компостирования и очистки «серых вод») (Niemczynowicz, 1994 г.; Rose, 1999 г.; Vodik и Ridderstolpe, 2007 г.). Так как каждая территория уникальна, необходимо использовать различные типы санитарных сооружений для каждого сочетания технических, экономических, экологических и институциональных условий. Затем внедренные технологии снижения уровня загрязнения непосредственно в источнике, отделения источников от общих систем, восстановления или повторного использования ресурсов могут быть доведены до совершенства.

Так как обычные самотечные канализационные системы составляют основную часть (80-90%) всех канализационных сооружений, с экономической точки зрения, было бы выгодно рассмотреть альтернативные коллективные системы (с меньшими диаметрами и более легким трубами, укладываемыми

на меньшую глубину), что может обеспечить достижение цели очистки и повторного использования. Инфильтрационно-фильтрующие системы могут использоваться при благоприятных гидрогеологических условиях. Санитарные меры предосторожности нужны в случае использования подземных вод для бытового водоснабжения, однако, кроме этого, способность почв к адсорбции и снижению активности загрязняющих веществ должна быть оценена для каждого участка, где системы наземной очистки должны быть построены и, если необходимо, обеспечить систему предварительной очистки. Другой возможностью для сокращения расходов при проектировании и строительстве санитарных систем может стать использование местных материалов, технологий и ноу-хау. Экономия финансовых средств, как в плане инвестиций, так и расходов на эксплуатацию, может быть обеспечена в дополнение к экологическим преимуществам и удачному вписыванию в ландшафт.

5.2.3. Экономика водоснабжения, санитарии и повторного использования сточных вод

Использование сточных вод в сельском хозяйстве может обеспечить значительные ежегодные доходы: фермеры в пригородах Кумаси получают около 700-1000 дол. США в год (чистой прибыли) (Keraita *и др.*, 2002 г.). Фермеры в пригородах Дакара ежегодно зарабатывают 2234 дол. США (Faguqui *и др.*, 2002 г.). В Хароонабаде чистая прибыль от продукции, произведенной на землях орошаемых сточными водами, составляла 840 дол. США/га (van der Hoek *и др.*, 2002 г.). В Хайдарабаде заработки варьировали в пределах 830-2800 дол. США в год. Косвенные бенефициарии сельскохозяйственных систем, где используются сточные воды, составляют 34% от всех бенефициариев (IWMI, 2002 г.). Однако, в тоже время, отмечается заболеваемость, связанная с неадекватным водоснабжением и санитарными услугами, а также орошением сточными водами.

Согласно Райту (2007 г.), последние исследования ВОЗ (Hutton и Haller, 2004 г.) показывают, что высокая окупаемость инвестиций возможна в водоснабжении и санитарии (около 6-8 долларов США на один вложенный доллар США). Однако экономические выгоды зависят от инвестиций, обеспечивающих предполагаемые выгоды в области здравоохранения и при использовании инфраструктуры водоснабжения и санитарии. В последнем неопубликованном докладе Мирового Банка, были проанализированы инвестиции в водоснабжение и санитарии за 10-и летний период (1997-2007 гг.), с целью определения достигнуты ли ожидаемые выгоды в здравоохранении. Были выявлены незначительные улучшения в этой области. Причиной этого может быть то, что инвестиции не всегда сопровождались дополнительными мерами, такими как гигиеническое образование, мытье рук, которые должны были помочь в достижении улучшения состояния здоровья населения. Это означает, что экономическая сторона этих вопросов не прорабатывались в достаточной степени при инвестициях. Применение принципов ИУВР могло бы помочь решению этих вопросов. Кроме того, применение принципов ИУВР могло бы стать инструментом для обеспечения высокого приоритета водохозяйственной деятельности при распределении национального бюджета.

Существует потребность в строгом экономическом обосновании санитарной деятельности с количественным выражением выгод (внутренних и внешних) и учете воздействий на такие экономические сферы, как туризм, торговля, сельское хозяйство и другие общественно полезные использования воды, при экономическом обосновании инвестиций в санитарную инфраструктуру. Сооружения по очистке сточных вод должны быть увязаны с экономическим развитием городов. Расположение крупных (централизованных) или малых (децентрализованных) очистных сооружений необходимо планировать ближе к участкам повторного использования, а именно пригородных зонах с фермерскими хозяйствами или другими предпочтительными видами использования. В Дьене, Мали, например, строительство простой инфильтрационной системы для очистки «серых вод» позволило улучшить состояние окружающей среды, что привело к развитию туризма и экономики в целом (Morel и Diener, 2006 г.). Экологические результаты (восстановление качества воды озера Тунис), финансовые поступления и перспективы развития региона вокруг озера, которые стали следствием строительства очистных сооружений и ирригационной системы на основе очищенных сточных вод, описаны во вставке 11.

Вставка 11:

Экономические и финансовые выгоды от городской санитарии – озеро Тунис

В Тунисе, очищенные сточные воды очистных сооружений Ля Чергуйя обычно сбрасывались в озеро Тунис, приводя к ряду негативных последствий, таких как эвтрофикация озера, неприятный запах, кислородное голодание и массовые заморы рыбы. Восстановление экологии озера посредством уменьшения сбросов сточных вод, удаления органического вещества (подводная выемка грунта дна озера землесосами), совершенствования городской санитарии и канализационной системы, строительства очистных сооружений и системы орошения на очищенных сточных водах, а также мелиорация береговой зоны, привело к снижению уровня эвтрофикации и застройке данного участка земли жилыми зданиями. Инвестиции в строительство транспортирующего трубопровода (от сбросного сооружения в озеро до очистных сооружений), а также очистного сооружения Чоутрана и оросительной системы Себала (3000 га), окупались за счет нескольких косвенных экономических выгод (в дополнение к созданию нового орошаемого региона), а именно:

- (1) качество воды в озере было восстановлено;
- (2) 3100 га в береговой зоне озера Тунис мелиорированы и стали наиболее дорогостоящими землями, пригодными для жилищного строительства, в столичном регионе;
- (3) рыбоводство было восстановлено;
- (4) усилился приток туристов.

Эти неучтенные экономические выгоды необходимо учесть:

(1) земля и финансовые результаты: выгодные операции с недвижимостью при положительных вложениях средств, а также площадное и экономическое развитие города;

(2) экологические результаты: увеличение притока воды в озеро, позитивные изменения физико-химических параметров, баланс содержания кислорода, уменьшение питательных веществ, снижение уровня эвтрофикации, увеличение биологического разнообразия, исчезновение нитрофильных водорослей, повторное расселение явобрачных растений;

(3) перспективы развития и улучшения озера: разработка схемы развития озера (Kennou, 2006 г.).

5.2.4. Переосмысливание вопросов финансирования для санитарии и повторного использования сточных вод

Ободряющее начало в отношении финансирования водоснабжения было сделано, благодаря работе экспертной группы Камдессю, специальной комиссии Гурия и Консультативного совета по водным ресурсам и санитарии при Генеральном секретаре ООН. Запущенная область финансирования бытовой санитарии, как в городах, так и в сельской местности, и повторное использование должны были получить запоздалое внимание.

Крупные финансовые суммы были выделены для решения проблем глобальной санитарии и управления сточными водами. Хотя *санитария коммунального сектора* является объектом младшего порядка и может быть осуществлена различными способами, *общественная инфраструктура* для сбора сточных вод, их очистки и повторного использования может быть весьма дорогой. Можно напомнить, что согласно документу «Структура действий ГВП», около 70 миллиардов долларов США ежегодных инвестиций (из общей суммы в 180 миллиардов долларов США), необходимых в водном секторе до 2025 года, следует выделить для очистки муниципальных сточных вод и еще 30 миллиардов для очистки промышленных стоков. Таким образом, 100 из 180 миллиардов долларов США ежегодных инвестиций выделяются для утилизации сточных вод. По сравнению с этим, расчетные значения инвестиций, требуемых для достижения ЦРТ в области санитарии, выглядят более скромно (17 миллиардов долларов США в год).

Совсем другой и более креативный тип мышления необходим для решения проблем утилизации бытовых отходов и сточных вод. Такое мышление должно обеспечить решение этих проблем более простым и легче финансируемым способом, если очистку этих «отходов» рассматривать как потенциальное получение новых ресурсов и привлекать нетрадиционные источники финансирования и предприятия для этого. Так как ЦРТ в области питьевого водоснабжения и санитарии последовательно реализуются, а города растут, управление и использование сточных вод станут более насущными.

Каждый из шагов по «лестнице» санитарии влечет за собой существенный скачок в единичных затратах (рис. 3), и получаемые, постепенно увеличивающиеся выгоды могут не покрыть дополнительные затраты в каждом конкретном случае (Публикация № 11 Технического комитета ГВП «Услуги по водоснабжению и санитарии в городах»).

Однако это только начало цикла очистки отходов. Затраты на очистку отходов и сточных вод увеличиваются при переходе от простого механического разделения к методам доочистки и далее к третичной обработке или другой более совершенной технологии очистки. В сообществах с современными канализационными системами и очисткой сточных вод согласно принятым стандартам, компонент канализации может быть представлен в равной доле в комбинированном тарифе бытового водоснабжения и санитарии (канализационные коллекторы составляют основную часть общей стоимости инфраструктуры для утилизации сточных вод (80-90%)).

Финансирование сбора и очистки сточных вод

расчетные
затраты \$/чел,
включая
15% на ЭиП

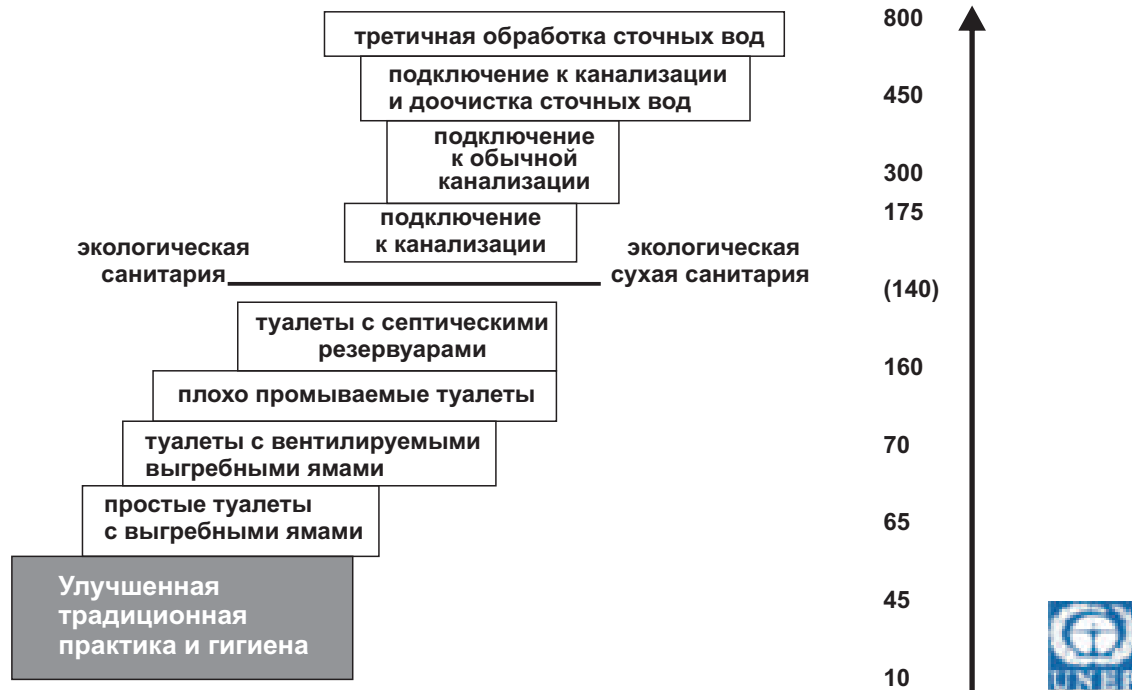


Рис. 3. Затраты на различные услуги при подъеме по “санитарной лестнице” (Водоснабжение и санитария для всех, 4-ый ВВФ, 2006 г.).

Однако это только начало цикла очистки отходов. Затраты на очистку отходов и сточных вод увеличиваются при переходе от простого механического разделения к методам доочистки и далее к третичной обработке или другой более совершенной технологии очистки. В сообществах с современными канализационными системами и очисткой сточных вод согласно принятым стандартам, компонент канализации может быть представлен в равной доле в комбинированном тарифе бытового водоснабжения и санитарии (канализационные коллекторы составляют основную часть общей стоимости инфраструктуры для утилизации сточных вод (80-90%)).

Наряду с развитием процесса урбанизации, возникает необходимость изменения мышления – от отношения к отходам, как потерянному ресурсу к отношению к ним, как экономическому и экологическому резерву. Бытовые сточные воды и сточные воды в целом содержат элементы, которые являются потенциальными источниками удобрений и энергии, в то время как очищенная воды может быть возвращена в реки или повторно использована для многих целей. Новые технологии дают возможность для очистки, переработки и использования отходов. Вода, выпитая в Лондоне, которая имеет хорошее качество, была «использована», по крайней мере, полудюжиной других домохозяйств на её пути к водопроводу лондонцев. При этом были протесты в США и Австралии против использования очищенных вод для бытовых целей.

Лучшее управление и финансирование очистки сточных вод могли бы высвободить пригодные к потреблению очищенные воды и другие компоненты сточных вод, способствуя решению проблемы недостатка пресной воды, а также загрязнения вод. В некоторых регионах, компании покупают очищенные сточные воды для повторного использования (см. Вставка 12). Это вероятно распространится в регионах со скудными водными ресурсами, где альтернативой для сточных вод является отсутствие воды: сточные воды в этих регионах слишком ценны, чтобы их просто сбрасывать. Даже *отстой*, не поддающийся улучшению качества конечный продукт очистных сооружений сточных вод, имеет потенциал использования в строительстве, в производстве биогаза или как добавка, мелиорирующая почвы при их сельскохозяйственном использовании.

Вставка 12: Повторное использование воды в Дурбане

Целью проекта являлась демонстрация того, что тройное партнерство между частными компаниями, НПО и государственными органами может принести дополнительные дивиденды, как сообществам, так и всем трем партнерам. Партнерами в рамках проекта являлись: Мировой Банк, WaterAid (Великобритания), компания «Vivendi Water», а также местные партнеры «Durban Metro», городские власти Питермаритсбурга, «Umgeni Water», «Mvula Trust» (НПО) и комиссия по водохозяйственным исследованиям.

Построенная система водоснабжения включала низконапорную распределительную сеть, которая подпитывала резервуары питьевой воды потребителей при максимальной норме 200 л/человека/сут. Обученные водные менеджеры, выбранные сообществом, осуществляли управление системой, а также стояками, построенными для тех, кто не был подключен к низконапорной распределительной сети. Обученный местный персонал работал под руководством водных менеджеров, выполняя обслуживание системы. Потребители вносили ежемесячную предоплату в размере 1.2 \$/мес, после оплаты подключения (24 доллара США).

Проект повторного использования воды в Дурбане осуществляется консорциумом Durban Metro и Vivendi Water, который обеспечивает на протяжении 20 лет услуги по строительству и эксплуатации систем водоснабжения. Проект обеспечивает очистку и повторное использование 47.500 м³/сут очищенных вод. Эта система очищает 7% сточных вод, которые сбрасываются в море, и гарантирует низкие затраты и высокое качество воды, поставляемой для продажи промышленности в Южном индустриальном бассейне Дурбана (Мондская бумажная фабрика, Сапрефский нефтеперегонный завод и Сасолская текстильная фабрика).

Эти решения в Дурбане обеспечивают следующие выгоды:

1. Сообщество имеет доступные по стоимости поставки воды в бедные поселки
2. Сообщество получило дополнительно 8% питьевой воды
3. Низкие затраты на воду гарантированы промышленности (на 25% выше, чем стоимость питьевой воды)
4. Снижение объемов сбросов неочищенных сточных вод в море, улучшая его среду.

Источник: Durham и др., 2002 г.

На всех этапах цикла очистки сточных вод, технические и социальные альтернативы возможны, каждая со своими стоимостными и финансовыми последствиями. Например, сообщества имеют выбор между стандартными методами очистки сточных вод (первичная, вторичная, доочистка и т.д.). Частичная очистка стоков может быть выполнена за счет части стоимости полномасштабной улучшенной очистки, но с определенными выгодами от весьма благоприятного соотношения доходов к издержкам, которые будут доступны многим бедным сообществам. Многие города получили преимущества от перехода к современным системам очистки сточных вод на основе поэтапной приемлемой модернизации, а не в результате безотлагательного применения наиболее продвинутой опции (рис. 4).

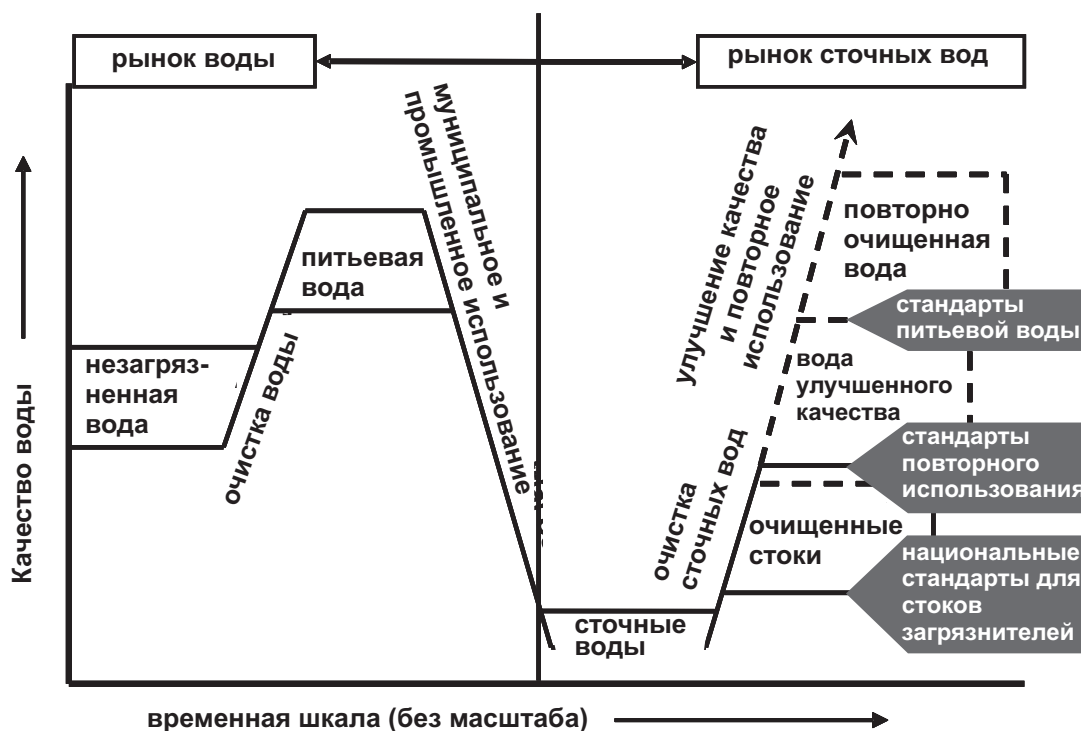


Рис. 4. Изменения качества и разнообразные использования воды (Asano, 2002 г.).

Повторное использование стоков имеет большое значение в регионах со скудными водными ресурсами и там, где значительный прогресс достигнут в практике очистки и повторного использования сточных вод, включая Австралию, Ближний Восток, страны Средиземноморья, а также запад и юго-запад США. В Винхоеке, Намибия, из-за чрезвычайно засушливых условий, значительные исследования были проведены в 1968 году для разработки технологии повторного использования для питьевых целей, а также было проведено эпидемиологическое обследование для оценки воздействий на здоровье людей потребления очищенной воды (Вставка 13). Хорошо очищенные сточные воды смешивались с питьевой водой из других источников. В Сингапуре, очистка и повторное использование сточных вод

использовались в последнее время как источник необработанной воды, дополняющий водоснабжение Сингапура. Современные технологии, такие как мембранные биореакторы, мембранная фильтрация и ультрафиолетовая дезинфекция важна для надежного производства очищенной воды высокого качества. Большая часть очищенной воды в мире используется не для питьевых целей, а в сельском хозяйстве, для орошения ландшафтов и промышленного повторного использования. Виндхоек и Сингапур являются исключением из правил, которые выбрали запланированное использование воды для питьевых целей среди других опций повторного использования очищенных сточных вод.

Вставка 13: Намибия – очистные сооружения Виндхоека

Намибия – негусто населенная страна с населением около 1.9 миллиона человек. Это наиболее засушливая из стран Африки, расположенных к югу от Сахары. Здесь нет постоянных рек и озер внутри страны, и пустыня занимает прибрежную территорию на западе страны. Среднегодовое испаряемость составляет в Виндхоеке 3400 мм, а осадки 370 мм.

Очистные сооружения Виндхоека. В столице страны, Виндхоеке, прямое повторное использование в питьевых целях практикуется с 1968 года. Очистные сооружения Виндхоека (ОСВ) обслуживают 220.000 человек. Коммунальные стоки города сначала очищаются на обычных биологических очистных сооружениях, затем очищенные воды протекают через серию прудов-усреднителей к системе доочистки. Система доочистки была несколько раз модернизирована после 1968 года, последний раз в 2002 году. Промышленные стоки в городе отводятся в отдельную канализационную систему с очистными сооружениями.

ОСВ имеет производительность $2100 \cdot 10^3 \text{ м}^3$, и имеет мировую известность, как первое в мире предприятие по очистке муниципальных сточных вод до качества пригодного для питья, с целью дополнения очень скудных водных ресурсов Виндхоека. Технологическая цепочка очистки состоит из флотации растворенного воздуха, осаждения взвесей, фильтрации через песчаные фильтры, озонирования, адсорбции активированным углем (гранулированным и порошковым), ультрафиолетового облучения и хлорирования. После очистки вода улучшенного качества смешивается с водой из других источников, при этом очищенные воды составляют почти 35% от питьевого водоснабжения города. Повторное использование для питьевых нужд, несмотря на потенциальные трудности в других местах, неотъемлемый элемент водоснабжения Виндхоека, доказывающий свою надежность и устойчивость на протяжении 36 лет.

Во многих странах промышленность является главным загрязнителем вод, несмотря на природоохранные законы. Это усугубляет дефицит воды и повышает затраты других водопользователей. Финансирование внутризаводского повторного использования и предварительной очистки промышленных стоков могут стать ключевым компонентом будущих стратегий водоснабжения, помимо их экологических выгод.

5.2.5. Стратегии и организации, связанные с повторным использованием воды

Защита и компенсации бедным. Стратегии защиты бедных потребуются наряду с совершенствованием управления сточными водами. Наибольшей проблемой является гарантия жителям с низкими доходами пригородов и сельских районов, которые рассчитывают на сточные воды для выращивания культур, что их средства к существованию не уменьшатся. Многие бедные фермеры используют сточные воды на протяжении многих лет без официального разрешения. Совершенствование практики управления водными ресурсами в верхних частях водосборов или городских территорий приведут к снижению объемов сточных вод, а также части подачи воды для орошения этим фермерам. Улучшение системы очистки сточных вод может также привести к снижению объемов водоснабжения, если очищенные сточные воды транспортируются от их первоначального места использования. Могут быть применены стратегии компенсаций бедным фермерам, обеспечивая им альтернативные источники воды для орошения или выплачивая им субсидии, или обеспечивая профессиональную переподготовку, позволяющую им заниматься другой деятельностью, дающей средства к существованию. Стратегии, которые позволяют бедным постепенно уменьшить использование сточных вод, при поиске альтернативных источников доходов, более благоразумны, чем стратегии, которые приводят к резким изменениям в подаче сточных вод (Qadir *и др.*, 2007 г.).

Усиление политической воли. Во многих регионах неадекватное общественное участие отражает отсутствие политической воли, низкий уровень инвестиций, недостаточный институциональный потенциал или плохую координацию действий. Государственные чиновники должны оценить недостаток воды и воздействия плохого качества воды и неэффективного использования на здоровье населения, экономический рост, окружающую среду и сельские и городские домохозяйства. Они должны оценить потенциал для повышения доходов населения и улучшения здравоохранения за счет совершенствования методов управления водными ресурсами. Международные агентства, доноры и неправительственные организации могут обеспечить политических лидеров информацией, способствовать выбору инновационной политики и стимулировать большее участие общественности в управлении водными ресурсами (Qadir *и др.*, 2007 г.).

Права на использование сточных вод. Пользователи сточных вод могут с неохотой относиться к строительству инфраструктуры или очистных сооружений, если они не будут уверены, что у них будет постоянный доступ к сточным водам. Этот доступ может регулироваться разрешениями и зависеть от эффективности или санитарной практики фермера. В Мехико, власти могут отказать в поставке воды фермерам, которые не выполняют требований ограничений в отношении культур, в качестве основного фактора их успеха. Поэтому может потребоваться законодательство, определяющее права пользователей в отношении доступа к сточным водам и полномочия тех, кто контролирует исполнение этих прав (см. Вставку 14).

Вставка 14. **Права на сточные воды**

Обычные права на воду широко признаны. Таким образом, текущее использование сточных вод может создать права, даже если это незапланированная деятельность и не отвечает нормам здравоохранения и защите окружающей среды. Эти права могут конфликтовать с будущими проектами использования сточных вод, особенно если ожидается, что очищенные воды будут продаваться по ценам более высоким, чем те, что выплачиваются текущими пользователями. Например, в Мехико, строительство нового очистного сооружения создало проблемы для традиционных пользователей сточных вод в нижнем течении. Новые очистные сооружения позволяли очистить сточные воды до высокого качества, и как часть программы окупаемости, были исследованы потенциальные возможности продажи воды промышленным пользователям. Неочищенные сточные воды традиционно сбрасывались в каналы и использовались для орошения ниже по течению. Мехико издало титульный лист концессий на воду, которые гарантировали землевладельцам доступ к водным ресурсам. Однако только 30% владельцев земель орошаемых сточными водами имели концессии соответствующие этому списку. Если предприятие по очистке сточных вод начнет продавать воду промышленным пользователям, то значительная часть воды не попадет пользователям нижнего течения. Так как многие пользователи не имеют официальных прав, они потеряют их средства к существованию (Silva-Ochoa & Scott, 2004 г.).

В Пакистане, большое число судебных дел, инициированных местными компаниями водоснабжения и санитарии против местных фермеров, связаны с их правами на использование сточных вод. Результатом этих судебных слушаний было то, что фермеры были вынуждены либо платить за сточные воды, либо отказаться от их использования. В Файзалабаде группа фермеров выиграла апелляцию по одному из судебных постановлений, когда они доказали, что они не имеют доступа к другому удобному источнику воды (Ensink и др., 2004 г.).

Создание экономических стимулов. Стимулирование повторного использования очищенных сточных вод полезно там, где водопользователи могут делать выбор между различными источниками воды. Низкая стоимость воды и субсидии для покупки нового оборудования могут повысить темпы использования сточных вод фермерами. Стимулы могут сочетаться с мониторингом, обеспечивая соответствие программам стимулирования и безопасное использование сточных вод (Qadir и др., 2007 г.).

Международная торговля. Соглашение по применению санитарных и фитосанитарных мер (ВТО, 1999 г.), которое применимо ко всем членам Всемирной торговой организации, регулирует международную торговлю. Страны, импортирующие продовольствие, имеют право предпринимать меры, с целью защиты своих граждан от рисков, связанных с импортом продуктов питания. Орошение сточными водами продуктивных культур, выращиваемых для экспорта, приемлемо для стран-импортеров, если все рекомендации, изложенные в руководствах ВОЗ, выполняются (Maqa, 2008 г.). «Еuroгар», европейская организация по устойчивому сельскому хозяйству и сертификации продуктов, импортируемых в ЕС, запрещает использование неочищенных сточных вод для производства культур, но допускало использование очищенных стоков в соответствии с показателями руководства ВОЗ (1989 г.).

Боязнь ответных экономических санкций при торговле сельскохозяйственными продуктами может заставить правительства с неохотой признавать допустимость орошения сточными водами, таким образом, устраняясь от невыполнения контроля безопасности продуктов питания и других фитосанитарных мер. Экспортный рынок Иордании серьезно пострадал в 1991 году, когда страны региона ограничили импорт фруктов и овощей, поливаемых неадекватно очищенными сточными водами (McCornick и др., 2004 г.). Иордания провела энергичную кампанию по реабилитации и совершенствованию очистных сооружений сточных вод и внедрила ужесточенные стандарты, чтобы защитить здоровье сельскохозяйственных рабочих и потребителей. Правительство продолжает следить за этой деликатной ситуацией, учитывая важность международной торговли. Этот пример показывает, что воздействия использования сточных вод могут быть косвенными и широкомасштабными.

Совершенствование финансового управления. Государственные агентства во многих развивающихся странах ограничивают возможность инвестирования средств в очистные сооружения сточных вод и программы оптимизации повторного использования сточных вод. Стратегии и организации могут быть полезными для увеличения необходимых средств. Оплата за используемые объемы воды будет стимулировать повторное использование сточных вод, и мешать осуществлению сбросов в природные водотоки или в сооружения, эксплуатируемые агентствами утилизации сточных вод. Есть концептуальное обоснование программ, которые генерируют доходы, за счет оплаты водопользователей за единичный объем стоков, сбрасываемых ими (принцип – загрязнитель платит), в частности, когда доходы используются для строительства инфраструктуры сбора, очистки и повторного использования сточных вод.

Межведомственная координация. Государственные агентства могут усовершенствовать координацию политических целей и методов, гарантируя достижение национальных целей по управлению сточными водами. Например, координация деятельности министерств сельского хозяйства, водных ресурсов, здравоохранения и экономического развития необходима для обеспечения гарантий, что цели и программы одного агентства не вступают в конфликт с целями и задачами другого. Общие затраты на достижение государственных целей будут минимизированы при эффективной межведомственной координации (Qadir и др., 2007 г.).

Участие заинтересованных сторон. Обычное планирование улучшения санитарных условий не позволяет конечным пользователям «добавить» их знания и понимание происходящих процессов. Поэтому существует потребность в создании платформы, с помощью которой обеспечивается соответствующий обмен мнениями по системам и требованиям. Применение подхода с участием пользователей обеспечит участие сообществ и отдельных граждан в процессе выработки решений, планирование соответствующих устойчивых санитарных систем и их адекватную эксплуатацию, и будет способствовать большему согласию между ключевыми муниципальными, провинциальными и национальными участниками процесса. Это может улучшить обмен информацией и повысить эффективность проектов повторного

использования сточных вод. Это также обеспечит развитие подходов совместного принятия решений, которые завоевывают всеобщее признание.

Для того чтобы позволить заинтересованным сторонам участвовать в процессе принятия решений, оптимизировать процесс управления и получение конечной продукции, исследуются два подхода: подход «сосредоточения на внутренней санитарии в домохозяйствах» (СЭСД) (SANDEC/WSSCC, 1999 г.)⁸⁹ и подход, называемый «Информационный союз заинтересованных сторон» (ИСЗС). При СЭСД люди и качество их жизни становятся центром внимания любой внутренней санитарной системы (а не пытаются изменить поведение людей, приспособив его к применяемой технологии). При подходе «Информационный союз заинтересованных сторон» ищутся возможности для стимулирования диалога и разрушения барьеров для обмена информацией на всех уровнях. Планируется ускорить идентификацию, разработку и внедрение инновационных решений и расширения масштабов внедрения научных разработок с помощью союза практиков, ученых, политиков, активистов и местных коммун. Проекты SWITCH (<http://www.switchurbanwater.eu>) и «Городское огородничество для будущего (RUAF)» представляют собой проекты, выполняемые согласно ИСЗС или подобным подходам с участием различных заинтересованных сторон.

Проект SWITCH выполняется в ряде городов мира. Его ключевым подходом является послы, что устойчивой управление водными ресурсами городов возможно, только если весь городской водный цикл управляется целостно, используя принципы ИУВР. Проект RUAF нацелен на интегрирование выращивания продовольствия в планы городского развития, с пилотными городами во всех частях мира, включая регионы Западной, Восточной и Южной Африки. Основная цель этой программы внести свой вклад в продовольственную безопасность городов, борьба с бедностью, экологически приемлемое управление, обеспечение прав городских фермеров и управление городов с участием общественности, через развитие потенциала заинтересованных сторон в городском производстве продовольствия, а также разработка планов действий и формулирование стратегии с охватом всех участников процесса.

«Выполнимые инструкции». Повторное использование связано также с применением стратегий управления рисками при поддержке соответствующих опций очистки и разработке руководств и механизмов, позволяющих уменьшить связанные риски. Риски для здоровья включают микробиологические и химические риски. Стандарты повторного использования воды, прежде всего, направлены на защиту здоровья и окружающей среды. Нормы или стандарты по качеству сточных вод зависят от типа повторного использования. Они должны отражать возможные региональные вариации климата, стока рек и характеристик сточных вод, и должны разрабатываться с целью защиты людей от реальных максимальных воздействий. На практике, эти факторы учитываются посредством различных требований к качеству воды, а

⁸⁹SANDEC – Департамент водоснабжения и санитарии в развивающихся странах при Швейцарском федеральном институте экологических наук и технологий;

WSSCC – Всемирный объединенный совет по водоснабжению и санитарии

также требований к процессу очистки и критериями эксплуатационной надежности. Они должны быть:

(1) реалистичными в отношении местных условий (эпидемиологические, социокультурные и экологические факторы);

(2) доступные по средствам;

(3) осуществимыми. С целью внедрения интегрированного управления водными ресурсами и достижения понимания и восприятия общественностью, руководства по повторному использованию воды должны стать частью набора соответствующих водохозяйственных руководств, применяемых для питьевой воды, воды для бань, оросительной воды, стоков и т.д. (Bahri и Brissaud, 2002 г.). Двумя основными справочными руководствами по улучшению качества и повторному использованию воды являются руководство, подготовленное Всемирной организацией здравоохранения (2006 г.), и Калифорнийские критерии повторного использования сточных вод (2000 г.) (Вставка 15).

Вставка 15:

Справочные документы – руководство ВОЗ и Калифорнийские критерии повторного использования сточных вод

Впервые, экспертный комитет ВОЗ оценил проблемы охраны здоровья при использовании сточных вод в сельском хозяйстве и аквакультуре в 1971 году. Основываясь на результатах эпидемиологических исследований орошения сточными водами, предложенные показатели в руководствах по микробиологическому качеству воды при неограниченном орошении (ВОЗ, 1973 г.), выпущенные в 1989 году, ограничивались 1000 бактериями кишечной группы на 100 мл. Кроме того, указания по кишечным нематодам рекомендовали в качестве приемлемого уровня мене 1 яйца кишечных нематод на литр (ВОЗ, 1989 г.). Последние исследования в Индии, Пакистане и Вьетнаме подвергают сомнению приемлемость всемирных указаний по качеству воды (в отношении кишечных червей). Самые последние рекомендации по безопасному использованию сточных вод в сельском хозяйстве были подвергнуты серьезной ревизии (ВОЗ, 2006 г.). Они основываются на оценке рисков для здоровья людей и управленческих подходах с учетом опасностей, связанных со сточными водами. Они обеспечивают рамочную структуру для принятия решений на национальном и местном уровнях с учетом имеющейся информации. Они нацелены на предотвращение передачи инфекционных заболеваний, при оптимизации сохранности и повторного использования ресурсов. Они обеспечивают нарастающие и адаптивные изменения, которые являются рентабельными при снижении рисков для здоровья и окружающей среды. Указания по уровню загрязненности бактериями кишечной группы были заменены показателями атрибутивных рисков и годами жизни с поправкой на нетрудоспособность. Кроме того, правительства развивающихся стран проявили большую гибкость в применении этих руководств (ВОЗ, 2006 г.)

Первые Калифорнийские указания по повторному использованию воды были подготовлены в 1918 году Штатом Калифорния. В то время единственным направлением применения было орошение. В 1933 году первые стандарты по микробиологии стоков для «орошения огородов, производящих овощи, употребляемых сырыми» были разработаны Калифорнийским правлением здравоохранения и ограничивали концентрацию кишечных бактерий 2.2 MPN/100 мл (Ongerth и Jopling, 1977 г.). Концентрация кишечных бактерий была эквивалентом требований для питьевой воды и основывалась на концепции «нулевого риска». Затем стандарты неоднократно пересматривались, ориентируясь на новые виды использования очищенных вод и учитывая достижения в технологии очистки сточных

вод и накопленные знания по защите здоровья людей (Crook, 1998 г.). Ряд исследований, начиная с конца 60-х годов прошлого века, способствовали разработке всесторонних рекомендаций по повторному использованию воды с учетом широкого разнообразия использования в различных штатах США. Флорида, и особенно Калифорния, были лидерами в этом процессе. В 1978 году Калифорнийские критерии очистки сточных вод были изданы Калифорнийским департаментом здравоохранения. Недавно они были пересмотрены (Штат Калифорния, Критерии повторного использования сточных вод, 2000 г.). Эти стандарты, относящиеся к очистке сточных вод, включают стандарты качества воды, требования к процессу очистки, а также требования к эксплуатации и надежности очистных сооружений. Желательность и выгоды очистки и повторного использования сточных вод были признаны в большинстве штатов в США. Например, в Водном кодексе штата Калифорния четко отмечается, что «намерение законодательного органа, чтобы штат предпринял все возможные меры для поощрения строительства водоочистных сооружений с тем, чтобы очищенные воды стали доступными для удовлетворения растущих потребностей штата в воде».

Работы, связанные с очисткой и повторным использованием сточных вод в странах ЕС, строго соответствуют Рамочной водной директиве ЕС, опубликованной в 2000 году. В директиве ЕС (91/271/ЕЕС) отмечается, что «очищенные сточные воды должны повторно использоваться, где это возможно» и «пути утилизации должны минимизировать отрицательные воздействия на окружающую среду» (Европейская экономическая комиссия, 1991 г.). Более строгие панъевропейские руководства для очистки и повторного использования сточных вод были предложены и изучаются, но пока никаких действий не предпринято.

6. Выводы

В глобальном масштабе только небольшие объемы сточных вод очищаются. За некоторыми исключениями, большинство развивающихся стран в Азии и Африке характеризуются неадекватным водоснабжением, низким уровнем санитарных услуг и ненадежностью продовольственного обеспечения. Подходы, разработанные на протяжении последних 40 лет, не используются для достижения устойчивого водоснабжения и санитарного обслуживания. Необходимо выйти за пределы обычных ведомственных границ, разделяющих водоснабжение и санитарные услуги с управлением водных ресурсов. Требуются новые концепции и направления, соответствующие возможностям и потребностям общества.

Растущее водопотребление и сбросы, в основном, неочищенных сточных вод создают огромные проблемы для управления водными ресурсами интегрированным способом. Прямое повторное использование неочищенных сточных вод, а также использование ресурсов пресных вод, загрязненных сточными водами, в сельском хозяйстве являются обычной практикой в городах и пригородных районах. Несмотря на позитивные воздействия на местную экономику со значительными социально-экономическими выгодами в результате использования орошаемых площадей, бесспорны риски для здоровья людей.

Такая практика будет только способствовать росту дефицита воды и темпов урбанизации. Поэтому сточные воды и органические материалы отстоя являются важным ресурсом, который может помочь в борьбе с кризисной ситуацией в обеспечении водными ресурсами, продовольствием и энергией. Использование сточных вод, фекалий и «серых вод» в сельском хозяйстве предоставляет возможности для повторного использования воды и питательных элементов и может позитивно воздействовать на окружающую среду, предотвращая её загрязнение.

Ключевым вопросом, вытекающим из обоих предшествующих наблюдений, является вопрос, как обеспечить санитарные услуги в будущем, особенно очистку бытовых сточных вод там, где обычная практика не имеет успеха и загрязненные потоки воды и неочищенные сточные воды уже используются десятками тысяч фермеров?

Ответом является переход к системе взглядов и понятий, при которой повторное использование воды определяет требуемую степень очистки, а технические решения должны соответствовать возможностям, и очистка в городских источниках загрязнения будет выполняться, сочетая очистку с другими мерами по защите здоровья населения.

Так как повторное использование воды для производства продовольственных культур останется основной опцией, интегрирование сельскохозяйственной практики в концепцию городской санитарии, с допол-

нительными преимуществами повторного использования воды и питательных веществ для ликвидации дефицита водных ресурсов и удобрений, при взаимодействии города и деревни, необходимо для достижения ЦРТ в области санитарии и борьбы с голодом одновременно.

Альтернативные методы очистки сточных вод, основанные на принципе замкнутых циклов, существуют, и несколько нетрадиционных технологий могут быть применены в индивидуальных и коллективных санитарных системах. Разработка диапазона рентабельных решений, которые направлены на устранение технических, институциональных, социальных, поведенческих и культурных препятствий на пути внедрения такого подхода, остается одной из основных проблем. Разработка долговременной стратегии поэтапных мероприятий и создание новых моделей местного бизнеса крайне необходимы. Но, прежде всего, должен быть создан местный институциональный потенциал, при котором ценность реальных стандартов и местных решений выше любой импортируемой санитарной программы.

Как было установлено Бриссаудом (2008 г.) «Потенциальный вклад повторного использования воды в интегрированное управление водных ресурсов все еще остается значительно недооцененным, хотя широкий диапазон надежных, эффективных и рентабельных технических решений имеется для применения каждого типа повторного использования. Экономические соображения неизбежно приведут тех, кто принимает решения к выбору экономически эффективной опции повторного использования, т.е. повторному использованию коммунальных и промышленных сточных вод в краткосрочном плане и косвенному питьевому повторному использованию в долгосрочном плане».

Уроки, которые могут быть извлечены из накопленного опыта, укажут путь к более эффективным программам на национальном и местном уровне. Ключевой вопрос состоит в том, как обеспечить, чтобы предложения в отношении технологических решений, основанных на передовых научных, экономических и социальных представлениях всей городской системы водоснабжения, в которой, например, ограничения в водоснабжении полностью учтены при установлении целей улучшения санитарных условий, могли быть обсуждены на открытой для всех заинтересованных сторон площадке, где также местные общины могли бы представить их предложения и рассказать о своих нуждах.

7. Десять ключевых рекомендаций

Десять ключевых рекомендаций, которые, частично, основываются на “Руководстве по управлению муниципальными сточными водами” совместно разработанными ЮНЕП/ВОЗ/ООН-Народонаселение/ОСВС (2004 г.):

1. Политический климат, при котором высокий приоритет имеют все аспекты устойчивого управления сточными водами, должен быть создан и достаточные для этого ресурсы выделены.
2. Правительства играют ключевую роль в планировании, финансировании и поддержании инфраструктуры водоснабжения, санитарии и повторного использования сточных вод. Национальные власти должны создать необходимые условия на национальном и местном уровнях.
3. Интегрированная структура для управления водоснабжением, ливневыми водами, сточными водами, рассредоточенным загрязнением и повторным использованием воды должна быть адаптирована. Устойчивое управление городскими водными ресурсами возможно, только, если весь цикл использования воды в городе управляется целостно на всей водосборной площади.
4. Очистку и повторное использование сточных вод необходимо инкорпорировать в любую устойчивую и интегрированную стратегию управления водными ресурсами.
5. Каждое сообщество, регион или страна должны выбрать наиболее перспективное и экономически выгодное решение в кратко- и долгосрочном плане и соответственно исполнять его. Поэтапный подход должен быть принят на вооружение для реализации и достижения долгосрочных целей управления.
6. Выбор соответствующих технологий для эффективной и рентабельной очистки и повторного использования сточных вод является ключевым вопросом. В плане охраны здоровья и экономической жизнестойкости, это требует адекватного сочетания очистки сточных вод и наилучших способов использования, с учетом экологических аспектов. Многоступенчатый подход (варианты с очисткой и без очистки) обеспечит ситуацию, когда риски будут предсказуемы и преодолимы.
 - а. Небольшие изменения в поведении могут значительно уменьшить риски при повторном использовании сточных вод;
 - б. Копании по повышению осведомленности населения «от фермы к вилки» необходимо проводить.

7. Для целей повторного использования, управление в источнике остается весьма существенным для отдельного сбора и очистки различных фракций сточных вод (например, отделение от промышленных сточных вод).
8. Предпочтения пользователей и их возможности платить должны быть учтены.
9. Вовлечение всех заинтересованных сторон от начала практики повторного использования воды и обеспечение площадки для диалога заинтересованных сторон, обсуждения разработки технологий, инноваций и социального образования.
10. Обеспечить финансовую стабильность и устойчивость:
 - Увязать управление отходами с другими экономическими секторами для быстрой окупаемости, снижения рисков, финансовой стабильности и устойчивой работы.
 - Найти комбинированные государственно-частные и общественные решения для инвестиций, оказания услуг и эксплуатации инфраструктуры.
 - Обеспечить социальную справедливость и солидарность для достижения окупаемости мероприятий.

Выражение благодарности:

Хотелось бы выразить особую благодарность членам рабочей группы ГВП по ИУВР и санитарии, всем членам технического комитета ГВП и профессорам Такаши Асано (UC Davis) и Франциусу Бриссауд (Университет Монтпеллиер) за их вклад и ценные замечания.

Список использованной литературы

ADB (African Development Bank). 2005. Accra Sewerage Improvement Project, (Republic of Ghana), Summary report of the Environmental and Social Impact Assessment. Country Department November 2005. Central Region.

Asano T. and Levine A.D. 1995. "Wastewater Reuse – A Valuable Link in Water Resources Management", *Water Quality International*, No. 4 (1995) 20–24.

Asano T. 2002. "Water from (waste)water – The dependable water resource", *Water Science & Technology* 45/8 (2002) 23–33.

Asano T. 2005. Urban water recycling. *Water Science & Technology* 51/8 (2005) 83–89.

Asano T., Burton, H. Leverenz, R. Tsuchihashi, and G. Tchobanoglous. 2007. *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications*. McGraw-Hill, New York.

Bahri A. 1999. Agricultural reuse of wastewater and global water management, *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 40, No. 4-5, pp. 339-346.

Bahri A. 2000. The experience and challenges of reuse of wastewater and sludge in Tunisia, 15 p., *Water Week 2000*, 3-4 April 2000, World Bank, Washington D.C., USA.

Bahri A. and F. Brissaud. 2002. Guidelines for municipal water reuse in the Mediterranean countries, prepared for WHO/EURO Project Office, Mediterranean Action Plan (World Health Organization, Regional Office for Europe), December 2002, 42 p. + annexes.

Bakir H. 2001. Guiding principles and options for accelerated extension of wastewater management services to small communities in EMR countries. Technical Expert Consultation on Innovative Wastewater Management for Small Communities in EMR Countries. World Health Organization – Regional Office for the Eastern Mediterranean– Regional Centre for Environmental Health Activities (CEHA), Amman, 6-9 November 2000, 36 p.

Baron Water. 61-67 Ryrie Street, Geelong, 3220, Victoria, Australia. Web: www.baronwater.vic.gov.au

Biswas J.K. and S.C. Santra 2000. Heavy metal levels in marketable vegetables and fishes in Calcutta Metropolitan area, India. In: B.B. Jana, R.D. Banerjee, B. Guterstam, J. Heeb (Eds.) *Waste recycling and resource management in the developing world*. University of Kalyani, India and International Ecological Engineering Society, Switzerland. pp. 371-376.

Bodik I. and P. Ridderstolpe. 2007. Sustainable Sanitation in Central and Eastern Europe – addressing the needs of small and medium-size settlements. 88

pp., Global Water Partnership Central and Eastern Europe, ISBN 978-80-969745-0-4, download from: www.gwpcceforum.org

Brissaud F. 2008. Technologies for water regeneration and integrated management of water resources. Water scarcity and management under the Mediterranean climate. Girona, 24-25 November.

COHRE, WaterAid, SDC and UN-HABITAT. 2008. Sanitation: A human rights imperative (Geneva 2008).

Comprehensive Assessment of Water management in Agriculture (CA). 2007. Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Molden, D.J. (Ed.). London, Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute.

Cooper P.F. 2001. Historical aspects of wastewater treatment. In eds. Lens P. Zeeman G. and Lettinga G. Decentralized sanitation and reuse. IWA Publishing 2001, UK.

Cornish, G.A. Aidoo, J. and I. Ayamba. 2001. Informal irrigation in the peri-urban zone of Kumasi: An analysis of farmer's activity and productivity. Report OD/TN 103, February 1999, HR Wallingford Ltd, Wallingford, UK, 86 pp.

Crook J. 1998. Water reclamation and reuse criteria. In Asano T. ed. Wastewater Reclamation and Reuse. Lancaster, PA, Technomic Publishing, 627-703.

Czemiel-Berndtsson J. 2004. Urban wastewater systems: from disposal to reuse – An analysis of the performance of different systems with focus on water and nutrients flows. PhD Thesis. Report No 1031. Lund, Sweden 2004.

Durham B., Rinck-Pfeiffer S. and D. Guendert. 2002. Integrated water resources management – through reuse and aquifer recharge. Watermark. Issue 16. August 2002.

Dodds A.A., Fisher P.J., Paull A.J. and J.R. Sears. 1993. Developing an appropriate wastewater management strategy for Sydney's future urban development, *Wat. Sci. Tech.*, 27(1), 19-29.

Drechsel P., Blumenthal U.J. and B. Keraita. 2002. Balancing Health and Livelihoods: Adjusting Wastewater Irrigation Guidelines for Resource-poor Countries. *Urban Agricultural Magazine*, 8: 7–9.

Drechsel P., Graefe S., Sonou M. and O. Cofie. 2006. Informal irrigation in urban West Africa: An Overview. IWMI, Colombo. Research Report 102. www.iwmi.org

Drechsel P., Keraita B., Amoah, P., Abaidoo, R.C., Raschid-Sally, L., and A. Bahri. 2007. Reducing health risks from wastewater use in urban and peri-urban sub-Saharan Africa – Applying the 2006 WHO Guidelines. Paper submitted to 6th IWA Conference on Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability, 9-12 Oct 2007, Antwerp, Belgium.

Drechsel P., Graefe S., and M. Fink. 2007. Rural-urban food, nutrient and virtual water flows in selected West African cities. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. IWMI Research Report 115, 35 pp. www.iwmi.org

DWA (German Association for Water, Wastewater and Waste). 2008. Innovative sanitation systems, (in German), December 2008, 333 pages, www.dwa.de/portale/dwahome/dwahome.nsf/home?readform, www.dwa.de/news/news-ref.asp?ID=4339

Edwards P. 1992. Reuse of human wastes in aquaculture, a technical review. UNDP-World Bank, Water and Sanitation Program, 350 pp.

Edwards P. 2000. Wastewater-fed aquaculture: state of the art. In: B.B. Jana, R.D. Banerjee, B. Guterstam, J. Heeb (Eds.) Waste recycling and resource management in the developing world. University of Kalyani, India and International Ecological Engineering Society, Switzerland. pp. 37-49.

Fewtrell L., Kaufmann R.B., Kay D., Enanoria W., Haller L. and J.M.Jr. Colford. 2005. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infectious Diseases*, 5(1): 42-52.

Fourth World Water Forum. 2006. Water Supply and Sanitation for All. Financing wastewater collection and treatment in relation to the Millennium Development Goals and World Summit on Sustainable Development targets on water and sanitation, Governing Council of the United Nations Environment Program, Eighth Special Session/Global Ministerial Environment Forum.

Ghosh D. 1996. Turning around for a community based technology, towards a wetland option for wastewater treatment and resource recovery that is less expensive, farmer centered and ecologically balanced. Calcutta Metropolitan Water and Sanitation Authority, 21pp.

Ghosh D. 1997. Ecosystems approach to low-cost sanitation in India: Where people know better. In Etnier, C. and Guterstam, B. (Eds.), *Ecological engineering for wastewater treatment. Proceedings of the International Conference at Stensund Folk College, Sweden, 24-28 March, 1991. 2nd Edition, CRC Press Boca Raton, USA*, pp. 51-65.

Goodland R. and A. Rockefeller. 1996. What is environmental sustainability in sanitation? *Periodical Newsletter, IETC's Insight*. 6 p.

Guterstam B. 1997. Sustainable urban lifestyles. In: Brune, D. Chapman, D.V., Gwynee, M.D., and Pacyna, J.M. (Eds.). *The Global Environment. Volume 2: Science, Technology and Management, Scandinavian Science Publ., VCH, Weinheim, Germany*, pp. 1209-1221.

GWP-TAC. 2000. 'Integrated water resources management', Background paper No 4. Global Water Partnership – Technical Advisory Committee, 71 p.

GWP CEE. 2007. See Bodik & Ridderstolpe 2007.

Harremöes P. 1997. Integrated water and waste management. *Wat. Sci. Tech.*, 35(9), 11-20.

INNORPI (Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle). 1989. Environment Protection - Effluent discharge in the water bodies - Specifications relative to discharges in the marine environment, hydraulic environment and in the sewers (in French), Tunisian standards, INNORPI, NT 106.002.

Itanna F. and Olsson M. 2004. Land degradation in Addis Ababa due to industrial and urban development. *Ethiopian Journal of Development Research* 26(1): 77-100.

IWA (International Water Association) 2006. Sanitation 21, Simple Approaches to Complex Sanitation - A Draft Framework for Analysis. Sanitation 21 Task Force.

IWMI (International Water Management Institute). 2003. Confronting the Realities of Wastewater Use in Agriculture. *Water Policy Briefing* 9. Colombo.

IWMI (International Water Management Institute). 2006. Recycling Realities: Managing health risks to make wastewater an asset. *Water Policy Briefing* 17; IWMI and GWP, Colombo, Sri Lanka, www.iwmi.org

Jiménez B. and A. Chavez. 2004. Quality assessment of an aquifer recharged with wastewater for its potential use as drinking source: "El Mezquital case" case. *Water Science and Technology* 50 (2): 269-273

Jimenez B. Siebe C., and E. Cifuentes. 2004. [Intentional and non-intentional reuse of wastewater in the Tula Valley.] In: Jimenez B, Martin L, eds [The water in Mexico: a view from the Academy] Mexico City, Mexican Academy of Sciences, pp. 35-55 (in Spanish)

Jenssen P.D., Heeb J., Huba-Mang E., Gnanakan, K., Warner W.S., Refsgaard K., Stenström T-A, Guterstam B. and K-V. Alsen. 2004. Ecological Sanitation and Reuse of Wastewater – A Thinkpiece on Ecological Sanitation. 17 pp. The Agricultural University of Norway (presented at CSD-12, New York)

Kennou H. 2006. The case of Tunis Lake. Alamin Project, EC – SMAP III, Training Course on ICZM, Alexandria, 2-3 September 2006.

Keraita B., Dreschel D., Huibers F., and L. Raschid-Sally. 2002. Wastewater use in informal irrigation in urban and peri-urban areas of Kumasi, Ghana. *Urban Agriculture Magazine* 8:11-13.

Keraita B., Drechsel P. and P. Amoah. 2003. Influence of urban wastewater on stream water quality and agriculture in and around Kumasi, Ghana. *Environment & Urbanization* 15 (2) 171-178.

Keraita B. and P. Drechsel. 2004. Agricultural use of untreated urban wastewater in Ghana. In C.A. Scott, N.I. Faruqui, and L. Raschid-Sally, eds., *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities*. Wallingford, UK; IWMI, Sri Lanka; and IDRC, Canada.

Krauss G.D. and J.J. Boland. 1997. Water and sanitation services for megacities, *WQI*, May/June, 9-12.

Kreissl J.F. 1997. Appropriate wastewater treatment technology for small communities. Note presented at a World Bank Seminar, 5 p.

Kvarnström E. and af Petersens. 2004. Open Planning of Sanitation Systems. Report 2004-3, *EcoSanRes Publication Series*. Stockholm: Stockholm Environment Institute.

Lazarova V. and Bahri A. (Ed.) 2005. *Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscapes, and Turf Grass*, Catalog no. 1649, ISBN: I-56670-649-I, CRC PRESS, Boca Raton, FL, USA, 456 p.

Li S. 1997. Aquaculture and its role in ecological wastewater treatment. In Etnier, C. and Guterstam, B. (Eds.), *Ecological engineering for wastewater treatment. Proceedings of the International Conference at Stensund Folk College, Sweden, 24-28 March, 1991*. 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 37-49.

Mara D. 2008. Guide to the Guidelines – A numerical guide to Volume 2 of the Guidelines and practical advice on how to transpose them into national standards. WHO, FAO, IDRC, IWMI.

McCornick, P.G., Hijazi, A., and B. Sheikh. 2004. From wastewater reuse to water reclamation: progression of water reuse standards in Jordan. In: Scott, C.A., Faruqui, N.I., Raschid-Sally, L. (Eds.), *Wastewater Use in Irrigated Agriculture*, CABI Publishing, UK.

McIntosh A.C. 2003. Asian water supplies: reaching the urban poor. Asian Development Bank.

Melbourne Water. 2001. Infostream. Western Treatment Plant, PO Box 2251 Werribee, Victoria 3030, Australia. Website: www.melbournewater.com.au

Minhas P.S., and J.S. Samra. 2003. *Quality Assessment of Water Resources in the Indo-Gangetic Basin Part in India*. Karnal, India: Central Soil Salinity Research Institute.

Morel A. and S. Diener. 2006. Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods. Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. Dübendorf. pdf-download: www.sandec.ch/greywater

Mujeriego, R. and T. Asano. 1998. "The role of advanced treatment in wastewater reclamation and reuse", *IAWQ Advanced Wastewater Treatment, Recycling and Reuse*, Milan, 14-16 September 1998.

Niemczynowicz J. 1994. New aspects of urban drainage and pollution reduction towards sustainability, *Wat. Sci. Tech.*, 30(5), 269-277.

Norström A. 2007. Planning for drinking water and sanitation in peri-urban areas. Swedish Water House Report 21. SIWI, 2007. 15 p.

Obuobie E., Keraita B., Danso G., Amoah P., Cofie O.O., Raschid-Sally L. and P. Drechsel. 2006. Irrigated urban vegetable production in Ghana: Characteristics, benefits and risks. IWMI-RUAF-IDRC-CPWF, Accra, Ghana: IWMI, 150 pp. <http://www.cityfarmer.org/GhanaIrrigateVegis.html>

OECD EAP Task Force. 2007. Financing water supply and sanitation in EECCA countries and progress in achieving the water-related MDGs.

Ongerth, H.J. and W.F. Jopling. 1977. Water reuse in California. In: *Water Renovation and Reuse* (H.I. Shuval, éd.). Academic Press, New York.

Ou Z.Q. and T.H. Sun. 1996. From sewage irrigation to ecological engineering treatment for wastewater in China. In: Staudenmann, J., A. Schönborn, and Etnier C (Eds.). *Recycling the Resource, Ecological Engineering for Wastewater Treatment*. Environmental Research Forum Vols. 5-6 (1996) pp. 25-34.

Prein M. 1990. Wastewater-fed fish culture in Germany. In: Edwards, P. and Pullin, R.S.V. *Wastewater-Fed Aquaculture*. Proceedings of the International Seminar on Wastewater reclamation and Reuse for Aquaculture, Calcutta, India, 6-9 December, 1988.

Qadir M., Wichelns D., Raschid-Sally L., Minhas P.S., Drechsel P., Bahri A. and P. McCornick. 2007. Agricultural use of marginal-quality water - opportunities and challenges. In: D. Molden (Ed.) *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan, London, UK.

Rijsberman F. 2006. What can water science and technology do for Africa. Note presented to British parliamentarians on December 12, 2005.

Rose G.D. 1999. Community-based technologies for domestic wastewater treatment and reuse: options for urban agriculture. *Cities Feeding People Series*. Report 27. IDRC Intern.

Rosemarin A. 2008. In discussion panel at Seminar on Europe's Sanitation Problem, World Water Week, Stockholm, 19 August 2008.

SANDEC/WSSCC. 1999. Household-Centered Environmental Sanitation; Report of the Hilterfingen Workshop on Environmental Sanitation in the 21st Century (15-19 March 1999) Duebendorf, Switzerland.

Scott, C.A., Faruqui, N.I. and L. Raschid-Sally. 2004. Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Management Challenges in Developing Countries. In C.A. Scott, N.I. Faruqui, and L. Raschid-Sally, eds., *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities*. Wallingford, UK; IWMI, Sri Lanka; and IDRC, Canada.

Siebe Ch. 1998. Nutrient inputs to soils and to their uptake by alfalfa through long-term irrigation with untreated sewage effluent in Mexico. *Soil Use and Management* 13: 1-5.

SIWI (Stockholm International Water Institute). 2005. *Securing Sanitation: The Compelling Case to Address the Crisis*. A report commissioned by the Government of Norway.

Spruijt H. 2008. New Incentives to Accelerate China's Sanitation and Hygiene Efforts. A Special Report by UNICEF. In: *GWP China Proceedings of The High-Level Roundtable Meeting on Water and Sanitation of China*, 8 April 2008, pp 122-123. www.gwpchina.org

State of California. 1978. *Wastewater Reclamation Criteria, An Excerpt from the California Code of Regulations, Title 22, Division 4, Environmental Health, Dept. of Health Services, Sacramento, California.*

State of California. 2000. *Code of Regulations, Title 22, Water Recycling Criteria*, 24 p. November 2000.

Thiébaud L. 1995. Les fonctions environnementales de l'agriculture péri-urbaine: flux, externalités, services?" In: *L'agriculture dans l'espace péri-urbain: des anciennes aux nouvelles fonctions*. Atelier INRA-ENSH, Bergerie Nationale de Rambouillet.

UNDP (United Nations Development Program). 1996. *Urban Agriculture: Food, Jobs and Sustainable Cities*. Publication Series for Habitat II, Volume One. New York.

UNEP/WHO/UN-Habitat/WSSCC. 2004. *Guidelines on Municipal Wastewater Management*. UNEP/GPA Coordination Office, The Hague, The Netherlands (2004).

UNFPA (United Nations Population Fund). 2007. *State of world population 2007 - Unleashing the potential of urban growth*.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1992. *Wastewater treatment/disposal for small communities, Manual, EPA/625/R-92/005*, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office of Water, Washington D.C., September 1992.

Van der Hoek, W., M. Ul Hassan, J.H.J. Ensink, S. Feenstra, L. Rashid-Sally, S. Munir, M.R. Aslam, N. Ali, R. Hussain, and Y. Matsuno. 2002. *Urban Wastewater: A Valuable Resource for Agriculture*. Research Report 63. Colombo: International Water Management Institute.

Warner D.B. 2000. *Africa 2000: Water supply and sanitation*. New World Water. WaterAid. 2001. *Country Review Survey Report – Water Aid-Ghana, Country Strategy*, London, UK.

WHO (World Health Organization). 1973. Reuse of effluents: Methods of wastewater treatment and health safeguards, Tech. Bull. Ser. 51, WHO, Geneva, Switzerland.

WHO (World Health Organization). 1989. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture, Tech. Bull. Ser. 77, WHO, Geneva, Switzerland.

WHO (World Health Organization). 2000. Water Supply and Sanitation Sector Report Year 2000 - Africa Regional Assessment.

WHO (World Health Organization), UNICEF (United Nations Children's Fund) and WSSCC (Water Supply and Sanitation Collaborative Council). 2000. Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report, WHO/UNICEF, Geneva and New York, 80 p.

WHO (World Health Organization). 2006. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Grey Water. Volume 2. Wastewater Use in Agriculture. Geneva.

WHO (World Health Organization) and UNICEF (United Nations Children's Fund). 2006. Meeting the MDG drinking water and sanitation target: the urban and rural challenge of the decade. WHO/UNICEF, Geneva and New York, 41 p.

WHO (World Health Organization). 2008. Health through safe drinking water and basic sanitation.

http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/en/index.html

Winpenny J. 2003. "Camdessus Report", Financing Water for All, Report to the World Panel on Financing Water Infrastructure. Global Water Partnership, World Water Council, and Third World Water Forum, ISBN 92-95017-01-3, download from: www.gwpforum.org

Wright A. 2007. Barriers to Meeting the Sanitation Target in the MDGs. A Presentation at UCLA WaterAid Event on Meeting the Sanitation Target. October 1, 2007.

Wrisberg S. 1996. Urinseparation i København; Genoprettelse af forbindelsen mellem land og by. Institut for Jordbrugsvidenskab. Sektion For Agroøkologi, Den KGL. Veterinær Og Landbohøjskole, Fredriksberg (in Danish).

WTO (World Trade Organization). 1999. Sanitary and phytosanitary measures (WTO Agreements Series). Geneva. World Trade Organization.

Xu P., Brissaud F. and M. Salgot. 2003. Facing Water Shortage in Mediterranean Tourist Area: Seawater Desalination or Water Reuse? Wat. Sci. Tech. / Wat. Supply 3(3), 63-70.

