Серия публикаций EcoSanRes
Отчет 2004-1

Руководство по безопасной утилизации урины и фекалий в экологических санитарных системах

Каролин Шённинг (Caroline Schönning) и Тор Аксел Штенштрём (Thor Axel Stenström)

Руководство по безопасной утилизации урины и фекалий в экологических санитарных системах

Каролин Шённинг (Caroline Schönning) и Тор Аксел Штенштрём (Thor Axel Stenström)
Шведский институт по борьбе с инфекционными заболеваниями (SMI)

Программа EcoSanRes

Стокгольмский Институт Окружающей Среды
Лилла Нигатан (Lilla Nygatan) 1
п/я 2142
SE-103 14 Стокгольм, Швеция
Тел.: +46 8 412 1400
Факс: +46 8 723 0348
postmaster@sei.se
www.sei.se
Данная публикация доступна на сайте
www.ecosanres.org

Контакты - Стокгольмский институт окружающей среды (SEI)
Директор отдела по связям SEI: Арно Роземарин (Arno Rosemarin)
Менеджер редакционного отдела: Эрик Уиллис (Erik Willis)
Вёрстка: Лизетта Триподи (Lisetta Tripodi)
Ответственный за веб-сайт: Говард Кембридж (Howard Cambridge)

Авторское право 2004г.
Программа EcoSanRes
и Стокгольмский институт окружающей среды

Данная публикация может быть переиздана полностью или частично в любом форме для образовательных и некоммерческих целей без получения специального разрешения от владельца(ев) авторского права, если получено авторское подтверждение. Нельзя использовать данную публикацию для продажи или для других коммерческих целей без письменного разрешения владельца(ев) авторского права.

ISBN 91 88714 93 4

Содержание

Введение – утилизация экскрементов

Болезнетворные микроорганизмы в экскрементах
- Болезнетворные микроорганизмы в урине
  - Риск передачи заболевания через урину
- Болезнетворные микроорганизмы в фекалиях

Пути передачи в окружающей среде
- Барьеры для уменьшения/минимизации воздействия

Правила и руководства, относящиеся к риску

Обработка экскрементов с целью обеззараживания
- Факторы, которые влияют на гибель болезнетворных микроорганизмов
- Обработка урины
  - Хранение
  - Другие возможные способы обработки
- Обработка фекалий
  - Хранение
  - Тепловая обработка
    - Компостирование
  - Обработка щелочью
    - Добавление золы и извести
    - Добавление мочевины
  - Сжигание

Выводы
Возможное использование индикатора обработки

Практические рекомендации для использования экскрементов в сельском хозяйстве
- Урина
- Фекалии

Альтернативное использование урины

Альтернативное использование фекалий

Аквакультура

Определение дальнейших исследований – пробелы в знаниях

Адаптация рекомендаций к местным условиям

Заключительные рекомендации
- Экологические санитарные туалеты – общая информация
- Урина – обработка и использование
- Фекалии – обработка и использование
- Практические аспекты

Литература

Введение – утилизация экскрементов

В настоящее время утилизация сточных вод практикуется во многих регионах мира. Это происходит по некоторым причинам. Дефицит воды и постоянный рост населения, особенно в городских зонах, явились толчком к разработке методов утилизации недостаточных ресурсов воды и удобрений для сельхозкультур. Использование экскрементов в будущем будет все более возрастать благодаря осознанию наличия в них ценных питательных веществ для растений. Человеческие экскременты также могут содержать болезнетворные микроорганизмы, которые напрямую или в растворенном виде в сточных водах, несут угрозу здоровью человека. Заболевания, связанные с расстройством пищеварения, и паразитарные заболевания являются наиболее действующими факторами в Глобальной передаче заболеваний (ГПЗ), где основными факторами являются заражение окружающей среды через загрязненную воду, сельхозкультуры или путем прямого контакта с источниками, загрязненными фекалиями.

Прямое использование экскрементов - фекалий и урины человека - приводит к полезному использованию растительных нутриентов в сельскохозяйственных угодьях. Эти продукты, как правило, не содержат промышленных химических загрязняющих веществ, которые могут препятствовать повторному использованию городских сточных вод, но должны быть очищены, чтобы снизить уровень болезнетворных микроорганизмов человека до безопасного. В них могут появиться метаболиты человека, такие как гормоны, но их повторное использование в сельскохозяйственных угодьях должно снизить их негативное влияние на водные ресурсы. С точки зрения санитарии, риск воздействия болезнетворных микроорганизмов может быть снижен как путем использования сточных вод, так и экскрементов, если приняты во внимание очищение и другие меры защиты. И наоборот, риск может возрасти как из-за неправильной практики в этапах хранения экскрементов, так и из-за неправильного очищения и использования сточных вод, а так же из-за их разнонаправленного воздействия.

В 1980-х гг. ВОЗ была разработана и опубликована система взглядов по борьбе с воздействием микробов и по управлению использования сточных вод и экскрементов (ВОЗ, 1989 г.). В настоящий момент эти руководства пересматриваются, а новые руководства намечены на 2005 г., отдельно по использованию сточных вод и экскрементов. В данном материале EcoSanRes акцент сделан на содержание и обработку фекалий и урины, принимая во внимание современные данные по оценке риска и придерживаясь стратегии по разделению источников.

Во многих регионах мира традиционно урина и фекалии хранились отдельно. В древнеяпонской практике утилизации нечистот с городских территорий (вывозимых ночью и используемых как удобрение) урина и фекалии отделялись друг от друга, так как урина считалась ценным удобрением (Мацуи (Matsui), 1997 г.). В Швеции урина исторически чаще собиралась отдельно. В основном, с практической точки зрения, она сливалась в канализацию во избежание запаха и чтобы отхожие места не заполнялись слишком быстро (Сонден (Sondén), 1889г.). Методы отдельного хранения фракций имеют некоторые преимущества, и эти методы все еще применяются и могут быть пересмотрены в контексте современных экологических санитарных системах. Они включают в себя:

- **Меньший объем** – система сбора будет заполняться намного медленнее, если урина будет отводиться, а объем фекалий будет сохраняться на низком уровне. Возможно дальнейшее сокращение объема и массы фекалий путем дегидратации/ разложения.
- **Меньше запаха** – запах будет меньше, если урина и фекалии хранятся раздельно и это приведет как к более удобному и приемлемому использованию туалета, так и к обработке экскрементов.
- **Предотвращение диффузии материалов, содержащих болезнетворные организмы** –

высушенные фракции фекалий будут вызывать меньше риска выщелачивания и переноса болезнетворных микроорганизмов через жидкость в подземные воды и в окружающую среду.

- **Более безопасная и легкая обработка и использование экскрементов** – фекалии будут высушены, что может благотворно повлиять на уменьшение болезнетворных микроорганизмов. К тому же, высушивание будет способствовать дальнейшему их уменьшению другими различными способами обработки, а также облегчит содержание и использование отделенных друг от друга фракций урины и фекалий.

Упомянутые практические и санитарные преимущества раздельного хранения урины и фекалий привели к выводу, что мы должны стремиться к отведению урины во всех безводных санитарно-канализационных системах. Также может быть полезно дополнительно использовать водные санитарно-канализационные системы с отведением урины, что позволяет использовать урину как удобрение и уменьшить воздействие нутриентов из туалетных отходов на окружающую среду, т.е. эвтрофикация. Поэтому системы с разделением источников (отводящие системы) были определены как этап устойчивого развития. В настоящее время серьезные исследования проводятся в нескольких странах, среди которых Швеция была одной из первых.

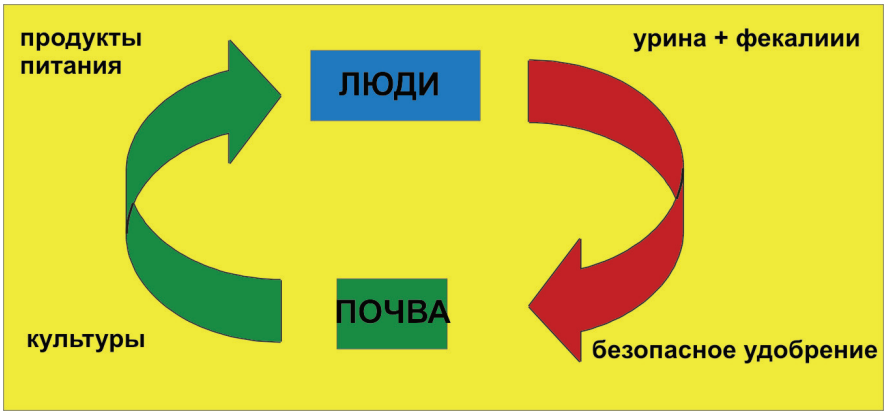

Рисунок 1. Концепция экологической санитарной системы – пищевую цепочку можно завершить путем получения безопасных продуктов удобрения из урины и фекалий.

Главным аспектом является то, что использование экскрементов не должно способствовать передаче заболеваний и распространению инфекций среди людей. Поэтому данное руководство EcoSanRes по содержанию и использованию собранных урины и фекалий направлено на минимизацию риска передачи инфекционных заболеваний, которые потенциально могут передаваться через урину и/или фекалии.

Болезнетворные микроорганизмы в экскрементах

Наличие болезнетворных микроорганизмов в экскрементах человека – это результат того, что человек является носителем инфекции. Такие инфекции не всегда имеют клинические симптомы, но при этом ведут к экскреции данных болезнетворных микроорганизмов. Микроорганизмы, вызывающие инфекции желудочно-кишечного тракта, выделяются в основном через фекалии.

Уровень распространения инфекций отражает санитарную ситуацию в обществе. Присутствие инфекций в организме человека всегда является отклонением от нормы, но не нормальным

состоянием организма. Инфекции людей могут в редких случаях быть хроническими, если речь идет о бактериальных и вирусных заболеваниях. В этом случае человека называют «носителем». Паразитарные черви (гельминты) могут адаптироваться на долгое время в организме человека, и в обществе с плохими санитарными условиями существует более высокий коэффициент распространения.

Человек обычно в норме выделяет большое количество микроорганизмов с фекалиями. Их количество - в пределах 10^{11}-10^{13}/г. Эти сапрофитные организмы обычно не вредны для здоровья. Урина обычно стерильна в мочевом пузыре, но “подхватывает” микроорганизмы, которые встречаются по пути в нижней части мочевыводящих путей. Поэтому содержание в урине 10^{3}организмов/мл – это не показатель инфекции. Эти сапрофитные организмы, которые также в целом безвредны.

Если болезнетворные микроорганизмы поражают человека, то клинические проявления обуславливаются факторами, связанными с данным микроорганизмом, и факторами, связанными с инфицированным человеком. Большинство болезнетворных микроорганизмов выделяется в различном количестве с фекалиями, но в урине их меньше. Вероятность их появления, приводящая к инфицированию других восприимчивых людей, – это результат контакта и воздействия на другого человека. Это, в свою очередь, обуславливается такими факторами, как выделенное количество и инфицирующая доза (количество микроорганизмов, которое при попадании внутрь может вызвать инфекцию), которая различна среди разных микроорганизмов и даже среди штаммов. Некоторые виды микроорганизмов могут также инфицировать через кожу. Вероятность контакта и воздействия в дальнейшем обуславливаются способностью разных видов и штаммов сопротивляться враждебным условиям окружающей среды вне тела человека и выживать на том этапе, где они могут инфицировать нового человека при контакте с ним.

Эти факторы в дальнейшем затрагиваются в данном руководстве, начиная с основных понятий о болезнетворных микроорганизмах, которые попадаются в урине и фекалиях. Так как уровень распространения данных микроорганизмов варьирует в связи с преобладающими санитарными условиями в разных регионах мира, в данном материале они представлены в общих чертах. Это также подтверждается тем фактом, что распространенность и последующий риск могут варьироваться в широком диапазоне - между нормальной исходной ситуацией, эндемической ситуацией для организма и опасной ситуацией во время эпидемий.

БОЛЕЗНЕТВОРНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В УРИНЕ

Несколько типов бактерий могут вызывать инфекции мочевыводящих путей. Их передача через окружающую среду обычно не значительна. *E. coli* - это наиболее распространенная причина инфекций мочевыводящих путей, определенные виды которой могут также вызывать желудочно-кишечные инфекции.

Болезнетворные микроорганизмы, традиционно обнаруживаемые в урине, - это *Leptospira interrogan*, *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi u Schistosoma haematobium* (Фичем (Feachem) и др., 1983 г.). Существует ряд других болезнетворных микроорганизмов, которые были обнаружены в урине, но их присутствие не может рассматриваться как серьезная угроза распространения болезней через окружающую среду (Таблица 1).

Лептоспироз (leptospirosis) – это бактериальная инфекция, вызывающая симптомы как при гриппе,

смертность составляет 5-10%. Она обычно передается через урину от инфицированных животных (Фичем и др., 1983 г.; CDC, 2003*a*) и рассматривается как профессиональный риск для работников коммунальных служб и сельскохозяйственных работников в развивающихся (тропических) странах. Урина человека не рассматривается как серьезный источник передачи инфекции в связи с низким уровнем распространения (Фичем и др., 1983 г.; CDC, 2003*a*).

S. typhi и *S. paratyphi* выделяются только через урину в период тифозных и паратифозных лихорадок, когда бактерии распространяются в крови. В настоящее время данные микроорганизмы редко встречаются в развитых странах. Даже если инфекция является эндемической в некоторых развивающихся странах с приблизительно 12,5 млн. случаев в год, то урино-оральная передача обычно встречается реже по сравнению с фекально-оральной передачей (Фичем и др., 1983; CDC, 2003*b*). При утилизации урины риск дальнейшего распространения *Salmonella* будет низким даже при коротком сроке хранения из-за быстрой инактивации грамотрицательных фекальных бактерий (Таблица 5; Хёглунд (Höglund), 2001 г.). Показатели инактивации *Salmonella spp* сходны с показателями инактивации *E. coli* в собранной урине.

Шистосомоз или бильгарциоз - одна из главных паразитарных инфекций человека, в основном встречающаяся в Африке. Один из типов шистосом в основном выделяется с уриной, в то время как другие типы выделяются с фекалиями. У человека, зараженного мочевым шистосомозом, вызванным *Schistosoma haematobium*, яйца глист выделяются с уриной иногда на протяжении всей жизни носителя. Яйца глист развиваются в водной среде, их личинки заражают особый вид улиток, которые живут в пресной воде. Если яйца глист не передаются организму-хозяину (улитке) в течение нескольких дней, то инфекционный цикл будет разорван. После ряда этапов развития водяные личинки покидают организм улиток и готовы инфицировать людей, проникая через кожу. Если урина хранится несколько дней и применяется на пахотной земле, то снижается риск распространения шистосомоза. Свежая урина не должна использоваться рядом с поверхностными источниками воды в зоне заражения. *S. haematobium* обнаружен в 53 странах на Среднем Востоке и в Африке, включая острова Мадагаскар и Маврикий. Существует также неопределенный очаг *S. haematobium* в Индии (ВОЗ, 2003 г.).

Таблица 1. Болезнетворные микроорганизмы, которые могут выделяться с уриной, и значение урины как пути передачи инфекции

Болезнетворный микроорганизм	Урина как путь передачи инфекции	**Значение**
Leptospira interrogan	Обычно через мочу животного	Обычно всего низкое
Salmonella typhi и *Salmonella paratyphi*	Обычно редко, выделяется с уриной при генерализованной инфекции	Низкое по сравнению с другими путями передачи
Schistosoma haematobium (яйца глист)	Не напрямую, но косвенно, личинки инфицируют людей через пресную воду	Необходимо учитывать в зоне заражения, где есть пресная вода
Mycobacteria	Редко, обычно воздушно-капельным путем	Низкое
Вирусы: CMV, JCV, BKV, аденовирус, гепатит и другие	Обычно единичные случаи гепатита А и предположительно гепатита В. Необходимо больше информации	Обычно низкое
Microsporidia	Предполагается, но не общепризнано	Низкое

Вызывающие венерические заболевания	Нет, погибает, находясь вне организма длительное время	-
Инфекции мочевыводящих путей	Нет, нет прямой передачи через окружающую среду	Низкое

Основной риск при использовании экскрементов связан с фекальными фракциями, а не с мочевыми. Поэтому очень важно избегать или уменьшать фекальное перекрестное загрязнение с мочевой фракцией. Даже если некоторые возбудители инфекций могут выделяться с уриной, то фекальное перекрестное загрязнение, которое может появиться из-за неправильного попадания фекалий в мочеотводящих туалетах, (Шённинг и др., 2002 г.), является большим риском для здоровья (Хёглунг и др., 2002 г.).

Риск передачи заболевания через мочу

Главный риск передачи заболеваний при содержании и использования урины человека связан с фекальным перекрестным загрязнением урины, а не уриной как таковой.

БОЛЕЗНЕТВОРНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В ФЕКАЛИЯХ

Кишечные инфекции могут передаваться патогенными видами бактерий, вирусов, паразитарными простейшими одноклеточными животными организмами и гельминтами. С точки зрения риска, воздействие необработанных фекалий всегда небезопасно из-за потенциального присутствия в них болезнетворных микроорганизмов. Существует много различных типов микроорганизмов, вызывающих кишечные, паразитарные или другие типы инфекций, которые могут встречаться, а их широкое распространение в каком-либо конкретном обществе чаще всего не известно.

В системах санитарного контроля бактерии традиционно считаются ведущей группой микроорганизмов, вызывающих желудочно-кишечные расстройства. Это частично верно для развивающихся стран, где вспышки холеры, брюшного тифа и дизентерии представляют собой главную проблему и возможно распространяются все больше в городских и пригородных зонах (С. Брайан, ВОЗ, личные комментарии, 2003 г.). Кишечные вирусы тоже в общем актуальны и в настоящее время считается, что в дальнейшем они будут являться причиной большинства желудочно-кишечных инфекций в промышленных регионах (Свенссон (Svensson), 2000 г.).

Более 120 различных типов вирусов могут выделяться с фекалиями, наиболее распространенными среди них являются кишечные вирусы, ротавирусы, кишечные аденовирусы и группы человеческих таких как калицивирусы (caliciviruses) (норовирусы (noroviruses)) (Таукс (Tauxe) и Кохен (Cohen), 1995 г.). Гепатит А также считается одной из наиболее часто встречающихся вирусных инфекций в тех случаях, когда отходы используются для земель, и представляет собой риск вспышки инфекции через воду и пищевые продукты, особенно на территориях с низкими санитарными нормами. Влияние гепатита Е изучается.

Среди бактерий, по крайней мере, *Salmonella*, *Campylobacter* и кишечно-геморрагический *E. coli* (ЕНЕС) в целом имеют большое значение как в промышленно развитых, так и в развивающихся странах при оценке риска заражения микробами от различных удобрений, включая экскременты,

осадки сточных вод и навоз. Они также имеют значение как зоонозные агенты (передача между людьми и животными, а также их экскременты/навоз). В зонах с неудовлетворительным уровнем санитарных норм брюшной тиф (*Salmonella typhi*) и холера (*Vibrio cholera*) представляют собой основной риск, связанный с несоответствующей санитарной системой и с загрязнением воды. *Shigella* также является основной причиной диареи в развивающихся странах, особенно в условиях с низким уровнем гигиены и санитарии.

Паразитарные простейшие одноклеточные микроорганизмы *Cryptosporidium parvum* и *Giardia lamblia/intestinalis* интенсивно изучались в течение последних десяти лет, частично в виду их высокой устойчивости к воздействию окружающей среды и низких инфекционных доз, а *Cryptosporidium* – в связи с несколькими массовыми вспышками инфекций, передающихся через воду, *Giardia* – из-за его широкой распространенности как кишечного болезнетворного микроорганизма. *Entamoeba histolytica* также считается инфекцией, которая представляет собой проблему в развивающихся странах. Общее значение других болезнетворных микроорганизмов, таких как *Cyclospora* и *Isospora*, в настоящее время обсуждается.

Рисунок 2. Фекальное перекрестное заражение урины представляет большой риск для здоровья в процессе последующего содержания этой фракции. Необходимо приспособить туалеты для пользователей, а также адаптировать их для самой системы. Платформа туалета может представлять собой больший риск, если в основном люди сидят на корточках. Сидение в дальнейшем должно быть приспособлено для пользователей. В школах сбор урины в больших объемах приведет к проблемам переливания избыточного объема урины из канализационной системы на поверхность.

В развивающихся странах большую озабоченность представляют собой инфекции, вызванные гельминтами. Особенно яйца аскарид (*Ascaris*) и цепня (*Taenia*) очень устойчивые в окружающей среде и поэтому рассматриваются как показатель уровня санитарии (ВОЗ, 1989 г.). Анкилостомоз широко распространен во влажных тропиках и субтропиках и поражает приблизительно один

миллиард человек по всему миру. В развивающихся странах эти инфекции усугубляются недоеданием и косвенно являются причиной смерти многих детей, повышая их восприимчивость к другим инфекциям, которые обычно нормально переносятся. Неинфицированным яйцам аскарид (*Ascaris*) и анкилостоматид, которые выделяются с фекалиями, необходим латентный период и благоприятные условия в почве или отложенных экскрементах, чтобы превратиться в личинки и стать способными к инфицированию (CDC, 2003г.).

Schistosoma haematobium ранее упоминались только в связи с выделением с мочой. Другие типы шистосом (*Schistosoma*), например *S. japonicum* и *S. mansoni* выделяются с фекалиями. *S. japonicum* в основном распространен на Дальнем Востоке, а *S. mansoni* – в Африке и на некоторых территориях Южной и Северной Америки, в основном в Бразилии (ВОЗ, 2003 г.). Более 200 миллионов людей в настоящее время заражены шистосомозом. Применение фекалий, как и урины, не должно приводить к инфицированию людей, если свежие и необработанные фекалии не применяются поблизости от источников пресной воды, где живут улитки.

Болезнетворные микроорганизмы, представляющие собой риск передачи инфекции в окружающую среду через фекалии, в основном являются причиной симптомов желудочно-кишечных расстройств, таких как диарея, рвота и спазмы желудка. Некоторые также могут вызывать симптомы, влиять на другие органы и повлечь серьезные последствия. В таблице 2 приводится список ряда болезнетворных микроорганизмов и их симптомы.

Таблица 2. Пример болезнетворных организмов, которые могут выделяться с фекалиями (могут переноситься через воду и при низком уровне санитарии) и вызывать заболевания, включая примеры сопровождающих их симптомов (информация CDC, 2003 г.; Оттоссон (Ottosson), 2003 г.; SMI, 2003 г.)

Группа	**Болезнетворные микроорганизмы**	**Болезни - Симптомы**
Бактерии		
	Aeromonas spp.	Энтерит (воспаление тонкого кишечника)
	Campylobacter jejuni/coli	Кампилобактериоз – диарея, спазмы, боли в животе, жар, тошнота; артрит; болезнь Гийена - Барре
	Escherichia coli (EIEC, EPEC, ETEC, EHEC)	Энтерит
	Pleisiomonas shigelloides	Энтерит
	Pseudomonas aeruginosa	Различные; бактериемия, кожные заболевания, инфекции уха, менингит, пневмония
	Salmonella typhi/paratyphi	Брюшной тиф/паратиф – головная боль, жар, недомогание, потеря аппетита, брадикардия, спленомегалия, кашель
	Salmonella spp.	Сальмонеллез – диарея, жар, спазмы в брюшной полости
	Shigella spp.	Шигеллез - дизентерия (кровавый понос), рвота, спазмы, жар; болезнь Рейтера
	Vibrio cholerae	Холера – водянистый понос, летальный исход, если в сильной форме и не лечить
	Yersinia spp.	Иерсиниоз – жар, боли в животе, диарея, боль в суставах, сыпь
Вирус		
	Аденовирус	Различные; респираторные заболевания. Сюда добавлены из-за наличия кишечных подтипов (см. ниже)
	Брюшной аденовирус 40 и 41	Энтерит
	Астровирус (Astrovirus)	Энтерит
	Калицивирус (норовирус включетельно)	Энтерит
	Коксаки-вирус	Различные; респираторные заболевания; энтериты; вирусный менингит
	ECHO-вирусы	Асептический менингит; энцефалит; часто без симптомов

	Типы энтеровирусов 68-71	менингит; энцефалит; паралич
	Гепатит А	Воспаление печени - жар, недомогание, потеря аппетита, тошнота, желудочно-кишечный дискомфорт, желтушность
	Гепатит Е	Воспаление печени
	Полиовирус	Полиомиелит – часто без симптомов, жар, тошнота, рвота, головная боль, паралич
	Ротавирус	Энтерит
Паразитарные простейшие одноклеточные животные организмы		
	Cryptosporidium parvum	Криптоспоридиоз – водянистый понос, спазмы и боли в брюшной полости
	Cyclospora cayetanensis	Часто без симптомов; диарея; боль в брюшной полости
	Entamoeba histolytica	Амебиаз – часто без симптомов, дизентерия, желудочно-кишечный дискомфорт, жар, озноб
	Giardia intestinalis	Лямблиоз - диарея, спазмы в брюшной полости, недомогание, потеря веса
Гельминты		
	Ascaris lumbricoides	В целом нет симптомов или их мало; одышка; кашель; жар; энтерит; легочная эозинофилия
	Taenia solium/saginata *Trichuris trichiura*	Неочевидные – от неопределенного расстройства пищеварительного тракта до истощения, сухая кожа и диарея
	Анкилостома	Зуд; сыпь; кашель; анемия; недостаток белков
	Shistosomiasis spp.	

Пути передачи в окружающей среде

Болезнетворные организмы в санитарно-канализационной системе обычно передаются фекально-оральным путем, т.е. болезнетворные микроорганизмы выделяются с фекалиями и инфицируют другого человека через рот. Болезнетворные микроорганизмы могут передаваться при контактах через руки, через пищу или воду и другую жидкость. (Рисунок 3).

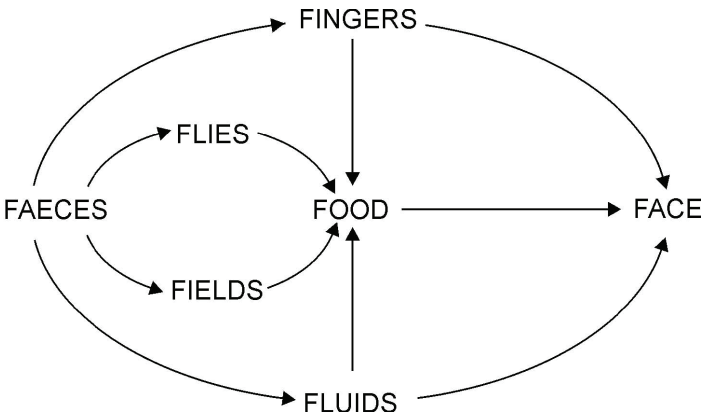

Рисунок 3. Пути передачи кишечных болезнетворных микроорганизмов, приведенных в данной диаграмме, информация Эсрея (Esrey) и др. (1998 г.).
Некоторые гельминты, а также бактерии лептоспиры могут также инфицировать через кожу.
(feaces - фекалии, flies - мухи, fields - поля, fingers - пальцы, food – продукты питания, fluids - жидкости, face - лицо)

Для водных санитарно-канализационных систем сточные воды являются путем передачи, имеющим важное потенциальное значение, когда более или менее очищенные сточные воды сбрасываются в водоприемник или используются на сельскохозяйственных угодьях. Безводные туалеты должно быть менее вероятно влияют на поверхностные и грунтовые воды. Загрязнение может иметь место, если безводные туалеты неправильно построены или расположены. В уборных, имеющих выгребную яму,

проблемы с проникновением болезнетворных организмов из экскрементов в грунтовые воды выявлены на территории с высоким уровнем грунтовых вод или из-за грунтовых условий, благоприятных для перемещения микробов. Улучшение туалетов и сбор экскрементов на поверхности земли как предлагается в большинстве экологических санитарных систем может помочь в целом избежать этого. Неглубокие ямы являются промежуточной альтернативой и препятствуют загрязнению грунтовых вод. При постройке сооружений надо учитывать избыток осадков в период проливных дождей, что может привести к переливу сточных вод в соседние поверхностные воды. Никогда нельзя опорожнять уборные в поверхностные дренажные канавы. С точки зрения гигиены герметичная накопительная камера в туалете предпочтительнее должна находиться на поверхности земли.

Рисунок 4. Содержимое из обычных вырытых уборных или безводных уборных никогда нельзя изымать и сливать в дренажные канавы. Загрязнение путем попадания фекалий человека в дренажные отводы для ливневых вод – основной риск передачи кишечных и паразитических заболеваний.

В таблице 3 перечислены возможные пути влияния человека и передачи инфекций через безводные туалеты и некоторые контрмеры во избежание этого воздействия. Последующее воздействие загрязненных поверхностных и грунтовых вод здесь не рассматривается. Вместо этого перечисленные меры направлены на предотвращение или минимизацию заражения фекалиями водных объектов и окружающей среды. Важно уничтожить болезнетворные организмы на более раннем этапе содержания, т.к. тогда на последующих этапах риск минимизируется.

К прямым контактам относятся преднамеренный или непреднамеренный контакт с экскрементами, например, прикосновение к экскрементам и последующее случайное заражение через рот - через грязные пальцы или бытовые предметы. Это может произойти до обработки экскрементов, во время обработки, включая хранение, или в момент внесения материала в почву. Загрязнение продуктов питания может произойти непосредственно от использования, но также при негигиеническом обращении с продуктами на кухне. Даже если удобренные культуры приготовить до употребления, рабочая поверхность на кухне может быть загрязнена, а болезнетворные организмы могут перейти на другие продукты или попасть в жидкости.

Таблица 3. Потенциальные пути передачи инфекций через безводные туалеты и простые технические меры и поведение при контакте с экскрементами, позволяющие ограничить инфекционное воздействие и минимизировать риск инфицирования.

Зона или процедуры, ведущие к воздействию болезнетворных организмов	**Пути передачи**	**Технические меры**	**Поведение**
Туалет	Прямой контакт; попадание в грунтовые воды; загрязнение окружающей среды	Наличие воды для мытья рук; наземная накопительная камера; герметичная накопительная камера (отсутствие просачивания в грунтовые воды или окружающую среду)	Мытье рук; содержать туалетный участок в чистоте
Первоначальное хранение – сбор и транспортировка	Прямой контакт	Зола, известь и другие средства, уменьшающие количество микроорганизмов в туалете; обученные люди, собирающие и перевозящие экскременты	Ношение перчаток; мытье рук; добавление золы, извести или других средств для сокращения количества микробов во время пользования
Обработка	Прямой контакт; загрязнение окружающей среды	Правильный выбор месторасположения; очищение в закрытых системах; информационные бюллетени на местах	Ношение перчаток и защитная спецодежда; мытье рук; избегать контакта на участках обработки
Вторичная обработка – использование, внесение удобрений	Прямой контакт	Обученные фермеры, повторно использующие экскременты; наличие специального оборудования	Ношение перчаток; мытье рук; мытье использованного оборудования
Удобренные поля	Прямой контакт; попадание в поверхностные и грунтовые воды	Использование экскрементов в почве; информационные бюллетени	Не ходить по недавно удобренным полям
Удобренные культуры	Потребление; антисанитария	Выбор подходящей культуры	Правильная подготовка и приготовление пищевых

	на кухне		продуктов; чистота на рабочей поверхности кухни и посуды

БАРЬЕРЫ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ/МИНИМИЗАЦИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Все меры в таблице 3 являются техническими и поведенческими барьерами против распространения заболеваний. Систематический осмотр местной системы может выявить потенциальные факторы риска и предложить меры противодействия во избежание воздействия болезнетворных микроорганизмов. Это достигается посредством сокращения числа контактов с экскрементами или путем применения мер по сокращению количества (концентрации) болезнетворных микроорганизмов в материале, который должен быть обработан. Сокращение контактов включает такие меры как закрытые системы, ношение средств индивидуальной защиты, использование соответствующих инструментов при обработке и позже снижение контактного риска при применении экскрементов для удобрения почвы на полях. Общие меры предосторожности при обращении часто определяются как дополнительные меры, а не как надлежащие барьеры.

Разные этапы обработки экскрементов являются очевидными барьерами для уменьшения числа болезнетворных организмов, делающими “продукт” безопаснее для обращения и использования в качестве удобрения. В современных руководствах ВОЗ обработка, однако, не считается необходимой, когда применяется ряд других барьеров, включая, например, соответствующую защиту фермерского хозяйства и работников санитарных служб, покрывая отходы слоем почвы в 25 см и не сажая корнеплоды (ВОЗ, 1989 г.). В настоящее время пересматриваются предыдущие руководства и в течение 2005 г. запланировано издание собрания из трех новых томов, в которых говорится об использовании сточных вод и экскрементов в аквакультуре; применении сточных вод в сельском хозяйстве; и применении экскрементов и бытовых сточных вод из кухонь, личных душевых и прачечных.

Рисунок 5. Открытая дефекация – главный источник заражения кишечными и паразитарными заболеваниями. Другие люди и бытовая обстановка могут быть заражены при прямом контакте, а также при ходьбе босиком. К тому же, это может сильно повлиять на источники поверхностных вод.

Обработка может быть первичной, т.е. непосредственно в туалете сразу после дефекации, например, путем добавления золы (описание см. далее), или вторичной, где материал собирается из туалета (или оставляется в туалете без дальнейшего попадания фекалий) и обрабатывается под контролем, чтобы снизить количество болезнетворных микроорганизмов до приемлемых границ. Эсрей и др. (1998 г.) утверждает, что для предотвращения загрязнения окружающей среды необходимо сочетание безопасного хранения и быстрой гибели болезнетворных микроорганизмов в экскрементах. Барьеры показаны в альтернативной диаграмме (Рисунок 6).

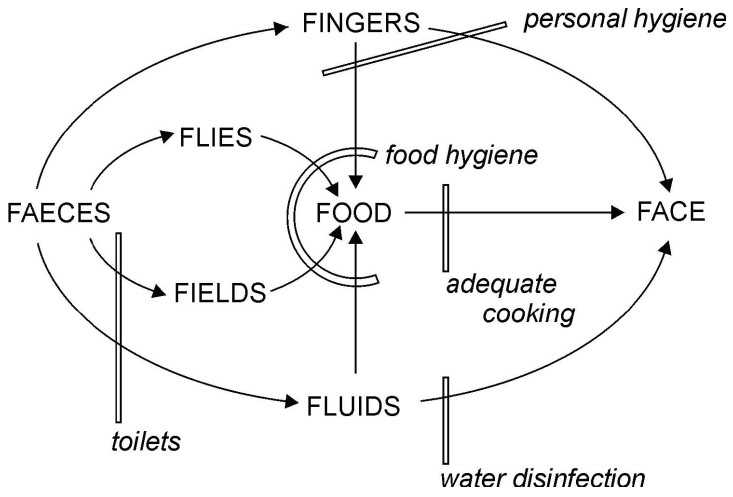

Рисунок 6. Барьеры, необходимые для предотвращения передачи заболевания/распространения болезнетворных микроорганизмов, данные Эсрея и др. (1998).

(feaces - фекалии, flies - мухи, fields - поля, fingers - пальцы, food – продукты питания, fluids - жидкости, face – лицо, toilets - туалеты, food hygiene - пищевая гигиена, personal hygiene - личная гигиена, adequate cooking – соответствующее приготовление еды, water disinfection - обеззараживание воды)

Инактивация болезнетворных микроорганизмов также происходит на сельскохозяйственных угодьях после внесения экскрементов как удобрения и на культурах, которые могут быть заражены, если они удобрялись в период роста или из-за брызг, отлетающих от почвы, в период сильных дождей. Такая инактивация со временем и из-за превалирующих условий окружающей среды может создать барьер против воздействия болезнетворных микроорганизмов при обращении и потреблении культур, а для людей и животных при хождении по удобренному навозом полю. Инактивация зависит от температуры окружающей среды, влажности и солнечного света (который увеличивает температуру, понижает влажность и влияет на болезнетворные микроорганизмы ультрафиолетовым светом) (см. таблицу 4). В почве естественные почвенные микроорганизмы также борются с внесенными в почву болезнетворными микроорганизмами и способствуют их гибели. Со временем количество болезнетворных микроорганизмов снижается, и почвенные микроорганизмы выполняют “барьерную функцию в сельском хозяйстве”, которая имеет дополнительное значение, особенно для культур, которые употребляются в сыром виде. Для безопасного обращения с другими культурами и снижения перекрестного загрязнения в период приготовления пищи очень важен промежуточный период (время между внесением удобрений и сбором урожая).

В этом контексте заболевания, вызываемыми экскрементами, были разделены на группы в зависимости от их характеристик – путей передачи, устойчивости во внешней среде и т.д. (ВОЗ, 1989 г.; Фичем и др., 1983 г.). Наряду с этими данными даны основные меры по контролю.

Примечательно, что эти общие меры часто включают сочетание улучшенного ведения домашнего хозяйства, санитарного просвещения, водоснабжения, обеспечения туалетами и обработку экскрементов до использования или слива. Поэтому независимо от типа построенного туалета внедрения, включая всю водопроводно-канализационную систему, имеют большое значение для улучшения санитарного состояния.

Правила и руководства, относящиеся к риску

Фекалии человека могут содержать болезнетворные микроорганизмы. В развивающихся странах преобладающее число людей, страдающих от кишечных и паразитарных заболеваний, часто с большей вероятностью приводит к более высокой возможности наличия болезнетворных микроорганизмов и их более высокой концентрации в фекалиях. Некоторые болезнетворные микроорганизмы обладают способностью выживать в экскрементах в течение долгого времени и поэтому они могут попасть на сельскохозяйственные угодья и на культуры, если практикуется использование фекалий без соответствующей обработки. Даже если нужны дополнительные меры, предшествующие инфицированию нового организма, риск дальнейшей передачи инфекции в окружающей среде и повышенный уровень распространения заболеваний очевиден при использовании фекалий, не прошедших санитарную обработку. Различные последующие этапы обработки экскрементов человека рассматриваются как наиболее важные меры предосторожности, предотвращающие передачу заболеваний.

Правила и руководства чаще всего основываются на концепции риска. При применении количественной оценки микробного риска, частично основанной на предположениях, можно оценить санитарные системы и сравнить их для определения границ допустимого риска. Обработка также может быть использована, чтобы определить установленные и допустимые нормы. Таким образом, оценка риска в значительной степени может быть проведена в зависимости от конкретной местности, основываясь на данных, например, о состоянии здоровья местного населения и его привычек. Повышение уровня распространенности инфекций позволяет установить допустимые нормы риска для конкретной местности, санитарно-канализационных систем, где практикуется использование экскрементов. В развивающихся странах с довольно низкими санитарными нормами целью является сокращение инфекций путем применения санитарно-профилактических мероприятий как таковых, включая внедрение новых альтернатив совместно с другими внедрениями, связанными с обеспечением безопасного водоснабжения, безопасной очистки, хранением и санитарно-гигиеническим просвещением.

Что касается данного руководства и рекомендаций по экологической санитарии, то здесь фокус сделан на обработке, но также включает другие технические, практические и поведенческие аспекты, направленные на минимизацию риска передачи заболеваний. Также приводятся правила приблизительного подсчета, которые можно использовать для получения допустимого минимального риска, однако, эти правила не определяют численных показателей.

Обработка как барьер

Сочетание барьеров для снижения воздействия экскрементов человека должно быть использовано для того, чтобы снизить риск передачи заболевания в экологических санитарных системах. Обработка экскрементов считается необходимым этапом для их последующего использования как удобрения на (сельскохозяйственных) угодьях.

Обработка экскрементов с целью обеззараживания

ФАКТОРЫ, КОТОРЫЕ ВЛИЯЮТ НА ГИБЕЛЬ БОЛЕЗНЕТВОРНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

После дефекации концентрация кишечных болезнетворных микроорганизмов, как правило, со временем снижается в связи с гибелью или потерей инфицирующей способности части микроорганизмов. Простейшие одноклеточные микроорганизмы и вирусы не могут развиваться в окружающей среде вне организма хозяина, таким образом, их количество всегда сокращается, поскольку бактерии могут размножаться только при благоприятных окружающих условиях. Гельминтам необходим латентный период после дефекации до того, как они будут способны инфицировать. Способность микроорганизма выживать в окружающей среде определяется как способность микроорганизма сопротивляться превалирующим условиям. Часто в исследованиях эта способность описывается как полная инактивация данного микроорганизма по прошествии некоторого времени при определенных внешних условиях. Тем не менее, в отношении риска для здоровья необходимо применять кривые инактивации или значения-T_{90} (время для 90% инактивации микроорганизмов) для прогнозирования влияния различных путей передачи инфекций от фекалий человека.

Рисунок 7. На окружающую среду в местах проживания людей могут сильно влиять зараженные поверхностные воды, представляющие собой большой риск передачи заболеваний и размножения насекомых-переносчиков заболеваний. Введение практики сухого сбора фекального материала отдельно от урины могут существенно снизить риск передачи заболеваний. К тому же, следует способствовать внедрению практики обработки бытовых сточных вод из кухонь, личных душевых и прачечных.

Время и превалирующие условия окружающей среды – это те характеристики, которые влияют на выживаемость микроорганизмов в окружающей среде. Некоторые физико-химические и биологические факторы также влияют на фактор выживания, но они по-разному влияют на различные микроорганизмы. Для общей оценки риска отбор большинства устойчивых микроорганизмов является общепринятым подходом, также принимающим во внимание и другие, более чувствительные виды микроорганизмов. При взаимодействии окружающей среды с микроорганизмами имеют значение все факторы, при которых микроорганизмы приобретают различные характеристики жизнеспособности в какой-либо конкретной местности. Факторы, которые особенно важны для снижения количества кишечных микроорганизмов, перечислены в таблице 4. Эти факторы могут быть использованы как в отдельности, так и в сочетании с фактором времени, как дополнительным фактором к методам обработки для получения безопасного удобрения из экскрементов.

Таблица 4. Физико-химические и биологические факторы, влияющие на выживание микроорганизмов в окружающей среде

Температура	Большинство микроорганизмов хорошо выживают при низких температурах (<5°C) и быстро погибают при высоких температурах (>40-50°C). Это происходит в воде, почве, сточных водах и на культурах. Чтобы обеспечить инактивацию, например, в процессах компостирования, нужна температура около 55-65°C, чтобы убить все типы болезнетворных микроорганизмов (исключая бактериальные споры) в течение нескольких часов (Хауг (Haug), 1993 г.).
pH	Многие микроорганизмы приспособлены к нейтральному уровню pH (7). Высоко кислотная или щелочная среда будет иметь действие инактивации. Добавление извести в экскременты в безводных уборных и в осадки сточных вод может увеличить уровень pH и способствует инактивации микроорганизмов. Скорость инактивации зависит от значения pH, например скорость будет намного быстрее при уровне pH равным 12, чем при pH равным 9.
Аммиак	В естественной среде аммиак (NH_3), который химически гидролизуется или вырабатывается

	бактериями, может быть губительным для других организмов. Добавленный химикат, вырабатывающий аммиак, будет также способствовать инактивации болезнетворных микроорганизмов, например, в экскрементах или осадках сточных вод (Гиглетти (Ghigletti) и др., 1997 г.; Виннерас и др., 2003*a*).
Влажность	Влажность также важна как фактор выживания микроорганизмов в почве и фекалиях. Влажная почва благоприятна для выживания микроорганизмов, а процесс высушивания сокращает число болезнетворных организмов, например, в уборных.
Солнечная радиация/УФ лучи	УФ излучение сокращает количество болезнетворных микроорганизмов. Оно применяется как процесс очистки как питьевой воды, так и сточных вод. На полях период выживания короче на поверхности почвы и культур, где солнечный свет может влиять на микроорганизмы.
Присутствие других микроорганизмов	Микроорганизмы выживают в целом дольше в материале, который был стерилизован, чем в естественном материале, содержащим другие микроорганизмы. Микроорганизмы могут воздействовать друг на друга как хищники, высвобождать вещества-антагонисты или бороться за существование (см. ниже Нутриенты).
Нутриенты	Если есть нутриенты и другие благоприятные условия, то бактерии могут размножаться в окружающей среде. Кишечные бактерии, адаптировавшиеся к желудочно-кишечному тракту, не всегда могут бороться с естественными микроорганизмами желудочно-кишечного тракта за редко встречающиеся нутриенты, последние же ограничивают способность первых к воспроизведению и выживанию в окружающей среде.
Другие факторы	Активность микробов зависит от наличия кислорода. Гранулометрический состав и проницаемость влияют на выживание микробов в почве. В почве, также как и в сточных водах и водной среде на выживание микроорганизмов могут влиять различные органические и неорганические химические соединения.

ОБРАБОТКА УРИНЫ

Хранение

Состояние кишечных болезнетворных микроорганизмов, попадающих в мочесборники, важно для оценки санитарного риска, связанного с обработкой и использованием урины. На выживание различных микроорганизмов в урине влияют условия хранения.

Были проведены исследования с различными микроорганизмами, помещенными в урину, и по прошествии некоторого времени последовала их инактивация (Хёглунд (Höglund), 2001 г.). Что касается урины, то в основном было изучено влияние температуры и повышенного уровня pH (~9) в сочетании с аммиаком на инактивацию микроорганизмов. Бактерии, такие как *Salmonella* и *E. coli* (также как и представители других грамотрицательных бактерий), были быстро инактивированы. У грамположительных бактерий была приблизительно одинаковый уровень инактивации как и у *Cryptosporidium parvum* и они погибали медленнее, чем грамотрицательные бактерии (Хёглунд (Höglund), 2001 г.) (Таблица 5).

Количество вирусов несущественно сократилось при низких температурах (4-5°C) (Таблица 5). Это подтверждается изучениями Франсена (Franzén) и Скотта (Scott) (1999 г.), в которых было отмечено незначительное снижение бактериофага *Salmonella typhimurium* 28B (используемого как устойчивый образец вируса) при температуре между 14°C и 22°C и уровнем pH приблизительно 9,5 в течение 6-недельного исследования в Мексике. Колифаги, обычно присутствующие в фекалиях, никогда не обнаружились в экспериментальных уриновых емкостях (Ольссон (Olsson), 1995 г.), что показывало более высокий уровень инактивации, чем у бактериофага *Salmonella*. Также его высокая сопротивляемость показана в сравнении с ротавирусом (Таблица 5), что подтверждает его устойчивую природу как образца для инактивации.

Согласно Хэмди (Hamdy) и др. (1970 г.; Фичем и др., 1983 г.) урина вызывает гибель яиц аскарид (*Ascaris*), которые погибают по прошествии нескольких часов. Тем не менее, Ольссон (Olsson) (1995 г.) обнаружил, что снижение количества *Ascaris suum* в урине незначительно: при 4°C и 20°C снижение количества составило 15-20% за 21 день. В предыдущих исследованиях говорится об инактивации *Schistosoma haematobium* в урине (Портер (Porter), 1938 г.; Фичем и др., 1983 г.).

Таблица 5. Инактивация микроорганизмов в урине (дано в значении T_{90} (время для 90% сокращения количества) в днях) (Хёглунд, 2001 г.)

Грамотрицательные бактерии		**Грамположительные бактерии**	***Парвовирус (C. Parvum)***	**Ротавирус**	***Бактериофаг, бактериальный вирус S. typhimurium* 28B**
4°C	1	30	29	172*	1466*
20°C	1	5	5	35	71

* Эксперименты по выживанию микроорганизмов проводились при 5°C.

На основе проведенных исследований инактивации болезнетворных микроорганизмов/индикаторов в урине были предложены рекомендации по продолжительности и температуре хранения урины (Таблица 6; Джонсон (Jönsson) и др., 2000 г.; Хёглунд, 2001 г.). В основном температуры были выбраны исходя из условий умеренного климата. Рекомендации были подтверждены Шведским управлением по охране окружающей среды, но все еще не введены как национальные нормы. Данные рекомендации будут учитываться в новом пересмотренном руководстве ВОЗ по утилизации экскрементов.

В частном домашнем хозяйстве смесь урины с водой может использоваться без хранения для всех типов культур при условии, что культура предназначена для потребления самими домочадцами и что должен пройти один месяц между удобрением и сбором урожая, т.е. время между последним применением урины и потреблением урожая. Одна из причин менее жестких рекомендаций по применению урины в частном хозяйстве заключается в том, что в окружающей среде риск передачи инфекции от человека к человеку будет превышать риск передачи инфекции через урину.

Рисунки 8 и 9. Сбор и хранение урины может осуществляться в различных масштабах. Когда при сборе урины применяются большие резервуары или резервуары хранения урины на полях (как на этих рисунках), необходимы более высокий уровень безопасности и более жесткие рекомендации относительно хранения материала, выделенного различными людьми.

В развивающихся странах в малых домашних системах также применяются непосредственное

использование или короткие периоды хранения. К тому же более высокая температура окружающей среды во многих развивающихся странах будет также повышать уровень инактивации и безопасности. В ситуациях, когда существует высокий уровень распространенности некоторых кишечных инфекций, а технические системы не защищают от фекального перекрестного заражения, рекомендуется увеличить время хранения.

Основные рекомендации по хранению главным образом направлены на снижение риска инфицирования через потребление культур, удобренных уриной. Эти рекомендации также могут снизить риск для людей при работе с уриной и ее использовании.

Ввиду сложности системы те рекомендации, которые даны в таблице 6, могут быть адаптированы для более крупных (городских) систем в развивающихся странах и регионах. В любом случае должно быть соблюден промежуточный период между внесением удобрения в почву и сбором урожая. Факторы окружающей среды могут привести к инактивации болезнетворных микроорганизмов в почве и на культурах после внесения удобрения. По вопросам личной защиты при обращении с уриной смотрите в Практических рекомендациях на стр. 39. Надлежащее хранение урины всегда может повысить защиту людей, работающих на полях.

Рисунок 10. В небольших семейных системах сбора урина может быть использована почти сразу же или после короткого периода хранения, если культуры предназначены для семейного потребления. Вероятность передачи инфекции выше между членами семьи, чем через культуры, удобренные уриной.

Может понадобиться адаптировать конкретные рекомендации для крупных систем исходя из местных условий, учитывая такие факторы как личные привычки и выбранная техническая система. Если системой неправильно управляют, т.е. можно увидеть фекалии в резервуаре с уриной, или рассматривать другие пути перекрестного заражения, то здесь необходимы специальные меры предосторожности. Фекальное заражение в общем посчитано в рекомендациях, данных в таблице 6 в расчете мг/л, при анализе одной трети шведских отводящих туалетов (в остальных двух третях не было обнаружено загрязнения) (Шённинг и др., 2002 г.). Менее жесткие рекомендации для развивающихся стран по сравнению со шведскими также обусловлены в целом высокими гигиеническими нормативами в развитых странах, где применяются осторожная интерпретация

принципа предосторожности и высокие требования к безопасности. Основываясь на подсчете оценки риска для урины, можно в дальнейшем сделать вывод, что промежуточный период в течение нескольких недель соответствовал бы предлагаемому времени хранения урины в течение одного месяца при 20°C (Хёглунд и др., 2002 г.). Таким образом, при рекомендациях, не требующих систем хранения, будет иметь место подверженность потенциально высокой концентрации болезнетворных микроорганизмов при применении урины и при нахождении или работе на полях.

Таблица 6. Рекомендованное шведское руководство по времени хранения смеси урины[а], основанное на оценке содержания болезнетворных микроорганизмов[б] и рекомендованных культур для крупных систем[в]. (информация Джонссон и др., 2000 г. и Хёглунд, 2001 г.)

Температура хранения	**Время хранения**	**Возможные болезнетворные микроорганизмы в урине после хранения**	**Рекомендованные культуры**
4°C	≥1 месяц	Вирусы, простейшие одноклеточные животные организмы	Продовольственные и кормовые культуры, которые должны быть переработаны
4°C	≥6 месяцев	Вирусы	Продовольственные культуры, которые должны быть переработаны, кормовые культуры[г]
20°C	≥1 месяц	Вирусы	Продовольственные культуры, которые должны быть переработаны, кормовые культуры[г]
20°C	≥6 месяцев	Возможно ни одного	Все культуры[д]

[а] Урина или урина и вода. При разбавлении допускается, чтобы у смеси урины с водой pH был по крайней мере 8,8 и концентрация азота по крайней мере 1 г/л.
[б] Грамположительные бактерии и спорообразующие бактерии не включаются в основные оценки риска, но обычно считается, что они не вызывают ни одну их рассматриваемых инфекций.
[в] Крупная система в данном случае – это система, где смесь урины с водой используется для удобрения культур, которые будут потребляться людьми, не являющимися членами одной семьи домашнего хозяйства, из которого собирается урина.
[г] Не подразумеваются пастбища для выращивания корма для скота.
[д] Для продовольственных культур, которые потребляются в сыром виде, рекомендуется, чтобы урина использовалась, по крайней мере, за месяц до сбора урожая и была внесена в почву, если съедобные части растений растут над поверхностью почвы.

Во время хранения урина должна находиться в герметичном резервуаре или контейнере. Эти меры предохраняют от заражения людей и животных, контактирующих с уриной, и препятствуют испарению аммиака, таким образом, снижая резкий запах и потери азота, содержащегося в растениях.

Предпочтительнее, чтобы урина не была разбавлена. Концентрированная урина создает неблагоприятные внешние условия для микроорганизмов, повышает коэффициент вымирания болезнетворных микроорганизмов и препятствует размножению москитов. Таким образом, чем меньшим количеством воды разбавляется урина, тем лучше.

Другие возможные способы обработки

До сих пор хранение при температуре окружающей среды является единственным методом, практикуемым для снижения числа микроорганизмов в урине до санитарных норм. Была протестирована методика по увеличению концентрации нутриентов в урине, но до сих пор она не достаточно эффективна, не доступна с коммерческой точки зрения или не оценена с санитарной точки зрения. Некоторые методы, например, испарение азота (аммиака) путем подачи тепла, в значительной степени сокращают количество микроорганизмов.

Высушивание урины в открытых траншеях тестировался в Швеции и Мали, но это может привести к значительной потери азота, в то время как фосфор и калий не теряются. Не было выявлено, что высушенная фракция урины (в виде порошка) не представляет собой фактор риска микробного заражения.

Повышенная температура или уровень pH собранной урины могут в дальнейшем ускорить инактивацию потенциально болезнетворных микроорганизмов. Относительно увеличенные уровни инактивации при температуре выше 20°C не были опробованы и должны быть подсчитаны.

Хранение мочи
Хранение при температуре окружающей среды считается важным методом обработки для урины.
Рекомендованное время для хранения при температуре 4-20 ^{o}C варьируется между одним и шестью месяцами для крупных систем в зависимости от типа культуры, которая должна быть удобрена.
Что касается частного домашнего хозяйства, то урина может использоваться для любой культуры без хранения, как только пройдет месяц между внесением удобрения и сбором урожая, если удалось избежать фекального перекрестного заражения. Необходимо избегать разведения урины.

ОБРАБОТКА ФЕКАЛИЙ

Хранение

Количество болезнетворных микроорганизмов в фекалиях во время хранения без дальнейшей обработки сокращается по прошествии некоторого временем из-за естественной гибели. Тип микроорганизма и условия хранения определяют время уменьшения или уничтожения данного микроорганизма. Температура окружающей среды, уровень pH, влажность и т.д. влияют на процесс инактивации, также как и биологическая конкуренция. Так как условия во время хранения бывают различными, также как и коэффициенты гибели микроорганизмов, то это может усложнить прогноз оптимальных сроков хранения.

В 1983 г. Фичем и др. собрали большое количество данных, основанных на изучении литературы по сокращению болезнетворных микроорганизмов/индикаторов в различных материалах, включая нечистоты, вывозимые ночью, и фекалии. Данные представлены “в меньших значениях”, чем показанные в таблице 7, и не учитывают начальную концентрацию, но сфокусированы на общей инактивации. Дополнительно изучив литературу Арнбджерг-Нильсен (Arnbjerg-Nielsen) и др. (2004 г., пресса) оценили десятикратное время уменьшения концентрации для различных болезнетворных микроорганизмов (значения T_{90}, данные при 20°C в таблице 7). Тем не менее, не так много широко распространенных исследований по инактивации болезнетворных микроорганизмов в фекалиях человека, другие материалы, такие как навоз и осадки сточных вод также учитывались для проведения оценки скорости инактивации. Основываясь на этих значениях T_{90}, время необходимое для десятикратной инактивации было сходным со временем, представленным Фичемом и др. как полная инактивация (1983 г.). Если исходная концентрация выше и применяется кинетика гибели 1-го порядка, то время полного вымирания будет значительно дольше. Кинетика гибели 1-го порядка, тем не менее, не обязательно должен применяться при длительном хранения. В дальнейшем должно быть указано, что последние вычисления только учитывают хранение и никакой другой дополнительной обработки.

Инактивация болезнетворных микроорганизмов в почве также важна для риска, связанного с использованием экскрементов, даже если обработка материала направлена на значительное сокращение болезнетворных микроорганизмов в экскрементах до того, как они будут применяться на земле как удобрение. Сравнительные десятикратные значения инактивации даны в таблице 7 опять-таки с более длительным временем выживания, отмеченным в последней литературе, чем со временем, данным Фичемом и др. (1983 г.). В любом случае, на культурах уровень инактивации часто считается более ускоренным со значениями T_{90} в течение нескольких дней (Асано (Asano) и др., 1992 г.; Петтерсон (Petterson) и др., 1999 г.).

Caroline Schönning and Thor Axel Stenström

Figure 11. Dried or compost

Рисунок 11. Высушенные или превращённые в компост фекалии используются как удобрение для производства культур. Фото: Х.П. Манг (H P Mang), GTZ

Таблица 7. Подсчитанное время выживания и значение десятикратного снижения количества болезнетворных микроорганизмов во время хранения фекалий и в почве, данное в днях, если не указана другая единица измерения (Фичем и др., 1983 г.[а]; Арнбджерг-Нильсен и др., пресса[б]; Ковал (Kowal), 1985 г.[в], в Управлении по охране окружающей среды (EPA), 1999 г.). Не было применено никакой дополнительной обработки (норм. = нормально).

Микроорганизм	**Фекалии и осадки[а] 20-30°C**	**Фекалии T_{90}[б] ~20°C**	**Почва[а] 20-30°C**	**Почва T_{90}[б] ~20°C**	**Почва[в] абсолютный максимум[г]/нормальный макс. почвы**
Бактерия					1 год/ 2 месяца
Фекальные колиформы	<90 норм. <50	15-35 *E. coli*	<70 норм. <20	15-70 *E. coli*	
Сальмонелла	<60 норм. <30	10-50	<70 норм. <20	15-35	
Вирусы	<100 норм. <20	Ротавирус: 20-100 Гепатит А: 20-50	<100 норм. <20	Ротавирус: 5-30 Гепатит А: 10 50	1 год/ 3 месяца

Простейшие одноклеточные животные микроорганизмы (*Entamoeba*)	<30 норм. <15[д]	*Giardia*: 5-50 *Cryptosporidium*: 20-120	<20 норм. <10[д]	*Giardia*: 5-20 *Cryptosporidium*: 30-400	? /2 месяца
Гельминты (яйцо)	Несколько месяцев	50-200 (*Askaris*)	Несколько месяцев	15-100 (*Askaris*)	7 лет/ 2 года

[г] Абсолютный максимум выживания возможен при необычных обстоятельствах, таких как постоянно низкая температура или в хорошо защищённых условиях[a].
[д] Не хватает данных по *Giardia* и *Cryptosporidium;* их цисты и ооцисты могут прожить дольше, чем простейшие одноклеточные животные микроорганизмы за указанное здесь время[a].

Если применять «безопасную зону» на рисунке 13, то необходим как минимум один год хранения при температуре окружающей среды без дополнительной обработки, значение, рекомендованное для гельминтов, установленно ВОЗ (1989 г.). Штраус (Strauss) и Блументаль (Blumenthal) (1990 г.) предположили, что одного года достаточно при тропических условиях (28-30 ^{o}C), тогда как при более низких температурах (17-20 ^{o}C) понадобилось бы 18 месяцев.

В исследовании, проведённом в Южной Африке, *Salmonella* была обнаружена в хранимых фекалиях год спустя (Остин (Austin), 2001 г.). При посыпании фекалий древесной золой уровень pH становится равный 8,6-9,4, поэтому это исследование является сочетанием хранения и щелочной обработки (Таблица 8). *Salmonella* может размножаться в данном материале. Еженедельное перемешивание фекальной массы вместо хранения её в пластиковом контейнере дало высокий уровень снижения болезнетворных микроорганизмов и фекальных индикаторов, и в результате дало низкий уровень влажности (Остин, 2001 г.). Вентиляция может ускорить инактивацию и здесь может иметь место частичное компостирование (нет данных о температуре). Это ручное перемешивание, однако, подвергает человека, работающего с данным материалом, влиянию фекалий, не подвергнутых санитарной обработке.

В исследовании, проведенном в Дании, были подсчитаны следующие риски, связанные с использованием фекалий, которые хранились от 0 до 12 месяцев без дополнительной обработки (Арнбджерг-Нильсен и др., пресса; Шённинг и др., манускрипт). *Askaris* представляли 100%-ный риск заражения при контакте для ослабленных людей при случайном оральном заражении, если один человек в семье был заражён в период сбора. Простейшие одноклеточные микроорганизмы *Giardia* и *Cryptosporidium* и ротавирус, которые вызывали особое беспокойство в датских населенных пунктах, привели к риску инфицирования в пределах от 10 до 90% при случайном оральном заражении во время хранения фекалий или использования не хранимых фекалий в саду. После хранения в течение 6 месяцев риск был экстраполирован до 10%, тогда как после 12 месяцев его обычно определяли на уровне 1:1 000. Риск гепатита А или бактериальных инфекций обычно был ниже. Предполагалось, что хранение происходило при температурах равных приблизительно 20^{o}C и данные, полученные для этого температурного диапазона, были использованы для вычисления снижения уровня болезнетворных микроорганизмов (таблица 7).

Рисунок 12. Мезофильный разложившийся ил из больших заводов по очистке сточных вод часто используется как удобрение в сельскохозяйственных угодьях. Отделенный от урины фекальный материал, который был обработан, часто содержит меньше болезнетворных микроорганизмов и не содержит таких недостатков как химические загрязняющие вещества.

В исследовании, проведённом в Мексике (Франц ен (Franzén) и Скотт, 1999 г.) фекальный материал имел уровень влажности равный 10%, уровень pH примерно 8 и температуру 20-24 ^{o}C. При таком низком содержании влаги уменьшение устойчивых вирусных индикаторов, бактериофагов (*Salmonella typhimurium* 28B) было 1,5 $\log_{10}$ после шести недель хранения. Анализы были проведены в уборной, в которую были добавлены фаги и без последующего добавления фекалий.

Во время исследований во Вьетнаме был сделан вывод, что низкое содержание влаги имело положительный эффект самой быстрой инактивации бактериофагов в уборных с самым низким уровнем влажности (Карландер (Carlander) и Вестрелл (Westrell), 1999 г.). В этих уборных уровень pH также был равен примерно 9 и наблюдались более высокие температуры, чем в исследовании, приведённом выше (см. также *Щелочные обработки*). Полная инактивация *Ascaris* была зафиксирована в пределах шести месяцев. Инактивация статистически не была связана ни с одним единичным фактором в уборных, но предполагалось, что сочетание высокой температуры и высокого уровня pH является главным фактором гибели *Ascaris* (Таблица 8).

В Эль-Сальвадоре было проведено всестороннее исследование фекального материала, собранного в мочеотводящих туалетах. Материал для увеличения уровня pH добавлялся пользователями к фекальному материалу, но фиксация некоторых значений pH близких к 6 подразумевает, что в некоторых туалетах обработка происходила только посредством хранения (Мое (Moe) и Ицуриета (Izurieta), 2003 г.). Анализы на выживаемость выявили, что фекальные колиформы выживут в течение >1,000 дней, а *Askaris* примерно 600 дней при уровне pH меньше 9.

Рисунок 13. Фекальный материал следует собирать в двухсекционных контейнерах (ямах). Когда одна секция (яма) заполнена, она герметизируется и начинается отсчёт времени хранения, а в это время используется другая яма. Во Вьетнаме, где жаркий климат, полная гибель яиц *Askaris* и типовых вирусов была достигнута в течение шести месяцев при данных условиях. Если не используются две ямы, то должно быть запланировано вторичное хранилище или другие типы обработки.

Хранение особенно выгодно в сухом и жарком климате, что приводит к высушиванию материала и малому содержанию влаги, что способствует процессу инактивации болезнетворных микроорганизмов. Если весь фекальный материал полностью сухой, то это способствует снижению уровня болезнетворных микроорганизмов. Эсрей и др. (1998 г.) предположил, что при уровне влажности меньшим, чем 25% болезнетворные микроорганизмы быстро погибают и что к этому уровню необходимо стремиться в экологических санитарных туалетах, которые основаны на обезвоживании (т.е. хранении). Низкая влажность также полезна для снижения запаха и размножения мух (Эсрей и др., 1998 г.; Каландер и Вестрелл, 1999 г.). Однако, повторный рост бактериальных болезнетворных микроорганизмов может произойти после попадания влаги (воды) или если материал будет смешан с влажной почвой, как было показано в результатах, описанных Остином (2001 г.). Высушивание – это не процесс компостирования, при попадании влаги легко усваиваемые органические соединения способствуют росту бактерий, включая, например, *E. coli* и *Salmonella*, если их небольшое количество попадает или вводится в материал.

Цисты простейших одноклеточных микроорганизмов чувствительны к высушиванию, что также влияет на их жизнеспособность на поверхности растений (Сноудон (Snowdon) и др., 1989 г.; Ятес (Yates) и Герба (Gerba), 1998 г.). Нормальный уровень влаги не инактивирует яйца *Askaris*, для их инактивации необходимы значения ниже 5% (Фичем и др., 1983 г.). В настоящее время не достаточно информации о соответствующих эффективных показателях времени.

Хранение фекалий

Хранение - это самая простая форма обработки фекалий. Инактивация болезнетворных микроорганизмов обычно проходит медленно, и для получения безопасного удобрения требуется

время хранения от нескольких месяцев для снижения количества бактерий до нескольких лет для некоторых гельминтов.
Обычное хранение при температуре, уровне PH и влажности окружающей среды считается не безопасной практикой, исключая только хранение в течение нескольких лет (основанном на снижении количества почвенных гельминтов).
К тому же, не следует добавлять грунт или опилки после дефекации в качестве материала для покрытия и кондиционирования. Однако хранение можно применять в сочетании с другими «барьерами безопасности».

Тепловая обработка

Тепло является наиболее эффективным методом уничтожения болезнетворных микроорганизмов, а также фактором инактивации в широко применимых процессах, таких как переработка осадка сточных вод. На рисунке 14 (Фичем и др., 1983 г.) инактивация болезнетворных микроорганизмов показана в виде графика функции температуры и времени. В пределах данной функции определена «безопасная зона». Если во всём подвергшемся тепловому воздействию материале достигнуто надлежащее соотношение температуры и времени, то он считается микробиологически безопасным для обращения и использования. Например, если достигнута температура больше 55^{o}C за один или несколько дней, то инактивация пройдет более эффективно. Взаимосвязь между временем и температурой для различных болезнетворных микроорганизмов была широко одобрена, хотя были обнаружены новые болезнетворные микроорганизмы, и была выпущена литература, в которой предоставлены незначительные вариации результатов.

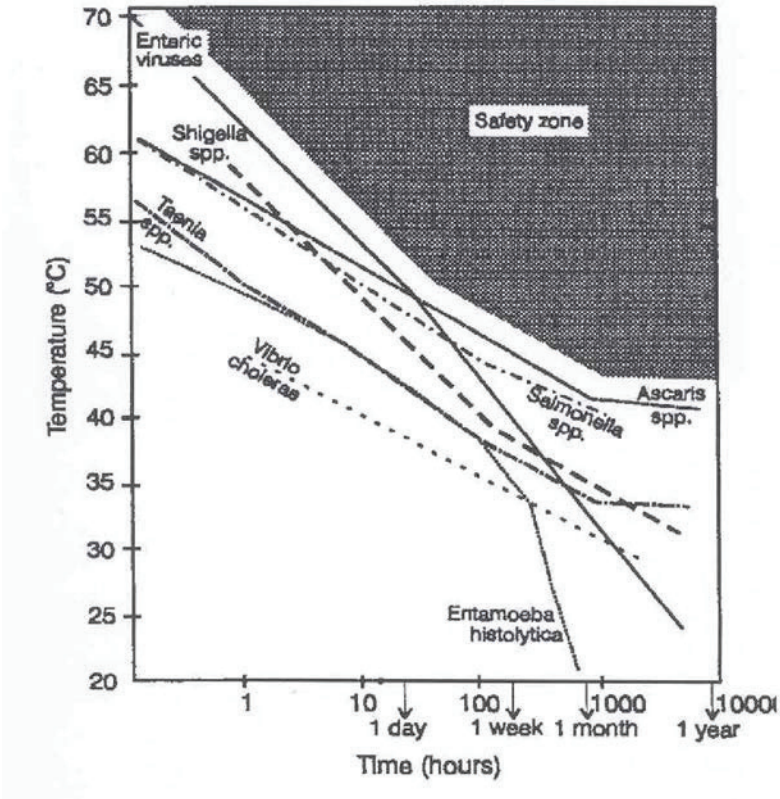

Рисунок 14. «Диаграмма безопасной зоны» (Фичем и др., 1983 г.)
(Temperature - Температура, Enteric viruses - энтеровитусы, Shigella spp., Taenia spp., Vibrio choleras, Salmonella spp., Ascaris spp., Entamoeba histolytica, 1 day – 1 день, 1 week – 1 неделя, 1 month – 1 месяц, 1 year – 1 год, Time (hours) – Время (часы), safety zone – безопасная зона)

Для обработки экскрементов рекомендуется термофильное перегнивание (50 ^{o}C на протяжении 14 дней) или компостирование в вентилируемых фекальных массах в течение одного месяца при 55-60 ^{o}C (+ от 2 до 4 месяцев дальнейшего разложения), эти методы обычно и используются (ВОЗ, 1989 г.). Рекомендации по обработке, например, осадков сточных вод и органических бытовых отходов (пищевых отходов) также ссылаются на данные температуры (Шведское управление по охране окружающей среды (EPA), 2002 г.; EC, 2000 г.; Датское EPA, 1996). Хауг (Haug) (1993 г.) утверждает, что компостирование при 55-60 ^{o}C на протяжении дня или двух будет достаточным для уничтожения по существу всех болезнетворных микроорганизмов. Приведённые выше правила полагаются на более длинные периоды для определения границ по безопасному обращению с фекалиями. Общепризнано, что холодные зоны формируются в разлагающемся или компостированном материале, в результате образуя локальные зоны с меньшей инактивацией и возможным повторным ростом патогенных бактерий. К тому же, распад и компостирование нацелены на деградацию и стабилизацию органического материала. Для фекалий это представляет собой инактивацию болезнетворных микроорганизмов, что наиболее важно. Процесс компостирования также растворяет туалетную бумагу, делая материал более эстетичным и подходящим для сельскохозяйственного использования.

Рисунок 15. Компостирование фекалий вместе с бытовыми отходами в вентиляционных рядах. Фото: Дж. Гиб (J. Heeb).

Фекалии также нагреваются солнцем, например, в сборном ведре или фекальном отделении под солнцем. Это было опробовано в простых экологических санитарных системах, например в Эль-Сальвадоре и во Вьетнаме. В Эль-Сальвадоре в таких туалетах были зарегистрированы более высокие температуры по сравнению с обычными двухсекционными мочеотводящими туалетами (DVUD) (Мое и Ицуриета, 2003 г.). Температура, измеренная в середине дня, однако, была недостаточной. В среднем 37 ^{o}C (максимум 44 ^{o}C) было достигнуто в солнечно-нагреваемых туалетах по сравнению со средним значением в 31 ^{o}C в DVUD, что на 1 градус выше температуры окружающей среды. В летних домиках в Швеции, например, безводные туалеты, которые подогреваются при помощи электричества - обычное явление.

Компостирование

Что касается отдельно собранного фекального материала, то компостирование является естественным процессом, который считается целесообразным вариантом для переработки. Однако трудно достичь термального компостирования со значительным уменьшением органического материала и термофильных температур в малых масштабах. Содержание влаги, вентилирование и соотношение C:N должно быть соответствующим для протекания процесса в сочетании с достаточной изоляцией и/или общим объёмом органического материала для того, чтобы было возможно повысить температуру. В рекомендациях ВОЗ описан процесс компостирования в массе органического материала длиной в 10-50 метров, высотой в 1,5-2 метра и шириной в 2-4 метра (ВОЗ, 1989 г.). Для компостирования фекалий необходимо добавление такого основного материала как древесные стружки/стружки древесной коры для вентиляции. Если при первом сборе были добавлены зола или известь, то для получения хорошего компоста необходимо добавление обоих энергетических

материалов, таких как кухонные отходы и кислотные материалы. Высушивание или щелочная обработка материала в таком случае не должны рассматриваться как процессы компостирования. Известно, что оптимальный уровень pH для роста бактерий и других компостных организмов находится в диапазоне от 6,0 до 8,0. С щелочными системами достигается уровень pH 9 и больше, и поэтому процесс компостирования затрудняется, хотя всё равно достигается цель снижения количества болезнетворных микроорганизмов. Однако при применении его в почву будет происходить дальнейшее распад органического материала.

Мелкомасштабное компостирование фекалий и смеси пищевых отходов (также включающих солому, как структурообразователь) может работать как эффективный процесс. В хорошо изолированных небольших компостных реакторах при контролируемых экспериментах была достигнута температура больше 65 ^{o}C с удовлетворительными границами безопасности патогенного уничтожения (Виннерас и др., 2003*b*). Компостирование одних только фекалий и соломы также привело к повышению температуры (50-55 ^{o}C на протяжении пары дней) при лабораторных тестах (Виннерас, 2002 г.).

На практике на бытовом уровне простое компостирование фекалий из мочеотводящих туалетов ставиться под сомнение. Только незначительное повышение температуры было зарегистрировано при некоторых испытаниях, вероятно, из-за недостаточной вентиляции и добавления золы, что привело к пониженному уровню биологического разложения и меньшим потерям тепла (Карлссон и Ларссон (Larsson), 2000 г.; Бжёрклунд (Björklund), 2002 г.).

Во время компостирования изменения уровня pH и высокая биологическая активность также влияют на процесс инактивации болезнетворных микроорганизмов, который тем более важен при мезофильных условиях. В исследовании, проведённом Холмквистом (Holmqvist) и Штенштрёмом, (2001 г.), бытовые отходы, смешанные с соломой, были компостированы и привели к температуре 29-30 ^{o}C и уровню pH, который варьировался от 4,5 до 8,6. Уровень фекальных индикаторов *E. coli* и *Enterococcus faecalis* быстро сократился с уменьшением в 6 и 5 $\log_{10}$ соответственно в период первых трех дней. Образец вируса был уменьшен до 3 $\log_{10}$, тогда как жизнеспособность яиц *Askaris* была понижена только с 91% до 70% за один месяц (Холмквист и Штенштрём, 2001 г.).

Мезофильные процессы, однако, инактивируют болезнетворные микроорганизмы в различной степени на протяжении недель и месяцев. Поэтому не рекомендуется полагаться на этот диапазон температур при обработке фекалий, если только мезофильные процессы не объединены с функциями других процессов или барьерами.

Многие туалеты называются «компостирующими туалетами», но в них не достигается достаточно хорошее функционирование процесса; здесь скорее происходит хранение и анаэробное разложение, высушивание или обработка щелочью. Пока не будет гарантировано хорошее техническое обслуживание в основном больших и хорошо изолированных компостируемых туалетов, в которые попадают фекалии и пищевые отходы от большого количества людей, ставится под сомнение сама возможность полагаться на компостируемые туалеты на бытовом уровне для достижения эффекта снижения количества болезнетворных микроорганизмов. Компостирование, таким образом, не рассматривается как первоочередный выбор для первичной обработки, но скорее как вторичная обработка фекалий на муниципальном уровне.

Компостирование фекалий

Термофильное компостирование – это биологически процесс, которые требует умелого подхода для его нормального функционирования. Наличие верного сочетания имеет важное значение для достижения температур достаточно высоких для достижения эффективной инактивации болезнетворных микроорганизмов. Компостирование лучше проводить в виде вторичной обработки в больших масштабах, и процесс должен быть изолирован и проконтролирован для обеспечения достижения термофильных температур (>50^{0}C) во всём материале. Компостирование в небольших масштабах при мезофильных температурах требует дальнейшей оценки.

Обработка щелочью

Добавление золы и извести

Для большинства болезнетворных микроорганизмов благоприятен нейтральный уровень pH, т.е. равный 7. Уровень pH равный 9 со временем сокращает количество болезнетворных микроорганизмов, но для быстрой инактивации желателен уровень равный 11-12 с добавлением извести при обработке (например, при очистке осадков сточных вод) (Буст (Boost) и Пун (Poon), 1998 г.). Добавление золы или извести в экскременты давно практикуется и имеет несколько преимуществ:

- уменьшает запах.
- покрывает материал, что в свою очередь уменьшает риск появления мух и улучшает эстетические условия.
- уменьшает содержание влаги.
- способствует гибели болезнетворных микроорганизмов путем повышения уровня pH.

Результаты исследования мочеотводящих туалетов во Вьетнаме показали, что возможно достигнуть полной гибели яиц *Askaris* и вирусов-индикаторов (уменьшение до 8 $\log_{10}$) в течение шести месяцев, если добавлять одну или две чашки золы после каждой дефекации. Средняя температура варьировалась от 31 до 37 ^{o}C (с абсолютным максимум в 40 ^{o}C), уровень pH в фекальном материале был равен 8.5-10.3, а содержание влаги было 24-55%. Инактивация была описана как комбинация факторов, но уровень pH для инактивации бактериофагов был статистически утверждён как достаточный единичный фактор (Карландер и Вестрелл, 1999 г.; Чин (Chien) и др., 2001 г.).

В китайском исследовании, проведённом Вангом (Wang) и др. (1999 г.), растительная зола смешивалась с фекалиями в соотношении 1:3, что в результате дало уровень pH 9-10. Сокращение количества до >7 $\log_{10}$ фагов и фекальных колиформ и 99%-ное снижение яиц *Askaris* было зарегистрировано после шести месяцев, несмотря на низкую температуру (от -10^{o} до 10 ^{o}C), что привело к частичной замораживанию материала. Угольная зола и структурообразователь почвы привели к более низкому или недостаточному уровеню понижения соответственно. Угольная зола дала начальный уровень pH равный 8.

Согласно Лану (Lan) и др., (2001 г.) уровень pH >8 в результате привёл к инактивации *Askaris* в течение 120 дней (никакой детальной информации о добавках не было дано).

В некоторых сельских общинах в Эль-Сальвадоре было оценено большое количество туалетов (двухсекциооных мочеотводящих туалетов и туалетов с одним отсеком и солнечным подогревом), исходя из физических и микробиологических свойств собранных фекалий (Мое и Ицуриета, 2003 г.). В домашних хозяйствах добавлялась известь (pH 10,5), зола (pH 9.4) или особая почва, смешанная с известью (pH 8.8), что привело к различным итоговым уровням pH. Многократные анализы регрессии уровня pH определили pH как наиболее значимый единичный фактор, определяющий уровень инактивации бактериальных индикаторов и колифагов, в то время как температура сильно предопределяла гибель *Askaris*. Уровень pH равный 9-11 способствовал большей скорости инактивации фекальных колиформ и *Askaris*, чем уровень pH равный <9. Удивительным результатом оказалось то, что даже при таких высоких уровням pH, фекальные колиформы были обнаружены снова через 500 дней, при выживании их малой фракции > 1000 дней в уборных с уровнем pH>11. Выживание *Askaris* было примерно равно 450 дням и 700 дням при уровнях pH >11 и от 9 до 11 соответственно (Таблица 8). Было также измерено наличие *Trichuris*, анкилостомы, клостридии (clostridia) и колифагов, и, за исключением анкилостомы, они были обнаружены в некоторых уборных со средним временем хранения равным практически году (306 дней).

По этой причине данные, полученные в выше перечисленных исследованиях, в некоторой степени противоречивы. Более низкий лимит уровня pH в сочетании со временем может попасть под влияние местных факторов и дизайна. В исследовании Мое и Ицуриеты (2003 г.), большинство двухсекционных туалетов (n=118) не имели солнечного подогрева, а 38 были с солнечным подогревом. В исследованиях говорится о жизнеспособности *Askaris* в 40% от общего числа двухсекционных туалетов без солнечного подогрева, в то время как ни в одном из 38 туалетов с солнечным подогревом не было зарегистрировано жизнеспособных яиц *Askaris*. Однако в общем ясно, что гибель болезнетворных микроорганизмов увеличивается при уровнях pH больше 8. Количество и качество необходимой золы может варьироваться и, скорее всего, необходимы дальнейшие исследования о подходящих объёмах, но в общей практике, по крайней мере, 1-2 чашки (приблизительно 200-500 мл) должны быть добавлены после каждой дефекации (достаточно золы/извести должно быть добавлено для покрытия материала). Щёлочность и итоговый уровень pH различных типов золы варьируется, что затрудняет предсказание инактивации болезнетворных микроорганизмов, основываясь только на ее объеме. В Китае были разработаны автоматические распылители золы, которые можно использовать также как и изобретенные распылители воды. При частом обильном и водянистом стуле (диарея) этого количества будет недостаточно для поддержания сухости туалета. Другие дополнения, такие как торф, почва или другие абсорбенты, могут быть необходимы *как дополнение к* золе или извести.

Таблица 8. Суммарные результаты, полученные от исследований, в которых фекалии были обработаны добавками, повышающими pH-уровень.

Место исследования	**Тип туалета**	**Добавка**	**Уровень pH, температура, влажность**	**Наиболее важные результаты - инактивация болезнетворных организмов и индикаторов**	**Ссылка**
Вьетнам (во время жаркого и сухого сезона)	12 уборных, по 2 каждого типа. Все мочеотводящие, большинство двухсекционных или с несколькими секциями	Зола от сгорания древесины и листьев. 200-700 мл за дефекацияю	pH: 8,5-10,3 температура: 31,1-37,2°C влажность: 24-55% (средние величины для каждой уборной)	**Контроль над гибелью болезнетворных микроорганизмов в целевых тестах:** T_{90} для бактериофага *Salmonella typhimurium* 28B менялся от 2,4 до 21 дня. pH - наиболее важный фактор гибели Жизнеспособность *Ascaris* 0-5% после 9 недель (кроме двух уборных). pH в сочетании с температурой влияет на гибель болезнетворных организмов	Карландер и Вестрелл, 1999 г.

Южная Африка (климат от жаркого до холодного)	Различные мочеотводящие туалеты	Деревянная стружка	pH: 8,6-9,4 влажность: 4-40%	**Организмы, присутствующие в материале:** После 10 месяцев: Все индикаторы присутствуют в больших количествах (10^2-10^6/г). *Salmonella* присутствует. Ещё через 12 месяцев: Присутствуют фекальные стрептококки ~$10^{4/}$g, присутствуют клостридии (clostridia) и колифаги, *Salmonella* отсутствует	Остин, 2001 г.
Южная Африка	2 мочеотводящих туалета	Деревянная стружка + перемешивание	pH: 8,4-8,6 влажность: 4-9%	**Организмы, присутствующие в материале:** После 2 месяцев: Все индикаторы, кроме колифагов, присутствуют (~10^2/ гр). *Salmonella* отсутствует	Остин, 2001 г.
Эль-Сальвадор	118 двухсекционных мочеотводящих уборных. 38 односекционных солнечных уборных.	Известь, зола или почва, смешанная с известью	pH: 6,2-13,0	**Организмы, присутствующие в материале:** Фекальные колиформы инактивировались 500 дней спустя. pH – наиболее важный фактор *Ascaris* инактивировались 450 дней спустя (pH >11), 700 дней (pH 9-11) спустя. Температура – сильнейший показатель инактивации.	Мое и Ицуриета, 2003 г.
Китай	2 уборных	Зола от растений, смешанная с фекалиями в соотношении 1:3	pH:9-10 температура: -10-10°C	**Контролируемый целевой тест и организмы, присутствующие в материале:** После 3 месяцев: снижение до >7 $\log_{10}$ *Salmonella typhimnurium* фаг 28B и фикальных колиформ. Жизнеспособность *Ascaris* - 1%	Ванг и др., 1999*
Китай		Никакой подробной информации не дано	pH >8	**Контролируемый целевой тест:** Инактивация *Ascaris* в течение 120 дней	Лан и др., 2001 г.

* Другие добавки, угольная зола, опилки и лёсс также были протестированы и привели к понижению уровня pH и понижению инактивации.

Добавление химикатов, поднимающих уровень pH, приведёт к нескольким положительным эффектам и потенциальной инактивации болезнетворных микроорганизмов. Условия, необходимые для полной гибели болезнетворных микроорганизмов, могут варьироваться в зависимости от локальных обстоятельств. В большом масштабе вторичная обработка собранного материала может выступать как дополнительный барьер обработки, что приведёт к более высокому уровню безопасности, когда материал используется в качестве удобрения. Добавки и дополнительное смешивание с богатыми энергией материалами могут повлиять на вторичное компостирование, а добавление кислотного материала должно быть обосновано. Древесную золу, согласно китайской практике, не рекомендуют добавлять как абсорбент для компостирования фекального материала, так как это приведёт к большим

потерям азота. Сжигание материала после щёлочной обработки также может быть затруднительным из-за низкого содержания энергии в материале (см. ниже). Эти аспекты должны быть исследованы более глубоко.

После щёлочной обработки получившееся удобрение будет иметь повышенный уровень pH (>8). Все это не рассматривается с гигиенической точки зрения и может быть полезно для многих почв, но может повлиять на производство культур в щелочных почвах.

Добавка золы или извести в фекалии

Рекомендуется добавка золы или извести при первичной обработке фекалий, так как это способствует инактивации болезнетворных микроорганизмов, уменьшает риск передачи заболеваний во время обращения с материалом и его вторичного использования. Это также снижает риск запаха и появления мух в туалете. Добавки могут повлиять на выбор вариантов вторичной обработки. Необходимо дальнейшее исследование, чтобы установить объёмы добавок, необходимых для достаточного понижения уровня болезнетворных микроорганизмов, и их влияния на вторичную обработку.

Добавление мочевины

Мочевина - это добавка, повышающая уровень pH, которая предусматривалась для широкомасштабной обработки фекалий на муниципальном уровне. Мочевина также дает добавочную ценность удобрению и инактивирует болезнетворные микроорганизмы с помощью повышенного уровня pH и высокой концентрации аммиака.

Добавление к фекалиям 3%-го азота мочевины приводит к уровню pH равному примерно 9,3, что при 20^{o} C соответствует 8000 мг/л свободного аммиака. При таких условиях после пяти дней не было замечено *E. coli* или *Salmonella*, уровень энтерококков (enterococci) был снижен до 2 $\log_{10}$ и жизнеспособность яиц *Ascaris* была 90% (Виннерас и др., 2003*a*). После 50 дней не было зарегистрировано никаких жизнеспособных болезнетворных микроорганизмов или индикаторов, кроме клостридии (clostridia) в форме споры. Так как аммиак, если его правильно хранить, остается в материале, то риск повторного роста патогенных бактерий в обработанном веществе должен быть минимальным.

Аммиак, вырабатываемый при высоких уровнях pH, может играть роль инактивирующего агента против вирусов (Песаро (Pesaro) и др., 1995 г.), а также было установлено его влияние на ооцисты *Cryptosporidium* (Дженкинс (Jenkins) и др., 1998 г.). Жизнеспособность яиц *Ascaris* была снижена в осадке сточных вод, обработанном аммиаком (Гиглетти (Ghigletti) и др., 1997 г.).

Химическая обработка фекалий

Химикаты могут быть добавлены в фекалии для уничтожения болезнетворных микроорганизмов. Такие типы обработки в основном рассматриваются как вариант для вторичных широкомасштабных систем, и желательно, чтобы с химикатами работал обученный персонал.

Сжигание

Сжигание фекалий снизит до минимума риск передачи заболеваний, в связи с конечным использованием золы так как, по существу, все болезнетворные микроорганизмы должны быть уничтожены. До сих пор системы, использующие сжигание, не были внедрены на плановом уровне. В

первичной обработке всё еще присутствует гигиенический риск, но в будущем могут быть разработаны системы со сжиганием, напрямую связанные с туалетом. В качестве альтернативы тот же положительный эффект будут иметь высокие температуры с микробиологической точки зрения. Зола является потенциальным удобрением с сохранением фосфора и калия, несмотря на то, что азот будет потерян.

Сжигание фекалий

Сжигание фекалий предоставит продукт удобрения, который не содержит болезнетворных микроорганизмов, и может обладать потенциалом во вторичных обработках, как в малом масштабе, так и в широком. Системы, использующие метод сжигания, до сих пор ещё не были правильно разработаны и оценены.

Выводы

Существует ряд вариантов для переработки фекалий. Сжигание является самым безопасным методом, во время которого погибают все болезнетворные микроорганизмы, но он ещё не использовался на практике. Азот будет потерян, но фосфор и калий сохраняться в оставшейся золе. Другие методы по уменьшению болезнетворных микроорганизмов полагаются на повышение уровня pH и температуры, или высушивание, или исключительно на время (окружающие условия). Современное количество практических оценочных исследований, также как и мониторинг этих факторов раздельно или в сочетании ограничены.

Все используемые и рекомендуемые в настоящее время методы обработки, кроме хранения, основаны либо на температуре, либо на уровне pH (для мочевины в сочетании с аммиаком). Другие факторы также влияют на выживание микробов, но их труднее проконтролировать или измерить. Биологическая конкуренция с природными почвенными бактериями будет эффективна после внесения материала в почву. Однако этот метод не рекомендуется использовать как первичный при процессе обработки в связи со сложностями, которые могут возникнуть в процессе репродуктивности бактерий. Наши человеческие чувства не показатель безопасности: хорошо пахнущий, похожий на гумус материал не обязательно должен быть безопасным удобрением. Поэтому рекомендации должны быть связаны с измеримыми параметрами и условиями, которые как установлено теорией и практикой, принесут ожидаемый результат.

Практические варианты зависят от размера системы, например на бытовом или муниципальном уровне. Что касается последнего, то здесь доступно больше технических вариантов. Как было установлено ВОЗ (1989 г.), применение обработки на индивидуальном уровне добавило трудностей, связанных с привычками людей и правилами эксплуатации, некоторые из которых были установлены давным-давно. Размер системы также определяет сочетание подходящих первичных и вторичных обработок и барьеров. Должны быть разработаны системы обращения с фекалиями и приспособлены к различным обработкам.

Рисунок 16. Домашний туалет с разделением урины и унитазом, предусматривающим сидение на корточках, в Китае.

ВОЗМОЖНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДИКАТОРА ОБРАБОТКИ

Стандартная аналитическая мера, т.е. организм-индикатор, для контроля «производства» безопасного удобрения была бы идеальной, но она не рассматривается как возможный вариант из-за различных ограничений. Поэтому более ценными могут быть детальные рекомендации по тому, как безопасно управлять санитарной системой, включая использование фекалий и урины. Существуют подходящие образцы, являющиеся наиболее стойкими микроорганизмами в группах бактерий, вирусов, паразитарных простейших организмов и гельминтов. Они могут быть использованы как устойчивый биологический индикатор загрязнения для утверждения различных вариантов обработки в контрольных экспериментах. Энтерококки, отобранные бактериофаги, ооцисты *Cryptosporidium* и яйца *Ascaris* могут выступать такими биологическими индикаторами загрязнения.

Что касается фекалий (или экскрементов, т.е. фекалий, смешанных с уриной), то в рекомендациях Эндельберга (Endelberg) (определённые в ВОЗ, 1989) ранее уделялось больше внимания яйцам нематоды и фекальным колифорам, даже если утверждается, что они не могут служить стандартами для проверки качества, они скорее могут служить для целей проектирования систем обработки. Проблемы по контролю качества включают расходы, недостаточную мощность местных лабораторий и нехватку рутинных методов для индикаторов или конкретных болезнетворных микроорганизмов, которые могли бы представить различные группы болезнетворных микроорганизмов. Теплоустойчивые (фекальные) колиформы всё ещё широко используются, хотя и было поставлено под сомнение то, насколько хорошо они представляют рассматриваемые болезнетворные микроорганизмы.

В урине, обычно используемый фекальный организм-индикатор *E. coli* неприменим из-за его быстрой инактивации, которая не имитирует гибель различных болезнетворных микроорганизмов. Энтерококки (фекальные стрептококки) с другой стороны размножаются в системе трубопроводов для урины и поэтому могут дать неправильные позитивные результаты в предсказании фекального загрязнения. У них наблюдалась более медленная редукция и поэтому их можно использовать как прогнозирующий фактор эффективности хранения. Однако ни один из этих двух индикаторов

неприменим для предсказания уровня фекального загрязнения в сопутствующем риске. Поиск конкретных болезнетворных микроорганизмов в урине требует больших временных и материальных затрат.
Вместо этого предполагаемое фекальное загрязнение может использоваться как прогнозирующий фактор для определения времени хранения и последующего периода между внесением удобрения в почву и сбором урожая.

Результаты мезофильного компостирования (Холмквист и Штенштрём, 2001) показали, что индикаторы *E. Coli* (эшерихия) и энтерококки не подходят для этого вида обработки, так как их инактивация проходила намного быстрее, чем у вирусов и яиц *Ascaris*. И хотя многие нормы для обработки осадка сточных вод и пищевых отходов основаны на таких индикаторах качества как *E. Coli* и *Salmonella*, мониторинг характеристик процесса (например, температуры) более существенен и принимается за основное руководство. Будучи использованными для целей мониторинга, эти два индикатора могут определять риск повторного роста болезнетворных микроорганизмов во время последующего обращения с материалами.

Рисунок 17. Приподнятый мочеразделительный туалет во Вьетнаме.

Практические рекомендации для использования экскрементов в сельском хозяйстве

УРИНА

Основные рекомендации по использованию урины следующие:

(1) непосредственное использование или после короткого времени хранения приемлемо на уровне частного домашнего хозяйства;

(2) для больших систем необходимо предусмотреть хранение (здесь должны быть соблюдены время и условия, перечисленные в таблице 6);

(3) по крайней мере, один месяц должен пройти между внесением удобрения и сбором урожая;

(4) дополнительные, более строгие рекомендации должны быть применены на локальном уровне, если ожидается частое фекальное перекрестное загрязнение. Рекомендации касательно времени хранения напрямую связаны с сельскохозяйственным использованием и выбором культуры (Таблица 6). Дополнительная практика для минимизации риска включают следующее:

- при использовании урины должны быть соблюдены предосторожности по обращению с потенциально инфекционным материалом. Эти предосторожности могут включать использование перчаток и тщательное мытье рук.

- урина должна применяться при использовании технологий внесения удобрений как можно ближе к земле для предотвращения распыления удобрения.

- урина должна вноситься в почву. На практике это можно сделать механически или последующим водным орошением.

Рекомендовано использовать метод внесения удобрения как можно ближе к земле для минимизации распыления удобрения. В больших масштабах это часто делается с использованием специального сельскохозяйственного оборудования, в то время как в меньших масштабах данный метод часто применяется вручную. Обращение с малыми объёмами часто безопасно, и урину желательно не разбавлять перед применением.

ФЕКАЛИИ

Сельскохозяйственная практика использования фекалий (и рекомендации) зависит от предшествующей обработки. Даже если обработка нацелена на то, чтобы исключить риск переноса болезнетворных микроорганизмов и её потенциал был доказан в лабораторных и/или полевых экспериментах, некоторые этапы в процессе могут происходить неправильно, что в результате не может гарантировать полную гигиеническую безопасность удобрения. Поэтому должны быть приняты дополнительные меры для последующей минимизации риска передачи заболеваний. Таким образом:

- оборудование используемое, например, для транспортировки необеззараженных фекалий не должно быть использовано для обработанных (обеззараженных) продуктов.

- при применении фекалий должны быть соблюдены предосторожности по обращению с потенциально инфицирующим материалом. Эти предосторожности должны включать персональную защиту и гигиену. Естественно необходимо мыть руки.

- фекалии должны быть внедрены в почву как можно скорее и не должны оставаться на поверхности.

- неправильно необеззараженные фекалии не должны быть использованы для овощей, фруктов или корнеплодов, которые будут употребляться в сыром виде, исключая плодовые деревья.

Сожжённые фекалии гигиенически безопасны. Последующее обращение с полученной золой не рассматривается в рамках данной суммарной рекомендации.

Внесение экскрементов в почву снизит до минимума их дальнейшее воздействие на человека или животного, кроме некоторых почвенных гельминтов и снизит риск попадания болезнетворных микроорганизмов в ближайшие воды. Промежуточный период между внесением удобрения и сбором урожая, предложенный выше для урины (Таблица 6), также рекомендован для фекалий. Это позволит ещё больше понизить уровень болезнетворных микроорганизмов благодаря окружающим факторам, таким как микробная активность, УФ-свет и высушивание, таким образом, добавляя дополнительный барьер против передачи заболеваний. Этот промежуточный период должен длиться хотя бы месяц.

Рисунок 18. Уборная с разделением урины и унитазом, предусматривающим сидение на корточках.

Альтернативное использование урины

Отвод урины обычно рекомендуется для практических целей, даже если урина и/или фекалии не будут использованы. Использование урины, концентрированной или разбавленной водой, лучший способ для утилизации растительных нутриентов. Если это не имеет практического смысла или противоречит культурным традициям, тогда используются альтернативные варианты. Добавление урины в компост (состоящий из пищевых отходов и/или фекалий) обычно положительно воздействует на процесс компостирования. Исследование в Таиланде показало, что урина способствует процессу компостирования (были включены только пищевые отходы) (Пинсем (Pinsem) и Виннерас, 2003 г.). Большая часть азоты будет потеряна, но фосфор и калий сохраняться. Гигиеническое качество компоста не снизится при добавлении урины, если компост содержит фекалии. Потенциал достижения более высокой температуры благодаря результирующему регулированию соотношения C:N будет способствовать гибели болезнетворных микроорганизмов.

Культивация растений при прямом соединении с туалетом является более выгодной альтернативой, чем впитывание урины в землю. Такой туалет был сооружён, например, в Индии с подземной инфильтрацией урины вместе с водой, использованной для личной гигиены (Кальверт (Calvert), 1999 г.). Фракция урины в подземных системах резорбции растений также может быть соединена с бытовыми сточными водами из кухонь, личных душевых и прачечных.

Альтернативные пути использования фекалий

Использование фекалий позволяет утилизировать дополнительные нутриенты в экскрементах, которых нет в урине. Они также действуют как почвоулучшитель. Сжигание фекалий в результате даёт золу, которая может быть использована как удобрение, которое может широко использоваться.

Анаэробное разложение является ещё одним вариантом применения фекалий, если недоступно прямое употребление. Для анаэробного разложения необходим влажный материал, этот процесс разложения иногда применяется, когда используется вода для смыва фекалий, но эта система не рассматривается в данных рекомендациях.

Материал от безводных туалетов также может быть смешан с животным навозом в биогазовых утилизационных котлах, где биогаз используется как энергия, а остаточная смесь фекалий и навоза используется на сельскохозяйственных полях. Данный метод широко используется в Китае и Индии. Полученные температуры весьма вероятно будут находиться в мезофильном диапазоне и оценки инактивации болезнетворных микроорганизмов будет не достаточно.

Посадка деревьев вблизи уборных с неглубокими ямами позволяет деревьям использовать часть нутриентов. Это практиковалось, например, в Зимбабве (Арбор Лу (Arbor Loo)) (Морган (Morgan), 1998). Фекалии также можно перенести в яму, которая была вырыта специально для этих целей, что однако повышает риск при обращении с ними. Когда нет риска инфильтрации фекалий в подземные воды или переполнения ямы и если с фекалиями правильно обращаться и покрывать другим материалом, то отпадает необходимость в хранении перед таким видом использования.

Если применение невозможно, необходимо безопасное избавление от фекалий. Их некогда нельзя оставлять открытыми на земле из-за прямого воздействия на людей и животных. Важно разработать безопасные системы обращения с фекалиями с минимальным риском воздействия на постоянных жителей и других людей на бытовом и муниципальном уровнях. Избавление на муниципальном уровне может включать транспортировку на завод по переработки нечистот, если таковой имеется в городе.

Аквакультура

Современные рекомендации EcoSanRes конкретно не рассматривали использование экскрементов в аквакультуре. Концепция экологического оздоровления в основном построена на использовании нутриентов в почве окружающей среды. Варианты обработки, возможно за исключением хранения, должны быть приспособлены к аквакультуре. Согласно ВОЗ, за несколько недель хранения экскрементов рассмотренные паразиты инактивируются и, чтобы достичь качества, рекомендованного для фекальных колиформ, рекомендуется разложение или компостирование (ВОЗ, 1989 г.). Кроме того, считается, что процесс воздействия тяжело контролировать, особенно, если в водоемах водятся рыба и моллюски, которые потребляются в сыром виде (ВОЗ, 1989) и если в этих водоемах купаются люди. В областях, где существует нехватка необходимых водных ресурсов, вода из водоемов также может быть использована для других целей. Люди, чья работа связана с водоемами, являются ещё одной группой риска, но необходимое защитное оборудование может быть дорогостоящим и недоступным. Поэтому использование или контролируемое сбрасывание фекалий в водную среду в настоящее время не рекомендуется. Новые рекомендации ВОЗ по безопасному использованию сточных вод и экскрементов в аквакультуре будут выпущены в 2005 году.

Определение дальнейших исследований – пробелы в знаниях

Согласно современным знаниям термофильные температуры рекомендуются для обработки различных органических отходов. Это достигается, например, через сжигание или компостирование

при соблюдении всех необходимых требований. Во многих существующих системах достигнуты только мезофильные (20-45°C) температуры и эти процессы необходимо переоценивать в дальнейшем.

Использование золы или извести принесёт некоторые положительные эффекты для пользователя туалетом, и для минимализации риска при обращении с продуктом. Однако, эти добавки изменят параметры материала и нуждаются в дальнейшей оценке во время вторичной переработки, такой как компостирование или сжигание.

Для широкомасштабных систем важны дополнительные исследования на предмет надлежащего обращения и использования систем, включающие систематическую оценку микробного риска и эпидемиологические контрольные исследования. Когда применяется вторичная переработка, необходимо рассматривать различные методы, включая повышение уровня pH известью и другими щелочными химикатами, включая урину. Что касается извести, то имеется накопленный опыт от широкомасштабной обработки сточных осадков, и в настоящее время ведутся лабораторные исследования по использованию фекалий.

Для будущих исследований, было бы ценно рассматривать гармонию методов обработки в различных местных условиях и использовать один и тот же тип аналитических методов, для того чтобы можно было сравнить результаты. Все методы должны быть оценены системным, аналитическим путём учитывая влияние окружающей среды.

Адаптация рекомендаций к местным условиям

Настоящие рекомендации необходимо разработать и приспособить к различной обстановке и местным условиям по всему миру. Необходимо разработать практические и технические рекомендации для местного применения или для целостных экологических санитарных систем для таких заинтересованных сторон как местные жители, санитарный персонал и фермеры. Необходимость в конкретных региональных рекомендациях и исследованиях с учетом различных условий должна быть рассмотрена там, где имеются такие факторы как климат, культура, техническая система и фермерский опыт. Для программы EcoSanRes это в частности будет относиться к опытным проектным площадям. Выбор структур системы должен быть основан на местных условиях, то есть пригодность санитарной системы должна быть оценена перед её применением. Это включает приспособление собирательной системы, первичной обработки, обращения и транспортировки, и вторичной обработки, а также системы использования. При использовании подхода системной оценки риска, выгода должна быть оценены с гигиенической точки зрения.

Климатические условия, такие как температура, влажность (включая дождь) и УФ-лучи (солнечный свет) повлияют на эффективность обработки урины и фекалий. Повышенная температура, пониженная влажность и повышенная УФ-радиация, как было установлено ранее, благотворно влияют на гибель болезнетворных микроорганизмов и тогда допустимы меньшие периоды обработки, чем предложенные в данных рекомендациях.

Культурные и религиозные традиции также могут повлиять на систему в целом, включая отношение к использованию экскрементных продуктов. Было предложено дифференцирование общества на фекальнофильные (положительно относящиеся к использованию) и фекальнофобные (отрицательно относящиеся к использованию) группы людей (Эсрей и др., 1998 г.). У первых может быть долгая традиция повторного использования фекалий, тогда как в фекальнофобных обществах экскременты могут быть связаны с табу, касающихся как обращения с фекалиями, так и разговоров о них. В некоторых областях, где фекалии ранее были использованы без надлежащей переработки, гигиеническая ситуация может быть улучшена, если будут использованы предложенные рекомендации. В областях, где это не практикуется, очень важно, чтобы обо всех рисках и выгодах было чётко сообщено, чтобы не допустить деградации санитарного состояния. Естественно,

необходимо одобрение пользователями, чтобы система хорошо функционировала. Информация и вовлечённость общества могут быть ключевыми факторами при рассмотрении поведенческих и управленческих аспектов использования туалетов, а также практики сбора и использования.

Использование материала для личной гигиены варьируется от области к области. Использование туалетной бумаги, а также листьев для гигиены может повлиять на структуру материала, облегчая вентилирование и приведя в итоге к лучшей структуре и возможностям деградации при компостировании, если рассматривается как вариант вторичной обработки. Если фекальный материал сжигается, то не возникает проблем с использованием бумаги или другого сухого органического материала, т.к. бумага способствует процессу сгорания. При щелочной обработке желательно класть туалетную бумагу в отдельную корзину, и обращаться с ней как с твёрдыми отходами или сжигать. В областях, где камни используются для личной гигиены (Эсрей и др., 1998), их необходимо собирать отдельно и не класть в безводные туалеты.

Личная гигиена с использованием воды после дефекации практикуется в большинстве мусульманских стран. Это приводит к дополнительной фракции, с которой надо справиться. Вода, использованная для личной гигиены, содержит фекальное вещество и не должна быть смешана с уриной. Допускается инфильтрация небольших объёмов воды в местную почву. Если климат сухой, то небольшие объёмы использованной воды вероятно можно добавить к фекалиям в компостируемые процессы. Ещё один вариант – смешивать эту воду со сточной водой из ванны, кухни и прачечной, если эта вода используется в подземных системах резорбции растений. В Индии был разработан двухсекционный туалет, в котором очистительная вода и урина стекают в приспособленную эвапотранспирационную грядку, в которой выращиваются растения (Эсрей и др., 1998 г.).

Также необходимо позаботиться о детских пелёнках. Разные случаи происходят в различных культурных слоях. Так как маленькие дети более подвержены кишечным инфекциям, то с их фекалиями необходимо обращаться осторожно. Открытая дефекация детей не допустима.

Во время менструации женщины используют тампоны, разовые санитарные салфетки или моющиеся тканевые лоскуты (тряпки). Салфетки можно, если они разлагаемы, бросить в секцию для сбора фекалий. В противном случае их необходимо собрать как твёрдые отходы. Менструальная кровь не влечёт риск передачи заболевания через экологические санитарные туалеты или использование экскрементов. Тем не менее, в некоторых странах могут быть табу на такие материалы. В таких случаях выделения женщин могут быть собраны отдельно и, например, сожжены. Это позволит в дальнейшем использование фекалий в данных культурах.

Заключительные рекомендации

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ САНИТАРНЫЕ ТУАЛЕТЫ – ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- Отвод урины рекомендован по нескольким причинам; одна из них – снижение риска передачи заболеваний
- Сбор фекалий обычно должен проводиться над землёй
- Сбор фекалий должен проходить в закрытом отделении без риска инфильтрации в сточные воды или в окружающую среду. Предпочитается сбор в две ямы.
- Урина должна быть собрана с минимальным риском фекального загрязнения. Писсуары - хорошее добавление к мочеотводящим туалетам.

- Солнечный подогрев устройств для сбора урины и фекалий может способствовать для инактивации болезнетворных микроорганизмов.

- Системы обращения и транспортировки должны по возможности минимально соприкасаться с фекальным материалом.

УРИНА – ОБРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

- Урина представляет низкий риск передачи заболеваний
- Не следует разбавлять урину
- Возможно фекальное загрязнение урины, вследствие этого в урине могут содержаться кишечные болезнетворные микроорганизмы. Технические сооружения должны быть построены так, чтобы снизить до минимума фекальное перекрестное загрязнение.
- На бытовом уровне урину можно использовать непосредственно.
- В широкомасштабных системах урину необходимо хранить в течение 1 месяца при температуре 20 градусов по Цельсию. Также промежуточный период равный одному месяцу должен быть соблюдён между внесением удобрения в почву и сбором урожая (Таблица 9).

Таблица 9. Предложенные альтернативные рекомендации по использованию урины, собранной с широкомасштабных систем (муниципальный уровень).

Обращение	**Критерий**	**Комментарии**
1) Хранение	Температура > 20°C на протяжении 1 месяца	Время следует увеличить при пониженных температурах, уровень pH должен быть >8,5
2) Дополнительный промежуточный период *	Время >1 месяца	

* Промежуточный период - это период, который проходит между внесением удобрения в почву и сбором урожая.

- Для овощей, фруктов и корнеплодов, которые употребляются в сыром виде, промежуточный период должен всегда длиться один месяц.
- В областях, в которым распространен *Schistosoma haematobium,* урину нельзя использовать рядом с источниками пресной воды.
- Урину необходимо применять близко к земле или желательно смешивать с чем-либо или же орошать землю водой после применения урины.

ФЕКАЛИИ – ОБРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

- Фекалии необходимо обрабатывать, прежде чем использовать как удобрение
- Необходимо дальнейшее улучшение методов обработки (предварительно должны быть рассмотрены рекомендации).
- Первичная обработка (в туалете) включает хранение и щелочную обработку при помощи добавления золы и извести.
- 1-2 чашки (200-500 мл; достаточно, чтобы покрыть свежие фекалии) щелочного материала необходимо добавлять после каждой дефекации

- В системах мелкого масштаба (бытовой уровень), фекалии могут быть использованы после первичной обработки, если соблюдены критерии в таблице 10.
- Методы обработки в таблице 10, наряду со сжиганием, можно использовать как вторичную обработку (материал удаляется из туалета и обрабатывается) на бытовом уровне.

Таблица 10. Предложенные альтернативные рекомендации для первичной и вторичной обработки сухих фекалий перед использованием на бытовом уровне. Без добавления нового материала.

Метод переработки	**Критерий**	**Комментарии**
Хранение (только обработка); окружающая температура 2-20^{0}C	1,5–2 года	Уничтожит большинство бактериальных болезнетворных микроорганизмов; повторный рост *E. coli* и *Salmonella* не рассматривается при повторном увлажнении; существенно понизит количество вирусов, простейших одноклеточных микроорганизмов и паразитов. Некоторые почвенные яйца могут выжить
Хранение (только обработка) окружающая температура 20-35^{0}C	>1 года	Как выше
Щелочная переработка (обработка)	уровень pH >9 на протяжении >6 месяцев	Если температура >35°C и влажность <25%, пониженный уровень pH и/или намоченный материал продлят время для абсолютного уничтожения болезнетворных микроорганизмов

- Вторичная обработка для больших систем (муниципальный уровень) включают щелочную обработку, компостирование или сжигание (Таблица 11).
- Щелочная обработка может быть осуществлена (в дальнейшем) добавлением золы, извести или урины.
- Уровень pH после щелочной обработки должен быть как минимум равен 9 и материал должен храниться при данном уровне pH от 6 месяцев до одного года (полного уничтожения болезнетворных микроорганизмов может не произойти, но будет достигнуто их значительное сокращение).
- Компостирование обычно рекомендуется как метод вторичной обработки при больших масштабах, так как это трудновыполнимый процесс. Должна быть достигнута температура >50°C и поддерживаться на протяжении хотя бы недели во всём материале.

Хранение в условиях внешней среды менее безопасно, но допостимо, если соблюдены вышеприведённые условия. Меньшие сроки хранения могут быть использованы для всех систем в очень сухом климате, где уровень влажности <20%. Высушивание на солнце или подвергание температурам большим 45^{o}C существенно снизит время. Повторное увлажнение может привести к росту *Salmonella* или *E. coli*.

- При обращении и применении фекалий необходимо использовать личные защитные средства.

- Дополнительно фекалии должны быть смешаны с почвой таким образом, чтобы они были хорошо прикрыты.

- Промежуточный период равный одному месяцу должен быть применён дополнительно, т.е. один месяц должен пройти между внесением удобрения и сбором урожая.

- Фекалии не должны использоваться для удобрения овощей, фруктов или корнеплодов, которые потребляются в сыром виде, исключая плодовые деревья.

Таблица 11. Альтернативные вторичные методы обработки фекалий для широкомасштабных систем (муниципальный уровень). Без добавления нового материала.

Метод переработки	**Критерий**	**Комментарии**
Щелочная переработка	уровень pH >9 на протяжении >6 месяцев	Гипотеза: Если температура >35°C или влажность <25%. Пониженный уровень pH и/или влажный материал продлят время абсолютного уничтожения
Компостирование	Температура >50°C на протяжении >1 недели	Минимальное требование. Требуется больше времени, если нельзя обеспечить надлежащую температуру
Сжигание	Полностью сожжены (<10% углерода в пепле)	
Хранение	КАК ВЫШЕ (ТАБЛИЦА 10).	Необходимо изменение времени в соответствии с местными условиями. В больших системах необходим более высокий уровень защиты, чем на бытовом уровне. Дополнительное хранение способствует безопасности

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

- Туалетная бумага может быть выброшена в секцию для сбора фекалий, если материал в дальнейшем будет компостирован или сожжён. В противном случае, его необходимо собирать отдельно.

- Вода, использованная для личной гигиены, не должна быть смешана с уриной.

- Растительные материалы, использованные в качестве материала для личной гигиены можно сбрасывать в секцию для сбора фекалий. Камни следует собирать отдельно.

- Содержимое детских пелёнок (т.е. детские фекалии) должно быть сброшено в секцию для сбора фекалий.

- Фекальное содержимое детского горшка должно быть сброшено в секцию для сбора фекалий.

- Другие материалы, такие как гигиенические салфетки должны сбрасываться в туалет, только если они разлагаемы - в противном случае они должны быть рассматриваться как твёрдые отходы.

- Может понадобиться дополнительное добавление абсорбирующего материала при частой диареи.

Литература

Arnbjerg-Nielsen, K., Hansen, N.J., Hansen, L., Kjølholt, J., Stuer-Lauridsen, F., Hasling, A.B., Stenström, T.A., Schönning, C., Westrell, T., Carlsen, A. and Halling-Sørensen, B. In press. *Risk assessment of partly composted faeces for use in private gardens.* (Risikovurdering af anvendelse af helt eller delvist opsamlet komposteret human fæces i private havebrug. (In Danish, English summary.)) Danish EPA report, Copenhagen, Denmark.

Asano, T., Leong, L.Y.C., Rigby, M.G. and Sakaji, R.H. 1992. 'Evaluation of the California wastewater reclamation criteria using enteric virus monitoring data.' *Water Science and Technology* **26**(7-8): 1513-1524.

Austin, A. 2001. 'Health aspects of ecological sanitation.' *Abstract Volume, First International Conference on Ecological Sanitation.* 5th-8th November, Nanning, China: 104-111.

Björklund, A. 2002. 'The potential of using thermal composting for disinfection of separately collected faeces in Cuarnevaca, Mexico.' *Minor Field Studies no. 200*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

Boost, M.V. and Poon, C.S. 1998. 'The effect of a modified method of lime-stabilization sewage treatment on enteric pathogens.' *Environment International* **24**(7): 783-788.

Calvert, P. 1999. 'Dry sanitation in Kerala, South India.' In: *Abstracts from the 9th Stockholm Water Symposium.* 9th-12th August, 1999, Stockholm, Sweden: 390-392.

Carlander, A. and Westrell, T. 1999. *A microbiological and sociological evaluation of urine-diverting, double-vault latrines in Cam Duc, Vietnam.* Report no. 91, International Office, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

CDC. 2003*a*. http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/leptospirosis_t.htm. Last reviewed March 7, 2003.

CDC. 2003*b*. http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/typhoidfever_g.htm. Last reviewed June 20, 2003.

CDC. 2003*c*. http://www.cdc.gov.

Chien, B.T., Phi, D.T., Chung, B.C., Stenström, T.A., Carlander, A., Westrell, T. and Winblad, U. 2001. 'Biological study on retention time of microorganisms in faecal material in urine-diverting eco-san latrines in Vietnam.' *Abstract Volume, First International Conference on Ecological Sanitation.* 5th-8th November, Nanning, China: 120-124.

Danish EPA. 1996. *Statutory order from the ministry of environment and energy no. 823 of September 16, 1996, on application of waste products for agricultural purposes.* Denmark.

EC. 2000. *Working document on sludge*. 3rd draft. European Communities, Brussels.

Esrey, S.A., Gough, J., Rapaport, D., Sawyer, R., Simpson-Hébert, M., Vargas, J. and Winblad, U. 1998. *Ecological Sanitation.* Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Sweden.

Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H. and Mara, D.D. 1983. *Sanitation and Disease -Health aspects of excreta and wastewater management.* John Wiley and Sons, Chichester, UK.

Franzén, H. and Skott, F. 1999. *A study of the use and functioning of urine-diverting dry toilets in Cuernevaca, Mexico – Virus survival, user attitudes and behaviours.* Report no. 85, International Office, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

Ghiglietti, R., Genchi, C., Di Matteo, L., Calcaterra, E. and Colombi, A. 1997. 'Survival of *Ascaris suum* eggs in ammonia-treated wastewater sludges.' *Bioresource Technology* **59**: 195-198.

Haug, R.T. 1993. *The practical handbook of compost engineering.* Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.

Jenkins, M.B., Bowman, D.D. and Ghiorse, W.C. 1998. 'Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts by ammonia.' *Applied and Environmental Microbiology* **64**(2): 784-788.

Jönsson, H., Vinnerås, B., Höglund, C., Stenström, T.A., Dalhammar, G. and Kirchmann, H. 2000. *Recycling source separated human urine.* (Källsorterad humanurin i kretslopp (In Swedish, English summary)). VA-Forsk Report 2000-1, VAV AB, Stockholm, Sweden.

Hamdy, E.I. 1970. 'Urine as an *Ascaris lumbricoides* ovicide.' *Journal of the Egyptian Medical Association* **53**: 261-264. In: Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H. and Mara, D.D. 1983. *Sanitation and Disease – Health aspects of excreta and wastewater management*. John Wiley and Sons, Chichester, UK.

Holmqvist, A. and Stenström, T.A. 2001. 'Survival of *Ascaris suum* ova, indicator bacteria and *Salmonella typhimurium* phage 28B in mesophilic composting of household waste.' *Abstract Volume, First International Conference on Ecological Sanitation.* 5th-8th November, Nanning, China: 99-103.

Höglund, C. 2001. *Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source separated human urine.* PhD thesis, Department of Biotechnology, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. ISBN 91-7283-039-5.
Available at: http://www.lib.kth.se/Sammanfattningar/hoglund010223.pdf

Höglund, C., Stenström, T. A. and Ashbolt, N. 2002. 'Microbial risk assessment of source-separated urine used in agriculture.' *Waste Management Research* **20**(3): 150-161.

Karlsson, J. and Larsson, M. 2000. *Composting of latrine products in Addis Ababa, Ethiopia.* Minor Field Studies No. 32, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.

Kowal, N.E. 1985. 'Health effects of land application of municipal sludge.'Pub. No.: EPA/600/1-85/015. Research Triangle Park, NC: US EPA Health Effects Research Laboratory. In: EPA. 1999. *Environmental regulations and technology – Control of*

pathogens and vector attraction in sewage sludge. EPA/625/R-92-013, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, USA.

Lan, Y., Xueming, L., Qinhua, W., Hongbo, X., Caiyun, N. and Lianghong, N. 2001. 'Observation of the inactivation effect on eggs of *Ascaris ssum* in urine diverting toilets.' *Abstract Volume, First International Conference on Ecological Sanitation.* 5th-8th November, Nanning, China:125.

Matsui, S. 1997. 'Nightsoil collection and treatment in Japan.' In: Drangert, J.-O., Bew, J. and Winblad, U. (eds) *Ecological Alternatives in Sanitation, Proceedings from Sida Sanitation Workshop, 6th-9th August, Balingsholm, Sweden.* Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Sweden: 65-72.

Moe, C. and Izurieta, R. 2003. 'Longitudinal study of double vault urine diverting toilets and solar toilets in El Salvador.' *Proceedings from the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation.* Lübeck, Germany, 7thth April 2003.

Morgan, P. 1999. *Ecological sanitation in Zimbabwe - A compilation of manuals and experiences.* Conlon Printers, Harare, Zimbabwe.

Olsson, A. 1995. *Source separated human urine – occurrence and survival of faecal microorganisms and chemical composition.* (Källsorterad humanurin - förekomst och överlevnad av fekala mikroorganismer samt kemisk sammansättning (In Swedish, English summary)). Report 208, Department of Agricultural Engineering, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

Ottosson, J. 2003. *Hygiene aspects of greywater and greywater reuse.* Licentiate thesis, Department of Land and Water Resources Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Pesaro, F., Sorg, I. and Metzler, A. 1995. '*In situ* inactivation of animal viruses and a coliphage in nonaerated liquid and semiliquid animal wastes.' *Applied and Environmental Microbiology* **61**(1): 92-97.

Petterson, S.R., Ashbolt, N.J. and Sharma, A. 1999. 'Microbial risks from wastewater irrigation of salad crops: Are risks dictated by rare virus events?'*Proceedings from the 4th International Conference, Managing the Wastewater Resource – Ecological Engineering for Wastewater Treatment.* June 7th-11th, 1999, Ås, Norway.

Pinsem, W. and Vinnerås, B. 2003. 'Composting with human urine: Plant fertilizer approach.'*Proceedings from the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation.* Lübeck, Germany, 7th-11th April 2003.

Porter, A. 1938. 'The larval Trematoda found in certain South African Mollusca with special reference to schistosomiasis (bilharziasis).' *Publications of the South African Institute for Medical Research* **8**: 1-492. In: Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H. and Mara, D.D. 1983. *Sanitation and Disease – Health aspects of excreta and wastewater management.* John Wiley and Sons, Chichester, UK.

Schönning, C., Leeming, R. and Stenström, T.A. 2002. 'Faecal contamination of source-separated human urine based on the content of faecal sterols.' *Water Research* **36** (8): 1965-1972.

Schönning, C., Westrell, T., Stenström, T.A., Arnbjerg-Nielsen, K., Hasling, A.B., Hansen, L. and Carlsen, A. *Microbial risk assessment of local handling and reuse of human faeces.* Manuscript.

SMI. 2003. http://www.smittskyddsinstitutet.se

Snowdon, J.A., Cliver, D.O. and Converse, J.C. 1989. 'Land disposal of mixed human and animal wastes: Areview.' *Waste Management and Research* **7**: 121-134.

Sondén, K. 1889. The wastewater of Stockholm and its influence on the water courses around the city. Appendix to the annual report of the health authorities of Stockholm city 1888. (Stockholms afloppsvatten och dess inflytande på vattendragen kring staden. Bihang till Stockholms stads helsovårdsnämds årsberättelse 1888 (In Swedish)). K. L. Beckman, Stockholm, Sweden.

Strauss, M. and Blumenthal, U.J. 1990. *Human waste in agriculture and aquaculture: utilization practises and health perspectives.* IRCWD, Dübendorf, Switzerland.

Svensson, L. 2000. Diagnosis of foodborne viral infections in patients. *International Journal of Food Microbiology* **59**(1-2): 117-126.

Swedish EPA. 2002. *Action plan for recycling of phosphorous and sludge.* (Aktionsplan för bra slam och fosfor i kretslopp (In Swedish, English summary)). NV report 5214, Stockholm, Sweden.

Tauxe, R.V. and Cohen, M.L. 1995. 'Epidemiology of diarrheal diseases in developed countries.' In: Blaser, M.J., Smith, P.D., Ravdin, J.I. and Greenberg, H.B. (eds) *Infections of the gastrointestinal tract.* Raven Press, Ltd., New York, NY, USA: 37-51.

Vinnerås, B. 2002. *Possibilities for sustainable nutrient recycling by faecal separation combined with urine diversion.* PhD-thesis, Agraria 353, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

Vinnerås B., Holmqvist A., Bagge E., Albihn A. and Jönsson H. 2003*a*. 'The potential for disinfection of separated faecal matter by urea and by peracetic acid for hygienic nutrient recycling.' *Bioresource Technology* **89**: 155161.

Vinnerås B., Björklund A. and Jönsson H. 2003*b*. 'Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method – laboratory-scale and pilot-scale studies.' *Bioresource Technology* **88**: 47-54.

Wang, J.Q. 1999. 'Reduction of microorganisms in dry sanitation due to different adsorbents under low temperature conditions.' *Abstracts from the 9th Stockholm Water Symposium, 9th-12th August.* Stockholm, Sweden: 396-398.

WHO. 1989. *Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture.* World Health Organization, Geneva, Switzerland.

WHO. 2003. http://www.who.int/ctd/schisto/epidemio.htm. Last reviewed June 30, 2003.

Yates, M.V. and Gerba, C.P. 1998. 'Microbial considerations in wastewater reclamation and reuse.' In: Asano, T. (ed.) *Wastewater reclamation and reuse.* Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, PA, USA: 437-488.

EcoSanRes - это международная программа исследований и развития спонсируемая Sida (Шведское Международное Агентство Развития и сотрудничества). Она включает обширную работу с партнерами, имеющими знания/опыт в различных аспектах экологической устойчивости от охраны окружающей среды и гигиены до технических аспектов и повторного использования ресурсов. Эти партнеры представляют университеты, НПО и консультантов, они вовлечены в исследования, подготовительную работу и осуществление проектов в Азии, Африке и Латинской Америке.
Организационный центром работы является Стокгольмский Институт Окружающей Среды (SEI), который формально является владельцем контракта с Sida. EcoSanRes стала влиятельной международной структурой в области экологии, которая к тому же сотрудничает с другими двусторонними и многосторонними организациями такими как ВОЗ, ЮНИСЕФ, ПРООН, ЮНЕП, GTZ, WASTE, IWA (Международное соглашение по пшенице), WSP и др.

Программа EcoSanRes состоит из трех главных компонентов:

- Продвижение вперед
- Наращивание потенциала
- Внедрение

Продвижение вперед осуществляется через подготовительную работу по установлению связей и распространению знаний посредством организации семинаров, конференций, дискуссионных групп в Интернете и публикаций

Наращивание потенциала осуществляется посредством тренинговых курсов по экологическим проблемам, проведением обучения и выпуском руководств, охватывающих дизайн экологических туалетов, переработку бытовых сточных вод, аспекты архитектуры, повторное использование ресурсов в сельском хозяйстве, справочники по здравоохранению, методику планирования и др.

Внедрение переносит теорию в практику с экологическими санитарными пилотными проектами в разных частях мира. Потому что наиболее важным фактором для успешного внедрения экосанитарной системы является адаптация к местным условиям. EcoSanRes предоставляет логическую основу для перспективных пилотных проектов и настаивает на том, чтобы проекты отвечали строгим критериям, перед тем как принять их

EcoSanRes в настоящее время осуществляет три главных пригородных пилотных проекта в Китае, Южной Америке и Мексике. Дополнительно делаются аналогичные разработки проектов в Боливии и Индии.

Для получения дополнительной информации о партнерских организациях и программах, пожалуйста, проконсультируйтесь на сайте

www.ecosanres.org