

**Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия  
Центральной Азии (МКВК)**

**Канадское агентство международного развития (СІДА)**

**Университет МакГилл**

**Центр Брейса по управлению водными ресурсами**

# **Устойчивое управление подземными водами: концепции и инструменты**

Публикации Тренингового центра МКВК.  
Выпуск 7

Ташкент 2004

Дорогие читатели!

Предлагаемая вашему вниманию брошюра является седьмой в серии публикаций, издаваемых Тренинговым центром МКВК.

Брошюра содержит перевод:

WORLD BANK GROUP.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP ASSOCIATE PROGRAM

Sustainable Groundwater Management: Concepts and Tools.

GW-MATE Briefing Note Series.

Editors: Stephen Foster & Karin Kemper/

Она рассчитана на слушателей Тренингового центра МКВК, специалистов-практиков водного хозяйства, студентов высших учебных заведений соответствующего профиля.

Составитель **А.М.Шапиро**

Предыдущие выпуски

№ 1 Экологические попуски, 2003

№ 2 Всемирный Водный Совет, 2004

№ 3 Совершенствование управления водными ресурсами в США, 2004

№ 4 Международная комиссия по ирригации и дренажу, 2004

№ 5 Экологическое управление: Мировой опыт, 2004

№ 6 Кое-что о воде Канады, 2004

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....</b>	<b>4</b>
<b>ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КЛЮЧЕВЫЕ КОНЦЕПЦИИ И ЧАСТЫЕ НЕДОРАЗУМЕНЕНИЯ.....</b>	<b>11</b>
<b>СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ: ГРАНИ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПОДХОДА .....</b>	<b>18</b>
<b>КАК МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПРИРОДНУЮ ЕМКОСТЬ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ?.....</b>	<b>22</b>
<b>ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО И НОРМАТИВЫ ПО ПОДЗЕМНЫМ ВОДАМ: ОТ ОБЫЧНЫХ ПРАВИЛ ДО ИНТЕГРИРОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ВОДОСБОРА .....</b>	<b>25</b>
<b>ПРАВО НА ОТБОР ПОДЗЕМНЫХ ВОД: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ.....</b>	<b>32</b>
<b>УЧАСТИЕ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В УПРАВЛЕНИИ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ: МОБИЛИЗАЦИЯ И ПОДДЕРЖКА ОРГАНИЗАЦИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ВОДОНОСНЫМИ ГОРИЗОНТАМИ .....</b>	<b>38</b>
<b>ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТИМУЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ .....</b>	<b>44</b>
<b>ОХРАНА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРАТЕГИИ И УСТАНОВЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТОВ.....</b>	<b>53</b>
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД: СОЦИАЛЬНО-УСТОЙЧИВЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ РЕСУРСАМИ.....</b>	<b>60</b>
<b>ГОРОДСКИЕ СТОКИ КАК ИСТОЧНИК ВОСПОЛНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД: ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ И ВЫГОДАМИ .....</b>	<b>66</b>

## УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Альберт Туинхоф (Albert Tuinhof), Шарль Дюма (Charles Dumas), Стефен Фостер (Stephen Foster), Карин Кемпер (Karin Kemper), Гектор Кардуньо (Hector Carduno), Марселла Нанни (Marsella Nanni)

### Чем подземные воды отличаются от поверхностных?

Подземные воды отличаются от поверхностных физической и химической средой их местонахождения, хотя сама вода является частью того же общего цикла (табл. 1).

Поверхностные воды текут быстро в небольших водотоках, питая крупные реки водосборного бассейна. Водосбор каждого речного бассейна определяется топографией местности и не изменяется во времени.

Подземные воды медленно движутся через водоносные горизонты (проницаемые слои) от области питания к области разгрузки (определяемых геологическим строением) обычно со скоростью от 1 м/год до сотен м/день. Между восполнением и разгрузкой подземных вод могут пройти десятки, сотни и даже тысячи лет. Медленное движение и долгое время пребывания под землей ввиду огромной емкости водоносного горизонта являются главными отличительными чертами системы подземных вод (табл. 2).

Таблица 1

Подземные и поверхностные воды, рассматриваемые как объединенный ресурс

<p>Дождевая вода, попадая на земную поверхность, совершает длительное путешествие, в течение которого окружающая среда и физические условия (жидкость, пар, твердое тело) могут измениться несколько раз. Интересно проследить путь двух отдельных капель воды.</p>	
<p><b>Дождевая капля 1</b> фильтруется в почву, достигает уровня грунтовых вод и становится <b>подземной водой</b>. После 10 лет пребывания под землей она извлекается из скважины и используется для питьевых нужд, а затем в качестве муниципальных стоков сбрасывается в реку, становясь <b>поверхностной водой</b>, и снова питает водоносный горизонт, просачиваясь в грунт. Затем эта капля присоединяется к потоку подземных вод в водоносном горизонте трещиноватых известняков, а через два года разгружается в море.</p>	<p><b>Дождевая капля 2</b> попадает прямо в озеро на возвышенности, становясь поверхностной водой. Через 5 дней она опять испаряется в атмосферу и снова выпадает в виде дождя, но в этот раз, попав на проницаемый грунт, фильтруясь в который она становится <b>подземной водой</b>. Она движется по рыхлому песчаному пласту в течение 100 лет и, наконец, выклинивается в виде родника в понижении местности. Таким образом, она опять становится поверхностной водой, частью водотока или реки, которая в течение 2 последующих дней впадает в море.</p>
<p>Из моря обе капли через столетия испарятся, чтобы начать заново новый цикл.</p>	

Таблица 2

Сравнительные характеристики подземных и поверхностных водных ресурсов

Характеристика	Ресурсы подземных вод и водоносные горизонты	Ресурсы поверхностных вод и водохранилища
<i>Гидрологические характеристики</i>		
Объем	Очень большой	Малый до умеренного
Площадь распространения ресурсов	Сравнительно неограниченная	Ограничена размером водного тела
Скорость потока	Очень низкая	Умеренная до высокой
Время нахождения в среде	Десятилетия/столетия	Недели/месяцы
Склонность к засухе	Обычно низкая	Обычно высокая
Потери на испарение	Низкие и локализованные	Высокие для водохранилищ
Оценка ресурсов	Высокая стоимость и существенная неопределенность	Низкая стоимость и меньшая неопределенность
Воздействие отбора	Запоздалое и рассеянное	Немедленное
Естественное качество	Обычно высокое	Изменчивое
Уязвимость загрязнению	Изменчивая природная защита	Обычно не защищенная
Устойчивость загрязнения	Часто крайняя	Обычно преходящая
<i>Социально-экономические факторы</i>		
Общественное восприятие	Мифическое, непредсказуемое	Эстетическое, предсказуемое
Стоимость развития	Обычно умеренная	Часто высокая
Риск развития	Часто меньше ожидаемого	Часто выше ожидаемого
Стиль развития	Смешанный частный и общественный	Большой частью общественный

Границы потока подземных вод (в пространстве и на глубину) обычно трудно определить и они могут изменяться во времени. Подземные воды формируют «невидимую часть» гидрологического цикла, что может привести к противоречиям между водопользователями. Часто лица, принимающие решения по водным ресурсам (подобно большинству водопользователей), имеют незначительные познания в гидрогеологии и, следовательно, ограниченное понимание процессов, вызываемых откачкой подземных вод. Часто имеют место как нерациональное недопотребление подземных водных ресурсов (в сравнении с поверхностными водами), так и излишняя эксплуатация

### **Что является основной проблемой в управлении подземными водами?**

Управление подземными водными ресурсами должно сбалансировать эксплуатацию комплексных ресурсов (в отношении количества, качества и взаимодействия с поверхностными водами) при растущем спросе на воду и землю (что может угрожать наличию и качеству ресурсов). Эти заметки касаются только количественной стороны ресурсов и лишь вскользь касаются охраны качества подземных вод.

Потребность в управлении подземными водами не возникает до тех пор, пока не уменьшится расход скважин или не ухудшится качество воды, что повлияет на какую-либо группу водопользователей. Если меры не принимаются, возникает «по-

рочный круг» (рис. 1) и ущерб ресурсам (с понижением уровня, иногда с интрузией соленых вод или просадкой почвы).

Для преобразования этого «порочного круга» в «действенный» (рис. 2) важно признать, что управление подземными водами сродни управлению людьми (водо- и землепользователями). Другими словами, что социально-экономический аспект (управление спросом) также важен, как и гидрогеологический (управление ресурсами) и часто требуется объединение обоих аспектов.



Рис.1. Развитие водных ресурсов на основе спроса, приводящее к порочному кругу



Рис.2. Интегрированное управление ресурсами подземных вод, ведущее к успеху

Ключевыми проблемами *управления ресурсами подземных вод* являются следующие:

- системы водоносных горизонтов и их специфическая восприимчивость к негативным воздействиям при откачке воды;
- взаимодействие между подземными и поверхностными водами (эффект откачки на сток реки и некоторые ветланды) и снижение эффекта восполнения (благодаря преобразованию поверхностных вод).

Все эти эффекты могут быть кратковременными и обратимыми или долгосрочными и почти необратимыми. Оперативный мониторинг является очень важным инструментом для развития понимания, необходимого для эффективного управления водными ресурсами.

С точки зрения управления спросом на подземные воды, важно иметь в виду следующее:

- цели социального развития оказывают сильное влияние на водопользование, в особенности, когда речь идет об орошаемой земледелии и производстве продовольствия. Поэтому управление может быть эффективным лишь при межотраслевой координации;
- регулирование (такое как водные права или разрешения) и экономические инструменты (тарифы и права на продажу воды) становятся более эффективными, если они не только отражены в законе, но и реализуются при широкой поддержке водопользователей;
- положения о регулировании не должны выходить за рамки того, что правительство может реализовать, а водопользователь может соблюдать.

Другие основные принципы следующие:

- как гидрогеологические, так и социально-экономические условия зависят от особенностей местности, следовательно, не может быть готового рецепта для управления подземными водами;
- развитие эффективного и устойчивого подхода к управлению всегда будет требовать вовлечения основных пользователей;
- принятие мер по управлению часто требует создания организационного потенциала как среди управленцев, так и среди водопользователей.

### **Как следует осуществлять интегрированное управление подземными водными ресурсами?**

В большинстве ситуаций управление подземными водами требует сохранения баланса между затратами и прибылью от действий по управлению, принимая во внимание возможную деградацию гидрогеологической системы и интересы водопользователей, включая экосистемы и другие зависимые системы в нижнем течении;

С практической точки зрения необходимо регулирование в контексте нормального развития подземных вод, для чего удобно выделить несколько уровней (табл. 3). Однако следует отметить, что *превентивные подходы к управлению более экономичны, чем реактивные.*

Условия избыточной и неустойчивой эксплуатации (ЗА- нестабильное развитие), которые встречаются достаточно часто, также включены в рис. 3. Для этого случая объем откачки (и количество скважин) резко уменьшается ввиду деградации системы.

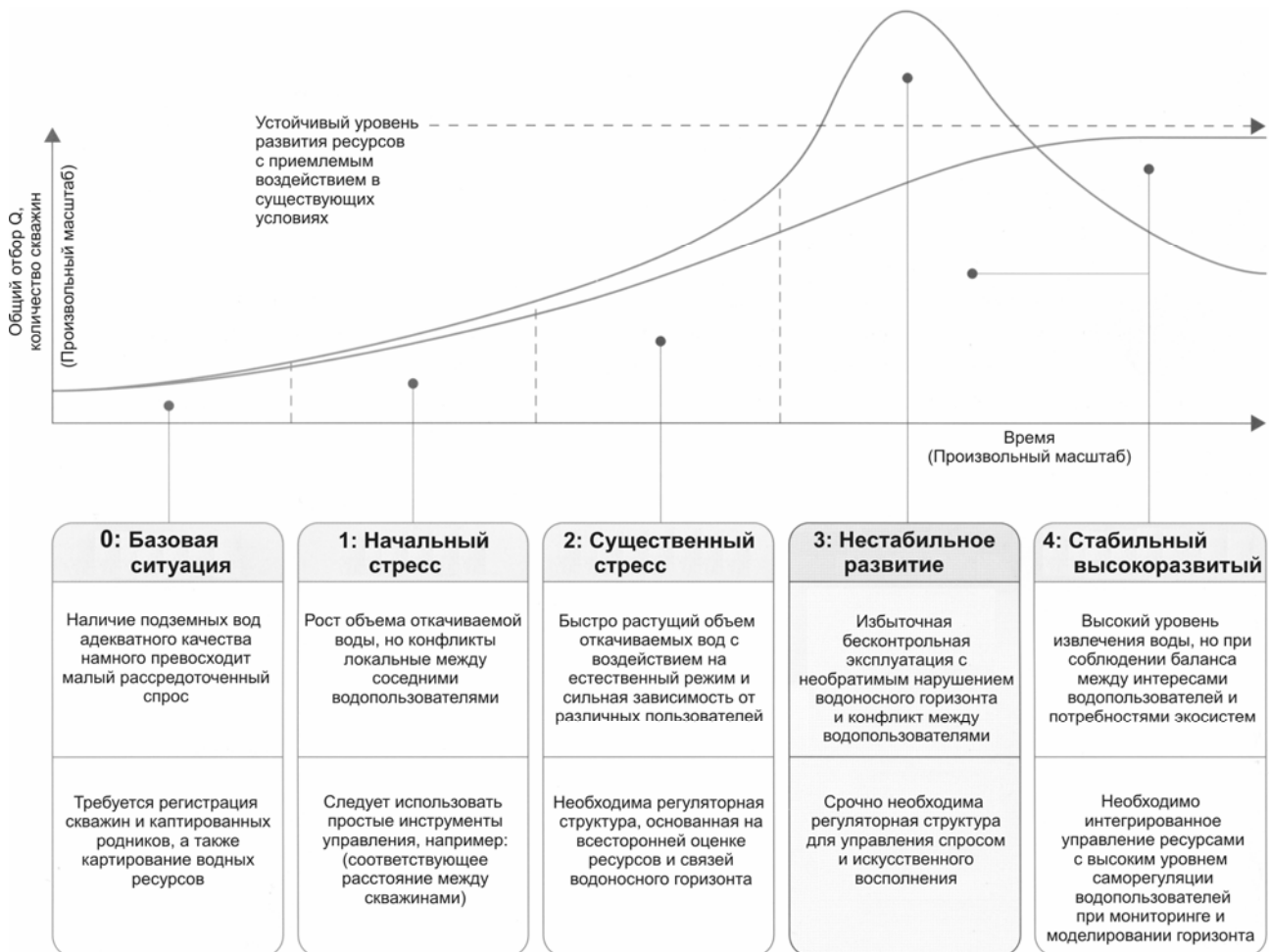


Рис.3. Стадии развития ресурсов подземных вод в основном водоносном горизонте и их соответствующие потребности управления



Таблица 3

Уровни управления подземными водами, инструменты и вмешательства, необходимые для данной стадии развития ресурсов

Инструменты управления	Уровень развития соответствующего инструмента (в соответствии со стадией стресса на рис.3)			
	0	1	2	3
<b>Технические инструменты</b>				
Оценка ресурсов	Базовые знания о водоносном горизонте	Концептуальная модель на основе полевых данных	Численная модель(-и) для имитации различных сценариев откачки	Модели, связанные с поддержкой решений и используемые для планирования и управления
Оценка качества	Ограничения по качеству	Изменчивость качества – проблема вододелиния	Поняты процессы изменения качества воды	Качество включено в планы вододелиния
Мониторинг в.г.	Нерегулярный мониторинг	Мониторинг проекта, случайный обмен данными	Основан мониторинг	Программа мониторинга используется для принятия решений в сфере управления
<b>Организационные инструменты</b>				
Права на воду	Обычные права на воду	Местное толкование прав (по прецеденту)	Признание, что общественные изменения преобладают над традиционными правами	Динамические права, основанные на планах управления
Водное законодательство	отсутствует	Подготовка и обсуждение	Правовое оформление прав пользователей подземных вод	Полная правовая структура управления водоносным горизонтом
Участие пользователей	Слабое взаимодействие между пользователями и регулирующими органами	Слабое участие и развитие организаций водопользователей	Сотрудничество организаций пользователей и ответственность за управление в.г.	Пользователи и регулирующие органы делят ответственность за управление
Информирование и обучение	Подземные воды рассматриваются как неограниченный и бесплатный ресурс	Конечный ресурс (компания за водосбережение и охрану)	Экономический товар и часть интегрированной системы	Эффективное взаимодействие и связь между пользователями
Экономические инструменты	Внешние эконом. влияния (эксплуатация широко субсидируется)	Только символическая плата за воду	Признание экономической цены воды	Соответствующая ценовая политика и возросшая возможность перераспределения
<b>Управленческие действия</b>				
Предотвращение побочных эффектов	Неосведомленность о побочных эффектах	Признание побочных эффектов	Превентивные меры	Механизм баланса между использованием и реальным ресурсом
Распределение ресурса	Лимитированные ограничения на вододелиние	Конкуренция между пользователями	Приоритеты водопользования	Равноправное вододелиние
Контроль загрязнения	Слабый контроль за исп. Земель и размещением отходов	Районирование земель для целей контроля	Контроль над новыми точечными источниками загрязнения	Контроль над всеми источниками загрязнения

Концепция растущей потребности в интегрированном управлении ресурсами подземных вод иллюстрируется в табл. 3, где управление разбивается на серии взаимосвязанных аспектов и показателей уровня реакции для каждого уровня развития ресурса. Следует заметить, что подход к управлению подземными водами малых водоносных горизонтов не превосходит уровень 1 в табл. 3.

Структура, представленная в табл. 3, может быть использована в качестве диагностического инструмента для данного уровня развития ресурса. Создается диагностический профиль, который можно сравнивать с реальным уровнем развития ресурса. Он также может быть использован для информирования водопользователей.

## ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КЛЮЧЕВЫЕ КОНЦЕПЦИИ И ЧАСТЫЕ НЕДОРАЗУМЕНИЯ

Стефен Фостер (Stephen Foster), Альберт Тинхоф (Albert Tuinhof), Карин Кемпер (Karin Kemper), Гектор Гардуньо (Hector Garduno), Марселла Нанни (Marcella Nanni)

### Как водоносные горизонты отличаются друг от друга?

Водоносный горизонт - это геологическая формация, способная обеспечивать полезные запасы подземных вод для скважин и родников. Все водоносные горизонты имеют два фундаментальных свойства: емкость для аккумуляции подземных вод и пропускную способность для движения подземных вод. Различные геологические формации отличаются по степени проявления этих свойств (рис. 1) и их площадь может изменяться пропорционально геологической структуре от нескольких км<sup>2</sup> до нескольких тысяч км<sup>2</sup>.

Наиболее существенные элементы гидрогеологической разнородности (рис.1):

- большие колебания аккумуляющей способности водоносных горизонтов между неуплотненными зернистыми отложениями и сильно уплотненными раздробленными породами;
- большие колебания в водонасыщенной мощности водоносного горизонта между различными литологическими видами, что ведет к широкому диапазону фильтрационного потенциала (пропускаемости).

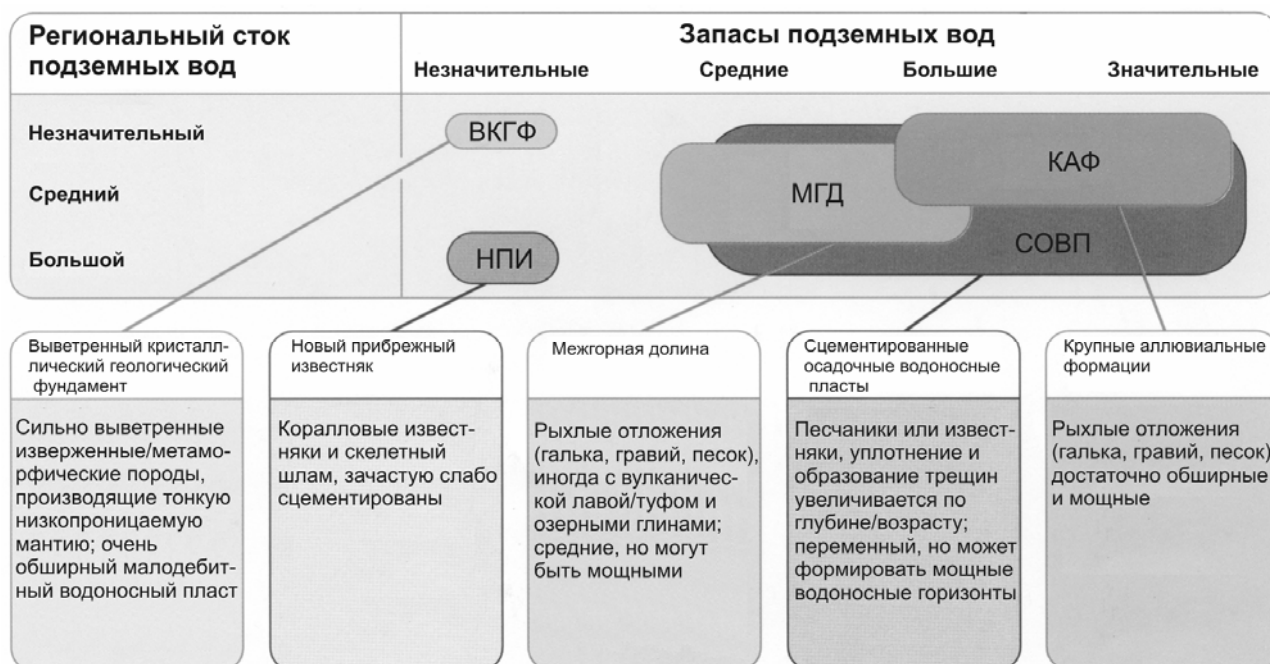


Рис. 1. Обзор основных свойств наиболее чаще встречающихся видов водоносных горизонтов

## Движение подземных вод

Большие запасы воды во многих системах подземных вод (намного больше, чем в крупнейших искусственных водохранилищах) являются наиболее отличительной характеристикой этих систем. Вследствие этого, большая часть подземных вод непрерывно медленно движется (рис. 2) от областей естественной подпитки водоносного горизонта (излишней для нужд растений частью осадков) к областям разгрузки водоносного горизонта (в виде родников и выклинивания в водотоки, ветланды и прибрежные зоны).

*Миф - «подземные воды обычно текут в виде подземных рек, т.е. сплошным потоком»*

*Реальность - это является исключением, связанным с некоторыми известняками и другими породами с пустотами выщелачивания, и поток обычно возникает в мириадах взаимосвязанных пор или трещин.*

Запасы воды в водоносном горизонте преобразуют сильно переменчивые режимы естественной подпитки в более стабильные режимы естественной разгрузки. Время перехода подземных вод из одного режима в другой обычно занимает десятилетия или столетия (рис. 2) и иногда даже тысячелетия, причем имеются большие запасы так называемых «ископаемых подземных вод» (след прошлых эпизодов другого климата).

Если водоносные горизонты залегают ниже гораздо меньше проницаемого слоя, их подземные воды становятся ограниченными (в различной степени) вышележащими слоями. Это приводит к соответствующей степени изоляции от непосредственно вышележащей поверхности земли, но не от системы подземных вод в целом. Снижение уровня воды, вызванное откачкой из ограниченной секции горизонта, зачастую быстро распространяется на неограниченную секцию. В различных гидрогеологических условиях неглубокие неограниченные и глубокие ограниченные слои горизонта могут накладываться один на другой (рис. 2), причем, в зависимости от локальных условий, между этими слоями происходит нисходящее и восходящее движение воды.

*Миф - «при бурении более глубоких скважин можно забирать новые ресурсы подземных вод»*

*Реальность - можно прийти до более глубоких формаций пресных вод, но их изъятие скорее приводит к индуцированному просачиванию из вышележащих горизонтов, чем к перехвату основного потока подземных вод на глубине*

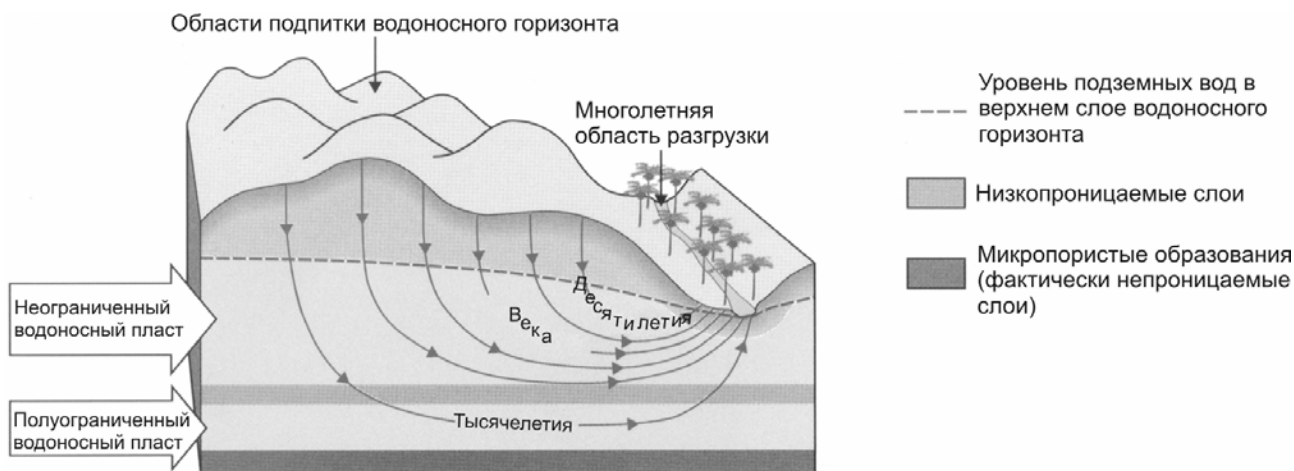


Рис.2. Типичный режим движения подземных вод и время удерживания воды в крупных водоносных горизонтах в полуаридных климатических условиях

### Связь между подземными и поверхностными водами

Выявление связи между поверхностными водами и нижележащим водоносным горизонтом является важным элементом характеристики системы подземных вод. Необходимо проводить различие между:

- водотоками и реками, от которых зависит водоносный горизонт как важного источника всей его подпитки;
- реками, которые в свою очередь сильно зависят от разгрузки водоносного горизонта для поддержания их стока в засушливый период.

Три наиболее распространенные зависимости представлены на рис. 3, хотя следует отметить, что в некоторых случаях реки могут сезонно колебаться между двумя из изображенных условий.

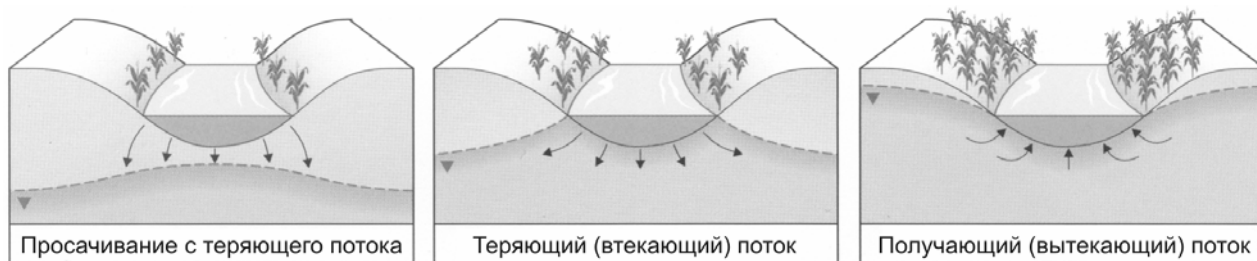


Рис. 3. Спектр возможных связей между поверхностными водотоками и подстилающими системами подземных вод

### Важность оценки восполнения водоносного горизонта

Современная скорость подпитки водоносного горизонта представляет собой важный аспект при рассмотрении устойчивости освоения ресурсов подземных вод. Более того, понимание механизмов и их связи с землепользованием существенно для интегрированного управления водными ресурсами.

Однако оценка естественной подпитки имеет существенные методологические трудности, для ее выполнения не хватает данных и в результате бывает неточной вследствие:

- большой временной и пространственной изменчивости осадков и поверхностного стока;

- распространенной латеральной изменчивости почвенных профилей и гидро-геологических условий.

Тем не менее, для практических целей достаточно выполнить приблизительные оценки и в последующем уточнить их посредством мониторинга и анализа реакции горизонта на изъятие воды в течение среднего периода времени.

*Миф* - «средняя скорость пополнения водоносного горизонта постоянна»

*Реальность* - этот общепринятый принцип может быть неверным и привести к внушающему опасение «двойному учету ресурса» в более аридных регионах - скорости подпитки изменяются с забором или регулированием речного стока, изменениями в орошении поверхностными водами, изменениями в природной растительности или видах культур в зоне подпитки, уменьшением утечки из городских сетей водоснабжения и просачиванием сбросных вод, понижением зеркала подземных вод и т.д.

Можно сделать ряд общих замечаний о процессах пополнения водоносных горизонтов:

- области с растущей засушливостью будут иметь гораздо меньшую скорость подпитки и частоту нисходящих потоков к зеркалу подземных вод, причем непосредственная подпитка за счет осадков будет постепенно становиться менее существенной, чем косвенная подпитка через поверхностный сток и случайная искусственная подпитка в результате человеческой деятельности;
- оценки прямой подпитки от осадков почти всегда более достоверны, чем оценки косвенной подпитки за счет поверхностного стока.

### **Определение допустимого забора вода из водоносного горизонта**

Весь подземный сток должен где-то разгружаться и изъятие воды будет сокращать объемы разгрузки. Но источник откачиваемых подземных вод может быть комплексным (рис. 4). Так называемый допустимый забор воды четко ограничен текущей долгосрочной средней скоростью подпитки, но в нем также следует учесть:

- субъективные оценки о значимости поддержания некоторого объема (по крайней мере, части) естественной разгрузки из системы водоносного горизонта;
- безвозвратное потребление и переброска воды из водосбора в противоположность локальному возвратному потреблению, которое приводит к образованию стока.

*Миф* - «средняя скорость подпитки водоносного горизонта может быть принята в качестве допустимого забора из него»

*Реальность* – это «скорее устойчивая фантазия» не учитывает необходимость поддержания разгрузки водоносного горизонта или уровня воды в интересах других водопользователей, водных/наземных экосистем и/или предотвращения интрузии соленых вод и выражение «допустимый забор воды» зачастую интерпретируется слишком упрощенно.

Тем не менее, необходимо определить максимально допустимые нормы изъятия воды и тем самым при оценке ресурса следует проводить различие между:

- разгрузкой в системы пресных вод, необходимой для поддержания водоснабжения в нижнем течении или речных экосистем;
- разгрузкой через природную растительность, включая разгрузку, поддерживающую экологически и/или экономически ценные ветланды пресных вод и солончатые лагуны;
- разгрузкой в засоленные области, включая прибрежные воды, соленые озера и резервуары и учитывать те части разгрузки, которые необходимо сохранять.



Рис.4. Схематическое действие изъятия воды на баланс ресурсов подземных вод

### Когда идет речь о «чрезмерной эксплуатации» водоносного горизонта?

Термин «чрезмерная эксплуатация водоносного горизонта» является экспрессивным выражением, которое не поддается точному научному определению. Но этот термин водникам не следует упускать полностью из внимания, так как он четко зафиксирован на государственном и политическом уровне. Некоторые определяют, что горизонт можно рассматривать как чрезмерно эксплуатируемый, когда уровни подземных вод имеют тенденцию «непрерывного продолжительного» спада.

**Миф** - «снижение уровня подземных вод всегда означает, что горизонт переэксплуатируется».

**Реальность** - все разработки подземных вод ведут к снижению уровня воды и этот процесс может занять некоторый промежуток времени до того, как будет достигнут новый баланс в крупных водоносных горизонтах с низким соотношением между пропускаемостью и накоплением - в некоторых случаях это может быть ошибочным для непрерывно снижающихся уровней подземных вод.

Другие используют этот термин для обозначения, что долговременная средняя скорость пополнения меньше, чем забор воды. Даже это определение не реально из-за:

- проблемы указания того, за какой период времени и на какой площади следует оценивать баланс подземных вод, особенно в более аридных климатах, где

основная подпитка происходит один раз в десятилетия, и эффекты откачки воды могут также распределяться неравномерно;

- общей неопределенности о механизмах и скоростях пополнения водоносного горизонта в результате сложности гидрогеологических условий и недостатка данных натурных наблюдений;
- того факта, что большие временные колебания могут быть у элементов подпитки горизонта, например, связанные с понижением зеркала подземных вод, долговременными климатическими трендами и деятельностью человека.

На практике, когда говорим о переэксплуатации водоносного горизонта, мы гораздо больше обеспокоены последствиями интенсивного забора подземных вод (рис. 4), чем их абсолютным уровнем. Таким образом, наиболее подходящим определением, вероятно, будет экономическое: «общая стоимость отрицательного воздействия эксплуатации подземных вод превышает чистую выгоду от использования подземных вод», но это воздействие в равной степени трудно предсказать и оценить.

В этой связи важно отметить, что некоторые из этих последствий могут возникнуть гораздо раньше до того, как норма изъятия воды превысит долговременную среднюю подпитку. Таким образом, способ интерпретации рассматриваемой ситуации будет зависеть от вида системы водоносного горизонта - т.е. от объема пригодного к эксплуатации запаса воды и восприимчивости к необратимым побочным явлениям во время краткосрочного интенсивного использования подземных вод.

Наиболее критическим потенциальным последствием интенсивной разработки водоносного горизонта (рис. 5) является минерализация подземных вод. Это отразится негативно как на обеспечении питьевой водой, так и на использовании оросительной воды в сельском хозяйстве. Тем не менее, важно определить причину минерализации подземных вод, так как она может быть вызвана различными механизмами (рис. 6), и лишь некоторые из них связаны с откачкой воды из горизонта.

ОБРАТИМОЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВО	НЕОБРАТИМАЯ ДЕГРАДАЦИЯ	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• повышение объема/затрат откачки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• стресс фреатофитов (как диких, так и сельскохозяйственных)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• интрузия минерализованных вод</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• сокращение дебита скважин</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уплотнение горизонта и снижение проницаемости</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• поступление загрязненных вод (от верховодки или реки)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• уменьшение расхода родников/базисного стока</li> </ul>	оседание земли и сопутствующие эффекты	

Рис. 5. Последствия чрезмерного забора подземных вод



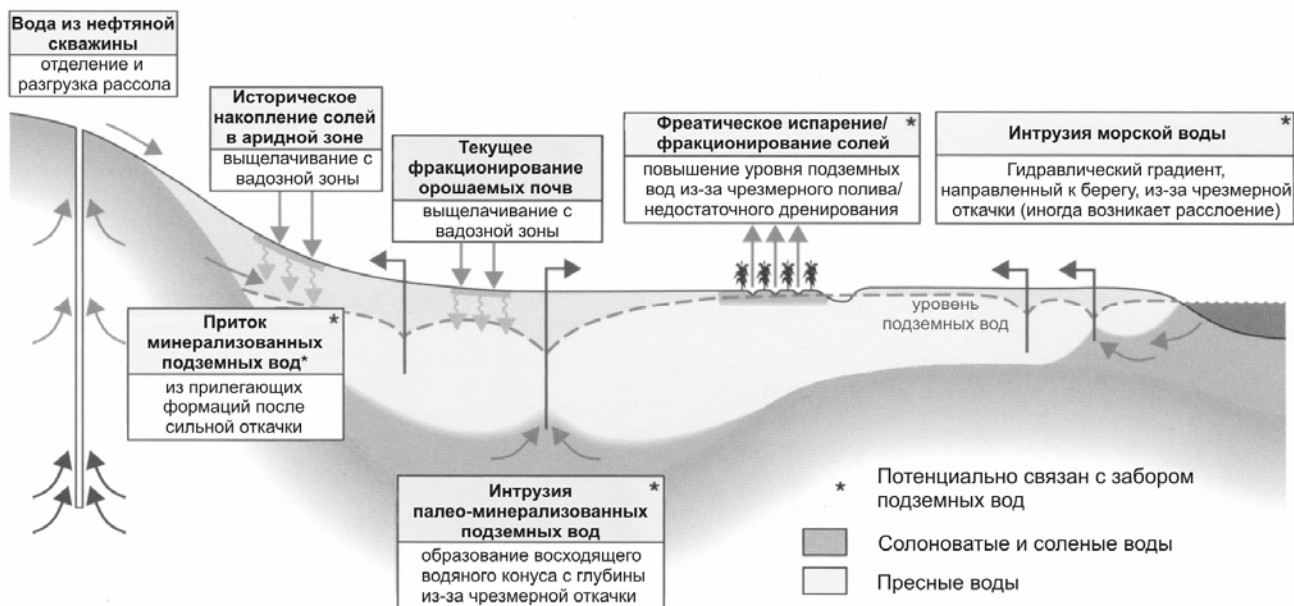


Рис.6. Возможные источники минерализации подземных вод и механизмы засоления водоносного горизонта

Подземные воды не являются жестко невозобновляемым ресурсом, также как они не являются и повсеместно полностью возобновляемым во временном интервале текущего развития. Таким образом, имеются некоторые обстоятельства, когда можно рассматривать эксплуатацию невозобновляемых ресурсов подземных вод (разработка резервов подземных вод) и она требует систематической оценки.

## СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ: ГРАНИ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПОДХОДА

Стивен Фостер (Stephen Foster), Гектор Гардуньо (Hector Garduno), Керин Кемпер (Karin Kemper), Альберт Туинхоф (Albert Tuinhof), Марчелла Нанни (Marcella Nanni)

### Какие подходы необходимы для стабилизации сильно истощенных водоносных горизонтов?

В этой статье дается объяснение технических стратегий противостояния ситуациям чрезмерной и нестабильной эксплуатации подземных вод. В данном случае полезно следующее подразделение сценариев управления ресурсами (табл. 1):

- изменения в области управления с приоритетом спроса;
- технические меры с приоритетом предложения.

Хотя управление подземными водами проводится на уровне местного водоносного пласта, **национальные продовольственная и энергетическая стратегии** могут оказать основное влияние на поведение потребителей подземных вод и, таким образом, на нагрузку в результате развития водных ресурсов и напряженности в области управления. Вероятно, важнейшими среди них являются дотации на электричество в сельской местности, бурение скважин, установку насосов, цены на зерно и молоко. В общих чертах эти дотации необходимо постоянно пересматривать и анализировать постановку новых целей дохода, вовлеченного в водосберегательную технологию и/или помощь только самым нуждающимся членам общества.

Всегда важно затронуть проблему ограничения спроса на добычу подземной воды (табл. 1), поскольку это обычно помогает достичь баланса подземных вод, а в более засушливых и плотно населенных зонах это всегда будет необходимо в течение более продолжительного периода. В этой связи **концепция реальных водосбережений** является решающей – эти сэкономленные запасы включают только сокращения в испарении (т.е. потребительском пользовании) и в потере на засоленные водные объекты, но не те сокращения, которые могут произвести загрузку водоносного горизонта. Например, в городских районах реальное водосбережение может быть выполнено посредством сокращения утечки из водопроводных магистралей и фильтрации сточных вод, но только там, где они образуют сброс в солоноватые водные объекты или создают проблемы с дренажом.

Дополнительные местные меры с приоритетом спроса (табл. 1), такие как **сбор дождевой воды, увеличение восполнения водоносного горизонта** (с избыточным поверхностным стоком) и **повторное использование городских сточных вод** должны постоянно поощряться, особенно там, где для этого существуют благоприятные условия.

МИФ - переброска вод и другие меры с приоритетом предложения являются предпосылкой восстановления интенсивно используемых водоносных горизонтов

РЕАЛЬНОСТЬ - управление, сконцентрированное на спросе, чаще вносит решающий вклад и в любом случае в целом важно в долгосрочной перспективе

Таблица 1

Действия с приоритетом спроса и приоритетом предложения в области управления подземными водами

УРОВЕНЬ ДЕЙСТВИЯ	ИЗМЕНЕНИЯ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ С ПРИОРИТЕТОМ СПРОСА	ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРЫ С ПРИОРИТЕТОМ ПРЕДЛОЖЕНИЯ
<b>Орошаемое земледелие</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Реальное водосбережение, частично достигаемое благодаря:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- низконапорным водопроводам;</li> <li>- содействию в изменении культур и/или сокращении орошаемой площади;</li> <li>- агрономическое водосбережение</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• местные технологии сбора дождевой воды;</li> <li>• необходимые структуры увеличения восполнения (либо перехват местного поверхностного стока, либо иногда переброска местных поверхностных вод)</li> </ul>
<b>Главные городские центры</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Реальное водосбережение, иногда достигаемое благодаря:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- утечке из магистральных водопроводов и/или сокращению водопользователей;</li> <li>- сокращению нерационального потребления (полив садов, мойка машин)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• водооборот и повторное использование городских сточных вод (в т.ч. контролируемое и/или случайное восполнение водоносного горизонта как благодаря санитарии на местах, так и канализационным трубопроводам)</li> </ul>

### Можно ли сократить использование подземных вод на орошаемое сельское хозяйство?

Эта тема подразумевает первостепенную важность, учитывая, что в большинстве регионов сельское хозяйство является доминирующим потребителем подземных вод. Кроме того, избыточное орошение часто образует важный компонент восполнения водоносного горизонта (рис. 1), и ресурс, в свою очередь, доступен обычно другим пользователям или в качестве базисного стока в нижнем течении рек. Отсюда следует, что увеличивающаяся эффективность орошения представляет «экономия энергии» (так как требуется меньше откачки насосами), но не обязательно представляет «экономия водных ресурсов» (так как вода все равно возвращается в водоносный пласт).

В некоторых случаях улучшения в эффективности использования воды на орошение, повышая продуктивность водопользования и доходы фермера, приводит к нарушению баланса подземных вод в результате:

- замены повышенного испарения/эвапотранспирации на уровне поля (в дождевании) на крупные возвратные стоки (во время полива затоплением);
- осуществления расширения орошаемой командной площади и площади реально возделываемой (благодаря потенциалу напорного водоснабжения);
- облегчения внедрения ценных культур, что позволяет фермерам углубить колодцы и качать подземную воду из крупных гидравлических сооружений.

Только те изменения в орошении и производстве культур, которые сокращают «**нерентабельную эвапотранспирацию**» или «**нерентабельные сбросы в соленые водоемы**» действительно представляют собой «реальное водосбережение» (хотя по этим статьям не легко определить точное количество). Следовательно, пер-

востепенной целью управления спросом в сельском хозяйстве для сбережения подземных вод должно стать сокращение (а) испарения в системе распределения оросительной воды, (б) испарение почвы между грядками, (в) эвапотранспирация самой культуры, неэффективная в производстве урожая, (г) прямая фреатическая эвапотранспирация сорной растительности и (д) прямое испарение во время дождевания.

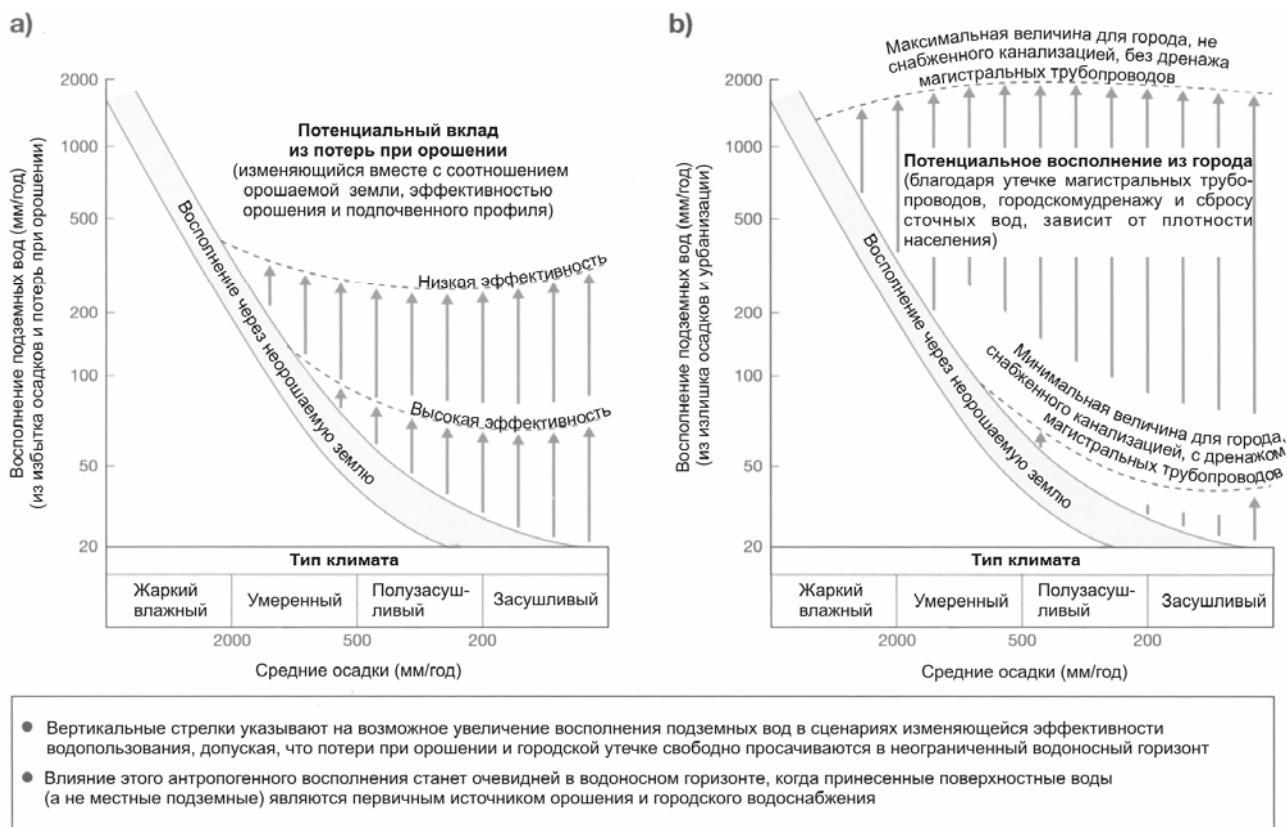


Рис. 1. Типичное воздействие на темпы восполнения подземных вод: а) орошаемого сельского хозяйства; и б) городской водной инфраструктуры

Существует значительный диапазон этих видов водосбережения в сельском хозяйстве посредством:

- **технических мер:** распределение оросительной воды через низконапорные трубы (вместо земляных каналов) и полив оросительной водой с помощью технологии капельного орошения и микро-дождевания;
- **административных мер:** улучшить планирование использования оросительной воды и управление почвенной влагой;
- **агронимических мер:** глубокая вспашка, мульчирование с помощью соломы и пластика, а также использование усовершенствованных рассады/семян и засухоустойчивых веществ.

Если необходимы большие объемы водосбережения, тогда стоит уделить внимание изменениям типа культуры и в землепользовании (например, посредством разведения высокоценных культур в парниках или возвращая соотношение площади к производству засухоустойчивых культур на земле). Даже более радикальный вариант может наложить запрет на производство определенных типов орошаемых культур в критических зонах подземных вод.

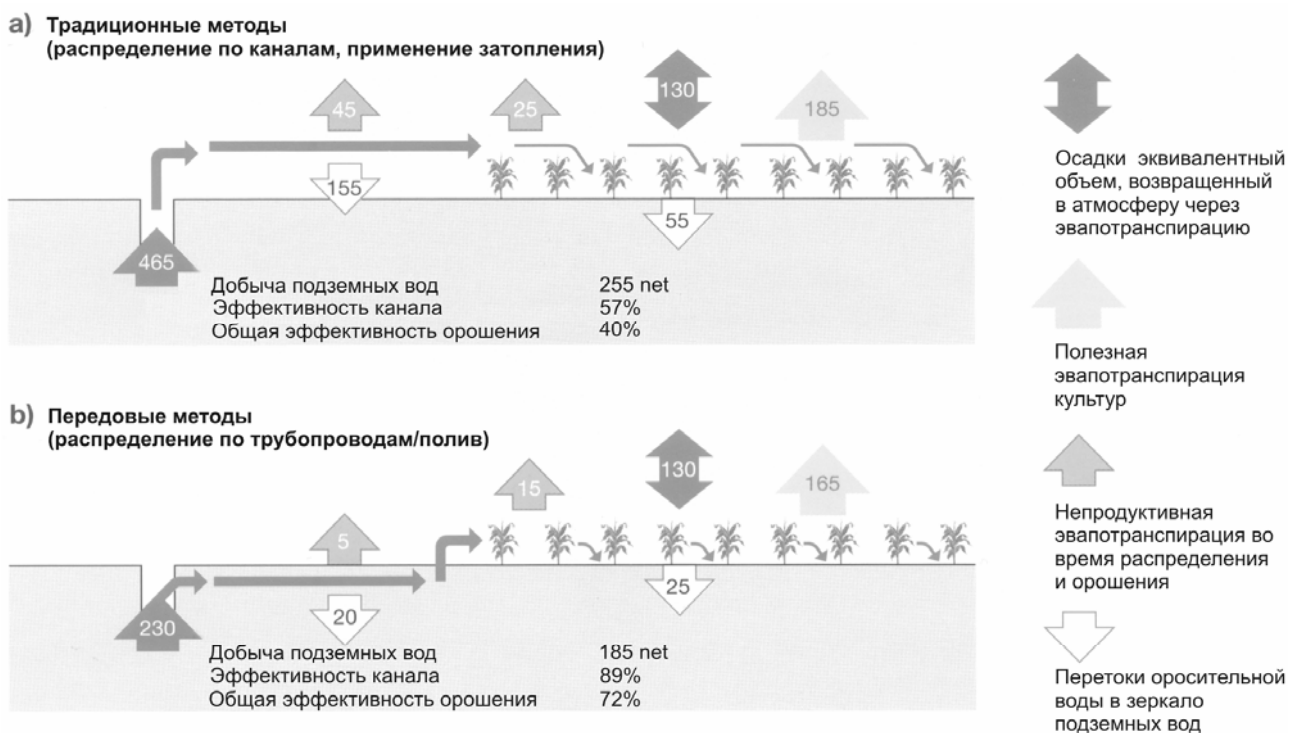
Успех сельскохозяйственных водосберегательных мероприятий по сохранению уровней воды в водоносном горизонте напрямую зависит от этих сбережений, кото-

рые отражаются на постоянном урезании в правах на извлечение из скважины и сокращении объемов фактической откачки. Важно то, что сэкономленные объемы воды не используются для расширения орошаемой площади или увеличения водопользования в других отраслях. Это потребует гибкой системы прав на добычу подземной воды и четких стимулов для водопользователей, чтобы действовать в интересах коллектива в целях сохранения ресурса.

**МИФ** - повышение «эффективности использования оросительной воды» неизбежно ведет к «экономии подземных вод»

**РЕАЛЬНОСТЬ** - на практике часто происходит обратное: в результате больших сокращений возвратного стока орошения увеличенное испарение на поле и расширение орошаемой площади.

На границе города с сельской местностью можно лучше всего способствовать перераспределению ресурса для более продуктивного коммерческого и промышленного использования, если соответствующие муниципальные власти профинансируют улучшения в сельскохозяйственном орошении (получая реальную экономию воды) в оплату за права на добычу части сэкономленного объема подземной воды. Однако следует отметить, что позиция будет совершенно иной, если поверхностные воды являются первичным источником орошения и/или когда зеркало подземных вод залегает недалеко от поверхности, так как в подобных случаях основной заботой становится дренаж, чтобы снизить заболачивание и засоление почвы.



- Валовая добыча подземной воды сокращена на 235 (465-230) (представляя собой экономию энергии насоса 51%) часто неверно утверждают, что это также экономия воды, но на деле необходимо учитывать перетоки оросительной воды в подземные воды, а реальным водосбережением является сокращение чистого объема извлекаемой подземной воды 70 (255-185) или 27%
- Представленные данные взяты из сравнительного наблюдаемого полевого исследования Северной Китайской равнины единицы являются эквивалентом мм на 65 га орошаемой площади озимой пшеницы в ходе культивации в засушливый период

Рис. 2. Усовершенствованные технологии сельскохозяйственного орошения, ведущие к реальному водосбережению

## Как можно использовать природную емкость водоносных горизонтов?

Во многих отношениях обширная емкость систем подземных вод – чья величина существенно изменяется благодаря геологическому строению – самое ценное имущество. Эта емкость включает не только подземные воды, уже накопленные в системах водоносного горизонта, но также потенциал объема их пор (и эластичной емкости), чтобы получить увеличенное восполнение (частично исходящего из откачки воды насосами) (табл. 2).

Важно, что подземные водные ресурсы должным образом учитываются в национальном стратегическом планировании. Решение политического вопроса, «какие услуги больше всего требуются от подземных вод» важно, чтобы поставить задачи для действий местного руководства, но этот вопрос часто остается без внимания. С одной стороны, важные компоненты ценности подземных вод (такие как затраты на откачку, персональная доступность, устойчивые пресноводные ветланды и объем стока в сухую погоду) зависят от глубины уровня подземных вод, а не от объема в емкости. С другой стороны, во многих случаях запас подземных вод является единственным источником пресной воды в период длительной засухи, и необходимо найти пути эксплуатации этого ресурса, одновременно смягчая влияние на услуги, связанные с уровнем водоносного горизонта. Срочно необходимо более широко распространенное и социально устойчивое использование запаса подземных вод, чтобы бороться с изменчивостью спроса на воду в результате устойчивой засухи и климатических изменений (от нескольких месяцев до десятков лет и больше).

**МИФ** - запас подземных вод жестоко истощается на широкой основе и должен быть списан со счетов как решение будущих проблем водоснабжения.

**РЕАЛЬНОСТЬ** неконтролируемая эксплуатация подземных вод, ведущая к негативным побочным эффектам, довольно широко распространена, но все же существует большая область (хотя недостаточно практического опыта) в контролируемом проектировании емкости водоносного горизонта, ориентированном на водоснабжение.

Стратегия управления водными ресурсами, в которой подземные и поверхностные воды используются совместно, извлекая пользу из сравнительных преимуществ обоих видов, называется **совместное использование**. Его примеры:

- использование поверхностных вод в неэффективном орошении затоплением с целью улучшения восполнения водоносного горизонта в дождливый сезон;
- использование подземных вод в сухие периоды на орошение с целью замены обычного поверхностного водоснабжения.

В настоящее время совместное использование (там, где это практикуется) имеет тенденцию возникать скорее случайно, чем по плану.

Улучшение восполнения водоносного горизонта (табл. 2) и манипулирование подземным запасом позволят увеличить среднюю скорость долгосрочной добычи подземной воды, что выгодно всем водопользователям. Возможности улучшения восполнения водоносного пласта сильно изменяются в соответствии с гидрологической ситуацией бассейна:

- в **закрытых бассейнах** (нет выхода к морю) увеличение восполнения водоносного горизонта в верхнем течении приведет к снижению водообеспеченности в нижнем течении для существующих водопользователей, но все еще представляет более выгодное водопользование.

Таблица 2

Сводная таблица типов структур увеличения восполнения водоносного горизонта

ТИП	ОБЩИЕ ЧЕРТЫ	ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
<b>Сбор воды</b>	<p><b>шахты/контейнеры</b>, в которые поступает местный дождевой сток самотеком на фильтрацию;</p> <p><b>почва поля/ водосбережение</b> через террасирование/вспашку контуров/обезлесение</p>	<p>в деревнях с относительно низкой плотностью населения и проницаемым подпочвенным слоем;</p> <p>широко применимо, но особенно на землях с уклонами в верхних частях водосборов</p>
<b>Внутрирусловые сооружения</b>	<p><b>защитные/кирпичные плотины</b> для удержания стока с первым задержанием осадка и выработки чистой воды;</p> <p><b>плотина для восполнения</b> с резервуаром, используемым для инфильтрации русла и получения чистой воды;</p> <p><b>отклонение речного русла</b> для изменения направления потока и увеличения инфильтрации;</p> <p><b>спрямление подземного потока</b> посредством непроницаемой мембраны и/или пудлингования в траншее, чтобы запрудить поток подземных вод</p>	<p>в сточных колодцах с неопределенной частотой стока и высоким уклоном потока;</p> <p>в долине верхнего течения с достаточным стоком и на водоносных пластах с глубоким зеркалом подземных вод;</p> <p>широко разветвленные реки на предгорной равнине;</p> <p>только в широких долинах с тонким аллювием, перекрывающим непроницаемую материнскую породу</p>
<b>Внерусловые технологии</b>	<p><b>искусственные бассейны/каналы</b>, в которые отводится дождевой сток с отстойником для устранения наносов;</p> <p><b>расширение земли</b> путем затопления прибрежной суши, иногда засеянной устойчивыми к затоплению культурами</p>	<p>там где имеются поверхностные аллювиальные отложения низкой проницаемости;</p> <p>на проницаемом аллювии, с выгодами от срезки пика паводка</p>
<b>Нагнетательные скважины</b>	<p><b>скважины восполнения</b> в проницаемых водоносных горизонтах, используемых поочередно для нагнетания/откачки</p>	<p>хранение/оздоровление излишка воды из очистительных установок питьевой воды;</p>

- в **открытых бассейнах** (непрерывный сток в море) увеличение восполнения может практиковаться, но оно лишь повысит маргинальное значение воды в период сильной засухи;
- в **полузакрытых бассейнах** (прерывистый сток в море) вероятно наличие основных возможностей увеличения восполнения потенциально высокого значения.

Ряд сооружений может быть использован для увеличения восполнения (табл. 2), но важно, чтобы выбор технологии был тесно связан с гидрогеологическими условиями участка. Далее необходимо учитывать:

- качество воды для восполнения (после рассмотрения природных процессов ослабления загрязняющего вещества) с тем, чтобы не ухудшить подземный водоем;
- организационные вопросы с точки зрения увеличения инвестиций (кто платит?), приоритетов использования (кто получает выгоду?) и управления (кто контролирует?).

Первые сооружения должны рассматриваться как «пилотные» и подвергаться систематическому мониторингу в течение 5 лет с целью анализа их экономичности (в долл. США за 1 м<sup>3</sup> собранной воды). Строгая техническая и экономическая оценка эффективности сооружений для увеличения восполнения, однако, далека от цели, поскольку существует неопределенность взаимосвязи «осадки-сток». Основное требование заключается в оценке дополнительного стока, который часто избыточен и, кроме того, может возникнуть естественным путем (т.е. разница между условиями «внутри» и «вне» проекта).



## **ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО И НОРМАТИВЫ ПО ПОДЗЕМНЫМ ВОДАМ: ОТ ОБЫЧНЫХ ПРАВИЛ ДО ИНТЕГРИРОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ВОДОСБОРА**

Марселла Нанни (Marcella Nanni) - ведущий автор, Стефен Фостер (Stephen Foster), Чарльз Думарс (Charles Dumars), Гектор Гардуно (Hector Garduno), Карин Кемпер (Karin Kemper), Альберт Тинхоф (Albert Tuinhof)

### **Зачем страны издают законы по подземным водам?**

Многие правительства ввели специальное законодательство для регулирования разработки подземных вод и ограничения работ, которые могут подвергнуть риску наличие и качество этих ресурсов. Эта тенденция отражает возрастающую конкуренцию и конфликты между пользователями подземных вод и нарастающую угрозу загрязнения этих вод. Вначале это законодательство было фрагментарным, относящимся к отдельным видам водопользования или проблемам, которые там возникают. Впоследствии осознание того, что отрицательное воздействие на подземные воды может также затронуть поверхностные воды, приводит к большей интеграции правовых положений по водным ресурсам.

Комплексное водное право дает существенные преимущества, поскольку оно обеспечивает правовую основу для эффективного и устойчивого управления подземными водами посредством:

- руководящих принципов и ограничений на применение государственной власти;
- положений по оценке, планированию, распределению и сбережению ресурсов подземных вод, включая права на изъятие и использование воды;
- системы лицензирования сброса сточных вод, помогающей предохранить подземные воды от загрязнения;
- определения прав и обязанностей пользователей подземными водами;
- охраны прав на использование воды, прав третьих сторон и прав окружающей среды;
- требований по регистрации и квалификации бурильщиков скважин;
- возможного административного вмешательства в критических ситуациях (истощение запасов или загрязнение водоносного горизонта);
- положений по взаимодействию между администраторами и водопользователями.

В текущем контексте важно отметить, что понятие «законодательство» отличается от понятия «закон» (табл. 1). Законодательство представляет собой писаное право, обнародованное в соответствии с процедурами, закрепленными в конституции, в то время как закон охватывает как законодательство, так и неписанные правила, основанные на традициях.

### **История законодательства о подземных водах**

По римскому праву подземные воды были собственностью владельца земли, под которой протекали эти воды. До недавнего времени это правило преобладало везде, где придерживались традиций французского Гражданского кодекса Наполеона (включая Францию, Испанию и многие африканские и латиноамериканские стра-

ны). Владелец земли имеет исключительное право использовать нижележащие подземные воды, по существу с единственным учетом аналогичных прав соседних землепользователей.

Таблица 1

## Обзор основных правовых понятий и сферы охвата водного законодательства

Обычный (неписанный) закон	<p>Считается, что традиция создается:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• постоянным повторением определенного поведения многими членами общества;</li> <li>• убеждением общества, что подобное поведение соответствует «правовой норме»</li> </ul>
Законодательство (писаное право)	<p>законодательство, учитывающее традиции как принятое социальное поведение, включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основной закон или конституцию страны;</li> <li>• законы, введенные законодательным органом (парламентом, национальной ассамблеей);</li> <li>• дополнительное законодательство (указы или акты, принятые исполнительными органами правительства);</li> </ul> <p>законы, введенные законодательным органом, не могут отменять конституционные положения и, наоборот, не могут быть отменены или опровергнуты дополнительным законодательством</p>
Водное право	<p>нацелено на регулирование отношений между (физическими и юридическими) лицами и между людьми и государственной администрацией, связанными с водными ресурсами; оно включает все правовые положения по освоению, использованию, охране и управлению ресурсами подземных вод, которые либо могут быть разбиты на различные законодательные акты, либо объединены в полном законе о воде</p>

Согласно традиционному английскому общему праву держатель права на землю также имеет исключительное право на использование всех подземных вод, протекающих в определенных руслах. Для подземных вод в определенных руслах и поверхностных вод их использование было предметом «доктрины прибрежной полосы», по которой право использования относится к тому, кто имеет право собственности на прилежащую землю с определенным учетом интересов нижележащих областей. Эти принципы были унаследованы, иногда со значительными поправками, странами, чья правовая система была взята из Англии.

Так, например, в странах, придерживающихся системы Гражданского кодекса и традиций общего права, правовой режим подземных вод во многом определялся правовым режимом земель, под которыми текли эти воды, а именно частной собственностью на землю, приравненной к неограниченным правам на личное пользование подземными водами. Однако впоследствии было введено более полное законодательство (но не везде) (табл. 2).

В некоторых мусульманских странах подземные воды рассматривались как «божий дар», который не может находиться в частном владении. Однако при установленной собственности на близлежащую землю (харим), скважины могут находиться в частном владении. Использование подземных вод руководствовалось традиционными правилами (урф), которые выполнялись населением. Однако эти правила имели ло-

кальный и неустойчивый характер и обычно не принимали во внимание интересы более обширного водоносного горизонта, расположенного ниже по течению.

Учитывая проблемы, создаваемые растущим дефицитом и загрязнением воды, стали широко вводиться законы о передаче всех водных ресурсов государству или о признании высшего права государства на управление водными ресурсами. Объявление подземных вод «общественным товаром» превращает прежнего собственника в пользователя, который должен обращаться в органы государственного управления за правом на забор и использование воды. В том случае, если государство становится попечителем или доверительным собственником подземных вод, оно может (помимо выдачи прав на воду) вводить меры по предотвращению истощения водоносного горизонта или загрязнению подземных вод. Более того, в настоящее время законодательство требует планирования водных ресурсов на уровне целого водоносного горизонта или речного бассейна.

В некоторых случаях в судах, действующих по нормам статутного и общего права, оспаривается «новое» законодательство вследствие якобы противоречий с конституционными положениями, защищающими частную собственность и требующими выплаты компенсации при аннулировании прав. Но подобные обвинения обычно отклоняются на основании, что регулирование забора подземных вод исходит из необходимости защищать общественные интересы.

Таблица 2

Уровни регулирования подземных вод (по нарастанию)

Уровень регулирования	Результаты	Недостатки
Минимальный правовой контроль	нет контроля над забором подземных вод и сбросом сточных вод	снижение естественного расхода водоносного горизонта и/или нарастающее засоление и загрязнение
Местные традиционные правила	права на подземные воды определяются на локальном уровне; механизмы разрешения конфликтов на локальном уровне	ограниченный контроль, без учета состояния и влияния на систему водоносного горизонта, пользователей нижнего течения или проблем качества подземных вод
Конкретное законодательство по подземным водам	строительство скважин и откачка подземных вод находятся под контролем, но зачастую под контролем специализированной организации при ограниченном контакте с организациями, регулирующими поверхностные воды	может привести к отсутствию учета речного стока и ветландов, зависящих от подземных вод; наоборот, повышенное внимание к охране качества подземных вод
Полное законодательство по водным ресурсам	поверхностные и подземные воды рассматриваются одним законодательством, полный учет взаимозависимости; эти ресурсы находятся в ведении одной организации, но аспекты качества в ведении отдельного института	повышение возможностей управления водными ресурсами, но может не доставать видения всего водосбора и контроля над загрязнением; также может отсутствовать учет потребностей водопользователей и маловероятно достичь их упреждающей помощи

Уровень регулирования	Результаты	Недостатки
Комплексное законодательство по водным ресурсам*	подход на основе водосбора или водоносного горизонта, объединенный с аспектами качества и количества; больше внимания уделяется информированию общественности и участию водопользователей/заинтересованных лиц (учитывается международный характер некоторых водоносных горизонтов и речных бассейнов)	дает наибольшую возможность проведения сбалансированной и эффективной политики регулирования

### Составляющие современного законодательства по подземным водам

Современное законодательство по подземным водам должно быть гибким, уполномочивающим и осуществимым. Таким образом, рекомендуется, чтобы основное законодательство ограничивалось фундаментальными правами и концепциями, и чтобы детали рассматривались ассоциированными положениями и планами реализации. Оно также обеспечивает более цельное видение поверхностных и подземных вод, но отдельные характеристики систем подземных вод и их тесная связь с землепользованием требует отдельных правовых положений в различных административных районах и на разных территориальных уровнях (табл. 3). Некоторые из этих положений обсуждаются ниже.

#### Права на откачку и использование подземных вод

Права на подземные воды служат основой для введения платы за их откачку и в некоторых странах могут продаваться.

#### Выдача лицензий на сброс сточных вод

Лицензии на сброс сточных вод (особенно в землю), которые ограничены условиями режима сброса и уровня очистки, разрабатываются для защиты подземных вод от загрязнения. Здесь обычно реализуется принцип «загрязнитель платит».

#### Санкции за нарушение

Наказания могут варьировать от умеренных штрафов до тюремного заключения, в зависимости от серьезности воздействия и продолжительности нарушения.

\* Возможно, наилучшим примером всестороннего положения о подземных водах является Рамочная Директива ЕС по водной политике, которая будет последовательно вводиться странами Европейского Союза в течение 2001-15 гг.

Таблица 3

Аспекты государственного управления, требующие отдельного юридического положения для облегчения управления подземными водами

<b>АДМИНИСТРАТИВНАЯ СТРУКТУРА (правовая основа для)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• национальных властей или межминистерской координирующей комиссии (объединение аспектов качества и количества);</li> <li>• областных и/или бассейновых органов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• порядка взаимодействия с местными властями;</li> <li>• организаций управления водоносным горизонтом;</li> <li>• ассоциаций водопользователей;</li> <li>• выдачи лицензий для бурильщиков водозаборных скважин</li> </ul>
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ)	(НИЖНИЙ УРОВЕНЬ*)
<p style="text-align: center;"><b>СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• планирование оценки ресурсов/уязвимости водоносного горизонта</li> <li>• разработка и выполнение стратегий по подземным водам на национальном/региональном/бассейновом уровне</li> <li>• определение стратегии для зоны охраны (сохранения или контроля)</li> <li>• полномочия для действий в случае засухи или критического положения</li> <li>• статус планов по подземным водам и приоритетов пользования</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>УПРАВЛЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕМ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• процедуры для зон охраны подземных вод</li> <li>• положения по охране зоны подпитки водоносного горизонта</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• управление правами на откачку/использование</li> <li>• управление разрешениями на сброс сточных вод</li> <li>• поддержка ассоциаций</li> <li>• пользователей/заинтересованных лиц</li> <li>• порядок подачи жалоб и взысканий</li> </ul>

\* В зависимости от размера страны и других факторов

### Контроль над строительством скважин

Другие положения в законодательстве по подземным водам относятся к лицензированию всех подрядчиков по бурению водозаборных скважин с целью обеспечения лучшей связи с (и поступление информации в) водохозяйственными управлениями, более высоких стандартов строительства скважин, улучшения отчетов по имеющимся гидрогеологическим условиям и снижения возможности нелегального строительства скважин. Водное законодательство может также ввести контроль над импортом насосов и бурильного оборудования с тем, чтобы удерживать повышенную откачку подземных вод.

### Планирование ресурса на уровне водоносного горизонта или водосбора

Водное законодательство предусматривает планирование водных ресурсов на уровне бассейнов поверхностных вод и/или систем водоносных горизонтов. Исходя из инвентаризации водных ресурсов и существующих видов их использования, планы дают единую основу для оценки отдельных заявок на права на воду. Они обычно обязательны по закону и решения по заявкам не должны расходиться с положениями.

## **Общее использование подземных и поверхностных вод**

Признавая преимущества общего водопользования, одно разрешение может охватывать как откачку подземных вод, так и сброс стоков допустимого качества в наземные водотоки или забор и использование поверхностных вод вместе со сбросом стоков допустимого качества в землю.

## **Районирование поверхности земли для сбережения и охраны подземных вод**

В некоторых странах закон предусматривает, что управляющие водными ресурсами могут объявлять «специальные области контроля», где возможно принятие исключительных мер (таких как ограничение на бурение новых скважин и/или нормы откачки подземных вод) во избежание дальнейшего истощения водоносного горизонта. Районирование поверхности земли может быть также нацелено на охрану уязвимых зон подпитки водоносных горизонтов и/или источников поставки подземных вод. В этих зонах могут применяться ограничения в связи с работами, потенциально подразумевающими загрязнение (некоторые виды урбанизации, размещение твердых отходов, хранение опасных химических веществ и погрузочно-разгрузочные устройства, горное дело и разработка карьеров и т.д.). Для предотвращения рассеянного загрязнения от использования сельскохозяйственных угодий данный подход вводился только на локальном уровне и более стандартен ввод запретов или механизмов контроля импорта на некоторые пестициды и поддержка принятия свода законов по лучшим методам земледелия.

## **Участие водопользователей и заинтересованных лиц**

Участие пользователей подземных вод и других заинтересованных лиц в управлении подземными водами становится все большим предметом озабоченности законодателей, которые осознают, что реально осуществимые правовые положения вероятнее всего получить тогда, когда они имеют авторитет. Помимо ассоциаций водопользователей необходимы более крупные «организации управления водоносным горизонтом»:

- для обсуждения выполнения мероприятий среди отраслей-водопользователей и между ассоциациями водопользователями;
- для согласования приоритетных действий в областях с критической ситуацией в отношении подземных вод;
- для помощи надзору в управлении откачкой подземных вод.

Важно придать этим организациям официальный юридический статус и интегрировать их в более обширные организационные механизмы управления и охраны подземных вод.

## **Положения по мониторингу за подземными водами**

Законодательство по подземным водам должно предусматривать мониторинг за состоянием подземных вод (качеством и количеством) и водопользованием, поручая эти задачи водохозяйственным управлениям на соответствующем территориальном уровне. Для реальной работы данного законодательства, оно должно устанавливать реальные требования, которые учитывают существующие ресурсы и организационный потенциал.

## **Что необходимо для успешного выполнения законодательства?**

Успешное выполнение законодательства по подземным водам зависит от следующих факторов:

- административная структура и уровень квалификации управляющих водными ресурсами;
- четкое понимание организационной роли и функций на всех соответствующих уровнях (табл. 4);
- соответствующий уровень осведомленности общественности и принятия правовых положений;
- политическая воля для продвижения и устойчивого управления подземными водами.

Законодательство по подземным водам должно определять административную структуру, пригодную для национальных или государственных условий:

- на национальном уровне - функции управления (охватывающие вопросы качества и количества) должны осуществляться единым органом или министерством или (там, где это считается неподходящим) должны быть установлены четкие организационные механизмы для координации конкурирующих органов;
- на бассейновом или региональном уровне - специфичная ситуация может служить основанием для создания речных бассейновых организаций, особенно для выполнения некоторых функций планирования и координации;
- на промежуточном или локальном уровне - важно уделить особое внимание местным организационным устройствам для водохозяйственного руководства, роли местных властей в управлении водными ресурсами (поскольку они представляют местный интерес) и созданию промежуточных организаций (организаций управления водоносным горизонтом), имеющих юридические полномочия в отношении определенных водоносных горизонтов и с надлежащим представительством различных ассоциаций водопользователей, различных отраслей-водопользователей и ясно очерченными взаимоотношениями с водохозяйственным руководством.

Таблица 4

Свод ключевых функций и организационных ролей в управлении водными ресурсами

Ключевые функции	Основные работы	Организационная роль			
		НВ/РБУ	МРВ	ОУВГ	АВП
Стратегическое планирование	Оценка ресурса (качество/кол-во)	•	x	x	
	Оценка и социально-экономический обзор использования		•	x	x
	Планирование развития	•	x	x	
Регулирование ресурса	Руководство правами на подземные воды	•	•	x	x
	Лицензии на сброс сточных вод	•	•	x	x
	Определение охранных зон	•	•	x	
	Чрезвычайные обстоятельства	•	x	x	
	Лицензирование буровых скважин	•	x		
Мониторинг & принудительное выполнение	Состояние подземных вод (качество/кол-во)		•	x	x
	Использование подземных вод		•	x	x
	Разрешение конфликтов	•	•	x	

НВ/РБУ - национальные власти/региональное или бассейновое управление; МРВ - местное регулирующее ведомство; ОУВГ - организация управления водоносным горизонтом; АВП - ассоциация водопользователей

•, x - указывают соответственно ответственность за или участие в соответствующей функции управления, но ситуация несколько отличается по странам, в зависимости от их размера и политической структуры

## ПРАВО НА ОТБОР ПОДЗЕМНЫХ ВОД: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Гектор Гардуфио (Hector Gardufio), Стефен Фостер (Stephen Foster), Шарль Думар (Charles Dumars), Карин Кемпер (Karin Kemper), Альберт Туинхоф (Albert Tuinhof), Марселла Нанни (Marsella Nanni)

### Зачем нужна система водных прав?

Большинство стран сегодня считает водные ресурсы общественной собственностью при полной ответственности правительства за их управление. Право на отбор и использование воды (включая подземные воды) может быть дано отдельным лицам, государственным органам или частным корпорациям на определенных условиях, и такие права обычно выдаются органами, управляющими водными ресурсами или напрямую судами. Водные права означают право на использование воды (но не владение ею). Юристы называют это «право пользования чужой собственностью». Права на использование воды оформляются в виде разрешений, лицензий, концессий или доверенностей, именуемых «правом на воду».

Система прав на воду (разрешение на отбор и использование подземных вод) часто используется для устранения зависимости, конфликтов и разрешения споров между соседними пользователями (рис. 1). Тем не менее, развитие стабильной системы водных прав более выгодно, поскольку оно обеспечивает здоровую основу для развития и охраны водных экосистем. Кроме того, другие шаги в направлении интегрированного управления водными ресурсами могут быть предприняты после определения водных прав:

- усиление участия водопользователей в управлении подземными водами;
- внедрение программ управления спросом для уменьшения отбора подземных вод;
- систематический сбор платы за воду для повышения отдачи от управления водой;
- развитие совместного использования подземных и поверхностных вод.

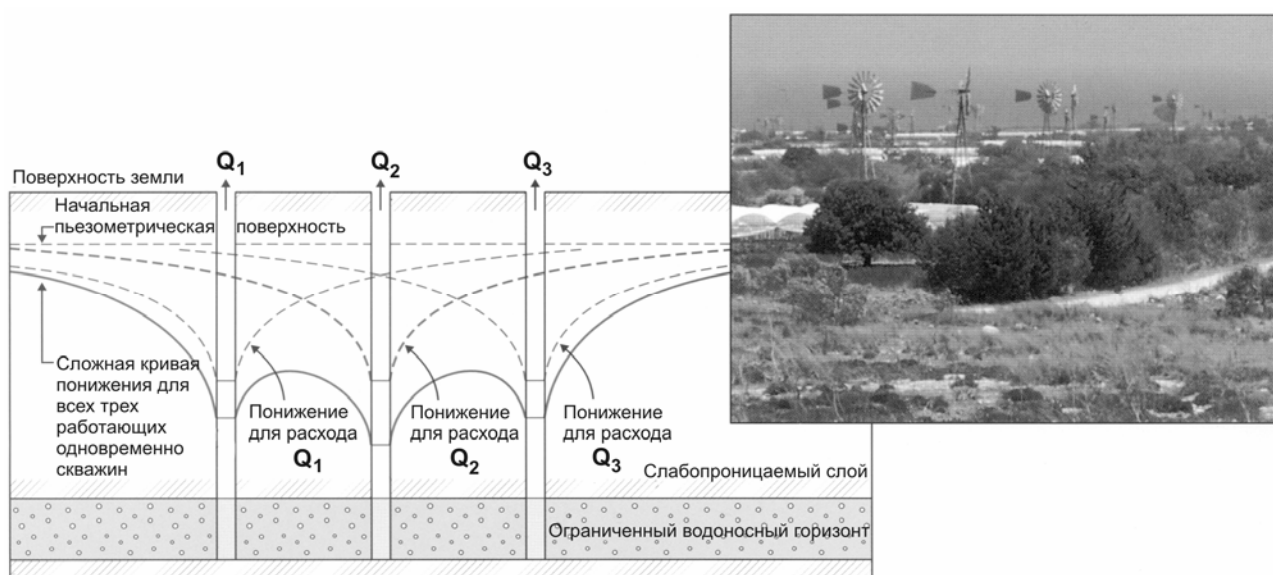


Рис.1. Взаимовлияние между соседними скважинами



Существование водных прав не гарантирует наличие ресурсов подземных вод соответствующего количества и качества. Таким образом, следует рассматривать их долю в общем потенциале водоносного горизонта. Тем не менее, они обеспечивают водопользователям большую водную безопасность в отношении инвестиций и обоснование для получения банковских кредитов.

- Система водных прав должна обладать следующими атрибутами:
- **требование на эффективное и выгодное использование воды**, т.е. ресурсы не должны быть получены посредством спекуляции или непродуктивного расходования;
- **безопасность собственности на использование воды**, включая право на компенсацию при некоторых обстоятельствах, ограничивающих использование воды, несмотря на ее эффективное и полезное использование;
- **гибкость в перераспределении воды** для более выгодного в социальном, экономическом и экологическом отношении использования путем периодического обзора или других механизмов.

Таким образом, права на использование подземных вод обычно подчиняются набору условий (табл. 1).

Поскольку разрешения на сброс стоков находятся за рамками данной записки, желательно, чтобы они выдавались одновременно с разрешениями на водопользование, чтобы обеспечить интегрированный подход к управлению подземными водами.

Таблица 1

Обычно устанавливаемые сроки и условия для извлечения подземных вод и прав на их использование

Сроки или условия	Комментарии
• Срок действия прав	Гибкость вододеления требует временных ограничений (скажем, 5 лет)
• Точка отбора и использования	Должна быть уточнена и может отличаться
• Цель использования	Важно определить права на потребительское и непотребительское использование
• Уровень отбора	Уточните годовой максимум и краткосрочные лимиты
• Спецификация работ	Глубина, диаметр, конструкция, санитарная защита
• Экологические требования	Размещение и качества возвратных вод
• Стоимость прав	Плата обычно взимается за наличие или использование прав
• Регистрация сделок	Обязательство объявлять передачу прав (если это разрешено)
• Потеря или урезание прав	Утеря права ввиду не использования или несоответствия
• Отсрочка пользования правом	В качестве наказания или в экстремальных ситуациях без компенсации
• Пересмотр прав	Периодическое уточнение с компенсацией
• Возобновление прав	Облегчение продления прав до их прекращения

## Как следует внедрять систему прав на воду?

Хотя поверхностные и подземные воды должны управляться интегрировано, подземные воды имеют много отличительных свойств, которые следует принимать во внимание при создании административной системы прав на воду (табл. 2).

Таблица 2

### Специальные условия системы прав на подземные воды

Условия	Комментарии
<b>Технические</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Качество воды</li> <li>• Уровень связи с поверхностными водами</li> <li>• Восполнение ресурсов</li> <li>• Двойное использование некоторых скважин</li> </ul>	<p>Возможный эффект от увеличения отбора или сброса сточных вод.</p> <p>Широко варьирует и учитывается при рассмотрении влияния на третьи стороны и экологию.</p> <p>Некоторые водоносные горизонты, имеющие ограниченное восполнение и использующие «погребенные воды», требуют специальных критериев.</p> <p>Разведочные скважины могут использоваться для эксплуатации, поскольку бурение эксплуатационных скважин слишком дорого</p>
<b>Управленческие</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проблема бурения скважин</li> <li>• Гибкость в распределении воды</li> <li>• Зоны охраны подземных вод</li> <li>• Трансграничные водоносные горизонты.</li> </ul>	<p>Требуется параллельное регулирование ввиду необходимости специальной квалификации и опасности загрязнения из-за некачественной технологии бурения.</p> <p>Следует обеспечить распределение воды в соответствии с гидрогеологической неопределенностью и приоритетными направлениями.</p> <p>Иногда могут быть обозначены для предотвращения деградации ввиду избыточного отбора или опасности загрязнения.</p> <p>Могут привести к противоречиям между соседними странами по поведению ресурсов и приоритетам их использования</p>

Основными условиями являются следующие.

### Быть информированным о сложностях и препятствиях внедрения:

- многие исторические, социальные, экологические, экономические и политические обстоятельства, влияющие на эксплуатацию подземных вод;

- сложная проблема мониторинга соответствия водопользователей с учетом существующего организационного потенциала и важной роли водопользователей;

### **Создать «благоприятную среду» для внедрения посредством:**

- признания того, что администрирование водных прав должно быть построено таким образом, чтобы соответствовать специфическим местным особенностям;
- политической поддержки на самом высоком уровне, поскольку затрагиваются сильные экономические интересы;
- осторожного подхода к юридическим изменениям;
- определения водной политики, включающей обоснование нового или измененного законодательства и описание, как будут соблюдены существующие права;
- принятия аксиомы, что совершенство есть враг хорошего и что система не должна быть всеобъемлющей, но должна быть работоспособной;
- убеждения, что всегда останется место для улучшений; нельзя ждать совершенных законов и идеального устройства до начала действий;
- понимания, что задача не может быть решена за одну ночь; международный опыт показывает, что создание такой системы - это длительный процесс;
- вовлечения всех заинтересованных групп с самого начала для обеспечения широкой собственности на внедряемую систему;
- понимания, что инструментов регулирования недостаточно и что система требует тонкого баланса между экономическими инструментами регулирования и участия.

### **Перед подготовкой системы прав на подземные воды поставьте следующие ключевые вопросы:**

- каковы реальные проблемы рассматриваемой системы водоносных горизонтов?
- что будет достигнуто с помощью внедрения водных прав?
- что реально применимо при существующих организационных ограничениях?

### **Как должна управляться система прав на подземные воды?**

Управляя системой прав на подземные воды наиболее важным лицом является *обладатель права на водопользование* (рис. 2). Но другие пользователи того же водоносного горизонта и связанных с ним поверхностных вод также могут быть вовлечены. Другие лица (не только водопользователи, но и лица, интересы которых могут быть задеты) могут также иметь желание выразить свое мнение о новых водных правах, а также возражать против такого решения. Водохозяйственный орган может лишить пользователя новых прав или наделить ими /зарегистрировать их. После того, как разрешение получено, заявитель становится законным пользователем, который должен оплачивать это право в соответствии с установленными сроками и условиями. Эти органы могут проводить мониторинг посредством полевых инспекций и другими средствами. При обнаружении несоответствия орган может предупредить или применить санкции или судебное преследование. Кроме того, суд может заслушать апелляцию пользователя или третьей стороны. Чтобы избежать судебного разбирательства, апелляция может быть направлена вначале высшему должностному лицу водохозяйственной организации.

Стиль управления также важен, как и сам процесс, поскольку пользователи предпочитают работать вместе с властями (а не против них). Это достигается обеспечением:

- экономичных и быстрых механизмов разрешения споров;
- сбалансированных санкций;

- реалистичного мониторинга, соответствующего организационному потенциалу;
- процедур регистрации доступных общественному контролю;
- ограниченной власти водных органов, исключающей коррупцию и снижающей бюрократизм;
- решительного пресечения взяточничества и коррупции.

Требуются инструменты, которые должны быть простыми насколько это возможно:

- **инструменты планирования:** списки водопользователей и загрязнителей, количественные и качественные модели для ранжирования контролируемых площадей;
- **руководства по управлению:** процедуры получения, обзора и мониторинга заявок;
- **информационная система:** основанная на соответствующем программном обеспечении по управлению заявками, мониторингу соответствия пользователей, качественного контроля и обеспечения информацией пользователей;
- **общественное обучение:** для повышения политической и общественной информированности в целом.



Рис.2. Основные действия по внедрению или укреплению системы прав на подземные воды

### Как должен осуществляться переход к новой системе прав?

Когда водное законодательство совершенствуется или утверждаются новые законы, возникают трудности из-за давления со стороны существующих пользователей и их политических союзников в отношении допущения исключений. Не существует универсальных правил, но следующие рекомендации могут быть полезны:

- для автоматического признания *существующее использование должно быть эффективным и выгодным*. Если невозможно подсчитать точный баланс под-

земных вод, разрешение дается всем водопользователям на короткий срок; это разрешение может быть пересмотрено с учетом более достоверной информации;

- *существующие права должны быть признаны* или соответствующим образом компенсированы;
- *не только нелегальные, но и законные водопользователи должны быть ответственны за неудовлетворительное состояние ресурсов подземных вод.*
- Прежняя администрация также несет ответственность за неправомерные действия;
- *любые исключения нежелательны*; все существующие водопользователи, включая общественные организации водоснабжения, должны работать строго в рамках закона.
- *уточнение лимитов водозабора должно быть динамическим процессом.* Определенные исключения возможны для небольшого объема отбора.

### **Каким образом может быть достигнута устойчивая система водных прав?**

Прежде всего необходимо, чтобы система позволяла правительству ввести ее в действие, и чтобы водопользователи могли ей следовать. Кроме того:

- *ожидание во имя игры*; разработка системы должна вестись с максимальным предвидением;
- *законодательные, регулировочные инструменты и инструменты выполнения должны готовиться одновременно* в сотрудничестве между юристами и водной администрацией;
- *моделирование выполнения является очень ценным*; если моделирование показывает недостаточные возможности правительства или пользователей, законодательство должно быть пересмотрено, процедура упрощена и внимание сосредоточено на укреплении организационного потенциала;
- *предпочтителен постепенный или пилотный подход*; не все водоносные горизонты требуют одинакового контроля управления и пошаговая стратегия позволяет улучшать процедуру на основе приобретаемого опыта;
- *устойчивость не может быть достигнута без принятия общиной*; следует усиливать участие водопользователей и их желание следовать законодательству.
- Система должна находиться под постоянным контролем путем запросов типа:
  - действительно ли водные права используются как инструмент управления?
  - правильно ли поняты цели управления водными ресурсами?
  - улучшается ли состояние водоносного горизонта?

Кроме того, необходимо делать все требуемые выверки и согласования.

## УЧАСТИЕ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В УПРАВЛЕНИИ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ: МОБИЛИЗАЦИЯ И ПОДДЕРЖКА ОРГАНИЗАЦИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ВОДОНОСНЫМИ ГОРИЗОНТАМИ

Стивен Фостер (Stephen Foster), Гектор Гардуньо (Hector Garduno), Керин Кемпер (Karin Kemper), Альберт Туинхоф (Albert Tuinhof), Марчелла Нанни (Marcella Nanni)

### Почему водопользователи должны участвовать в управлении подземными водами?

Пользователями подземных вод являются те, кто заинтересован в ресурсах определенного водоносного горизонта. Это происходит потому, что они используют подземную воду или занимаются деятельностью, которая может привести к загрязнению подземных вод, или заботятся о подземных водных ресурсах и связаны с управлением окружающей средой (табл. 1). Поскольку поверхностными водами нужно управлять в сочетании с подземными, а коммунально-бытовые или промышленные сточные воды угрожают качеству подземной воды, водопользователи должны также (если необходимо) включать в свой состав представителей коммунально-бытового хозяйства и промышленности.

Участие водопользователей в управлении подземными водами имеет существенное значение по следующим причинам:

- решения в области управления, односторонне принятые органами государственного регулирования без согласия общественности, часто неосуществимы;

Таблица 1  
Потенциальный круг интересов и видов деятельности пользователей подземных вод\*

СЕКТОР	КЛАССЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	ПРОЦЕССЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	ДРУГИЕ КАТЕГОРИИ
<b>Сельская местность</b>	внутреннее снабжение животноводство натуральное сельское хозяйство коммерческое орошение	удаление бытовых отходов дренаж фермерского двора интенсивный посев орошение сточными водами	Буровые подрядчики Учебные заведения Профессиональные объединения Журналисты/СМИ
<b>Город</b>	предприятия общественного пользования частное снабжение	отведение/повторное использование городских сточных вод коммунально-бытовые мусорные свалки	
<b>Промышленность и горная добыча</b>	самообеспечиваемые компании	дренаж/сброс сточных вод удаление твердых отходов сооружения для хранения химикатов/нефти	
<b>Туризм</b>	Гостиницы и кемпинги	сброс сточных вод удаление твердых отходов	
<b>Окружающая среда**</b>	речные экосистемы, ветланды прибрежные лагуны		

\* помимо местных организаций по водным ресурсам, планированию земель и защите окружающей среды

- их участие помогает осуществлять работу по управлению (мониторинг, инспекция и сбор взносов) более эффективно и экономично благодаря совместным усилиям и разделению обязанностей;
- оно облегчает объединение и согласование решений в области подземных водных ресурсов, землепользования и управления отходами.

Решения в области управления подземными водами, принятые при участии водопользователей, помогут получить:

- социальные выгоды, так как они направлены на поддержание равенства среди водопользователей;
- экономические выгоды, так как они направлены на оптимизацию откачки воды насосами и сокращение энергетических затрат;
- технические выгоды, поскольку они обычно ведут к более четким оценкам добычи воды.

С другой стороны, управление с участием водопользователей сильно истощенными водоносными горизонтами поможет принять непопулярные решения, когда – по крайней мере, за короткий срок – выгоды для ряда групп водопользователей уменьшатся, так как они согласны сократить механический подъем воды в бытовых интересах долгосрочной перспективы.

### **Какие организационные механизмы участия водопользователей существуют в управлении подземными водами?**

Участие водопользователя и общины в управлении подземными водами должно проходить на различных территориальных уровнях, от отдельной скважины до системы водоносного горизонта, и даже до бассейнового или национального уровня. Такое участие нужно поощрять на всех уровнях, где водопользователи могут внести важный вклад в сбережение и защиту подземных вод.

Местные организации в некоторых странах существуют с незапамятных времен, распределяя подземную воду из скважин или родников среди своих членов, в основном на орошение, собирая плату за эксплуатацию и улаживая водные споры в соответствии со сложившимися правилами. Подобные группы называются **«ассоциации водопользователей» (АВП)**, хотя признают большое несоответствие в использовании этого термина в разных странах. Важно обеспечить такие ассоциации законным статусом и наделить их правосубъективностью, чтобы облегчить их работу и помочь им вступить в договорные отношения с местными водохозяйственными и земельными управлениями. Там где нет АВП, наблюдается тенденция, направленная на их создание, либо согласно водному законодательству, гражданскому закону, либо в соответствии с законодательством ассоциаций общины. Во всех случаях они нуждаются в правосубъективности, а также им необходимы полномочия, чтобы выбирать или назначать представителя для управления на уровне водоносного горизонта.

В случае подземных водных ресурсов существует определенная необходимость в системе участия пользователя высшего звена и водопользователя, именуемая здесь как **организация управления водоносным горизонтом (АМОР)**. Подобные организации должны широко внедряться в качестве организационного механизма управления ресурсом на уровне водоносного пласта (или водоносного субгоризонта), в котором должны быть представлены все АВП и другие важные катего-

---

\*\* обычно представлен какой-либо формой НПО и/или местной администрацией

рии водопользователя (табл. 1). AMORs должны также включать представителей местных или национальных организаций, вовлеченных в управление подземными водами, а также соответствующих местных правительственных структур. При некоторых обстоятельствах AMORs могут (и должны) быть сформированы по инициативе водохозяйственной администрации, когда заявлено о зонах критического состояния подземных вод.

Особенно важно нанесение необходимых границ на карту для создания зоны управления подземными водами для AMOR (рис. 1). Это не всегда будет просто и для крупных систем водоносных пластов с очень низким гидравлическим градиентом, подразделение на подземные водные объекты или водоносные суб-горизонты должно быть выполнено логически настолько это возможно. Когда такое подземный водный объект является частью более крупной системы водоносного горизонта, важно установить организационные механизмы, чтобы объединить управление подземными водами и участие водопользователя на уровне системы. Система водоносного горизонта может быть тесно взаимосвязана с системой поверхностных вод, и в этом случае управление подземными и поверхностными водами должно быть интегрировано; это обяжет AMOR иметь представительство в речных бассейновых организациях (рис. 2). Кроме того, представители разных основных категорий пользователей подземных вод могут также быть призваны вносить свои замечания по решениям политики высшего звена через национальную водную комиссию.

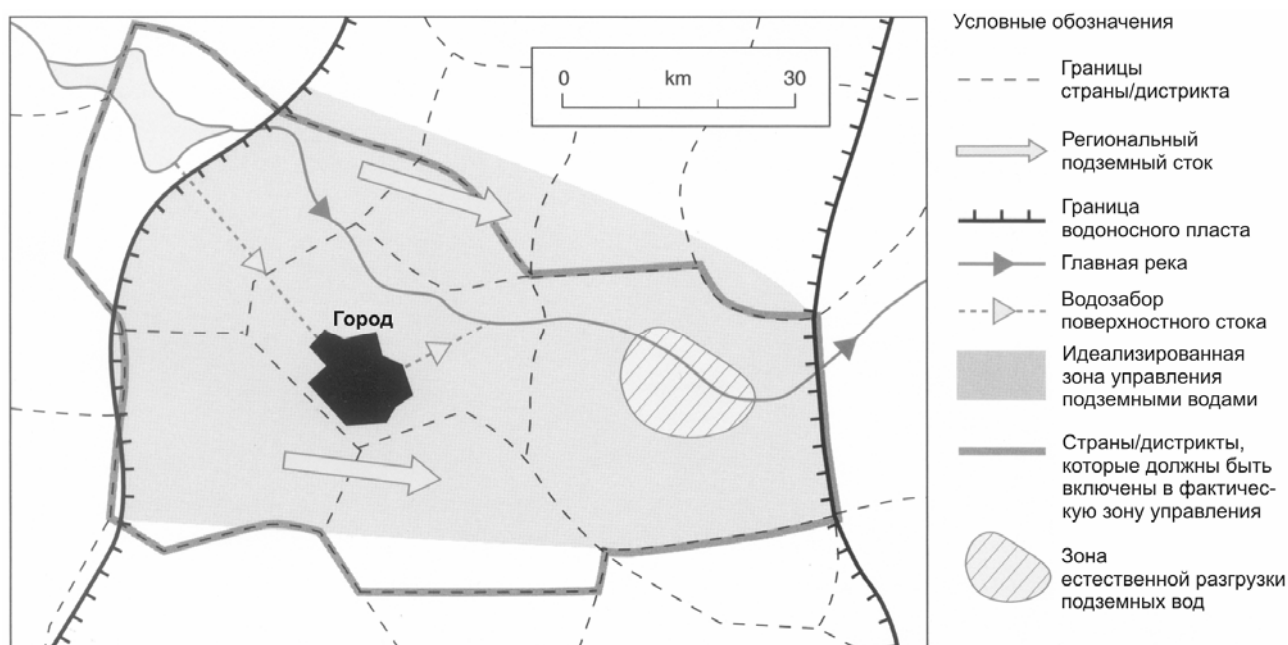


Рис. 1: Гидрологический метод нанесения на карту зон управления подземными водами

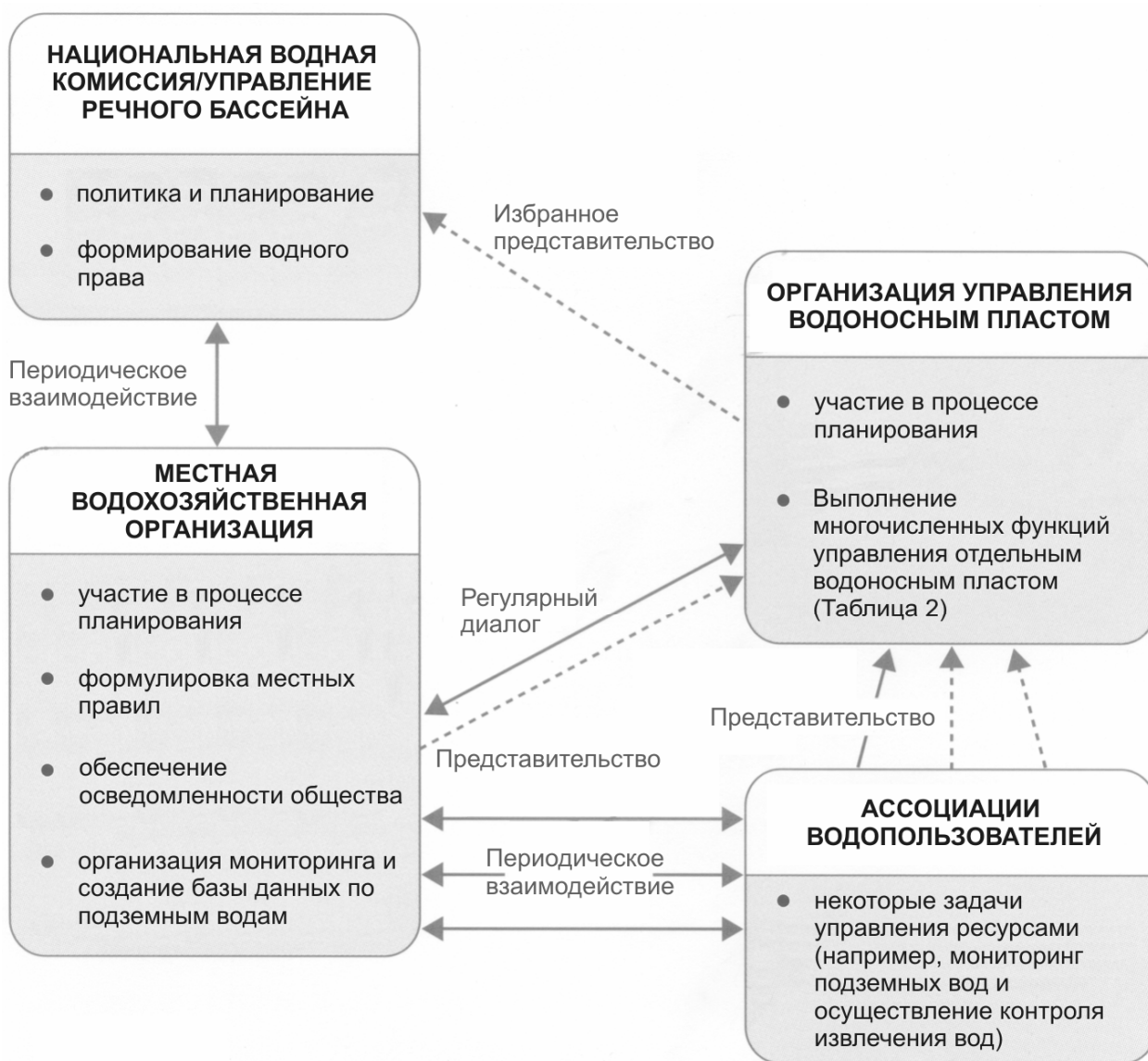
Необходимо определить всех водопользователей данной единицы управления водоносным горизонтом, а также обеспечить равное представительство в организационном механизме, определенное для управления водоносным горизонтом. Могут возникнуть трудности в случае, если существует большое число отдельных водопользователей, чьи интересы нуждаются в представлении в AMOR. В данном случае необходимо сформировать представителя федерации каждой категории водопользователя и наделить его властью, позволяющей назначать своих представителей.



Водопользователи не захотят участвовать в процессе управления подземными водами до тех пор, пока этот процесс не будет развиваться в рамках прочной правовой и организационной структуры, обеспечивающей ясность в отношении:

- прав и обязанностей представителей;
- процедур, связанных с теми, кто несклонен к сотрудничеству.

Хорошо отрегулированный баланс инструкций и стимулов необходим для привлечения водопользователей к управлению подземными водами. Однако инструкции должны не идти со стороны, а приниматься при достижении консенсуса. Стимулы часто необходимы, чтобы помочь водопользователям сделать использование подземных вод эффективней, и тем самым достичь соглашений по сокращению добычи воды.



Эта схема представляет типичное устройство, но возможно множество вариантов в зависимости от географического масштаба водоносного пласта территориального уровня местных государственных организаций.

Рис. 2. Общая схема организационного взаимодействия в управлении подземными водами на основе участия водопользователей

## Какие функции управления подземными водами могут выполнять водопользователи?

Существует много способов участия водопользователей в управлении подземными водами и системами водоносных горизонтов, а краткое описание возможных функций, которые могут быть выполнены, и уровни управления, которым в целом соответствуют эти функции, даны в табл. 2. Подходы будут отчасти изменяться согласно как конкретным интересам водопользователей, так и характеру земельных и водных прав в рассматриваемой области.

Для того чтобы гарантировать владение водопользователя решениями, участие должно начинаться, когда впервые определяются и обрабатываются водные вопросы и проблемы, а затем продолжается через этапы планирования управления, осуществления и мониторинга.

Одной из серьезных проблем в такого рода управлении является определение роли тех, кто не имеет непосредственного интереса к управлению ресурсом (так как они не принадлежат ни к пользователям скважин, ни к потенциальным загрязнителям), но могут подвергнуться сильному воздействию в результате принятых решений, – это работники сельскохозяйственных и промышленных предприятий и экологических НПО, представляющих интересы охраны ветландов.

Таблица 2

Краткое описание функций, обычно выполняемых водопользователями в схемах участия в области администрирования и управления подземными водными ресурсами

ФУНКЦИИ	УРОВЕНЬ, НА КОТОРОМ ВЫПОЛНЯЕТСЯ ФУНКЦИЯ		
	АВП	АМОР	РВА
владеть правами на подземные воды	●X		
поддерживать снабжение/распределение подземных вод	●		
собирать плату за водопользование на уровне распределения	●X		
выполнять эксплуатационный мониторинг подземных вод	●*		
составлять обязательные правила водопользования	●X	●X	
проводить политику использования подземных вод	●X*	●X*	
участвовать в разработке критериев/целей		T●*	
формулировать/выполнять планы управления водоносными горизонтами		T●*	
выполнять меры по защите подземных вод		●X*	T●X*
улаживать споры по подземным водам		●X*	●X*
оценивать схемы совместного использования и переброски вод			●*

АВП - Ассоциация водопользователей; АМОР - Организация Управления водоносным горизонтом; РВА = (Национальная) Администрация /Комитет речного бассейна

X - требует передачи правосубъективности соответствующей организации и ассоциации

\* - требует формализации взаимоотношений с местным органом управления водными ресурсами

## Какую роль должно играть правительство в управлении подземными водами с участием водопользователей?

В первую очередь необходимо заставить водопользователей понять важность участия в управлении подземными водами, и это основная роль правительства. Как правило, это достигается первоначально через периодическое издание бюллетеней о состоянии подземных вод и их качестве, наряду с прогностической информацией о последствиях непринятия какого-либо вида мер по управлению, используя как местные маршруты связи, так и СМИ для распространения сообщений.

Однако этого недостаточно, и образовательные (в отличие от информированности) программы должны быть разработаны и поддержаны на различных уровнях. Очень важно, чтобы были задействованы специалисты в области общественных наук для нанесения на карту существующей сети связи среди различных «посылающих сообщение» и «получающих сообщение», вовлеченных в управление и использование определенного водоносного горизонта.

В ходе формирования роли местной государственной водохозяйственной организации в управлении подземными водами с участием водопользователей, рекомендуется применять следующие подходы:

- **разъяснять сложные ситуации, связанные с подземными водами:** обеспечивая четкие данные о балансе подземных вод рассматриваемого водоносного горизонта и используя современное программное обеспечение с удобными для пользователя визуальными интерфейсами, чтобы распределить понимание поведения системы по различным сценариям управления – тогда водопользователи обычно охотно рассматривают вмешательство управления и принимают совет, чтобы быть уверенными, что их собственные идеи технически и экономически разумны;
- **наделить полномочиями организации водопользователей:** необходимо избегать покровительственного («чиновники знают лучше») отношения и признать, что водопользователи должны быть главными действующими лицами в практическом процессе управления, притом что правительство, главным образом, помогает выявить стратегические вопросы и осуществимые решения;
- **гарантировать, чтобы все водопользователи были представлены должным образом:** независимо от их личного веса во владении земельными или водными правами или экономического и политического влияния;
- **создать прочную систему прав на подземные воды:** так чтобы интересы водопользователей были достаточно защищены третьей стороной, и экологические проблемы также учитывались, но достаточно гибкую для того, чтобы осуществимое перераспределение воды перешло в более выгодные виды пользования социально, экономически или экологически.

Кроме того, в то время как конфликт среди пользователей лучше всего улаживают сами стороны, может возникнуть ситуация, в которой пользователи, вовлеченные в конфликт, предпочитают иметь сторону-аутсайдера (например, государственную организацию), участвующую в поисках решения, чтобы они не были вынуждены противостоять непосредственно друг другу.

Там где чрезмерная добыча подземных вод из водоносного горизонта выводит фермеров из сельского хозяйства по причине увеличивающихся затрат на доступ к запасу подземных вод, более зажиточные фермеры обычно объединяют свое сельскохозяйственное производство, вынуждая тем самым смещенных бедных фермеров переезжать в города. Государственная политика должна предвидеть подобные явления, чтобы своевременно вмешаться.

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТИМУЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ**

Стивен Фостер (Stephen Foster), Гектор Гардуньо (Hector Garduno), Керин Кемпер (Karin Kemper), Альберт Туинхоф (Albert Tuinhof), Марчелла Нанни (Marcella Nanni)

### **Почему экономический анализ важен в управлении и защите подземных вод?**

Экономика занимается распределением и использованием дефицитных ресурсов. Пока ресурс имеется в изобилии, нет особой нужды в принятии каких-либо решений. Когда ресурс становится более дефицитным (благодаря ограничениям в количестве или качестве), встают вопросы по поводу того, как лучше всего использовать и защитить его (желательно с большей пользой для общества). Экономические соображения помогают процессу принятия решений и способствуют более эффективному использованию ресурса.

Поскольку экономические инструменты для управления поверхностными и подземными водами похожи, они различаются вследствие определенных особенностей подземных вод:

- относительно высокая стоимость и сложность оценки подземных вод;
- сильно рассеянное использование ресурса, которое увеличивает затраты на мониторинг управления;
- невидимость подземных вод для общественности и задержки в проявлении воздействия на ресурс;
- изменение влияния концентрации загрязнений в зависимости от уязвимости водоносного горизонта;
- большие задержки отрицательного эффекта и необратимость самого сильного загрязнения водоносного горизонта

Эти особенности объясняют, почему инструменты управления подземными водами вообще разработаны и использованы в меньшей степени, чем инструменты управления поверхностными водами. Однако вместе с растущим дефицитом воды экономическая ценность подземных вод и, таким образом, выгода от инвестирования в управление, увеличивается. Это краткое описание сконцентрировано на экономических соображениях как важной части равенства управления подземными водами – определенных социальных, экологических и технических суждений, рассмотренных в других кратких описаниях этой серии.

Подземные воды недооценивают, особенно там, где их эксплуатация не контролируется. В этой ситуации потребитель ресурса (в сущности) получает все выгоды от использования подземных вод, однако (по большей части) оплачивает только часть затрат (рис. 1) – обычно текущие затраты на подъем воды с помощью насосов (обеспечение энергетического ресурса не финансируется) и капитальные затраты на строительство скважины, но редко внешние и альтернативные издержки. Эта недооценка часто ведет к экономически неэффективному использованию ресурса.



Рис. 1. Определение затрат на использование подземных вод

**Что означает экономическая ценность подземных вод и как ее определить?**

Экономическая ценность ресурса зависит от того, что можно с ним делать, и от его относительного дефицита в сравнении с альтернативными ресурсами. Следовательно, экономическая ценность подземных вод в определенном водоносном горизонте выводится из их использования, а также исходя из местной водообеспеченности и качества в сравнении с поверхностными водами. Например, водоносный горизонт в регионе с богатыми незагрязненными поверхностными водами будет в целом иметь меньшую экономическую ценность, чем такой же водоносный горизонт в регионе с загрязненными поверхностными водами или в регионе с засушливым климатом без альтернативных источников. Экономическая ценность подземных вод проистекает из выгод, которые они приносят или (иначе говоря) услуг, которые они обеспечивают (табл. 1). Во многих частях мира экономическая ценность подземных вод увеличивается благодаря росту населения и экономическому развитию (и, следовательно, повышается спрос на воду), а также благодаря загрязнению бассейнов поверхностных вод и, в еще большей степени, благодаря изменчивости климата и необходимости иметь запас на случай засухи.

Таблица 1

Ценность подземных вод, определенная частными водопользователями

ВИД ЦЕННОСТИ	УСЛУГИ, СВЯЗАННЫЕ С ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ
<b>Ценность потребления</b>	Питьевая вода Подача на орошение/промышленное использование Рекреационное использование
<b>Ценность не потребления</b>	Неопределенный потенциал потребления Существование для будущих поколений
<b>Косвенная (экосистемы) ценность</b>	Сброс в экосистемы Сброс в реки и озера

Экономическая ценность данного подземного ресурса определяется его использованием в перспективе. В отсутствие рыночной цены на подземную воду экономисты часто измеряют ее ценность **желанием платить** пользователя за данный объем и качество водоподачи. Например, промышленность, которая нуждается в воде как в ресурсе для производства автомобилей, охотно заплатит больше за единицу объема, чем фермер, выращивающий фрукты. Поэтому экономическая ценность подземных вод в рассматриваемой области определяется желанием промышленного предприятия платить – до тех пор, пока не будут удовлетворены его потребности. Экономическая ценность очередного объема, потребляемого фермером, будет ниже, но все же выше той, которую хотел бы оплатить фермер (рис. 2).

Когда «желание платить» не известно (это нормально, поскольку рынки подземной воды, раскрывающие реальную цену, существуют редко), можно применять **метод остаточной стоимости** для оценки подземных вод. Этот метод оценивает все ресурсы, используемые для товара, производимого по рыночной цене, за исключением самих подземных вод. Остаточная стоимость товара, после того как учтены все ресурсы, приписывается водному вкладу.

Другой метод называется **гедоническое ценообразование**, когда наблюдается поведение пользователей и рынков. Например, фермерские цены на территории с хорошей обеспеченностью подземными водами, вероятно, будут выше, чем на территории с дефицитом водных ресурсов. Сопоставляя разницу в фермерских ценах по всему региону (и допуская, что другие переменные такие же), разница в цене будет заложена в стоимость доступа к подземным водам.

Выше изложенное является выбором методов, применяемых экономистами для определения стоимости государственных товаров, таких как подземная вода. Несмотря на то, что ни один из них нельзя назвать совершенным, они обеспечивают руководство для лиц, принимающих решения в оценке подземных вод и возможных вариантов выполнения действия. Важным фактом в этой связи является различие между кратко- и долгосрочными выгодами, ожидаемыми от использования подземных вод. В зависимости от учетной ставки, используемой для оценки выгоды от использования подземных вод, можно порекомендовать использовать ресурс быстрее или медленнее. Таким образом, выбор реальной учетной ставки очень важен и требует детальной оценки.

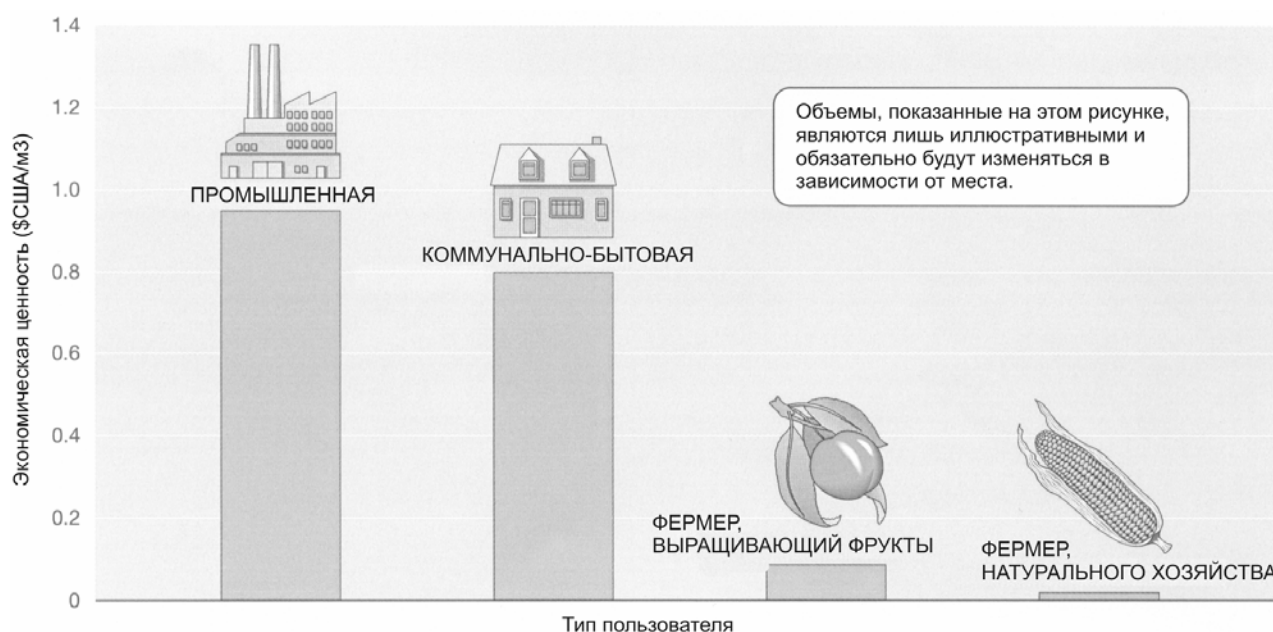


Рис. 2. Экономическая ценность использования водного ресурса

## **Что такое экономические инструменты и как их можно использовать в целях улучшения управления подземными водными ресурсами?**

Экономический инструмент нацелен на стимулирование экономического деятеля (пользователя подземных вод), чтобы тот добровольно принял определенную линию поведения. Лежащее в основе логическое объяснение заключается в том, что человеческие существа реагируют на стимулы цен, если цены высокие, они будут меньше потреблять ресурс. Более того, в то время как подземные воды могут широко использоваться в прибыльных предприятиях и приносить больше прибыли, рабочих мест и благополучия, слишком часто они все еще используются в неприбыльных видах экономического потребления и, тем самым подвержены избыточному извлечению, создавая социальную напряженность между пользователями.

Экономические инструменты обеспечивают стимулы к более эффективному распределению и/или использованию подземных вод, помогая тем самым стабилизировать уровни подземных вод, сокращая избыточную добычу, снижая риск отрицательных воздействий и социального конфликта и откладывая необходимость в капиталовложении в альтернативные водные ресурсы. Есть две категории, связанных с подземными водами (табл. 2) и сосредоточенных на:

- **увеличении стоимости добычи подземных вод** путем (а) прямого ценообразования с помощью взносов за добычу ресурса; (б) косвенного ценообразования с помощью повышения тарифов на электроэнергию и (в) внедрение водных рынков;
- **положительных экономических стимулах** для определенных видов деятельности путем (а) изменений в сельскохозяйственной и продовольственной торговой политике и (б) субсидий для поощрения использования более эффективных технологий орошения в целях достижения реальной экономии воды.

### **Прямое ценообразование на подземные воды посредством взносов на добычу ресурса**

Это самый прямой метод, поскольку пользователи должны платить взнос за добычу в зависимости от объема – предпочтительно измеренного (больше, чем лицензированного), чтобы гарантировать, что стимул существует. К сожалению, использование подземных вод в сельском хозяйстве (обычно крупнейший потребитель) редко измеряется и, поэтому контролировать орошение не просто. Альтернативные технологии оценки фактического использования воды в сельском хозяйстве включают:

- выведение добываемого объема из использования электроэнергии;
- оценка фактического водопотребления посредством технологий дистанционного зондирования.

Таблица 2

## Экономические инструменты управления подземными водами

ИНСТРУМЕНТЫ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ	ЭКОНОМИЯ РЕСУРСА	ЗАЩИТА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
<p><b>Изменение затрат на извлечение подземных вод</b></p> <p>Прямое ценообразование посредством взносов за извлечение ресурса</p> <p>Косвенное ценообразование посредством повышения тарифов на электричество или дизель</p> <p>Рынки подземных вод</p> <p><b>Положительные экономические стимулы</b></p> <p>Изменения в сельскохозяйственной и продовольственной торговой политике</p> <p>Субсидии для поощрения реальных водосберегательных мер</p> <p>Субсидии на использование более эффективной оросительной технологии для сокращения агрохимического выщелачивания</p> <p>Субсидии для промышленных предприятий и муниципалитетов для выполнения необходимой технологии очистки воды</p>	<p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p>	<p></p> <p></p> <p></p> <p>X</p> <p></p> <p>X</p> <p>X</p>

**Косвенное ценообразование на подземные воды посредством энергетических тарифов**

Основные затраты в добыче подземных вод (как только установлена скважина) приходятся на энергию, необходимую для подъема воды. Стоимость будет зависеть не только от глубины уровня подземных вод, свойств водоносного пласта и КПД скважины, но также от расхода на единицу энергии, затраченной на откачку. Ценообразование на энергию (электричество или дизельное топливо) может стать могущественным инструментом влияния на тенденции откачки подземных вод (рис. 3). Парадоксально, но во многих частях мира цены на энергию используются противоположным образом, с крупными субсидиями взамен снижения хозяйственных затрат. В то время как добыча подземных вод может быть легитимирована в целях финансирования бедных фермеров для увеличения их заработка, финансирование извлечения подземных вод в целом не может стать самым лучшим средством для этого. Избыточное извлечение подземных вод может подорвать водообеспеченность ресурсов тех же фермеров в долгосрочной перспективе. Необходимо определить другие меры, которые обладают нейтральным воздействием на ресурс, такие как погашение



нескольких платежей, единовременной выплатой бедным фермерам в начале года, чтобы покрыть определенный счет за энергию. Таким образом, у них будет стимул использовать воду более эффективно и потреблять ее меньше, возможно, через тенденцию к более ценным культурам. Как только фермеры получают эти выплаты, чтобы покрыть счета за энергию, они фактически выигрывают вдвойне, будучи более рациональными и, тем самым, повышая свой заработок.

### Рынки подземных вод

Рынки воды получают поддержку с целью улучшения управления ресурсами, особенно в отношении более эффективного водопользования и распределения вод в пределах сектора и между секторами. Они гибче, чем командно-административные инструменты в распределении воды на более прибыльные виды водопользования в манере, приемлемой для всех сторон, и тем самым способствуют росту экономики и снижают социальную напряженность.

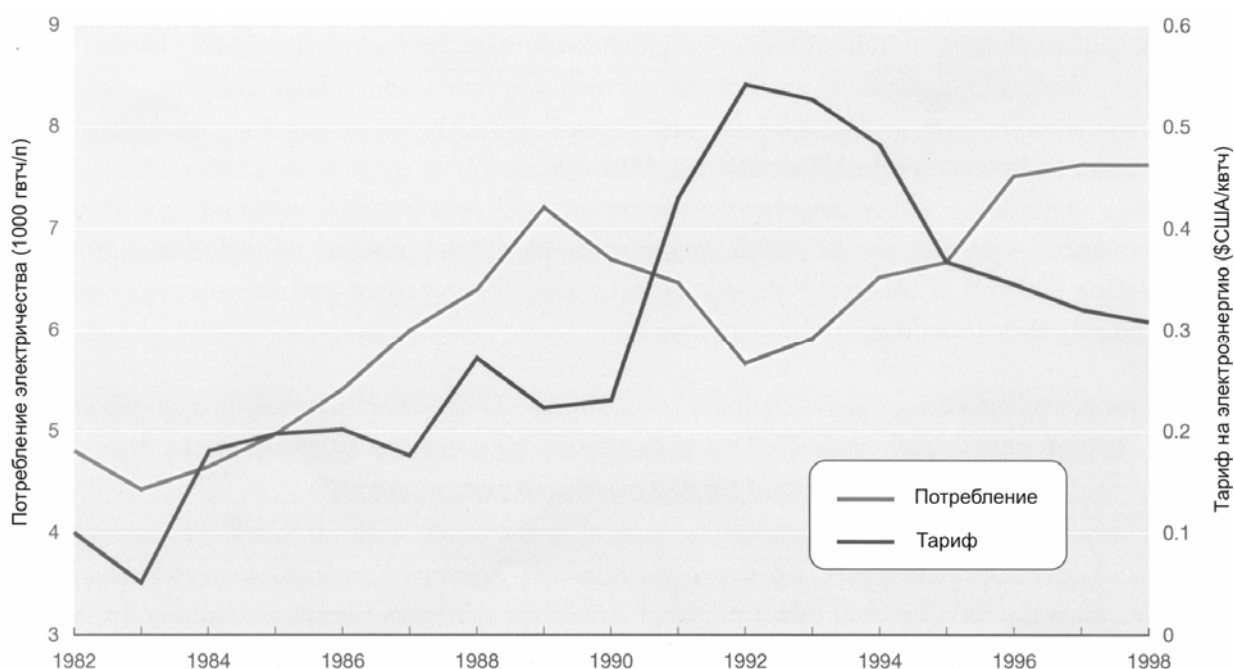


Рис. 3. Влияние изменений сельских тарифов на электричество на потребление энергии при извлечении подземных вод в Мексике

По своему основному определению рынок подземных вод является структурой, в которой владельцы прав на подземные воды отдают их в счет новых или продают их сторонам, находящимся вне рынка. Нет ни одной единой модели рынка, однако свойства проектирования рынка зависят от (а) преобладающего гидрогеологического режима, (б) предыстории неофициальной торговли и/или прав, (в) типов и числа владельцев прав и пользователей, а также (г) физических средств для транспортировки воды между пользователями. Рынок воды – это ничто иное, как ряд соглашений, позволяющих продать воду. Но он не будет функционировать эффективно, пока не будут выполнены конкретные условия.

Постепенный подход к внедрению рынков подземных вод в целом необходим, в первую очередь, для расстановки систем водоучета, определения прав на подземные во-

ды (первоначально не обязательно продаваемых) и участия водопользователей. В большинстве случаев это обеспечит основу для усовершенствованного управления подземными водами и позволит водопользователям приспособиться к новым правилам. В конце концов, права на использование подземных вод можно сделать пригодными для продажи, принимая во внимание уязвимость различных групп водопользователей и обеспечив им защиту.

Поскольку выгоды рынков воды могут быть устойчивыми, предполагаемый анализ должен включать потенциально отрицательные социально-экономические или экологические воздействия. Именно в отношении подземных вод рынки не устанавливают лимит для общего использования, и (так как они могут привести к более эффективному распределению) повсеместное использование подземных вод не будет сокращаться. Если целью является сократить добычу подземных вод, рынок потребует значительного регулирования, включая со временем обязательное сокращение общего объема водных прав. Решения относительно внедрения рынков подземных вод в конкретной обстановке должны получать информацию через тщательный анализ местной социально-экономической, организационной и гидрогеологической ситуации.

### **Модификации в сельскохозяйственной и продовольственной торговой стратегиях**

Косвенный экономический инструмент управления подземными водами выводится из сельскохозяйственной и продовольственной торговой стратегий. Поскольку большая часть подземных вод потребляется на орошение, политика сельскохозяйственной отрасли имеет основное влияние. Например, субсидии, поощряющие крайне водоемкое земледелие в полузасушливых областях (например, производство риса или пшеницы) обеспечивают экономический стимул к использованию подземных вод. С точки зрения экономической перспективы выделение подземных вод на этот вид потребительского водопользования не очень эффективно, и сельскохозяйственная политика должна лучше отражать дефицит подземных вод. Кроме того, международная торговая политика может косвенно влиять на использование подземных вод – например, создавая барьеры для экспорта высоко прибыльной сельскохозяйственной продукции, тем самым, ограничивая производство для местных, часто мало прибыльных видов водопользования.

### **Субсидии с целью поощрения реальных мер водосбережения**

Определенные технические и управленческие меры могут привести к существенному водосбережению через сокращение так называемой бесполезной эвапотранспирации из систем орошения. Их осуществимость должна быть тщательно оценена и, если необходимо, нужно учесть их внедрение.

### **Какие шаги необходимо предпринять для введения экономических инструментов управления подземными водными ресурсами?**

Самым важным элементом в организации работы экономических инструментов является гарантия **обязательного выполнения**. Использование подземных вод является децентрализованным видом деятельности с вовлечением большого числа, обычно частных, пользователей, которые пробурили собственные скважины, установили собственное оборудование и соблюдают собственные планы извлечения воды. В случае крупных водоносных пластов при участии сотни тысяч пользователей обязательное измерение расхода скважины невозможно, если у пользователей нет стимула его выполнять. Следовательно, важно создать для пользователей стимулы к ак-

тивному участию в управлении водоносным пластом. Этого можно достичь путем обеспечения данных о состоянии подземных вод, содействуя организациям по управлению водоносным пластом (через которые пользователи оказывают равное давление, чтобы достичь целей управления), а также расширяя применение инновационных технологий.

Одной из таких технологий является дистанционное зондирование. В наше время спутниковые снимки доступны по цене, и различные организации разработали инструменты для интерпретации, чтобы наносить на карту распределение культур и оценить фактическую эвапотранспирацию в высоком разрешении. Организации по управлению водоносным пластом (и ассоциации водопользователей) могут получать такие данные и, таким образом, контроль использования подземных вод становится более осуществимым.

В США отдельные штаты полагаются на автоматическое извещение пользователей об объемах подземных вод, извлекаемых ежеквартально или ежегодно. Эта система была установлена вследствие того, что посещения каждой скважины отдельно обходились водохозяйственным организациям слишком дорого. Система автоматического оповещения, однако, не работает в любой обстановке, для увязки использования подземных вод со счетами за электроэнергию должна применяться другая технологическая опция.

Внедрение экономических инструментов будет зависеть от текущих гидрологических, экономических, социальных и политических условий. **Анализ осуществимости** должен включать оценку затрат и выгод каждого инструмента и возможных его сочетаний. Он также должен учитывать долгосрочные периодические издержки и организационный потенциал (в отношении администрирования, мониторинга, наделения полномочиями), а также операционные издержки на установку системы. Ожидаемые издержки и выгоды также повлияют на взаимозаменяемость между использованием экономических инструментов и применением других инструментов управления подземными водами.

В то время как относительно просто оценить издержки на установление определенных инструментов, оценить выгоды намного труднее. Альтернативные варианты (прежде чем начинать дорогостоящий анализ издержек и выгод) следующие:

- **анализ экономичности** сопоставляет затраты по сценариям разных стратегий, ведущих к одной цели;
- **многокритериальный анализ** учитывает разные цели и анализирует их согласно их определенному весу.

Что касается оплаты подземных вод, необходимо сделать первый шаг, чтобы наладить регистрацию пользователей и прав. Вторым шагом станет определение осуществимости прямого учета извлеченных объемов воды или альтернативной технологии определения использования подземных вод. В соответствии с местными условиями группы пользователей подземных вод должны быть проконсультированы по поводу принятия решения и его реализации. Аналогично, косвенная оплата добычи подземных вод через ценообразование на энергию также нуждается в анализе в связи с ее потенциальным влиянием на бедные слои населения в обществе и определенными и осуществленными компенсационными мерами.

И, наконец, сельскохозяйственная и продовольственная политика обычно вырабатывается на высшем политическом уровне и, как правило, анализируется в рамках макро социально-экономического контекста рассматриваемой страны. Здесь решающим шагом для менеджеров подземных вод должно стать налаживание диалога с макро-политиками, чтобы определить влияние современных стратегий. Установ-

ление этой связи приведет к более эффективному управлению подземными водами, делая этот жизненно важный ресурс центральным в контексте национальной социально-экономической политики развития.

### **Какие экономические инструменты помогают бороться с загрязнением подземных вод?**

Обычным инструментом, предназначенным для снижения загрязнения воды, является принцип «загрязнитель платит», согласно которому промышленное предприятие несет ответственность за объем загрязнения, которое оно производит. Чем меньше оно вызывает загрязнения, тем меньше платит. Этот подход нельзя применять непосредственно к защите подземных вод по причине особых свойств подземных вод, а именно: промежуток времени между воздействиями, стойкость некоторых загрязнителей подземной воды, и потенциальные затраты некоторых случаев загрязнения. Вместо этого промышленным предприятиям и предприятиям общественного пользования необходимы экономические стимулы к капиталовложению в очистку и повторное использование сточных вод на должном уровне (табл. 2), особенно там, где оценки уязвимости водоносного пласта предполагают высокий риск загрязнения подземных вод.

Другим важным вопросом является борьба с площадным загрязнением в результате сельскохозяйственного производства. Субсидии на определенные культуры приводят к появлению монокультур на больших площадях земли, поддерживаемым избыточным применением удобрений и пестицидов (которые иногда субсидируются сами) несмотря на пригодность почвы и климата. Это может иметь сильное отрицательное влияние на качество подземных вод благодаря агрохимическому выщелачиванию, стоимость которого не учтена при первоначальном рассмотрении. Существует срочная необходимость заново нацелить такие субсидии и, тем самым обеспечить стимул к сокращению агрохимического выщелачивания (табл. 2). Иногда может возникнуть аргумент, что нужно идти дальше и наложить «экологический налог» на удобрения и/или пестициды, чтобы выработать финансирование мониторинга качества воды.

## ОХРАНА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРАТЕГИИ И УСТАНОВЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТОВ

Стивен Фостер (Stephen Foster), Гектор Гардуньо (Hector Garduno), Керин Кемпер (Karin Kemper), Альберт Туинхоф (Albert Tuinhof), Марчелла Нанни (Marcella Nanni), Чарльз Думарс (Charles Dumars)

### Почему необходимо охранять подземные водные ресурсы?

Подземные воды являются жизненно важным природным ресурсом надежного и экономического обеспечения питьевого водоснабжения в городской и сельской местности. Они играют главную (но часто недостаточно оцениваемую) роль в благополучии человека, а также некоторых водных и земных экосистем.

Что касается коммунально-бытового водоснабжения, высокое и стабильное качество сырой воды является предпосылкой, и охраняемые подземные воды больше всего отвечают этим требованиям. Применение процессов очистки (после превентивной дезинфекции) для достижения этой цели должно стать средством спасения, к которому можно прибегнуть в последнюю очередь, так как это технически сложный, дорогостоящий метод, требующий эксплуатационных расходов.

Однако широко распространенные в прошлом подземные воды были, в действительности, брошены на произвол судьбы. И слишком часто те, кто эксплуатировал этот ресурс в целях обеспечения питьевого водоснабжения, не предпринимали никаких действий, чтобы защитить качество воды.

Во всем мире водоносные горизонты (геологические образования, содержащие годные к употреблению подземные водные ресурсы) подвергаются растущей угрозе загрязнения в результате урбанизации, индустриального развития, сельскохозяйственной деятельности и работы горнодобывающих предприятий. Необходимы широкомасштабные профилактические кампании и практические действия по защите природного (в целом превосходного) качества подземных вод, которые можно обосновать как по широкому критерию экологической устойчивости, так и по более узкому критерию рентабельности.

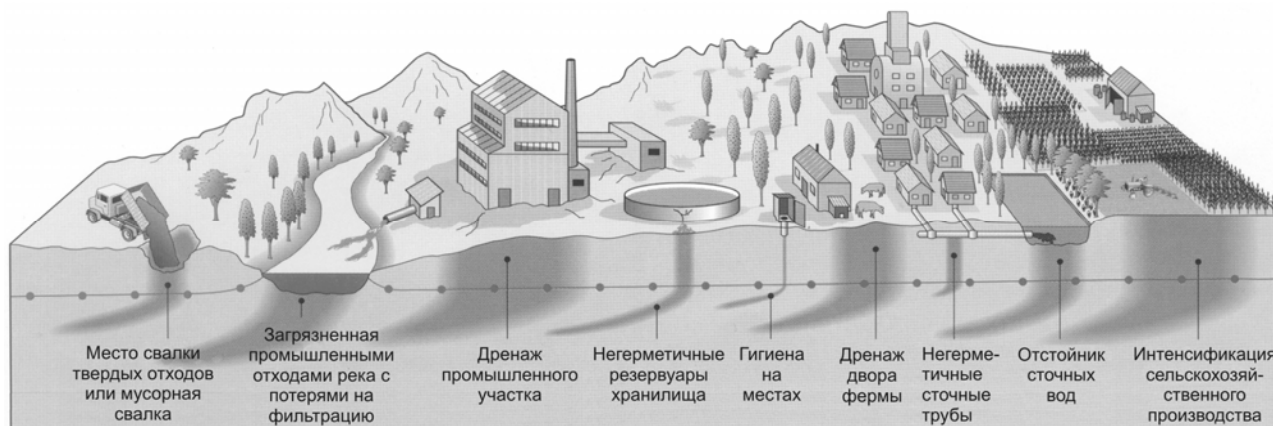


Рис.1. Землепользование обычно является источником угрозы загрязнения подземных вод

Иногда проходит много лет или десятилетий, прежде чем влияние случая загрязнения стойким загрязнителем полностью проявится в запасах подземных вод, извлеченных из глубоких скважин. Это может привести к самоуспокоенности по поводу угрозы загрязнения. Но на самом деле, когда снижение качества подземной воды становится очевидным, обычно уже вовлечены большие объемы водоносного горизонта. Таким образом меры по очистке почти всегда влекут высокие экономические затраты и зачастую проблематичны в техническом плане.

### Как загрязняются водоносные горизонты?

Загрязнение водоносных горизонтов происходит, когда содержание загрязнителя под землей, возникающего из сбросов отходов и выщелачивателей человеком (в результате городской, промышленной, сельскохозяйственной и горнодобывающей деятельности) не контролируется на должном уровне, и (в определенных компонентах) превышает естественный потенциал ослабления загрязнения подстилающих грунтов и слоя (рис. 1).

Природные подпочвенные профили активно поглощают многие водные загрязнители и долго рассматривались как потенциально эффективные для безопасного размещения человеческих экскрементов и бытовых сточных вод. Автоматическое уничтожение загрязнителей во время их транспортировки под землей в вадозную (или ненасыщенную) зону является результатом биохимической деградации и химической реакции, но задержка загрязнителей (благодаря поглощению на поверхности глинистых минералов и/или органического вещества) так же важна, поскольку она сильно продлевает время для процессов, приводящих к уничтожению загрязнителей.

Однако не все подпочвенные профили и подстилающий слой одинаково эффективны в ослаблении загрязнителей. Тревога о загрязнении подземных вод также в первую очередь связана с так называемыми фреатическими (неограниченными) водоносными пластами, особенно там, где их вадозная зона – тонкая, а уровень подземных вод – высокий, но может также подняться даже там, где водоносные пласты полуограниченные, если ограничивающие водоупоры относительно тонкие и проницаемые.

Таблица 1

Распространенные загрязнители подземных вод и связанные с ними источники загрязнения

ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ	ВИД ЗАГРЯЗНИТЕЛЯ
Сельскохозяйственная деятельность	Нитраты, селитра, пестициды, фекальные организмы
Гигиена на местах	Нитраты, фекальные организмы, остаточные синтетические углеводороды
Автозаправочные станции и гаражи	Бензол, другие ароматические углеводороды, фенолы, некоторые галогенизированные углеводороды
Сброс твердых отходов	Селитра, минерализация, некоторые галогенизированные

ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ	ВИД ЗАГРЯЗНИТЕЛЯ
	ванные углеводороды, тяжелые металлы
<b>Металлическая промышленность</b>	Трихлорэтилен, тетрахлорэтилен, другие галогенизированные углеводороды, тяжелые металлы, фенолы, цианид
<b>Малярные и эмалировочные работы</b>	Алкилбензол, тетрахлорэтилен, другие галогенизированные углеводороды, металлы, некоторые ароматические углеводороды
<b>Деревообрабатывающая промышленность</b>	Пентахлорфенол, некоторые ароматические углеводороды
<b>Химчистка</b>	Трихлорэтилен, тетрахлорэтилен
<b>Производство пестицидов</b>	Различные галогенизированные углеводороды, фенолы, мышьяк
<b>Сброс осадка сточных вод</b>	Нитраты, различные галогенизированные углеводороды, свинец, цинк
<b>Кожевенные заводы</b>	Хром, различные галогенизированные углеводороды, фенолы
<b>Поиски и добыча нефти и газа</b>	Минерализация (хлорид натрия), ароматические углеводороды
<b>Добыча рудоносных металлов и угля</b>	Кислотность, различные тяжелые металлы, железо, сульфаты

Представление о наиболее распространенных видах деятельности, способных вызвать значительное загрязнение подземных вод, можно получить из табл. 1. Важно понять, что эти виды сильно отличаются от видов деятельности и составляющих, которые наиболее часто загрязняют поверхностные водные объекты. Это результат самых различных факторов, контролирующих подвижность и устойчивость загрязняющих веществ под землей, благодаря наличию матрицы водоносного пласта и намного замедленные темпы биodeградации (являющейся следствием низких уровней органического углерода, сильно сокращенных популяций бактерий и ограниченной диффузии кислорода).

Также важно отметить, что отдельные виды промышленной и сельскохозяйственной деятельности (и определенные расширяющиеся процессы в рамках этих видов деятельности) часто представляют собой несоизмеримо большую угрозу для качества подземных вод. Таким образом, меры, четко нацеленные и хорошо отрегулированные на борьбу с загрязнением, могут обеспечить основные выгоды при относительно умеренных затратах.

## Как оценить фактор опасности загрязнения подземных вод?

Оценки фактора опасности загрязнения подземных вод необходимы для более четкого понимания действий, требуемых для защиты качества подземных вод. Такие оценки должны стать существенным компонентом **экологической передовой практики**. Логическим определением фактора опасности загрязнения подземных вод (табл. 2) является взаимодействие между уязвимостью водоносного пласта перед загрязнением и содержанием загрязняющего вещества, которое будет или может применяться к подземной среде как результат человеческой деятельности на поверхности земли. Принимая подобную схему, мы можем наблюдать высокую уязвимость, но не фактор опасности загрязнения, так как отсутствует значительная подземная концентрация загрязняющего вещества. Более того, концентрацию загрязняющего вещества можно контролировать и изменять, а уязвимость водоносного пласта в основном определяется природной гидрогеологической средой.

Уязвимость водоносного пласта перед загрязнением, на самом деле, является противоположностью «потенциалом ассимиляции загрязняющего вещества принимающего водного объекта» на жаргоне управления качеством речной воды. Уязвимость можно оценить по гидрологическим свойствам налегающей вадозной зоны или водоупоров водоносного пласта. Индексация этих свойств (рис. 2) позволяет получить общий показатель уязвимости, который можно легко отобразить на карте. На таких картах результаты исследований потенциальной подземной концентрации загрязняющего вещества могут накладываться один на другой, чтобы облегчить оценку фактора опасности загрязнения.

Таблица 2

Определение общих терминов, связанных с загрязнением подземных вод

<b>ТЕРМИН</b>	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ</b>
<b>Уязвимость водоносного пласта перед загрязнением</b>	чувствительность к загрязнению, определяемая природными внутренними свойствами геологического слоя, формирующие перекрывающие водоупоры или вадозную зону рассматриваемого водоносного пласта
<b>Фактор опасности загрязнения подземных вод</b>	вероятность того, что подземные воды в водоносном пласте достигнут уровня загрязнения, превышающего нормы ВОЗ по питьевой воде, когда данная подземная концентрация загрязняющего вещества возникает на земной поверхности.
<b>Риск загрязнения подземных вод</b>	вызванная этим фактором угроза здоровью человека, благодаря загрязнению конкретного источника подземных вод или экосистеме, благодаря загрязнению конкретного природного водоносного пласта



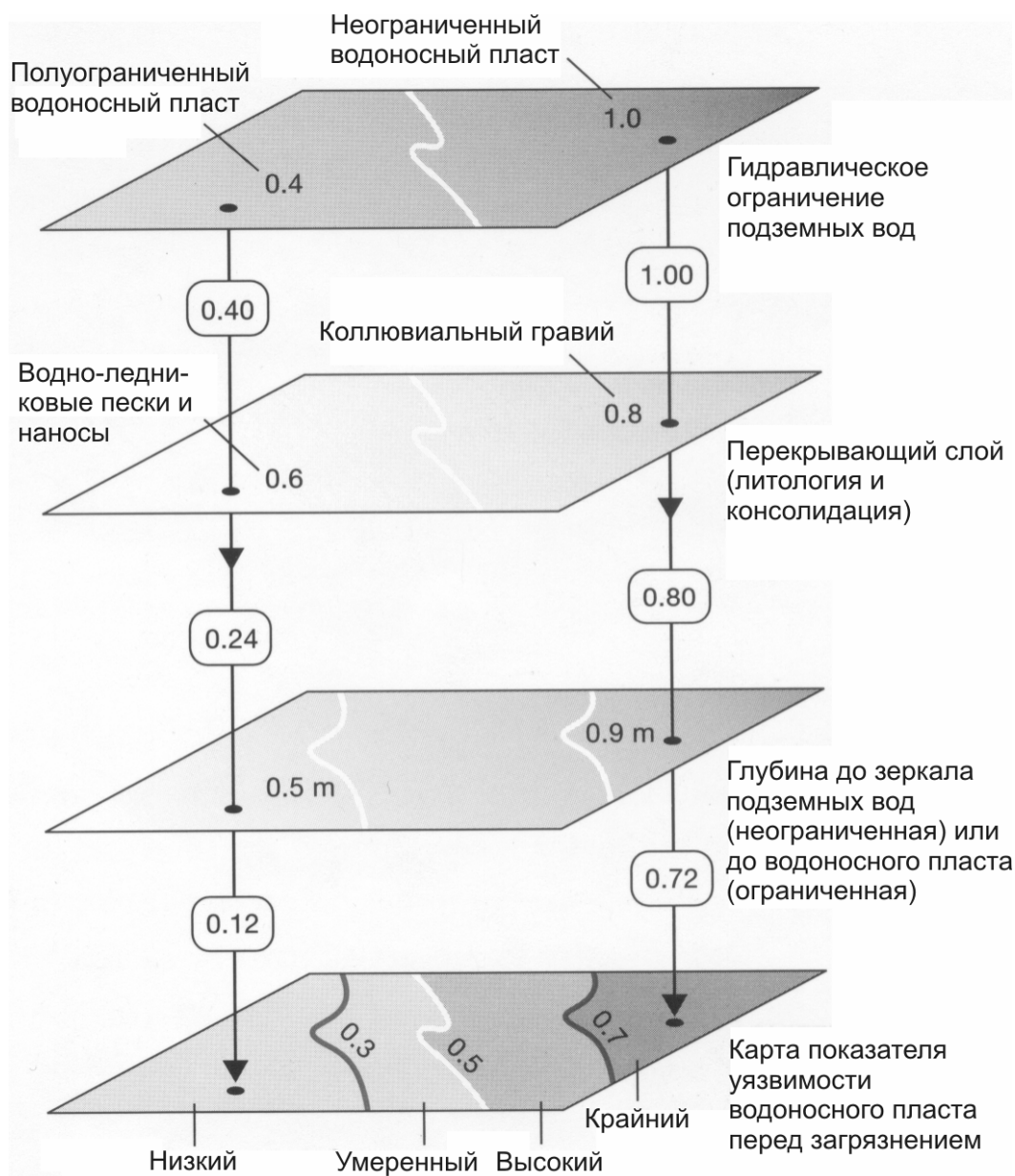


Рис. 2. Создание карты уязвимости водоносного пласта перед загрязнением с использованием методологии GOD на основе гидрологических свойств перекрывающей вадозной зоны водоупоров водоносного пласта

### Что включает в себя защита подземных вод от загрязнения?

Чтобы защитить водоносные пласты от загрязнения, важно ограничить землепользование, сброс промышленных отходов и сброс сточных вод. Однако на практике необходимо определить стратегии защиты подземных вод, которые приемлют компромиссы между конкурирующими интересами. Так вместо применения всестороннего контроля землепользования и сброса промышленных отходов, экономичней (и менее пагубно для развития экономики) использовать природный потенциал ослабления загрязняющего вещества слоя, перекрывающего водоносный пласт, когда определяется уровень контроля, необходимого для защиты качества подземных вод.

Необходимо создать простые и устойчивые зоны (на основе уязвимости водоносного пласта и периметров защиты подземных вод) с матрицами, которые указывают, что вышеупомянутые виды деятельности возможны при допустимом уровне риска за-

грязнения для подземных вод. Зонирование защиты подземных вод также играет ключевую роль в расстановке приоритетов мониторинга качества воды, экологического аудита промышленных зданий, борьбы с загрязнением в пределах сельскохозяйственной консультативной системы, в определении приоритетов очистки земли, которую загрязняли в прошлом, и в области государственного образования в целом. Все эти виды деятельности являются существенными компонентами устойчивой стратегии защиты качества подземных вод.

Необходимо установить чувствительный баланс между защитой подземных водных ресурсов (целых водоносных пластов) и определенными источниками (буровыми скважинами, колодцами и родниками). Поскольку оба метода борьбы с загрязнением вод дополняют друг друга, акцент, поставленный на одном или другом (в данной области), будет зависеть от ситуации развития ресурса и преобладания гидрогеологических условий.

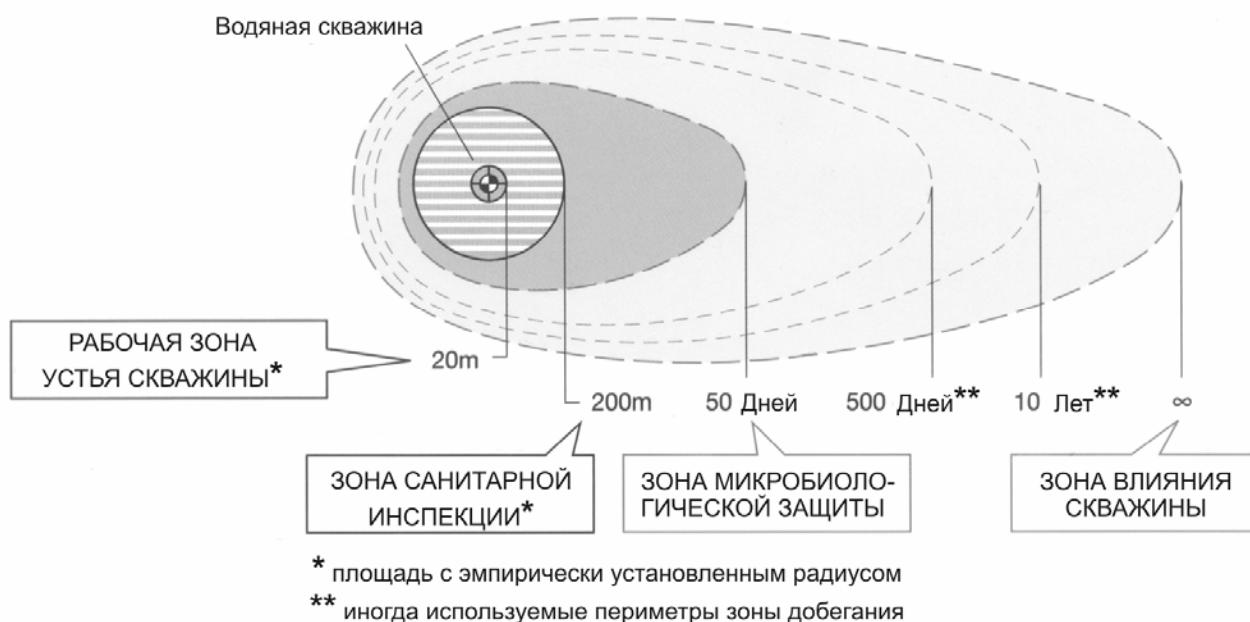


Рис. 3. Идеализированная схема поверхностных санитарных зон и периметров стока подземных вод для защиты водяной скважины в неограниченном водоносном горизонте

Поскольку использование питьевой воды вовлекает лишь малую часть подземных вод, оно не может быть настолько экономичным, чтобы защитить все части водоносного пласта в равной мере. В таком случае необходимы стратегии, ориентированные на источники, работающие в масштабе 1:25,000 – 100,000 и:

- схематическое изображение области (перехвата) защиты подземного источника и периметров зоны добегания;
- оценка уязвимости водоносного пласта и подземная концентрация загрязняющего вещества в областях, определенных таким образом.

Этот подход больше всего подходит к относительно равномерным, неконсолидированным водоносным пластам, эксплуатируемым лишь небольшим числом высокопродуктивных скважин коммунально-бытового водоснабжения со стабильным режимом откачки. Его нельзя свободно применять там, где существуют очень большое и быстро растущее количество индивидуальных водозаборов, которые делают рас-

смотрение индивидуальных источников и создание постоянных зон неосуществимыми.

Стратегии, ориентированные на водоносные горизонты, более применимы, поскольку они стремятся достичь степени защиты подземного водного ресурса целиком и для всех пользователей подземных вод. Эти стратегии включают картирование уязвимости водоносного пласта перед загрязнением по более обширным зонам (в т.ч. один или более важных водоносных пластов), работающие в масштабе 1:100,000 или больше, если интерес ограничен целями общей информации и планирования. Такое создание карты обычно сопровождается перечнем подземной концентрации загрязняющего вещества в более детальном масштабе, по крайней мере, в наиболее уязвимых зонах.

### **Кто должен способствовать защите подземных вод от загрязнения?**

Основная ответственность за защиту подземных вод от загрязнения ложится на соответствующую организацию национального или местного руководства. Но, учитывая их обязанность соответствовать системе правил надежной технической практики, существует также обязательство компаний по водным услугам, которое заключается в том, чтобы предварительно выполнять (или способствовать выполнению) оценки фактора опасности загрязнения всех подземных водных источников.

Группа GW-MATE создала техническое руководство для профессиональных экспертов в области подземных вод, инженеров-экологов и ученых, которые призваны проводить оценку фактора опасности загрязнения для предприятий общественного пользования и разрабатывать стратегии защиты от загрязнения для природоохранительных организаций и коммунально-бытовых управлений (в том числе тех, кто занимается планированием землепользования, контролем сброса промышленных отходов и сточных вод).

Рекомендуемая процедура оценки является очень полезным дополнением к другим действиям, связанным с исследованием, оценкой и управлением подземными водами. Она должна выполняться относительно быстро с использованием данных, которые уже были собраны для других целей или их можно быстро собрать на полевом уровне. Следуя представленной методологии, соответствующая группа может выполнить оценку фактора опасности загрязнения подземного водного ресурса за 2-12 месяцев в зависимости от размера и сложности рассматриваемой зоны.

Процедуры оценки составляют эффективное средство, чтобы начать привлекать соответствующих водопользователей (в том числе, интересы водопользователей и возможных загрязнителей подземных вод). Они обеспечивают надежную основу для убедительных презентаций, которые следует проводить для местного регулятора экологической среды и водных ресурсов с целью осуществления необходимых мер по борьбе с загрязнением и защите водоносных пластов. Даже если не существует соответствующего законодательства или организации по борьбе с загрязнением, местное руководство или коммунально-бытовое управление может выполнять защитные действия согласно принятому решению, прежде всего, в интересах местного населения.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД: СОЦИАЛЬНО-УСТОЙЧИВЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ РЕСУРСАМИ**

Альберт Туинхоф (Albert Tuinhof), Стефен Фостер (Stephen Foster), Гектор Кардуньо (Hector Carduno), Марселла Нанни (Marsella Nanni)

### **Что такое не возобновляемые ресурсы подземных вод?**

Ресурсы подземных вод никогда не бывают полностью не возобновляемыми. Но в определенных случаях время, требуемое для их пополнения (от сотен до тысяч лет), слишком велико по сравнению со сроками человеческой деятельности и, в частности, с планированием водных ресурсов (рис.1). По этой причине в таких случаях следует говорить о не возобновляемых ресурсах или о «сработке статических запасов водоносного горизонта».

В данной статье внимание концентрируется на управлении не возобновляемыми водоносными горизонтами:

- неограниченным водоносным горизонтом, пополнение которого происходит нечасто и в небольшом объеме, и ресурс существенно ограничен статическими запасами водоносного горизонта;
- «ограниченными частями» очень большой системы водоносных горизонтов, где отбор воды перехватывает или вызывает небольшое восполнение, и пьезометрическая поверхность постоянно понижается при откачке.

В обоих случаях речь идет об отборе «ископаемых» или «погребенных» подземных вод, которые сформировались в прошлом при более влажном климате. Объемы таких вод, заключенных в некоторых водоносных горизонтах, огромны (например, 150000 км<sup>3</sup> в Нубийской пустыне и 15000 км<sup>3</sup> в бассейне Арабского Руб-Аль-Хали).

Использование термина «устойчивость» в этом контексте требует пояснений. Она интерпретируется здесь, скорее, в социальном, нежели в физическом контексте, и предполагает, что рассмотрению подлежат не только немедленные выгоды, но и «негативные воздействия» развития и «что случится после» (через 100 или 1000 лет).

### **Как возникает эксплуатация не возобновляемых ресурсов подземных вод?**

Существуют две различные ситуации, при которых имеет место эксплуатация не возобновляемых ресурсов:

- когда с самого начала планируют использование статических запасов, обычно в аридной зоне с незначительным восполнением ресурсов;
- в случае непланового отбора с истощением водоносного горизонта с незначительным пополнением или при отсутствии связи между водоносным горизонтом и областью формирования (восполнения).

По всему миру можно найти примеры как первого случая (Южная Калахари, Ботсвана и Ливийский бассейн Сарир), так и второго (Северная Равнина Китая, водоносные горизонты Раджастан в Индии).

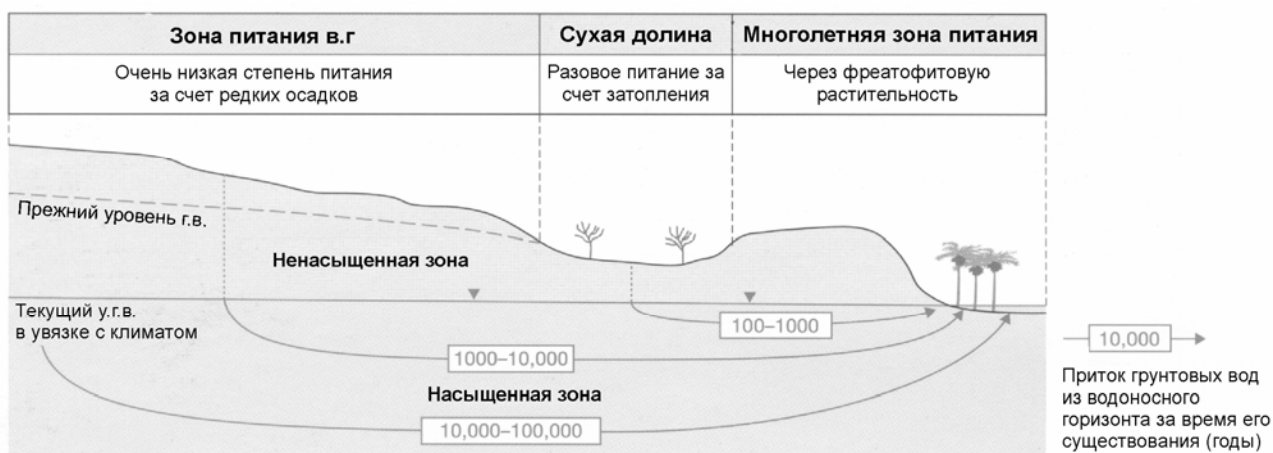


Рис.1. Типовой цикл подземных вод в аридных регионах с крупными водоносными горизонтами

В случае **«планируемого сценария истощения»** целью управления является методичное использование запасов водоносного горизонта с ожидаемыми выгодами и предсказуемыми воздействиями за определенный промежуток времени. Следует определить соответствующие «стратегии выхода» до того, как водоносный горизонт будет серьезно истощен. Этот сценарий должен включать сбалансированный социально-экономический выбор по использованию статических запасов водоносного горизонта и по переходу в последующем к менее зависимой от воды экономике. Ключевым является определение резервного выхода, например, опреснения солоноватых подземных вод.

- В незапланированной ситуации необходим **«сценарий рационализации»**, целью которого является:
- гидравлическая стабилизация (или восстановление в исключительных случаях) водоносного горизонта;
- более упорядоченное использование запасов водоносного горизонта с минимальным ухудшением качества и максимальной продуктивностью, а также социальным переходом к менее зависимой от воды экономике.

В обоих случаях уровень извлечения подземных вод должен быть понижен и приняты меры по управлению спросом (включая реальные цены на воду и стимулы водосбережения). В более отдаленной перспективе питьевое водоснабжение должно стать высшим приоритетом и использование пресных вод с низкой продуктивностью должно быть исключено. В данной статье рассматривается управление водой по обоим сценариям (рис. 2).

### Каковы неотложные потребности управления не возобновляемыми ресурсами с учетом характеристики систем водоносных горизонтов?

Для эффективного управления не возобновляемых ресурсов необходимо знать характеристику системы водоносных горизонтов для соответствующего прогноза:

- наличия подземных вод и расположение скважин для их извлечения в обозримом отрезке времени;
- влияние отбора на систему и третьи стороны (особенно, традиционных пользователей), а также на связанные с ними водные и наземные экосистемы;
- ожидаемые изменения качества воды в течение интенсивной эксплуатации горизонта.

Такая характеристика требует специальных гидрогеологических исследований для оценки определенных ключевых факторов (табл. 1). Критическим компонентом будет оценка емкости тех частей горизонта, где производится откачка, а также возможности интрузии соленых вод. Использование изотопного анализа важно для определения происхождения как пресных, так и соленых вод, а также временного восполнения.

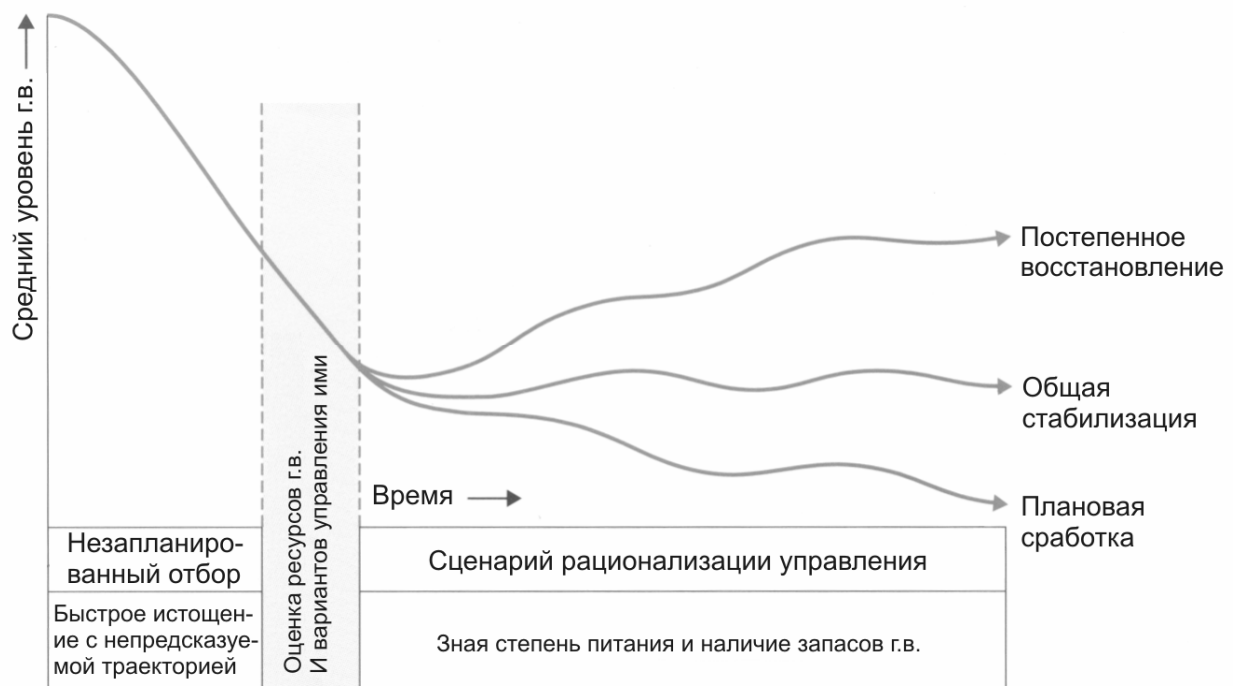


Рис.2. Цели управления подземными водами при «сценарии рационализации» и избыточной эксплуатации водоносного горизонта

Характеристика системы отличается значительной начальной неопределенностью, поэтому рекомендуется использовать в численном моделировании в качестве основы для планирования «наихудшие значения параметров». Уровень достоверности гидрогеологического прогноза существенно возрастет при наличии данных наблюдений за несколько лет о реакции водоносного горизонта на масштабный отбор подземных вод. Следовательно, весьма важной является старательно спроектированная и систематически работающая программа мониторинга.

При сценарии «запланированного истощения» должно быть оценено воздействие планируемого отбора на всех традиционных пользователей и компенсация за реальный или возможный ущерб. Фундаментальная концепция должна обеспечить достаточные ресурсы с приемлемым качеством в водоносном горизонте к концу срока интенсивной эксплуатации. Еще одним путем достижения этой цели является ограничение снижения уровня в ходе интенсивной эксплуатации ниже средней величины за весь установленный период (например, 20 м за 20 лет).

Одинаково важно (табл. 2) определить все водные и наземные экосистемы, которые могут зависеть от водоносного горизонта, и сделать прогноз возможных воздействий. Сомнения в определении воздействия может возникнуть по двум причинам:

- гидрогеологическая неопределенность прогноза падения уровня подземных вод, особенно на большом расстоянии от предложенной точки отбора;
- трудности с определением реакции некоторых водных экосистем с учетом устойчивости, компенсационных притоков и возможного восполнения за счет орошения. Этот аспект должен быть подкреплён фактическими данными.

Таблица 1

Контрольный список специальных факторов и положений, требуемых для социально-устойчивого управления не возобновляемыми водными ресурсами

Специальные факторы и положения	Важность в данном сценарии	
	«планируемая сработка»	«рационализация»
<b>Характеристика системы водоносного горизонта</b>		
• определение статических запасов водоносного горизонта	••	•••
• оценка временного восполнения	•	••
• прогноз риска изменения качества	•••	•••
• оценка воздействия на традиционных пользователей	•••	•
• прогноз экологического воздействия	•••	•
<b>Стратегия управления ресурсами</b>		
• системная социально-экономическая оценка	•••	••
• максимизация использования подземных вод	••	•••
• определение «стратегии выхода»	•••	•••
<b>Организационные положения</b>		
• решение на высоком политическом уровне	•••	•
• организовать правительственное подразделение по регулированию водоносного горизонта	•••	•••
• поднять интенсивную общественную кампанию	•••	•••
• учредить AMOR для участия пользователей	••	•••
• выдавать разрешения, ограниченные во времени	•••	••
• цели управления в.г. установлены	••	••
• сеть мониторинга и база данных	•••	•••

## **Каковы социально-экономические условия управления не возобновляемыми ресурсами**

Системная социально-экономическая оценка вариантов отбора подземных вод и его воздействия является предварительным условием (табл. 1), включая:

- потенциальное альтернативное использование (настоящее и будущее);
- значение предлагаемого использования в сравнении с величиной запасов;
- рассмотрение того, «что будет дальше» (после истощения водоносного горизонта) и оценка стоимости «стратегии выхода».

Важно, чтобы подземные воды использовались с максимальной эффективностью и экономической продуктивностью, что подразумевает повторное использование городских, промышленных и других стоков и контроль за орошением. Приемлемая система измерений отбираемой воды необходима для правильной ценовой политики и регулирования с целью устранения неэффективного и непродуктивного использования.

Кампания общественного информирования очень важна для создания социальных условий управления водоносным горизонтом, включая возможное участие водопользователей. В этом контексте все данные о подземных водах (достоверно и независимо синтезированные) должны быть доступны водопользователям и местным общинам.

Не возобновляемые ресурсы могут рассматриваться как общественная собственность (или общая собственность). Также важно согласовать уровень в правительстве, который будет принимать решения по эксплуатации водоносного горизонта. В странах с несекторными водными ресурсами решение может приниматься соответствующим министерством, но в других случаях оно принимается президентом, премьер-министром или провинциальными властями при консультации с местными общинами. Желательно также высокое политическое одобрение «плана рационализации».

## **Какие организационные меры необходимы для достижения социально-устойчивого использования не возобновляемых ресурсов подземных вод?**

Желательно, чтобы все функции по управлению ресурсами осуществлялись одним правительственным агентством. В противном случае должна быть четкая координация между организациями, занятыми эксплуатацией. В обоих случаях администрация должна иметь право:

- объявить площадь распространения водоносного горизонта «специальной зоной» со специальной программой управления;
- создать при министерстве (на национальном или провинциальном уровне) специальное подразделение для управления ресурсами.

Участие водопользователей является ключевым для успешного управления. Оно достигается организацией ассоциации по управлению водоносным горизонтом, которая включает представителей всех групп пользователей, правительственных агентств, местных властей и других заинтересованных групп.

Национальное законодательство по подземным водам не всегда обеспечивает достаточную основу для управления не возобновляемыми ресурсами подземных вод. Поэтому необходимы специальные инструкции или руководства. Важно также не рассматривать водное законодательство в отрыве от других отраслей (планирование землепользования, гражданское строительство, сельскохозяйственное развитие, охрана природы и т.п.).



Основной приоритет следует отдать правам на воду (в виде разрешения, лицензии или концессии). Эти права должны соответствовать реальному состоянию водоносного горизонта с учетом уменьшения расхода и возможного ухудшения качества. Разрешения должны быть ограничены во времени и подвергаться пересмотру каждые 5-10 лет на основе проводимого мониторинга. Возможно, что правила пользования, установленные соответствующей ассоциацией, могут быть формализованы в разрешения на отбор воды.

Значение детального мониторинга использования подземных вод, а также уровня воды и ее качества нельзя переоценить. Он может проводиться администрацией, ассоциацией или отдельными пользователями. Инспекция ранее выданных разрешений заставляет пользователей вести постоянный учет данных эксплуатации. Создается база данных для накопления, обработки, анализа и распространения информации.

Многие водоносные горизонты, содержащие не возобновляемые ресурсы, являются трансграничными (между странами или провинциями одной страны).

В этом случае многого можно достичь путем:

- выполнения общей программы мониторинга ресурсов;
- создания общей базы данных или механизмов обмена информацией;
- принятием скоординированной политики планирования, использования и управления ресурсами и процедуры разрешения конфликтов;
- гармонизацией законодательства и регулирования.

## **ГОРОДСКИЕ СТОКИ КАК ИСТОЧНИК ВОСПОЛНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД: ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ И ВЫГОДАМИ**

Альберт Туинхоф (Albert Tuinhof), Стефен Фостер (Stephen Foster), Гектор Кардуньо (Hector Carduno), Карин Кемпер (Karin Kemper), Марселла Нанни (Marsella Nanni)

### **Как городские стоки связаны с подземными водами?**

Расширение систем городской канализации в растущих городах происходит в течение многих десятилетий, причем начало было положено в самом начале 20 века. Хотя обеспеченность канализацией отстает от водоснабжения, быстрый рост водопотребления вызвал увеличение объемов городских стоков в большинстве растущих городов, что в дальнейшем будет стимулироваться Целями Тысячелетия ООН по санитарии. Многие канализационные стоки сбрасываются прямо в поверхностные водотоки без очистки и с малым разбавлением в сухой сезон, таким образом, эти стоки могут быть повторно использованы для орошения.

Известно, что во многих развивающихся странах в условиях аридного климата стоки часто фильтруются в водоносные горизонты. Эта инфильтрация часто является основным способом повторного использования стоков, которое часто не планируется и даже не признается. Это улучшает качество стоков и позволяет накапливать их для дальнейшего использования, но может также загрязнять подземные воды, используемые для питьевых нужд.

Городские стоки имеют место независимо от того, обслуживается ли городская территория:

- локальной канализацией с размещением стоков на поверхности почвы через дезинфицирующие резервуары;
- канализационными системами со сбросом стоков в реки и последующим использованием на орошение.

В данной статье обсуждается лишь последний случай. Признавая выгоду от повторного использования стоков, особое внимание уделяется вопросу возможного загрязнения подземных вод стоками (рис. 1а) и подходам к снижению риска загрязнения (рис. 1б).

Инфильтрация сточных вод в подземные воды может происходить напрямую из резервуаров очистки или косвенно за счет их повторного использования на орошение. Эти условия изучались во многих местах (табл. 1) и есть свидетельства восполнения подземных вод объемом до 1000 мм/год. Таким образом, пополнение подземных вод за счет стоков может считаться повсеместным и ожидаемым в качестве интегральной части процесса повторного использования.

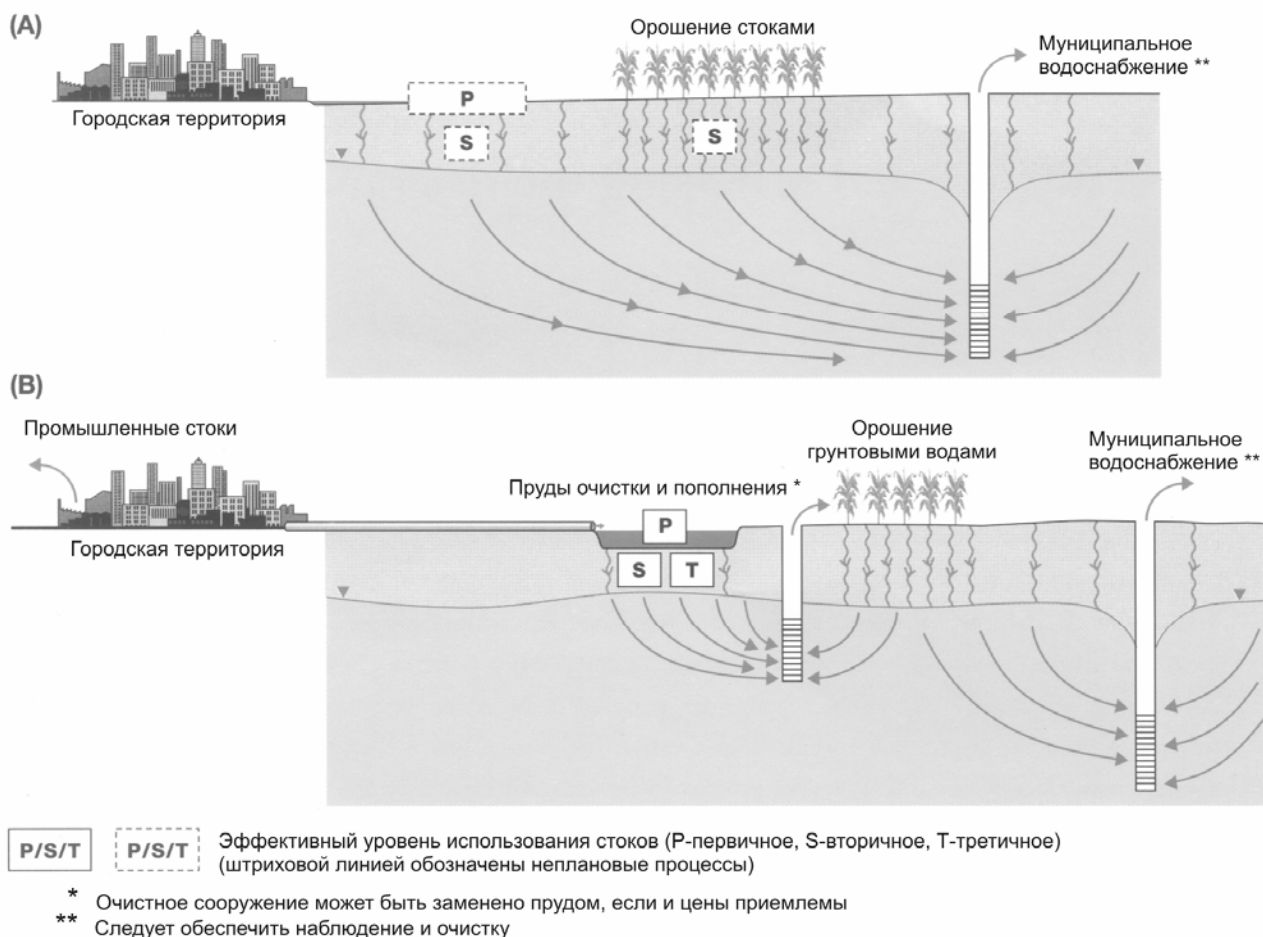


Рис.1. Общая схема формирования стоков, их очистки, повторного использования и инфильтрации в водоносные горизонты:  
 (А) общая неконтролируемая и не планируемая ситуация;  
 (В) экономическое вмешательство, направленное на снижение риска загрязнения подземных вод.

Сточные воды очень популярны среди бедных фермеров, поскольку они всегда есть в наличии, содержат большое количество органических и питательных веществ. Но в некоторых случаях они представляют опасность для здоровья, поскольку многие продукты растениеводства едят сырыми. Существует также долгосрочная опасность в случае промышленных стоков, поскольку такие токсичные элементы как свинец, хром, бор накапливаются в почвах, снижают их плодородие и попадают в питательную цепь, но эти проблемы находятся вне нашего интереса в рамках этой статьи.

### До какой степени стоки представляют опасность загрязнения подземных вод?

Ряд токсичных веществ, заключенных в сточных водах, включает патогенные микроорганизмы, токсичные тяжелые металлы и органические соединения. Тем не менее, эффект загрязнения сильно варьирует в зависимости от:

- степени уязвимости водоносного горизонта к загрязнению;
- качества подземных вод и их потенциального использования;
- происхождения стоков и содержания консервативных загрязнителей;
- качества стоков и уровня их очистки и растворения;
- масштаба инфильтрации стоков в сравнении с проницаемостью водоносного горизонта;
- способа использования стоков и земель;

- повышения эффективности оросительной воды и восполнения сточными водами;
- ограничений на использование мелких частных скважин.

Обычная практика повторного использования стоков при необлицованных распределительных резервуарах и орошении затоплением позволяет патогенным бактериям и вирусам попадать в водоносные горизонты при близком уровне грунтовых вод или трещиноватых водовмещающих породах. В большинстве других случаев зона аэрации достаточна для обезвреживания патогенных бактерий (рис. 2) до достижения ими уровня грунтовых вод в ходе третьего цикла очистки.

Однако, даже при благоприятных условиях уязвимости водоносного горизонта и качества стоков процесс инфильтрации стоков не может привести к полной очистке сточных вод до уровня питьевых стандартов. Это может произойти только в следующих случаях:

- концентрация азота в сточных водах значительно превышает требования растений при выщелачивании при концентрации нитритов ( $\text{NO}_3$ ) в грунтовых водах более 45 мг/л (табл. 1);
- там, где стоки фильтруются напрямую,  $\text{NH}_4$  присутствует в форме стабильного азота и может достигать высокой концентрации (табл. 1);
- повышенная концентрация растворенного органического углерода, обычно 3-5 мг/л (максимум 6-9 мг/л) (рис. 3) при нормальной в 1-2 мг/л.

Повышенное содержание азота вызывает беспокойство по двум позициям:

- потенциал для формирования опасного тригалометана (ТНМ), если вода дезинфицируется для питьевых целей, при концентрациях 45-100 мг/л;
- возможность того, что растворенный органический углерод (преимущественно. гумусовая кислота, стеролы, фталаты, фенолы и детергенты) могут включать следы искусственных органических химикатов, потенциально опасных для человеческого здоровья – канцерогенные и другие вредные вещества, обычно не встречающиеся в подземных водах.

Таблица 1

Типичный состав мелких грунтовых вод, загрязненных стоками

Местоположение	Уровень очистки	Уязвимость в.г.	Растворенные элементы (мг/л)							Следовые элементы
			90/85	182/168	40/85	3.2-0.8	none	none	5/4	
Пригород Лимы, Перу	Первичный или вторичный	умеренный	90/85	182/168	40/85	3.2-0.8	none	none	5/4	none
Вади Дхулейль, Иордания	То же	высокий	570	1190	130	1.3	1.2	2	3	Mn, Zn
Долина Мецкитал, Мексика	нет	Изменячивый, обычно умеренный	240	220	60	0.1	0.8	3	4	As
Леон, Мексика	нет	То же	210	340	40	0.1	0.3	2	4	Mn, Ni, Cr, Zn
Хаар-Яй, Таиланд	нет	низкий	40	50	1	6.2	0.1	0	3	Mn, Fe, As

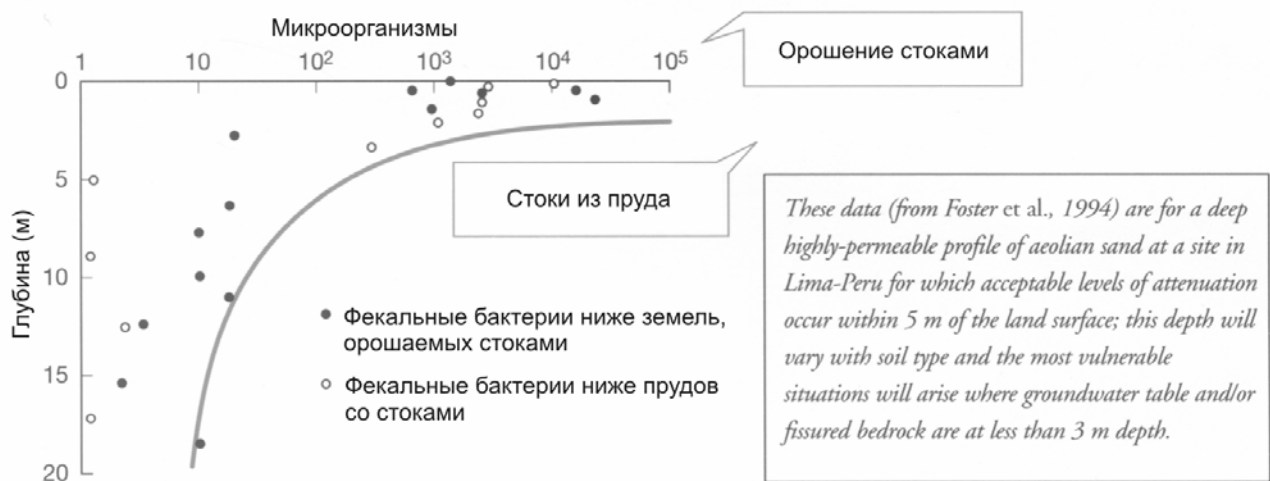


Рис.2. Загрязнение водоносного горизонта патогенами за счет инфильтрации стоков

### Какие существуют меры по снижению риска и повышению выгоды?

Поскольку подземные воды часто являются источником питьевого водоснабжения и часто используются для муниципальных и промышленных нужд, их загрязнение представляет серьезную опасность. Однако, прогресс в уменьшения риска загрязнения в развивающихся странах часто достигается лишь за счет введения жестких стандартов. В действительности, существование таких стандартов может быть контрпродуктивным, поскольку контрольные агентства не имеют достаточно средств и персонала для надлежащего контроля.

Существует необходимость находить прагматичные подходы в определении экономических и эффективных мер вмешательства по снижению рисков для пользователей подземных вод (рис. 1Б). Приоритетные действия должны проводиться постоянно параллельно с другими действиями (контроль культур, здоровье фермеров, плодородие почв) с участием водопользователей.

Приоритетным направлением должно быть улучшение характеристики стоков, чтобы уменьшить риск загрязнения. Там, где угроза загрязнения реальна (засоление или загрязнение токсичными органическими или неорганическими веществами), наилучшим подходом является определить его происхождение и установить контроль над источником загрязнения.

Воздействие инфильтрации стоков на источники подземных вод зависит от глубины залегания уровня грунтовых вод и конструкции скважины на воду. При контроле над этими факторами соответствие между повторным использованием сточных вод и запасами подземных вод может быть достигнуто путем.

- увеличения глубины и улучшение изоляции скважин питьевого назначения;
- защиты источника питьевой воды от загрязнения;
- повышения мониторинга подземных вод по показателям, отмеченным выше;
- использования ирригационных скважин для перехвата инфильтрующихся стоков и создания «гидравлического барьера» для защиты источника питьевой воды.

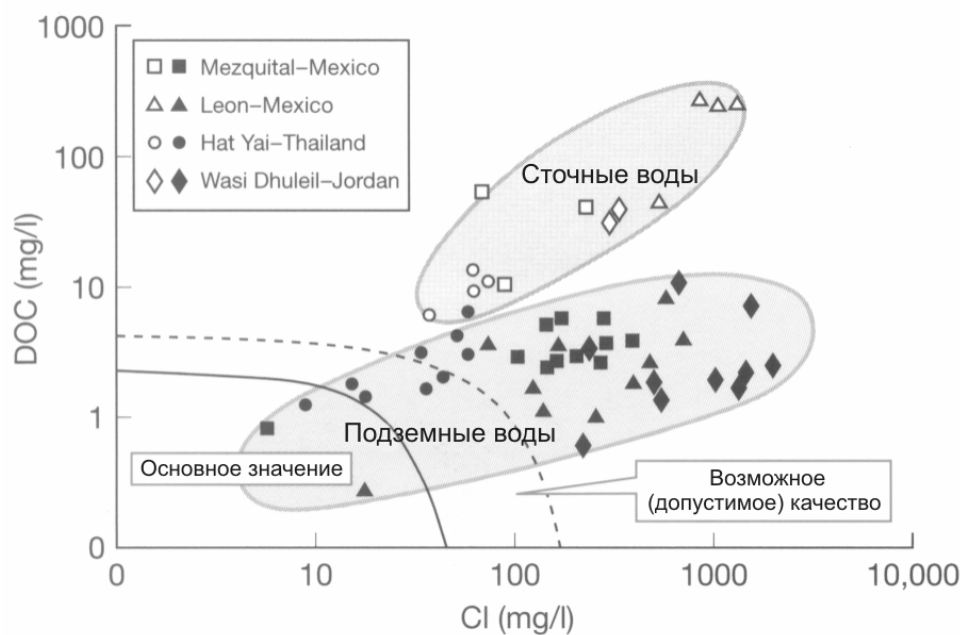


Рис. 3. Концентрация хлора и растворенного кислорода в подземных водах под влиянием инфильтрации сточных вод

### Как можно объединить использование подземных и сточных вод в городском планировании?

Вопрос состоит в том, как сможет в дальнейшем городская канализационная служба учитывать интересы подземных вод. Текущие решения о расширении канализационных сетей обычно рассматриваются в увязке со следующими техническими и социальными факторами:

- неадекватная подземная емкость для размещения жидких стоков ввиду наличия слабопроницаемого слоя и/или близкого залегания уровня грунтовых вод, вызывающая плохое функционирование канализационной системы;
- плотное заселение с неадекватным доступом и/или пространством для удаления твердых отходов.

Новым экологическим проблемам, которые могут быть вызваны сбросом стоков, не уделяется должного внимания по сравнению с проблемами модернизации существующей санитарной инфраструктуры. Должное внимание также не уделяется таким проблемам водных ресурсов как:

- обеспечение дополнительной водоподдачи на рекреацию или орошаемое земледелие путем повторного использования сточных вод в местах с низкой уязвимостью водоносных горизонтов к загрязнению с целью сэкономить пресную воду;
- снижение проникновения соленых подземных вод в канализационные системы в аридных регионах;
- снижение опасности загрязнения муниципальных и частных скважин в городской черте;
- повышение водообеспеченности канализационных систем, частично за счет грунтовых вод;
- признания, что сточные воды, накопленные в подземной емкости, могут представлять оптимальную альтернативу там, где спрос на оросительную воду под-

вержен сезонным колебаниям, используя инфильтрацию оросительной воды для третьей очистки сточных вод.

Для достижения интегрированного подхода, необходимо решить существенные организационные вопросы:

- кто будет нести окончательную ответственность за управление сточными водами?
- каковы правовые обязательства производителей и пользователей сточных вод?
- как наилучшим образом внедрить более широкую основу консультационной службы?
- в какой мере разрешения на сброс сточных вод учитывают факторы их повторного использования?
- каким образом организовать обучение по проблемам подземных и сточных вод?

Ответственные за сброс сточных вод должны быть осведомлены о выгодах и опасностях, связанных со сбором сточных вод в водоносные горизонты, и как гидрогеологические условия изменяются в связи с уязвимостью к загрязнению и нагрузкой загрязнителями. Чтобы избежать ошибок прошлой практики, следует использовать более сильные элементы муниципального планирования.

## Публикации Тренингового центра МКВК, вып. 7

Составитель - Шапиро А.М.  
Редактор – Ананьева Н.Д.  
Верстка и макет – Турдыбаев Б.К  
Дизайн - Беглов И.Ф.

Подготовлено к печати и отпечатано  
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 700 187, г. Ташкент,  
м-в Карасу-4, д. 11, НИЦ МКВК

[www.sic.icwc-aral.uz](http://www.sic.icwc-aral.uz)

Предложения и замечания просим направлять по адресу

[info@icwc-aral.uz](mailto:info@icwc-aral.uz)