

Невозобновляемые ресурсы ПОДЗЕМНЫХ ВОД

**Руководство
по социально-устойчивому использованию
подземных вод для органов управления водным хозяйством**

Плановое сокращение запасов водоносных горизонтов
Социальная устойчивость
Рациональное использование подземных вод
Участие водопользователей



Организация
Объединенных Наций по
вопросам образования,
науки и культуры



GW-MATE world bank

Под редакцией
Стивена Фостер
и Даниэла П. Лукса



ИHP-VI, серия по подземным водам №10

Используемые в данной публикации обозначения и содержание материала не отражает точки зрения ЮНЕСКО по юридическому статусу любой упомянутой страны, территории, города или его администрации, а также определения административных и государственных границ.

РЕДАКТОРЫ

Стивен Фостер и Даниэль П. Лукс

КООРДИНАТОРЫ

Райа Стефан, Алиса Аурели и Карин Кемпер

СПОНСОРЫ

Всемирный Банк-GW.MATE

Издано в 2006 г. ЮНЕСКО

7, площадь Фонтанной, 75352 Париж 07 SP (Франция)

Ответственная за подборку материалов - Марина Рубио, 93200, Сант-Денис

Перевод на русский язык выполнен Кластерным бюро ЮНЕСКО в Алматы
Переводчик: Л.Е.Страутманн

© UNESCO 2010

بیر تشراب منه لا ترمي فيه حجر

Bir tishrab minhu lā tarmī fīhi ḥajar

Арабская пословица
(дословно)

«Не бросай камни в колодец, из которого пьешь»

[Заботься о воде, без которой не можешь жить]

От ЮНЕСКО

Гидрогеология-это довольно молодая отрасль науки и поэтому она имеет недостаточно полную информацию о характеристиках и динамике различных водоносных пластов.

Только в последние годы специалисты по подземным водам стали изучать влияние изменений климата, происходивших в различные геологические эпохи, на изменение формы земли и, следовательно, водоносных горизонтов. Под воздействием климата в глубоких подземных хранилищах были накоплены огромные запасы подземных вод. Некоторые водоносные горизонты были образованы тысячи лет назад, когда климат на земле содержал больше влаги, некоторые хранилища подземных вод находятся в аридных регионах, которые сейчас страдают от отсутствия влаги, и в настоящее время почти не получают притока воды. Возраст воды в таких водоносных горизонтах настолько велик, что к ней можно применить термин, используемый в палеонтологии, поэтому такие водоносные пласты называют «ископаемые водоносные пласты».

В засушливых зонах подземные воды - источник жизни, и поэтому трудно определить, какое количество воды надо сохранять, а какое использовать. Решение этой проблемы становится еще более трудным, если нет необходимых данных, а рассматриваемые водные системы являются трансграничными, т.е. находящимися на территории двух и более стран. Учитывая сложность данной проблемы и влияние на ее решение политических факторов, международная гидрогеологическая программа ЮНЕСКО и Всемирный банк решили обратиться к специалистам с просьбой об оказании помощи в подготовке данного документа, целью которого является разработка рекомендаций по устойчивому использованию и управлению подземными водными ресурсами.

Данный документ должен не только внести вклад в создание обновленной базы данных в области гидрогеологии, но и стать шагом вперед в направлении к устойчивому управлению ресурсами подземных вод в различных странах мира. В частности, цель данного документа- предоставление научной информации, полученной по невозобновляемым ресурсам подземных вод в проекте МГП, ЮНЕСКО, с 1996г. В 1996г, на 12-й сессии, межправительственный совет Международной Гидрогеологической программы принял резолюцию XII-8 «Изучение ископаемых подземных вод в Африканской Сахаре и прилегающих регионах» (Приложение 1). В данной резолюции Межправительственного совета МГП отмечается, что подземные водоносные пласты часто являются единственными источниками воды в засушливых и полу - засушливых зонах и рекомендуется получить дополнительную информацию об ископаемых подземных водах в Африканской Сахаре и прилегающих регионах. С момента принятия этой резолюции в рамках МГП-ЮНЕСКО было проведено несколько мероприятий, в частности, организована конференция «Региональные водоносные системы в аридных зонах - управление невозобновляемыми водоносными ресурсами» (Триполи, 21-25 ноября, 1999 г.). Эта конференция стала важным событием для изучения, обсуждения и анализа вновь сформулированной концепции о плановой добыче подземных вод. Одним из наиболее важных достижений конференции в Триполи была Резолюция конференции (Приложение 2), в которой признавалось, что во многих странах с засушливым климатом контролируемая и тщательно регулируемая добыча невозобновляемых подземных вод может служить основой для социально- экономического развития.

В рамках данной стратегии МГП-ЮНЕСКО совместно с проектом Всемирного Банка GW-MATE в 2002 г. организовали в Париже семинар «Социально- устойчивое управление

невозобновляемыми ресурсами подземных вод». В результате работы данного семинара группой экспертов были разработаны и рекомендованы к публикации основные положения по добыче подземных вод. Необходимо отметить, что состав авторов в данном проекте определялся по вкладу в данную область исследований. В данной публикации авторы были выбраны на основе их знаний и опыта работы в данной области исследований и данном регионе.

Рассматриваемые конкретные случаи, данные и рекомендации, представленные в данном документе, относятся к засушливым и полузасушливым районам, хотя источники невозобновляемых подземных вод также встречаются в районах с высокой влажностью и даже в зонах вечной мерзлоты.

В качестве примера источника невозобновляемых подземных вод, расположенного в умеренном климате, можно привести Албианскую- Неокомианскую водную систему, во Франции, в Парижском бассейне. Она состоит из двух резервуаров- Албианского и Неокомианского, гидравлически связанных друг с другом. В соответствии с данными, представленными французским агентством «Воды Сены- Нормандии», система охватывает площадь 84000 км², и общий объем воды в системе составляет около 655 миллиардов м³. Водоносный пласт Албиан имеет следующие особенности: он полностью защищен от поверхностного загрязнения, имеет большие запасы воды и очень низкий естественный приток воды по сравнению с его полным объемом. Водоносный пласт Неокомиан ещё недостаточно хорошо изучен, но имеющиеся данные показывают, что он имеет характеристики, подобные характеристикам пласта Албиан. Водоносный пласт Албиан начали использовать в середине XIX века. В результате уровень подземных вод снизился на 80 метров. В связи с этим в 1935 г. органы местной власти приняли постановление о лицензировании бурения в парижском бассейне всех скважин глубиной более 80 метров. Добыча воды из водоносного пласта Неокомиан была начата сравнительно недавно (в 1982 г.).

В настоящее время система Албиан- Неокомиан имеет статус важного стратегического ресурса (Агентство «de l'Eau Seine-Normandie, www.eau-seine-normandie.fr/index.php), и используется только как источник питьевой воды. В 2003 г. была разработана схема 'Schema Directeur d'Amenagement et de gestion des eaux du bassin Seine-Normandie' использования системы в аварийных ситуациях (arrete prefectoral n°2003-248, 24 февраля 2003 г.). В документе точно определен годовой объем воды, который можно выкачивать из системы в случае аварийной ситуации.

Некоторые из водоносных пластов, рассматриваемых в данной монографии, являются трансграничными. Управление такими водными ресурсами требует решения ряда специфических проблем. Участие нескольких стран в управлении водными ресурсами подразумевает справедливое разделение влияния всех заинтересованных сторон, сотрудничество в разработке политики, планов и четкое взаимодействие при проведении мониторинга водных ресурсов. Эти вопросы были рассмотрены и разработаны при подготовке проекта закона о трансграничных водных системах, который в 2003 г. стал разрабатываться в комиссии ООН по международному праву при содействии ИНР- ЮНЕСКО.

В 2000 г. ЮНЕСКО также начала заниматься инвентаризацией трансграничных водоносных пластов во всем мире. Для этой цели был разработан проект Управления трансграничными ресурсами. Цель проекта - устойчивое управление трансграничными ресурсами.

Недавно программа МГП ЮНЕСКО совместно с Всемирной Метеорологической Организацией представила главу по статусу ресурсов во II отчете ООН по использованию водных ресурсов мире (март 2006г.), в данном отчете дается рекомендация политическим деятелям и ученым, занимающимися водными проблемами, уделять больше внимания невозобновляемым подземным водным ресурсам.

Мы надеемся, что данная монография окажется полезной для политических деятелей при разработке решений в области охраны окружающей среды и устойчивого развития общества, принимающих во внимание проблемы оценки и использования невозобновляемых водных ресурсов.

Алис Аурели
менеджер по ресурсам подземных вод.
*Международная гидрогеологическая
программа
Отдел водных проблем
ЮНЕСКО*

Райа Марина Стефан
юрист
консультант
*Международная гидрогеологическая
программа
Отдел водных проблем
ЮНЕСКО*

■ Список литературы

Agence de l'Eau Seine-Normandie, Le SDAGE, 2. La gestion qualitative des eaux superficielles et souterraines, Eaux souterraines, Grandes Orientations pour le bassin, Orientation 6, Préserver certaines ressources particulières, <http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php>, last accessed 7 April 2006.

Gestion des eaux souterraines, available at http://www.centre.ecologie.gouv.fr/Sta_Piezo/ressources.pdf, last accessed 7 April 2006. (Official web site of the DIREN, Direction Régionale de l'Environnement, representative in the regions of the Ministère de l'Écologie et du Développement Durable).

Les nappes d'eau profonde : l'Albien et le Néocomien, available at <http://www.drire.gouv.fr/ile-defrance/ssol/albien/index.html>, last accessed 7 April 2006.

Vernoux J.-F. (1998). Synthèse hydrogéologique du crétacé inférieur du bassin de Paris, Conférence Internationale « Eau et Développement durable », Paris 19–21 March, available at <http://www.oieau.fr/ciedd/contributions/at1/contribution/cretace.htm>, last accessed 7 April 2006.

Предисловие от Всемирного Банка

Для Всемирного Банка большой честью было участвовать в международной гидрогеологической программе ЮНЕСКО по подготовке данной публикации. В данной программе Всемирный Банк был представлен GW-MATE, консультативной группой по использованию ресурсов подземных вод. GW-MATE также участвует в ассоциированной программе партнерства по водам земного шара в области управления водными ресурсами. В данной публикации участвовали члены GW-MATE Стивен Фостер (директор), Марселла Нанни (специалист по юридическим проблемам) и Карин Кемпер (менеджер GW-MATE/главный специалист по управлению водными ресурсами).

Плановое или неплановое использование невозобновляемых ресурсов подземных вод - это сокращение запасов подземных вод. Поэтому добыча подземных вод поднимает много социальных, экономических и политических проблем, которые должны учитываться политиками и предпринимателями во всех странах с засушливым климатом и, в частности, на Ближнем Востоке и в Северной Африке, использование невозобновляемых подземных вод позволяет решить проблему недостатка воды, улучшить благосостояние населения и способствует экономическому развитию.

Поэтому при условии соблюдения некоторых стандартов и учета рисков можно обеспечить социально-устойчивое использование невозобновляемых источников. Недостаточно вносить ограничения на использование невозобновляемых источников, выбрав в качестве критерия неустойчивость длительного физического использования.

Для достижения целей социально-устойчивого развития при добыче невозобновляемых подземных вод необходимо ввести интегрированный подход к использованию водных ресурсов. Такой подход должен быть интегрированным по секторам водопользователей и в других сферах деятельности. Поэтому данный обзор уделяет большое внимание социально-экономическим, институциональным и юридическим аспектам добычи и использования подземных вод и не рассматривает в деталях технические аспекты оценки ресурсов, которые подробно представлены в других работах.

Следует отметить, что в гидрогеологии, как и в других науках, занимающихся окружающей средой, трудно дать точное определение многих понятий, важных на уровне практического управления ресурсами. Термин, который является ключевым в данной работе - невозобновляемость ресурсов подземных вод, также не является абсолютно точным, а относительным понятием, также как и другой, широко используемый в настоящее время термин - «уязвимость подземных вод к загрязнению».

Данный обзор предназначен для специалистов, ответственных за использование водных ресурсов, обзор представлен таким образом, чтобы в нем можно было легко найти требуемую информацию. Мы надеемся, что в данной монографии важная природоохранная проблема рассматривается с несомненно прогрессивной, практической точки зрения, которая в тоже время учитывает аспекты сохранения природных ресурсов.

Д-р Карин Кемпер
Всемирный Банк

Издатели и координаторы выражают благодарность следующим специалистам, которые представили отзывы о рукописи монографии:

- > М-р Али Алтокхаис, заместитель министра по водным проблемам, министр водного хозяйства, Саудовская Аравия,
- > М-р Жак Ван дер Гин, IGRAC, Дельфт, Нидерланды,
- > М-р Ральф Клингбейл и м-р Вилхем Струкмейер, BGR, Германия,
- > М-р Тарек Маджоуб, Арабский Университет, Бейрут, консультант по водным проблемам, Бейрут, Ливан,
- > М-р Роберт Варади, профессор по политике в области охраны окружающей среды, адъюнкт-профессор по гидрологии и водным ресурсам, Заместитель директора, Удалл центр по исследованиям в общественной политике, университет штата Аризона, Таксон, Аризона, США,
- > М-р Ярослав Урба, старший консультант ЮНЕСКО-ИНР, Комиссия IАН по защите подземных вод, Чешская Республика.

Данная монография не была бы опубликована без постоянной помощи г-жи Райа Марина Стефан, юриста, специалиста по водному праву, консультанта программы ЮНЕСКО-ИНР по деятельности, связанной с подземными водами, координатора и активного члена группы экспертов ЮНЕСКО-ИНР с 2003 г.

Она оказывала помощь в подготовке специального доклада комиссии ООН по международным законам по проблеме трансграничных подземных вод. Г-жа Стефан внесла большой вклад в подготовку монографии: она вела переписку с авторами, собирала присланные материалы, поддерживала контакты с издателями, рассматривала замечания, присланные рецензентами, и готовила окончательный вариант текста.

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| Глава 1 | |
| Невозобновляемые водные ресурсы: концепция и значение | 10 |
| <i>Джин Маргат, Стивен Фостер и Абдаллах Дроби</i> | |
| Глава 2 | |
| Социальные и экономические аспекты использования невозобновляемых водных ресурсов | 22 |
| <i>Мохаммед Аль-Эруани, Бо Аррелдчен и Стивен Фостер</i> | |
| Глава 3 | |
| Методы определения характеристик водоносных пластов | 32 |
| <i>Шаминдер Пули, Джин Маргат, Юсел Юртсевер и Билл Валлин</i> | |
| Глава 4 | |
| Юридические и организационные вопросы | 45 |
| <i>Марчелла Нанни, Стефано Бурки, Керстин Мехлем и Райя М. Стефан</i> | |
| Руководящие принципы | 55 |
| Система водоносных горизонтов Северо-Западной Сахары (NWSAS) | |
| <i>А. Маму, М. Бесбес, Б. Абдус, Д.Дж. Латреш и С Феццани</i> | 59 |
| Нубийская система водоносных горизонтов Sandstone | 66 |
| <i>Мохаммед Баххвахи</i> | |
| Большой Артезианский Бассейн, Австралия | |
| <i>М.А. Хабермель</i> | 72 |
| Водоносный горизонт Чили Монтураки – Негрильяр – Тилопосо | |
| <i>Хайме Мукос Родригес</i> | 79 |
| Северный участок бурения Джваненг, Ботсвана | |
| <i>Пелотшивеу Фофуэтсиле</i> | 83 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 86 |

Невозобновляемые ресурсы подземных вод: концепция и значение

Дж. Маргат, С. Фостер и А. Дроби.

■ “Невозобновляемые ресурсы подземных вод” как концепция

Ресурсы подземных вод, в строгом смысле слова, никогда не являются полностью невозобновляемыми. Но в некоторых случаях время, необходимое для их возобновления (сотни или тысячи лет) настолько велико по сравнению с продолжительностью жизни человека и сроками, на которые планируется использование водных ресурсов, что их можно считать невозобновляемыми. В таких случаях разумно использовать термин ‘невозобновляемые подземные воды’ (таблица 1). На рис.1 (А-Д) показаны некоторые гидрогеологические структуры, которые часто связаны с невозобновляемыми ресурсами подземных вод.

В естественных условиях водоносные пласты играют как роль водохранилища, так и источника воды, и в таких пластах вода одновременно накапливается и циркулирует, некоторые водоносные пласты подземных вод содержат огромные запасы воды. Подземные воды содержат около 97% от общего объема пресной воды на планете (если не учитывать воду в форме льда в полярных регионах).

Обновление подземных водных ресурсов - это термин, который основан на сравнении между естественным притоком и накоплением воды в водоносных системах (таблица 2). Период обновления водных горизонтов в природе может составлять менее 10 лет и более 100000 лет. Если пополнение водных запасов очень ограничено, а объем воды в водном горизонте очень большой, подземные ресурсы называются ‘невозобновляемыми’ (таблица 1).

‘Невозобновляемость’ не обязательно означает, что водная система совсем не имеет притока воды или она полностью отрезана от процессов на земной поверхности (так как нулевой приток это очень редкое явление). «природа обновления» (таблица 2)- это некоторая усредненная величина для водоносного пласта, эта величина может сильно изменяться в пределах режима течения в данном горизонте - например, обновление воды может происходить намного быстрее в верхних слоях горизонта большой толщины, чем в нижних слоях, где вода находится в состоянии «стагнации». Необходимо отметить, что и величина дренажа водоносной системы и средняя скорость притока воды не определяются с большой степенью точности, и, поэтому на практике часто трудно отличить действительно невозобновляемые водоносные слои от слоев с низким притоком воды.

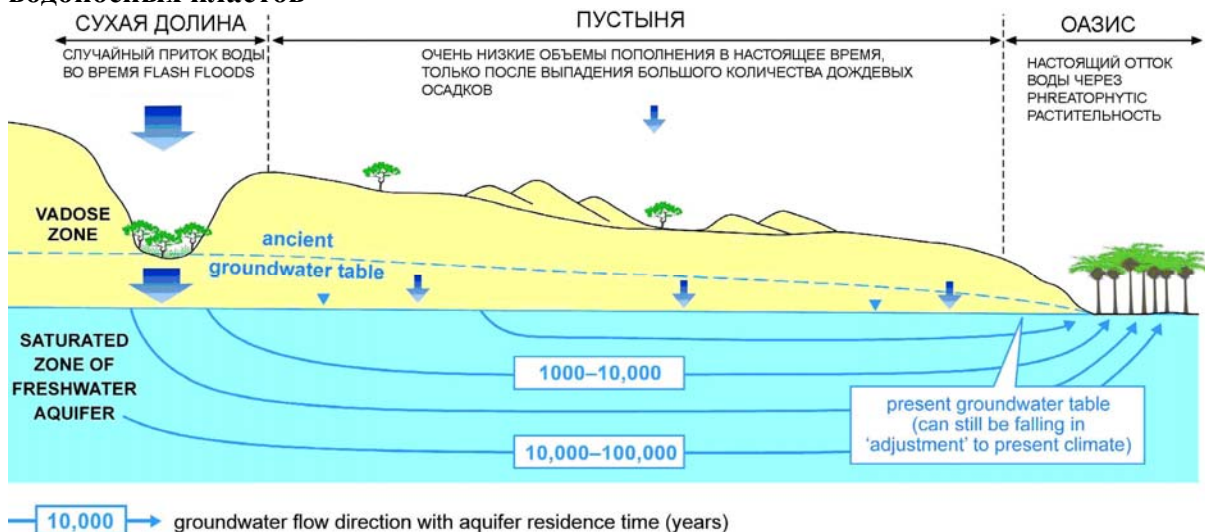
| термин | принятое определение | комментарии |
|--|---|--|
| Невозобновляемые ресурсы подземных вод | доступные для добычи ресурсы подземных вод, которые добываются в течение ограниченного временного интервала из ресурсов водоносного пласта с очень низкой скоростью водообновления ресурсов и большой ёмкостью | <ul style="list-style-type: none"> • некоторые авторы предлагают использовать предельную величину для периода обновления, равную 500 лет. (средний приток, составляющий 0,2% объема водоносного слоя) • некоторые авторы считают, что в определение также необходимо включить предельное количество осадков (например, 300 мм/год) • обычно определяется как суммарный объем добываемой воды или как среднегодовой сток за некоторый фиксированный период в реальных полевых условиях (возможность бурения и гидравлическая производительность), с учетом реальных экономических условий (максимальная возможная стоимость) и учетом потенциально нежелательных побочных эффектов • отсутствие заметного пополнения запасов обычно является следствием малого объема выпадающих осадков в районах неограниченных водоносных пластов, но также может являться результатом гидравлической непроницаемости в некоторых межпластовых водоносных горизонтах |
| Ископаемые подземные воды | воды, инфильтрировавшие за несколько тысячелетий до нашего времени, часто при климатических условиях, отличающихся от климатических условий нашего времени и находящиеся в этих горизонтах в течение нескольких тысячелетий | <ul style="list-style-type: none"> • данный термин является генетическим и кинематическим, так как он связан как с механизмом замещения, так и с возрастом подземных вод (временной интервал, прошедший с момента поступления вод в водоносный пласт) • термин «возраст подземных вод» относится к времени пребывания подземных вод в водоносном пласте, а не к отсутствию притока воды в систему водоносных пластов в целом, и, следовательно, данное определение не обязательно относится к невозобновляемым ресурсам • не следует путать термин «ископаемые ресурсы» с термином «реликтовые подземные воды», находящихся в геологических структурах с момента их образования, такие воды часто имеют высокое содержание солей, и часто обнаруживаются в проницаемых водоупорах (а не водоносных пластах) |
| Чрезмерное использование подземных вод | длительная (в течение многих лет) добыча подземных вод из водоносного пласта в количестве, превышающем среднегодовой приток воды, приводящая к постоянному падению уровня воды и уменьшению запасов в водном пласте, сопровождающегося нежелательными побочными эффектами | <ul style="list-style-type: none"> • термин 'чрезмерное использование' вводится для того, чтобы указать на нарушения в балансе подземных вод в рассматриваемой системе водоносных пластов, а термин 'интенсивное использование' (интенсивная сработка) подземных вод также иногда используется для определения количества добытой воды • однако определение временного интервала или географической площади, для которой производится расчет баланса, всегда является субъективной величиной, и основным интерес обычно вызывают проблемы побочных эффектов истощения подземных вод для потребителей воды из водоносных пластов, третьих сторон и окружающей среды (уменьшение количества воды в колодцах, интрузия соленой воды, оседание почвы, пагубное воздействие на экосистемы и т.д.), а не сам процесс • важно не путать термин 'чрезмерное использование' водоносного пласта с термином 'активное использование' водоносного пласта как регулирующего водохранилища (в период межсезонья или в засушливые годы) без какого-либо нарушения сложившегося в течение многих лет состояния равновесия |
| Добыча подземных вод | извлечение подземных вод из водоносного пласта, имеющего преимущественно невозобновляемые ресурсы, с результирующим обеднением запасов водоносного пласта | <ul style="list-style-type: none"> • процесс, отличающийся от 'чрезмерного использования' водоносного пласта, так как в данном случае сокращение резервов пласта (с побочными эффектами или без них) является постоянным процессом |

Примечание: все термины приведены в соответствии с международным словарем по гидрогеологии (1992 г.), кроме терминов со значком ^, которые не имеют определения в словаре, и терминов со значком ^^, для которых были внесены некоторые изменения (см, например Margat & Saad, 1984; Margat, 1992; Foster, 1992; Margat, 1996; Custodio, 2000; Foster & Kemper, 2002-04; Llamas & Custodio, 2003)...

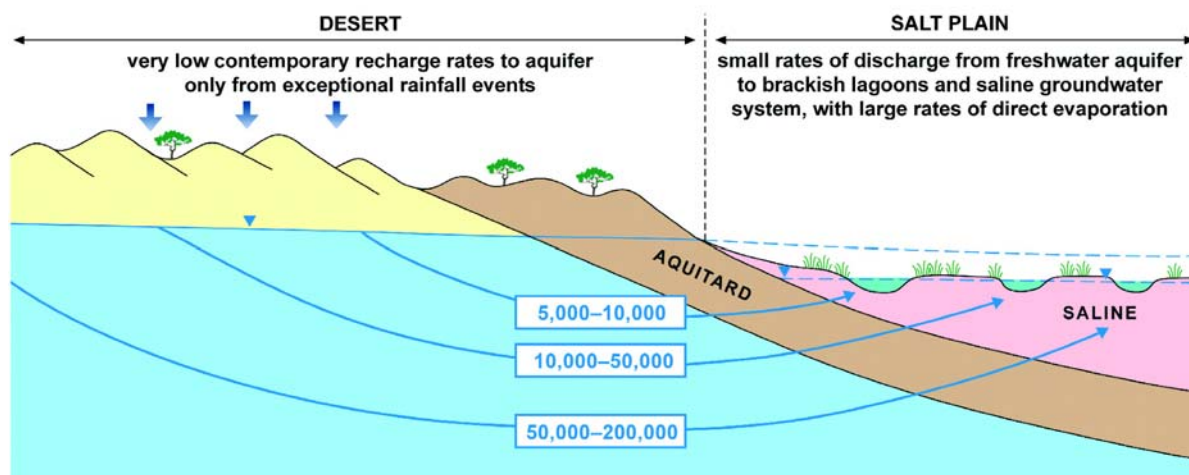
Основные типы невозобновляемых ресурсов подземных вод можно классифицировать следующим образом:

- неограниченные водоносные пласты в местах, где приток воды происходит редко и в небольших объемах, а ресурсы ограничены запасами подземного пласта (рис. 1 А-С);
- 'ограниченные секции' некоторых водоносных систем, где подземные воды перекрывают (или индуцируют) небольшой приток в результате естественного геогидравлического сопротивления потоку подземных вод, и пьезометрическая поверхность постоянно падает при добыче подземных вод

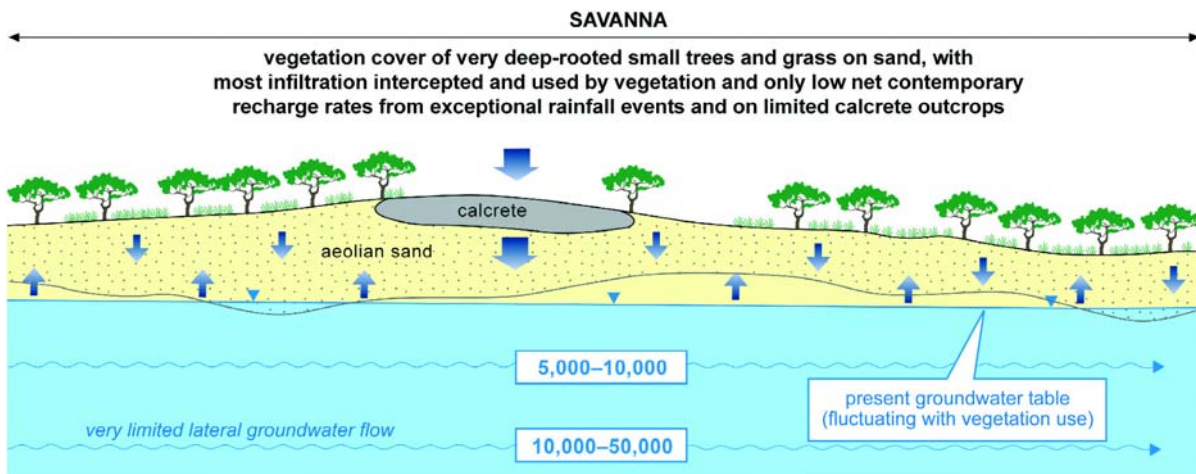
Рисунок 1 Гидрогеологические структуры, иллюстрирующие типы невозобновляемых водоносных пластов



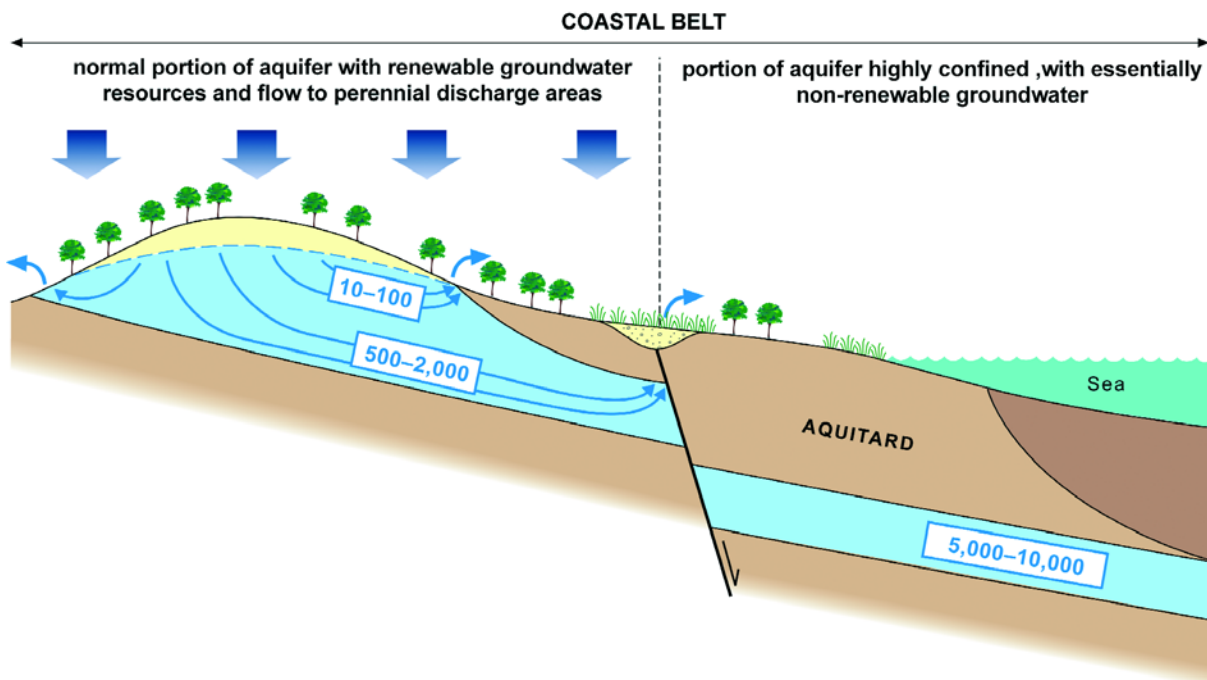
(А) очень засушливая зона со средним количеством выпадающих осадков менее 100 мм/год и продолжительными (до 30 месяцев) сухими периодами, случайные ливни образуют ливневые паводки в сухих долинах (вади) и приводят к небольшому пополнению водоносных пластов, однако, основная часть пласта содержит ископаемые воды, инфильтрированные во время влажного периода в голоцене, по крайней мере, 10000 лет назад, они все еще дают активный остаточный приток в область стока.



(В) климатическая ситуация очень похожа на описанную выше климатическую ситуацию, но гидрогеологическая структура отличается наличием проницаемого водоупора, который препятствует выходу подземных вод и увеличивает время пребывания пресной воды в пласте, при этом происходит небольшое просачивание и сток воды через находящиеся выше соленые подземные воды



(C) полуаридная зона со средним количеством осадков 400 мм/год и сухими периодами до 6 месяцев - песчаный покров закреплен растительностью с глубокими корнями, которая может извлекать воду из почвы с глубины до 30 м, растительность потребляет большую часть воды, инфильтрировавшей в результате коротких сильных ливней, она препятствует инфильтрации до глубины больше 10 мм/год, поэтому подземные воды в этих районах также были, в основном, образованы в период Голоцена.



(D) умеренно влажная зона с годовым количеством осадков более 1000 мм/год, в таких зонах образуются возобновляемые ресурсы подземных вод, однако закрытая водоупором часть водоносного пласта содержит, в основном, невозобновляемые (но пресные) подземные воды, сформированные геологической структурой и геоморфологической историей - эти водоносные пласты являются местным стратегическим запасом.

Подземные воды могут образовываться при различных климатических условиях, но их использование представляет наибольший интерес в наиболее засушливых регионах.

Таблица 2 Гидрогеологическая концепция обновления ресурса подземных вод

| параметр | символ | размерность | единицы |
|---|--------|-----------------------|------------|
| "Обновление ресурсов подземных вод - это замещение или перемещение подземных вод в водоносном пласте в результате притока воды в водоносный пласт" | | | |
| Суммарные дренируемые запасы водоносного пласта* | S | L^3 | Mm^{3**} |
| Среднегодовая скорость притока в водоносном пласте | R | L^3 / T | $Mm^3/год$ |
| Скорость обновления воды в водоносном пласте | R/S | $L^3/TL^3 \times 100$ | %год |
| Период обновления водоносного пласта | S/R | L^3T/L^3 | год |
| "Обновление- это сравнительная (а не абсолютная) величина, она включает в себя как общий объем воды в водоносном пласте, так и приток воды, и эта величина изменяется в широком диапазоне вследствие действия геологических факторов (толщина водоносного пласта и пористость пород) и климатических условий (особенно, режим выпадения осадков)" | | | |

Примечания:

* специалисты признают, что термин «дренируемый водоносный пласт» является довольно субъективной величиной.

** Mm^3 ($10^6 m^3$) также во многих странах имеет другое значение, часто для описания больших водоносных пластов. L=протяженность, T= время.

Наиболее важным фактором является то, что добыча воды из невозобновляемых водоносных пластов является извлечением запасов водоносного пласта (таблица 1), в результате такие водоносные пласты невозможно использовать в будущем для стратегических целей. Этот вид добычи воды из водоносного пласта имеет большее социальное, экономическое и политическое значение, чем другие виды добычи воды.

Управление невозобновляемыми водными ресурсами в различных гидрогеологических условиях требует учета ряда важных факторов:

- некоторые невозобновляемые водоносные пласты поддерживают (прямо или косвенно) важные водные экосистемы (например, рис. 1А и В);
- невозобновляемые подземные воды могут быть уязвимы к загрязнению, вызванному плохо контролируемой деятельностью человека на поверхности земли, особенно, сброс загрязненных и/или соленых сточных вод (например, ситуации на рис. 1А и С);
- при определенных условиях естественная растительность может реактивировать приток воды в глубоких подземных пластах (например, рис.1С), но она также может приводить к мобилизации солей, ранее накопленных в вадозной зоне;
- если доступ к источнику воды можно получить с помощью труб или других приспособлений, это может позволить дать искусственный приток воды в водоносный пласт, однако при этом необходимо соблюдать меры предосторожности, чтобы избежать мобилизации соленых вод.

Добыча вод из невозобновляемых водоносных пластов обычно влечет за собой извлечение так называемых 'ископаемых вод' (таблица 1), которые образовались как результат стока в прошлом, когда климат был более влажным. Однако, нельзя использовать термины 'невозобновляемые ресурсы подземных вод' и 'ископаемые воды' как синонимы, так как существует много водоносных систем, которые содержат большие объемы ископаемых вод (обычно, периода Голоцена) на таких глубинах, что при добыче воды они замещаются (или обновляются) за счет нового притока воды.

■ Масштаб и распределение невозобновляемых ресурсов

- Географическое распределение невозобновляемых ресурсов подземных вод определяется двумя основными факторами:
- Гидрогеологическая структура: существование подземных водных резервуаров или наличие водоупорной кровли и барьеров для стока, хотя межпластовые водоносные горизонты, из которых вода извлекается только при понижении давления, имеют намного меньшие объемы
- Климатические условия: засушливый климат с небольшим количеством осадков и стоком, что дает очень низкий приток в водоносные пласты.

Распределение основных водоносных горизонтов, содержащих невозобновляемые водные ресурсы (таблица 3), в основном определяется наличием глубоких резервуаров в больших бассейнах, образованных осадочными породами, в полуаридных и аридных зонах. Именно эти регионы испытывают недостаток в возобновляемых водных ресурсах и заинтересованы в изучении невозобновляемых водоносных пластов.

Таблица 3. Большие водоносные пласты, содержащие, в основном, невозобновляемые подземные воды

| Страна | Водная система | Объем (km ²) | (Mm ³) | Объемы добычи в настоящее время (Mm ³ /a) | Последнее упоминание в литературе |
|--|---|--------------------------|--------------------|--|--|
| Египет, Ливия, Судан, Чад | Нубийский песчаник | 2200000 | 14460,000 | 2170,000 | ЮНЕСКО-МГР (2006) Bakhbakhi, (данная монография), OSS (2003) |
| Алжир, Ливия, Тунис | Северо-Западная Сахара | 1000000 | 1280000 | 2560 | Pallas and Salem (1999), OSS (2003) |
| Алжир, Ливия, Нигер | Мурзыкский бассейн | 450000 | 60 до 80000 | 1750 | Salem (1992), OSS (2003) |
| Мавритания, Сенегал, Гамбия | Мастритиан | 200000 | 480 до 580000 | 265 | Khoury (1990), OSS (2003) |
| Мали, Нигер, Нигерия | Иуллемеден, Многослойный Континентальный | 500000 | 250000 до 2000,000 | 225 | Dodo (1992), OSS (2003) |
| Нигер, Нигерия, Чад, Судан, Камерун, Ливия | Бассейн Чад | 80000 | 86000 | 2890 | Carlsson (1993) |
| Ботсвана | Центральная Калахари Песчаник Карро | 80000 | 86,000 | 2,890 | Carlsson (1993) |
| Саудовская Аравия, Бахрейн, Катар, ОАЭ | Различные водные системы | 225000 до 250000 | 500000 до 2185000 | 13790 | Abderraman (this volume) |
| Иордания (только)* | Водоносный горизонт Ка Дизи | 3000 | 6250 | 170 | Garber and Salameh (1992) |
| Австралия | Большой Артезианский бассейн | 1700000 | 170000 | 600 | Habermehl (this volume) |

Примечания:

* простирается на территорию Саудовской Аравии, где он включен в представленные данные

Водоносные горизонты, содержащие невозобновляемые водные ресурсы, также залегают и в регионах с влажным климатом, однако они имеют менее широкое распространение и меньшее значение, за исключением случаев, когда глубоко расположенные, жестко ограниченные межпластовые водоносные горизонты перекрываются артезианскими колодцами. Кроме того, невозобновляемые водные ресурсы могут образовываться в районах вечной мерзлоты, где разрастание слоев мерзлоты препятствует притоку воды или полностью перекрывает приток (например, некоторые бассейны осадочных пород в Сибири, северо-западной Канаде и на Аляске).

■ Современное использование невозобновляемых ресурсов

Водоносные системы, содержащие невозобновляемые водные ресурсы, где производилась добыча воды в больших объемах, расположены, в основном, в Северной Африке и на Аравийском полуострове (таблица 4). В этих регионах большие водоносные системы с Н.В.Р., в основном, являются трансграничными, этот фактор создает особые условия и налагает некоторые ограничения на управление этими ресурсами.

В соответствии с имеющейся в наличии статистикой (несомненно, далеко не полной) общий объем добываемых подземных вод составляет 27000 миллионов м³/год, и, если эту величину сравнить с объемом используемых подземных вод, 670000 Мм³/год (Шикломанов, 1998 г.), то видно, что процент используемых подземных вод составляет 4%. Добыча подземных вод, в основном, сосредоточена в Саудовской Аравии и Ливии, где добывается 77% от общего объема невозобновляемых подземных ресурсов.

Таблица 4. Использование невозобновляемых ресурсов подземных вод

| Страна | Год проведения оценки | Подземные воды 10 ⁶ м ³ /год | | |
|-------------------|-----------------------|--|----------------------------|--------------------------|
| | | Для водопотребителей* | Суммарный использов. Объем | Невозобновляемые ресурсы |
| Алжир | (2000) | 54% | 2,600 | 1,680 |
| Саудовская Аравия | 1999 (1996) | 85% | 21,000 | 17,800 |
| Бахрейн | 1999 (1996) | 63% | 258 | 90 |
| Египет | 1999 (2002) | 7% | 4,850 | 900 |
| ОАР | 1999 (1996) | 70% | 900 | 1,570 |
| Иордания | 1999 (1994) | 39% | 486 | 170 |
| Ливия | 1999 | 95% | 4,280 | 3,014 |
| Оман | 1999 (1991) | 89% | 1,644 | 240 |
| Катар | 1999 (1996) | 53% | 185 | 150 |
| Тунис | 2000 | 59% | 1,670 | 460 |
| Йемен | 1999 (1994) | 62% | 2,200 | 700 |

Примечания:

* Доля водопотребления, обеспечиваемая подземными водами

Источник: Based on Margat (1995, 1998, 2004), UN-FAO (1997), UN-ECSWA (1999).

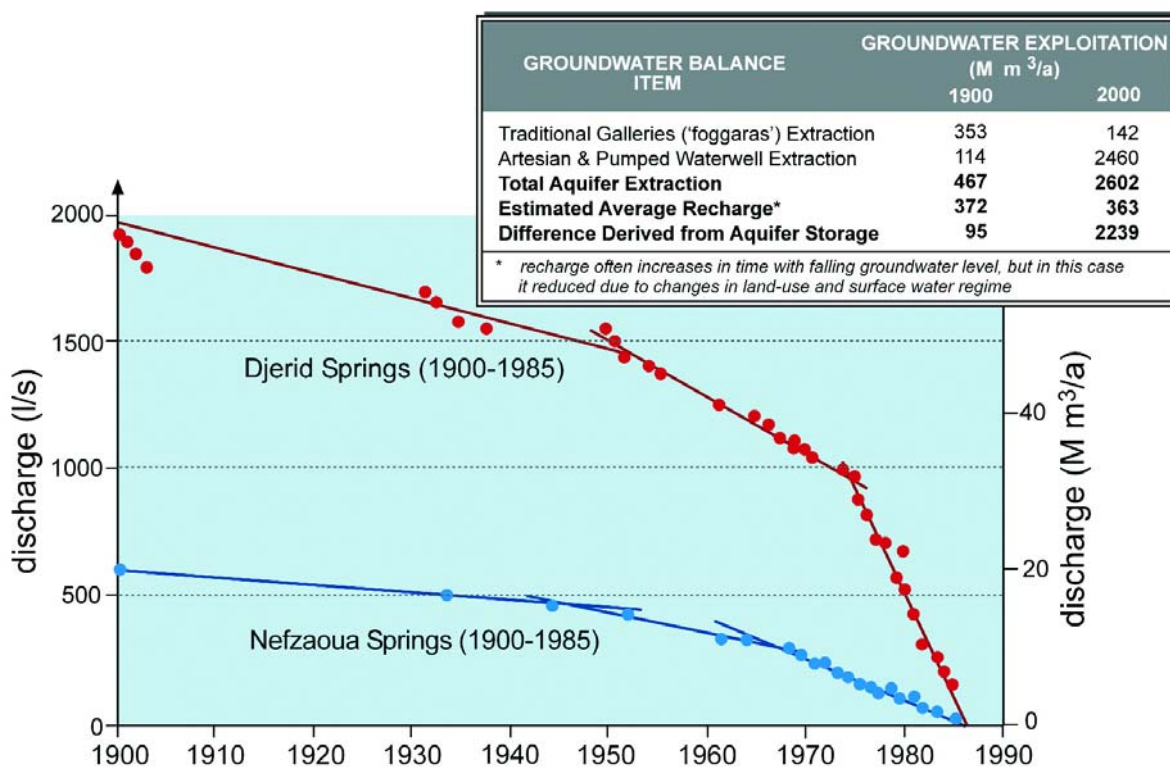
В этих странах невозобновляемые водные ресурсы представляют собой значительную или основную составляющую в водоснабжении (84% в Саудовской Аравии и 67% в Ливии), и используются как для водоснабжения городского населения, так и для ирригации в сельском хозяйстве.

Другие большие водоносные горизонты, например, водоносный горизонт четвертичного периода на северо-китайской равнине (Foster, 2004) расположены в менее засушливых регионах с достаточно высоким уровнем ежегодных осадков, но они также подвергались длительной чрезмерной эксплуатации. Можно ли отнести данные случаи к 'добыче невозобновляемых водных ресурсов' является спорным вопросом, так как этот термин обычно применяется к добыче ограниченных объемов подземных вод из замкнутых частей водоносных систем, и поэтому данные системы не включены в список использования невозобновляемых водных ресурсов.

■ Сценарии использования невозобновляемых ресурсов подземных вод

На практике использование невозобновляемых ресурсов подземных вод становится возможным только при наличии технических и экономических средств добычи подземных вод из водоносного пласта. В качестве примера можно привести увеличение использования ресурсов подземных вод из водоносных горизонтов в северо-западной Сахаре в Алжире, Ливии и Тунисе (рисунок 2), это привело к постепенному уменьшению объемов основных весенних потоков. Необходимо отметить, что согласно оценкам объем добываемых подземных вод в 6 раз больше притока (Мамои, 1999).

Рисунок 2 Добыча подземных вод и побочные эффекты для окружающей среды в водоносной системе Северо-Западной Сахары



На рисунке показано последовательное уничтожение основных поверхностных стоков в Южном Тунисе в течение XX века, на рисунке также показаны общие характеристики водоносной системы в Алжире, Ливии и Тунисе.

Использование невозобновляемых ресурсов подземных вод можно классифицировать следующим образом (Foster и Kemper, 2002-04):

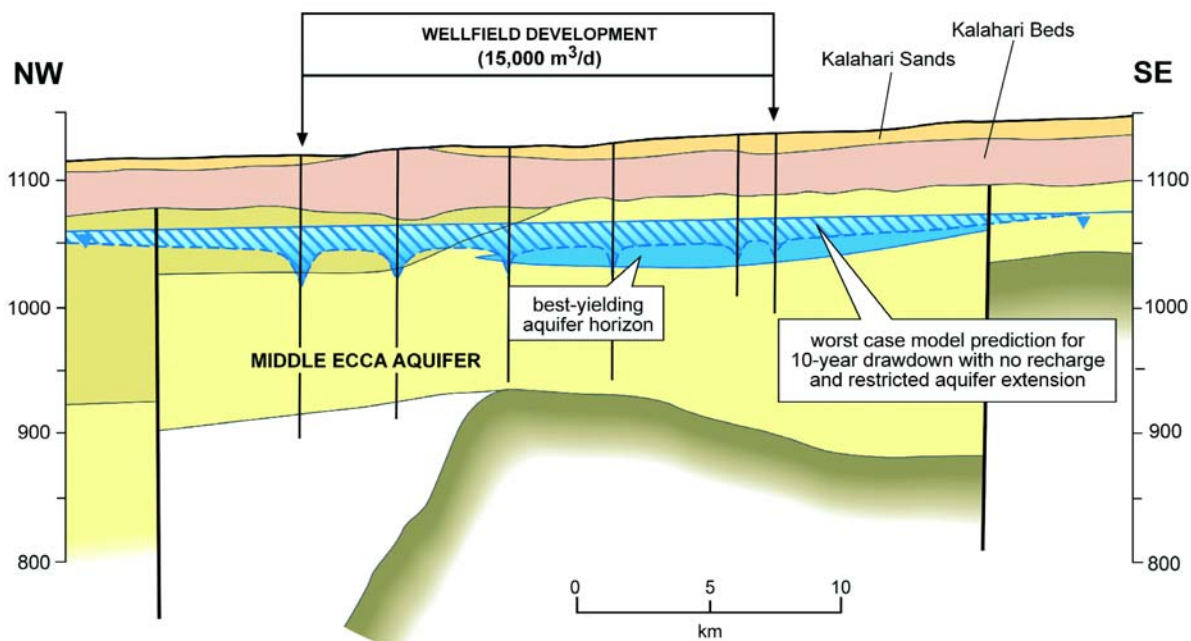
- плановое использование, когда добыча подземных вод тщательно продумывается с самого начала, добыча подземных вод производится в рамках специальных проектов в аридных зонах с низким притоком (например, рисунок 3)

- неплановое использование, которое в результате интенсивной добычи воды в аридных зонах с низким притоком воды в современных условиях или при наличии барьеров между глубокими горизонтами и зоной питания может привести к истощению водных ресурсов (например, рисунок 4).

Неплановое использование невозобновляемых ресурсов подземных вод может подорвать и, в конечном итоге, разрушить экономическую и социальную жизнеспособность традиционного, зависящего от подземных вод, сообщества, и примеры упадка таких сельских сообществ широко известны.

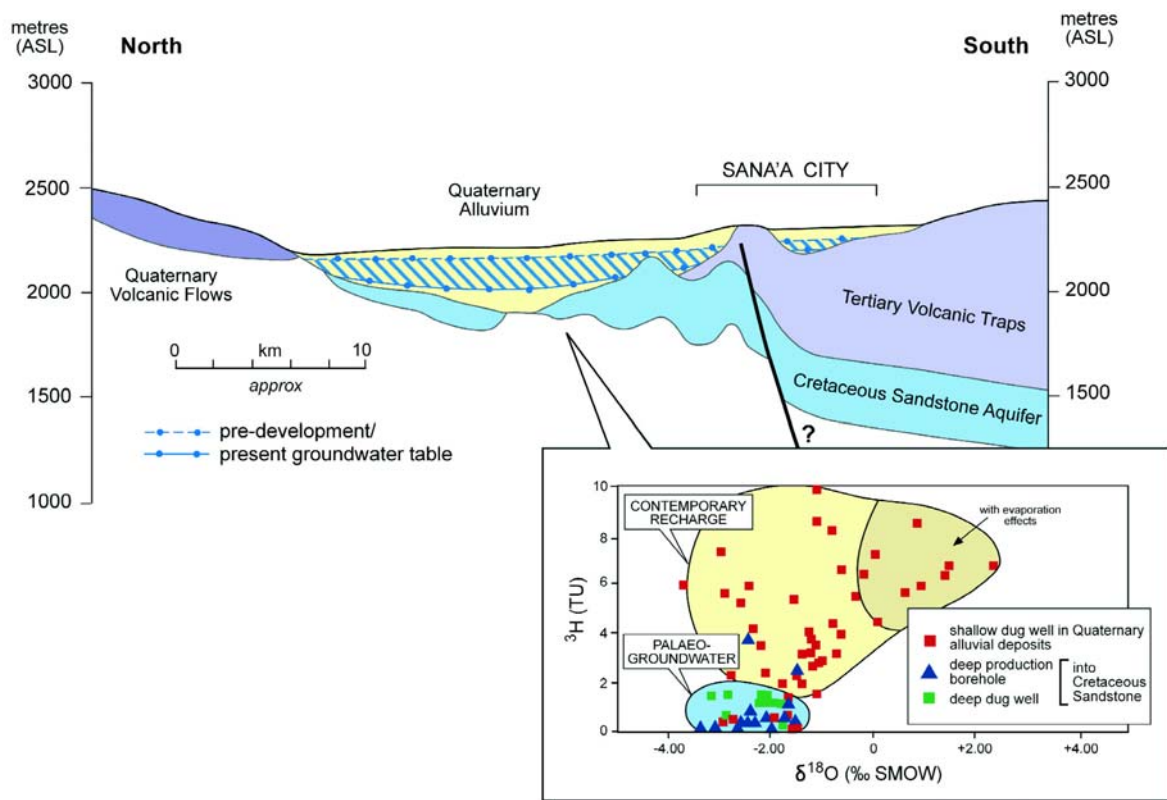
Следовательно, необходимо планировать использование невозобновляемых ресурсов подземных вод, контролировать их использование и готовить население в социальной и экономической сфере к тому, чтобы они лучше научились решать проблемы нехватки воды при истощении подземных ресурсов.

Рисунок 3 Плановая добыча, в основном, невозобновляемых ресурсов подземных вод в Южной Калахари, в Ботсване (Foster et al., 1982)



Было установлено, что гидрогеологические условия в области песчаника Middle Есса (Карроо) образуют водоносный пласт, который может давать объем воды 5 Мм³/год. Вопрос о физической и социальной перспективности добычи подземных вод возникал ещё в 1980-х годах до начала разработки водоносного пласта, так как детальные исследования показали, что большая часть водных запасов в водоносном пласте является невозобновляемой вследствие слабой инфильтрации в этот водоносный пласт. Однако, наихудший сценарий последствий добычи воды (в течение 20 лет), генерированный числовой моделью водоносного пласта, показал отсутствие пагубных последствий долгосрочной добычи воды для снабжения города и традиционных ранчо, и проведенный через 20 лет мониторинг подтвердил правильность результатов моделирования.

Рисунок 4 Неплановая добыча невозобновляемых подземных вод из глубокого водоносного пласта под бассейном Сана в Йемене



Этот аридный бассейн (среднегодовая норма осадков меньше 250 мм/год) имеет аллювиальный водоносный горизонт четвертичного периода (изотопные данные показывают приток воды из дождевых стоков), данный водоносный горизонт частично расположен над водоносным пластом Sandstone, образованным в Меловой период. Для этого пласта нет данных о каком-либо пополнении водных запасов, в основном он содержит палеонтологические подземные воды (Aggarwal et al, 2002). При отсутствии какого-либо регулирования добычи воды было пробурено 13000 скважин для целей водоснабжения городских и сельских районов и ирригации 23000 га, подземные воды частично извлекались из глубокого горизонта, при этом в результате дисбаланса между добычей и поступлением воды наблюдалось падение уровня 3-5 м/год (Foster, 2003).

■ Список литературы

- AGGARWAL P., WALLIN B. and STICHLER W. 2002. Isotope Hydrology of Groundwater Investigations in the Sana'a Basin, Yemen. IAEA TC Project Report YEM-8-002 (Vienna, Austria).
- CARLSSON L., SELAULO E. and VON HOYER M. 1993. Assessment of Groundwater Resources in Botswana – Experience from the National Water Master Plan Study. Proc Intl. Conf. 'Africa Needs Groundwater' (Witwatersrand, Sept. 1993) Geological Society of South Africa.
- CUSTODIO E. 2000. The Complex Concept of Overexploited Aquifers. Papeles. Proyecto Aguas Subterráneas, Series A2. Fundación Marcelino Botín, Santander, Spain.
- DODO A. 1992. Étude des circulations profondes dans le grand bassin sédimentaire du Niger – Identification des aquifères et compréhension des fonctionnements. PhD Thèse Université de Neuchatel, Suisse. 101 pp.
- FOSTER S.S D. 1992. Unsustainable Development and Irrational Exploitation of Groundwater Resources in Developing Nations – An Overview. IAH, Hydrogeology Selected Papers 3: 321–36. 2003. Rationalizing Groundwater Resource Utilization in the Sana'a Basin – Yemen. GW-MATE Case Profile Collection 2 : World Bank (Washington DC, USA). Website publication, <http://www.worldbank.org/gwmate>.

- FOSTER S. S.D., MACKIE C.D. and TOWNSEND P. 1982. Exploration, Evaluation and Development of Large-Scale Groundwater Supplies in the Botswana Kalahari. Proceedings Institution of Civil Engineers I, London. 72 : 563–84.
- FOSTER S.S.D. and KEMPER K.E.(eds). 2002–2004. GW-MATE Briefing Note Series ‘Groundwater Management : Concepts and Tools’. World Bank, Washington DC, USA. Website publication <http://www.worldbank.org/gwmate> :
- 2.Characterization of Groundwater Systems – Key Concepts and Frequent Misconceptions.
3.Groundwater Management Strategies – From Supply Development to Demand Constraints.
11.Utilization of Non-Renewable Groundwater – A Socially-Sustainable Approach to Resource Management.
- FOSTER S.S.D., GARDUNO H., EVANS R., TIAN Y., ZHANG W. and HAN Z. 2004. Groundwater-Irrigated Agriculture on the North China Plain – Assessing and Achieving Sustainability. Hydrogeology Journal, 12 : 81–93.
- GARBER A. and SALAMEH E. 1992. Jordan’s Water Resources and their Future Potential. Proc. Symp. ‘Water Resources’ (Amman, Oct. 1992). University of Jordan, 120 pp.
- KHOURI J. 1990. Arab Water Security – A Regional Strategy for Horizon 2030. Int. Semin. ‘Stratégies de gestion des eaux dans les pays méditerranéens’ (Alger, May 1990). CCE/ Gouvern. Alger/CEFIGRE. 68 pp.
- LLAMAS M.R. and CUSTODIO E. 2003. Intensive Use of Groundwater: Challenges and Opportunities. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- MAMOU A. 1999. Gestion des ressources en eau du Système Aquifère du Sahara Septentrional. OSS,Tunis. 13 pp.
- MARGAT J. 1992. Les eaux fossiles. Afrique Contemporaine, 161: 76–8.. 1995. Les ressources en eau des pays de l’OSS – Évaluation, utilisation et gestion. UNESCO/OSS Publication. 80 pp.1996. Les ressources en eau. UN-FAO/BRGM Série Manuels et Méthodes 28. Orléans, France.146 pp.. 1998. Les eaux souterraines dans le Bassin Méditerranéen – Ressources et utilisation. BRGMPlan Bleu Publication (Orléans, France) 282. 110 pp.. 2004. L’eau des Méditerranéens – Situation et perspective. PAM Plan Bleu Rapport Techniques. Athens-Greece (in press).
- MARGAT J. and SAAD K.F. 1984. Concepts for the Utilisation of Non-Renewable Groundwater Resources in Regional Development. Natural Resources Forum, 7 : 377–83.
- PALLAS P. and SALEM O.M. 1999. Water Resources Utilisation and management of the Socialist People Arab Jamahiriya. UNESCO IHP-V Technical Documents in Hydrology 42. Proc. Int.Conf. ‘Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources’ (Tripoli/Nov.1999).OSS. 2004. Water resources in the OSS (Observatory of the Sahara and the Sahel) countries,UNESCO-IHP Non Serial Publications in Hydrology, 2004.
- SALEM O.M. 1992. The Great Man-Made River Project – A Partial Solution to Libya’s Future Water-Supply. Water Resources Development 8 : 270–8.
- SALEM O.M. and PALLAS P. 2002. The Nubian Sandstone Aquifer System. In: Appelgren, B. (editor). 2004. Managing Shared Aquifer Resources in Africa. ISARM-AFRICA. Proceedings of the International Workshop, Tripoli, Libya, 2-4 June 2002. IHP-VI, Series on Groundwater No. 8.UNESCO, Paris.
- SHIKLOMANOV I.A. 1998. World Water Resources – A New Appraisal and Assessment for the 21st Century. UNESCO-IHP Publication, Paris, France.

TERAP M.M. and KAIBANA B.W. 1992. Ressources en eau souterraine du Tchad. OSS Atelier de lancement du projet 'Aquifères des Grands Bassins' (Cairo, Nov. 1992).

THORWEIHE U. and HEINI M. 1999. Groundwater Resources of the Nubian Aquifer System.

UNESCO-IHP V Technical Documents in Hydrology 42 (Proc. Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources', Tripoli, Nov. 1999).

UN-ESCWA. 1999. Up-dating the Assessment of Water Resources in ESCWA Member Countries.

UN Expert Group Meeting Paper (Beirut, April 1999). 147 pp.

UN-FAO. 1997. Irrigation in the Near-East Region in Figures. UN-FAO (Rome), Water Reports 8:283 pp.

UNESCO. 2006. Ressources en eau et gestion des aquifères transfrontaliers de l'Afrique du Nord et du Sahel. ISARM-Africa. IHP-VI, Series on Groundwater No. 11. UNESCO, Paris.

Социальные и экономические аспекты невозобновляемых водных ресурсов

Мохаммед Аль-Эруани, Бо Арредчен и Стивен Фостер

■ Концепция социально-экономического устойчивого развития

В литературе не существует точного определения термина 'социальное устойчивое развитие', хотя в работе Туртона Охлсона (1999) было дано определение близкого термина 'способности общества адаптироваться к недостатку воды'.

Термин 'социальное устойчивое развитие' включает учет социальных потребностей и целей, которые могут быть разными на разных этапах развития, в разных местах и для разных народов. Изменение природы социального устойчивого развития и опасность деградации ресурсов являются важными факторами при разработке планов использования невозобновляемых ресурсов подземных вод. Для того чтобы учитывать приведенные выше факторы необходимо периодически пересматривать и изменять планы, чтобы включать изменившиеся обстоятельства и возросший объем информации.

Основные положения Брундландской комиссии:

Термин социальная устойчивость обозначает поддержание благосостояния людей, в большой степени зависящих от каких-либо природных ресурсов, посредством регулирования состояние ресурса с поддержанием одинакового уровня отдачи ресурсов для следующего поколения.

План социально-устойчивого развития для использования невозобновляемых водных ресурсов должен включать три следующих условия (Borrini-Feyerabend, 1997):

- поддержание (или улучшение) благосостояния населения, зависящего от данного ресурса, посредством удовлетворения социальных, экономических и культурных потребностей, а также охраны окружающей среды в настоящее время и в будущем,
- управление действиями отдельных лиц и сообществ, влияющих на использование ресурсов, посредством укрепления их потенциала для сотрудничества в управлении ресурсами и обеспечения финансовых, юридических, технических, институциональных и политических условий для выполнения намеченного плана управления ресурсами,
- изучение вопроса выживания человечества не только с точки зрения современного и будущего поколений, но и с точки зрения сохранения ресурсов от поколения к поколению и обеспечения экономических и социальных возможностей всем заинтересованным сторонам, включая следующие поколения.

■ Социально-устойчивое использование невозобновляемых водных ресурсов

Применение термина «устойчивость» к 'добыче ресурсов подземных вод' имеет свою специфику. Он интерпретируется в «социальном контексте» и поэтому «устойчивость» не означает сохранение ресурсов подземных вод для следующих поколений, а определение состояния равновесия между использованием невозобновляемых ресурсов и «устойчивыми условиями жизни человека». Исходной точкой является определение планирования на определенное количество лет устойчивого (не менее 20 лет, предпочтительно, 50-100 лет) использования невозобновляемых ресурсов подземных вод, и в тоже время учет 'побочных факторов' и 'последствий использования невозобновляемых ресурсов' для временных интервалов в 100-500 лет и их влияния на климат. На практике необходимость использования невозобновляемых ресурсов может возникнуть как по плановому, так и по неплановому сценариям (Foster and Kemper, 2002–04), при этом каждый из сценариев имеет свою систему управления.

При решении задачи управления ресурсами подземных вод необходимо учитывать следующие факторы:

- недостаток диагностических данных,
- большое количество индивидуальных водопользователей,
- пагубное воздействие чрезмерной эксплуатации становится заметным не сразу, а через некоторое время,
- ущерб для ресурсов может иметь значительные последствия, которые будут действовать в течение длительного времени.

В таких ситуациях необходимо применять специальные методы управления, учитывающие риски и неопределенности, которые могли бы уменьшить возможные конфликты в будущем (WWAP, 2003).

■ Сценарий планового сокращения ресурсов

«Сценарий планового сокращения ресурсов» должен включать критерий социальной устойчивости, т.е. плановое использование запасов подземных вод (для системы, из которой мало воды добывалось в прошлом), минимальное ухудшение качества воды и максимальное увеличение продуктивности подземных вод с учетом ожидаемых положительных результатов и отрицательных последствий, рассчитанных для конкретного временного интервала и на точно определенной площади. Цель такого сценария - такое использование подземных вод, которое бы позволило получить максимальные долгосрочные положительные результаты для экономического и социального развития местного населения и уменьшить пагубные последствия добычи подземных вод на общество, лучше подготовив общество к социально-экономическим проблемам, вызванным недостатком воды при истощении запасов вод. Одним из решений социальных проблем может быть создание и расширение производств с высокой прибавочной стоимостью, не требующих большого объема воды.

Для реализации такого сценария необходимо разработать и внедрить **стратегию выхода** к моменту, когда запасы подземных вод существенно сократятся. Это будет означать, что общество использовало запасы подземных вод для того, чтобы достичь экономического, социального и технического прогресса, который позволит следующим поколениям производить пополнение запасов воды при разумных капитальных и операционных затратах. Данный сценарий также означает создание возможностей для сотрудничества водопользователей с целью более эффективного управления водными ресурсами.

Основной проблемой в процессе планирования является определение количества воды, которое можно добыть из горизонта, чтобы дать максимальные преимущества для местного населения. Анализ ситуации включает оценку трех основных составляющих:

- Экономический эффект добычи подземных вод и увеличение стоимости добычи при различных технологиях добычи, что определяет экономическую целесообразность предлагаемых проектов.
- Определение долгосрочных последствий эксплуатации подземных вод всеми традиционными водопользователями, для того чтобы можно было определить вид компенсации для прогнозируемого или реального сокращения запасов. В случае, когда важной проблемой является защита местного населения, то необходимо гарантировать, что в конце предполагаемого периода интенсивной эксплуатации в водных горизонтах остается достаточное количество воды достаточно хорошего качества, чтобы обеспечивать виды деятельности населения, существовавшие до интенсивной добычи воды (хотя и с возросшими затратами). Этого результата можно достичь и другим способом - ограничить 'средний объем добываемой воды' при интенсивной эксплуатации, уменьшив его ниже среднего значения за определенный в проекте период (например, 20 м через 50 лет или 50 м через 30 лет).
- Зависимость всех водных экосистем от подземных вод, и определение возможности поддержания подземных горизонтов (хотя и в меньшем объеме) за счет компенсационного притока местных ирригационных вод и/или питания водоносного горизонта. Этот фактор должен обязательно учитываться при определении приемлемости проекта подобных подземных вод.
- При разработке плана добычи подземных вод необходимо проводить социально-экономический анализ и, следовательно, рассматривать другие секторы экономики, а не только добычу воды. Следовательно, при моделировании объема добываемой воды необходимо учитывать два фактора: распределение добываемой воды между секторами экономики и изменение объема добываемой воды как функцию времени, что позволит определить оптимальный график добычи с целью достижения максимальных экономических критериев (экономической эффективности). Однако часто бывает трудно точно предсказать долгосрочные социально-экономические последствия. Можно только утверждать, что используемые в настоящее время невозобновляемые водные ресурсы не будут доступны следующим поколениям, однако часто социально-экономические достижения, которые дает использование водных ресурсов следующим поколениям имеют намного большее значение для будущих поколений, чем сохранение ресурсов для их использования в будущем.

Приведенный анализ показывает, что при разработке невозобновляемых водных ресурсов (Louvet and Margat, 1999), необходимо учитывать следующие факторы:

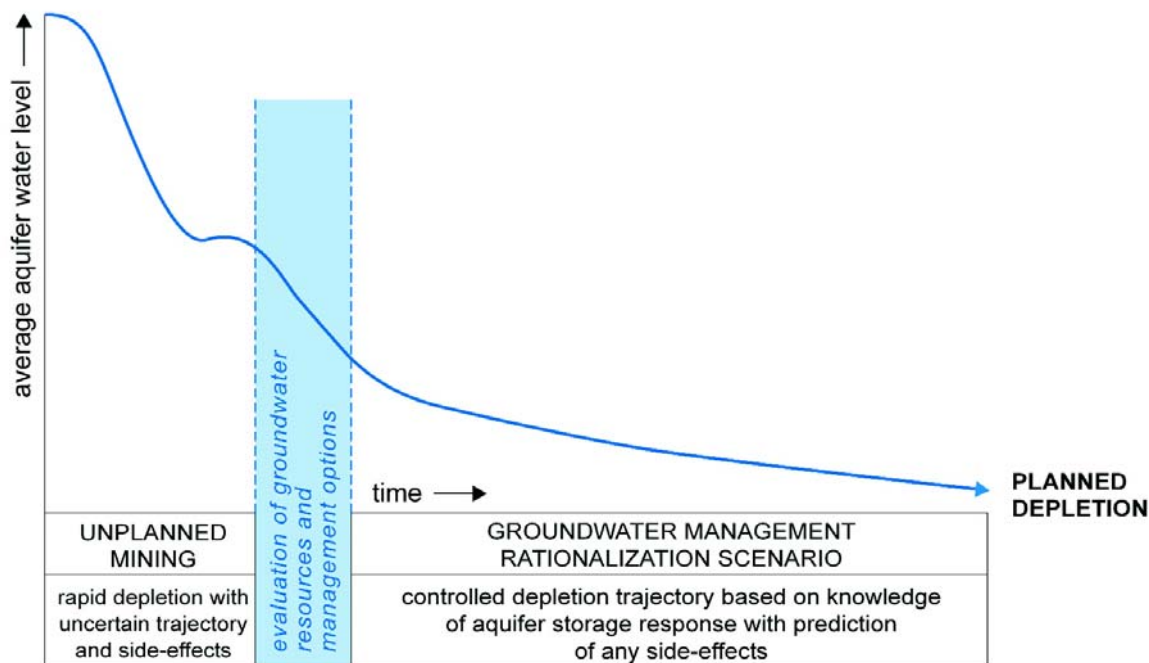
- на стадии оценки объема водных ресурсов необходимо определить объем подземных вод, который можно добывать в определенный интервал времени из определенного горизонта с учетом допустимого понижения уровня воды
- добыча подземных вод из невозобновляемых источников должна быть обоснована социально-экономической ситуацией и отсутствием других источников воды, добыча подземных вод должна быть плановой и контролируемой.

■ **Сценарий рационализации добычи подземных вод**

В случае неплановой добычи подземных вод критерий социальной устойчивости подразумевает '*рационализацию*' добычи и использования воды с целью достижения упорядоченного использования ресурсов подземных вод (рисунок 5), которое позволит максимально сократить ухудшение качества воды, максимально увеличить продуктивность добычи и выиграть время, необходимое для перехода местного населения к экономике менее зависящей от водных ресурсов. Использование подземных вод в будущем должно постепенно сокращаться, и поэтому необходимо будет вводить методы управления водными ресурсами в соответствии с их потреблением. В более отдаленном будущем основной приоритет будет

иметь использование подземных вод только для целей снабжения питьевой водой, использование воды для других целей будет сильно ограничено. Использование ресурсов и управление ресурсами подземных вод, направленное на достижение устойчивого социального развития, должно изменяться в зависимости от стадии плановой добычи.

Рисунок 5 Задачи управления ресурсами подземных вод - 'рационализаторские сценарии'



Концепция рационализации представляет собой рационализацию добычи воды, которая ранее добывалась в чрезмерно больших объемах, без учета каких-либо местных особенностей, эксплуатацию водных ресурсов по типу 'увеличение спроса'- 'увеличение предложения', однако, в рамках четко-определенной долгосрочной структуры управления водными ресурсами, которая позволяет проводить систематическое планирование объема добываемых водных ресурсов и социально-экономического развития.

При использовании ресурсов подземных горизонтов, из которых ранее уже было добыто большое количество воды, необходимо разработать специальный план добычи. В таких случаях очень трудно учесть и реализовать интересы всех заинтересованных сторон в рациональном плане использования водных ресурсов, достичь рационального использования скважин и всей водоносной системы, и в то же время реализовать постепенный переход населения к другим видам деятельности, не требующим большого количества воды, и/или достижения такого уровня развития, что население сможет оплачивать более высокую стоимость альтернативного способа водоснабжения. Для того чтобы сделать ситуацию менее напряженной, необходимо использовать все экономически приемлемые способы увеличения питания тех слоев водоносного горизонта, которые периодически испытывают недостаток в притоке поверхностных вод.

■ Планирование устойчивого социального развития

Планирование добычи подземных вод с учетом социальных последствий или перевод процесса добычи на социальную основу должен включать следующие элементы:

- периодическую оценку «социального благополучия» населения
- эффективность участия населения в регулировании использования подземных вод
- одобрение уровня сохранения объема водных ресурсов для следующих поколений.

Специальные критерии или параметры этих элементов должны быть включены в модель использования ресурсов, разработанную для каждого водоносного горизонта.

■ Социальное благополучие

Планирование и использование ресурсов подземных вод с учетом устойчивого социального развития должно осуществляться на основе критериев, приведенных в таблице 5, которые определяют благополучие сообществ, жизнь которых зависит от рассматриваемых водных ресурсов.

- **Безопасность доступа к водоснабжению.**

Принимая во внимание права водопользователей, регулируемый доступ к воде, мониторинг в течение всех лет действия плана, а также деятельность предыдущих пользователей, можно сделать вывод, что для обеспечения безопасности доступа к водоснабжению необходимо создать систему получения разрешения для бурения скважин, разработать научно-обоснованные требования к расстоянию между скважинами, проводить мониторинг использования воды, её уровня и качества, разработать численную модель водоносного горизонта, периодически определять падение уровня воды и корректировать санкционированный забор воды с учетом состояния водоносного горизонта.

- **Экономические и социальные возможности**

Планирование использования ресурсов подземных вод для ускорения долгосрочного экономического и социального развития с целью предоставления возможностей всем заинтересованным сторонам, включая будущие поколения.

- **Справедливое и эффективное принятие решений**

Поддержка прав местного населения в использовании решений, влияющих на их средства существования, включая разработку механизмов участия местного населения в принятии решений в процессе планирования, внедрения, разрешения конфликтов, распределения прибыли/ответственности/ средств поощрения и компенсации ущерба, возникшего в результате добычи подземных вод.

- **Социальное наследие и идентичность**

Политика защиты социальных ценностей и образа жизни населения должна учитывать необходимость экономических преобразований, связанных с уменьшением зависимости от сокращающихся водных ресурсов посредством развития видов деятельности, дающих высокую прибавочную стоимость.

- **Охрана окружающей среды**

Создание реестра всех природоохранных мероприятий для данной водоносной системы, в котором особое внимание уделяется защите подвергающихся разрушению элементов, защита от возможного проседания почвы и сброса сточных вод.

Таблица 5. Критерии для обеспечения социального благополучия при использовании невозобновляемых ресурсов подземных вод.

| Критерий | Обоснование критерия |
|--|---|
| Безопасность доступа к источнику воды | Критерий основан на правах водопользователей, регулируемому доступу к воде и мониторингу, проводимому в течение всего времени реализации проекта, с учетом предыдущих водопользователей. Безопасность доступа должна включать следующие функции: систему допуска к бурению скважин и добычи воды, научно-обоснованное расстояние между скважинами, мониторинг использования/уровня/качества подземных вод, численное моделирование водоносного пласта и периодическая оценка снижения давления в пласте, адаптация общеприменимых методов добычи воды с учетом особенностей данного водоносного пласта. |
| Улучшение экономического и социального положения | Плановое использование подземных вод направлено на стимулирование долгосрочного социального развития и предоставление возможностей всем заинтересованным сторонам, включая будущие поколения. |

| | |
|-------------------------------------|---|
| Справедли-вые и эффективные решения | Поддержка прав местного населения в участии в принятии решений, влияющих на их средства существования, включая выработку механизма справедливого участия в принятии решений на этапе планирования и внедрения, а также принятия резолюций по конфликтам, распределении прибыли/ ответственности/ и компенсации потерь от добычи подземных вод |
| Социальное наследие и идентичность | Политика защиты социальных ценностей и образа жизни населения должна учитывать необходимость экономических преобразований, связанных с уменьшением зависимости от сокращающихся водных ресурсов посредством развития видов деятельности, дающих высокую прибавочную стоимость. |
| Охрана окружающей среды | Создание реестра всех природоохранных мероприятий для данной водоносной системы, в котором особое внимание уделяется защите подвергающихся разрушению элементов, защита от возможного проседания почвы и сброса сточных вод. |

■ Эффективность участия местного населения

Повышение эффективности участия местного населения в выработке и внедрении плана использования невозобновляемых ресурсов подземных вод является основным элементом проекта. В 1994 г. Остром (Ostrom,1994) предложил специальный термин 'социальный капитал', который определяет совместное участие различных народов в управлении ресурсами. Оценив этот капитал и преимущества, которые дает рациональное использование водных ресурсов, можно определить вероятность устойчивого развития. В таблице 6 приведены критерии и условия, необходимые для эффективного участия местного населения в устойчивом использовании невозобновляемых ресурсов подземных вод. Эти критерии и условия определены на основе принципов совместного управления собственностью (Ostrom,1994; Turton and Ohllson, 1999; Ward, 1999).

Таблица 6. Критерии, способствующие участию местного населения в управлении невозобновляемыми водными ресурсами.

| Критерий | Обоснование критерия |
|--|---|
| Активная позиция правительства | Абсолютно необходимое условие, которое должно обеспечить проведение консультаций между различными секторами экономики при планировании, внедрении, проведении оценки и контроле выполнения проектов, активная позиция правительства необходима для обеспечения равноправного участия всех заинтересованных сторон в рамках интеграционного подхода, который рассматривает воду как социально-экономическое благо. |
| Организационная структура | Партнерство между правительством и заинтересованными сторонами/социальными/ неправительственными организациями в организациях по использованию водных ресурсов при разработке политики управления ресурсами, мобилизации инвестиций и принятия других решений, предоставление возможности небольшим социальным организациям поддерживать регулярную связь. |
| Финансовое управление | Введение налогов в виде 'платы за пользование водными ресурсами' должно стать важным сигналом для потребителей и стимулировать выделение финансовых ресурсов для обеспечения эффективного участия потребителей в управлении ресурсами подземных вод, в управлении спросом и предложением. |
| Повышение уровня образования | Необходимо обеспечить доступ местного населения к образованию, информационным технологиям, необходимым для внедрения проектов, и разработанный план должен включать вопросы, решение которых необходимо для обеспечения доступа к образованию. |
| Доступ к данным по ресурсам подземных вод. | Для обеспечения прозрачности контроля границ ресурсов подземных вод (как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях) необходимо четко определить эти границы, и информация по всем необходимым техническим параметрам (объем водоносного слоя, продуктивность и качество) должна быть доступна в 'дружественном формате'. |

| | |
|---|---|
| Требования к управлению и сохранению водных ресурсов. | Компании по преданию гласности информации по водным ресурсам, стимулы для повышения эффективности водопользования, очистки и переработки сточных вод, составление общих требований к культивации сельскохозяйственных растений, и продвижение 'правового рынка для воды' можно рассматривать как единый механизм для обеспечения управления и сохранения водных ресурсов. |
|---|---|

- **Активная позиция правительства.**
Абсолютно необходимое условие, которое должно обеспечить проведение консультаций между различными секторами экономики при планировании, внедрении, проведении оценки и контроле выполнения проектов, активная позиция правительства необходима для обеспечения равноправного участия всех заинтересованных сторон в рамках интеграционного подхода, который рассматривает воду как социально-экономическое благо.
- **Организационная структура**
Партнерство между правительством и заинтересованными сторонами/социальными/неправительственными организациями в организациях по использованию водных ресурсов при разработке политики управления ресурсами, мобилизации инвестиций и принятия других решений, предоставление возможности для небольших социальных организаций поддерживать регулярную связь.
- **Финансовое управление**
Введение налогов в виде 'платы за пользование водными ресурсами' должно стать важным сигналом для потребителей и стимулировать выделение финансовых ресурсов для обеспечения эффективного участия потребителей в управлении ресурсами подземных вод, в управлении спросом и предложением.
- **Повышение уровня образования**
Необходимо обеспечить доступ местного населения к образованию, информационным технологиям, необходимым для внедрения проектов, и разработанный план должен включать вопросы, решение которых необходимо для обеспечения доступа к образованию.
- **Доступ к данным по ресурсам подземных вод.**
Для обеспечения прозрачности контроля границ подземных горизонтов (как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях) необходимо четко определить эти границы, и информация по всем необходимым техническим параметрам (объем водоносного слоя, продуктивность и качество) должна быть доступна в 'дружественном формате'.
- **Требования к управлению и сохранению водных ресурсов.**
Компании по преданию гласности информации по водным ресурсам, стимулы для повышения эффективности водопользования, очистки и переработки сточных вод, составление общих требований к культивации сельскохозяйственных растений, и продвижение 'правового рынка для воды' можно рассматривать как единый механизм для обеспечения управления и сохранения водных ресурсов.

■ Сохранение водных ресурсов для будущих поколений

Дивиденды, которые получает каждое поколение от использования водных ресурсов, должны передаваться от поколения к поколению. Это требование является основным условием для успешного планирования добычи невозобновляемых ресурсов подземных вод, это условие состоит из следующих элементов:

- **Повышение благосостояния:** улучшение жизни людей - это хороший индикатор сохранения социальной собственности от поколения к поколению, и, следовательно, устойчивое социально-экономическое развитие, основанное на добыче подземных вод, в плане должны быть определены параметры и точки для проведения измерений.

- **Увеличение 'социального капитала':** более эффективное сотрудничество всех заинтересованных сторон в использовании ресурсов от поколения к поколению.
- **Возможности для будущих поколений:** еще один фактор, который необходимо принимать во внимание - это вероятность того, что будущие поколения получат потенциал, созданный технологическими разработками, который окажет положительный эффект на использование альтернативных источников воды - среди этих разработок необходимо отметить разработки в области технологии опреснения (снижение стоимости опресненной воды и уменьшение воздействия на окружающую среду), которые, вероятно, станут самым важным достижением в засушливых регионах.

■ Общие политические проблемы

Во многих странах с засушливым климатом добыча подземных вод производится без какого-либо контроля и плана, обычно это результат того, что в государственной политике не введены более жесткие меры контроля добычи подземных вод. В государственной политике необходимо перейти к планируемой добыче подземных вод, обеспечивающей устойчивое социальное развитие, что потребует более активного сотрудничества при управлении ресурсами через соответствующие финансовые, юридические, технические, институциональные и политические структуры.

Опыт некоторых стран, испытывающих недостаток воды, может послужить примером для усовершенствования социально-устойчивого использования подземных ресурсов. Иордания, где общий объем возобновляемых водных ресурсов составляет 200 м³ на человека в год, переводит сельское хозяйство на выращивание садовых культур, которые дают высокую прибыль и используют капельное орошение. Это стало возможным благодаря правильной организации рынка, наличия необходимой технологии и обучения населения, а так же требуемых капиталовложений. Более прогрессивная организация труда в сельском хозяйстве Иордании позволила перевести часть рабочей силы в другие секторы экономики, это стало возможным благодаря высоким инвестициям в трудовые ресурсы и развитию предприятий (Ward, 1998).

В ряде стран хранилища подземных вод находятся в малонаселенных регионах, но эти регионы испытывают давление со стороны густонаселенных районов, которые вынуждают их производить добычу воды. Часто такие водоносные пласты невозобновляемых подземных вод являются единственным источником пресной воды и единственной базой для развития в регионе.

Добыча невозобновляемых подземных вод не может продолжаться бесконечно долго, поэтому в настоящее время добыча 'ископаемых вод' не должна рассматриваться как нежелательный процесс, ведущий к неустойчивому развитию (Llamas, 1999). Правительственные программы, поддерживающие миграцию в районы с большими запасами подземных вод, могут оказать помощь в решении проблемы перенаселенности районов, страдающих от недостатка воды, однако, эти программы должны включать проекты по планированию и контролю добычи подземных вод с соблюдением принципов социальной устойчивости, для эффективного внедрения этих принципов необходимы значительные политические, социальные и экономические действия.

Использование 'ископаемых вод', кроме очевидной гидрологической проблемы водного баланса, связано с решением ряда других проблем. Многие подземные водоносные пласты залегают под территориями нескольких стран, поэтому при их использовании необходимо принимать меры по предотвращению международных конфликтов. Необходимость разработки стратегии хорошо иллюстрируется примером водоносной системы в Нубии. По оценкам экспертов используемый водоносный пласт имеет объем в 6,500,000 миллионов м³. Проект «Новая Египетская долина» (Egyptian New Valley) (540 миллионов м³ из части бассейна Дакла) и проект «Великая искусственная река Ливии» (750млн м³ из части бассейна Куфра) планируют проводить добычу из водоносного горизонта в течение

следующих 50 лет, планируемые объемы добычи составляют незначительный процент от общего запаса подземных вод, что является обоснованием для их добычи (Khourî, 1999). Трансграничность невозобновляемых подземных вод (например, Sandstone в Нубии) требует разработки нового подхода (Algharîani, 1999), в котором бассейны в каждой стране рассматриваются не изолированно, а как часть единого целого. Так как по оценкам экспертов невозобновляемые ресурсы подземных вод в подземном горизонте «Нубийский песчаник» имеют достаточный объем, чтобы планировать их добычу на ближайшие 50-100 лет, то основная задача состоит в оптимизации использования их ресурсов для целей социального развития, что предполагает социально-экономическое сотрудничество между странами, на территории которых находятся рассматриваемые ресурсы. Attia в своей статье (1999) заявляет, что объемы добычи подземных вод настолько малы, что они не могут оказать заметное негативное воздействие в региональном масштабе, и поэтому добыча подземных вод может производиться в соответствии с национальными или местными приоритетами, хотя совершенно очевидно, что необходимо производить обмен данными мониторинга между странами, добывающими воду из одного водоносного горизонта.

Изменения в системе водопотребления и землепользования, а также ускорение темпа климатических изменений могут оказать влияние как на количество, так и на качество имеющихся ресурсов подземных вод. Политические и институциональные структуры являются конечными инстанциями в управлении ресурсами подземных вод. С появлением новых примеров водной политики и осознанием важности управления водными ресурсами, которое помогает решить политические и экономические проблемы и бороться с различными рисками, возникнет необходимость подтверждения того, что способы управления водными ресурсами являются политически и институционально реалистичными.

Политическая экономия, в основном, рассматривает вопросы распределения и задачи на ближайший период (включая безопасность продуктов питания в национальном масштабе и благосостояние жителей в сельской местности), однако она не охватывает проблемы экономической эффективности и долгосрочных прогнозов. В рамках плана устойчивого управления подземными водами необходимо рассматривать вопросы законности, прав, обязанностей и доли участия отдельных водопользователей на эксплуатационном уровне. Планы использования ресурсов подземных вод основаны на эффективной работе местных институтов, которые обладают политической волей и имеют институциональный потенциал для их реализации.

■ Список литературы

ALGHARIANI S. A. 1999 The North African Aquifer System: A Reason for Cooperation and a Trigger for Conflict. Proc. Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources' (Tripoli, Nov. 1999). UNESCO/IHP-V Technical Documents in Hydrology 42.

ATTIA F.A.R. 1999 National and Regional Policies Concerning Sustainable Water Use. Proc. Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources' (Tripoli, Nov. 1999). UNESCO/ IHP-V Technical Documents in Hydrology 42.

BORRINI-FEYERABEND G. 1997. Beyond Fences: Seeking Social Sustainability in Conservation. IUCN, Gland, Switzerland.

FOSTER S.S.D. and KEMPER K.E. (eds). 2002–04. GW-MATE Briefing Note Series 'Groundwater Management : Concepts and Tools'. World Bank, Washington DC, USA. Website publication: <http://www.worldbank.org/gwmate>.

2. Groundwater Management Strategies – From Supply Development to Demand Constraints.

11. Utilization of Non-Renewable Groundwater – A Socially-Sustainable Approach to Resource Management.

KHOURI J. 1999. Impacts of intensive development on regional aquifer systems in arid zones. Proc.Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources' (Tripoli, Nov.1999). UNESCO/IHP-V Technical Documents in Hydrology 42..

LLAMAS M.R. 1999. Considerations on Ethical Issues in Relation to Groundwater Development and/or Mining. Proc. Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-RenewableResources' (Tripoli, Nov. 1999). UNESCO/IHP-V Technical Documents in Hydrology 42:467–80.

LOUVET J.M. and MARGAT J. 1999. Quelles ressources en eau les grands réservoirs aquifères offrent-ils?Évaluation et stratégie d'exploitation. Proc. Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources' (Tripoli, Nov. 1999). UNESCO/IHP-V Technical Documents in Hydrology 42.

OSTROM E. 1994. Neither Market nor State: Governance of Common-Pool Resources in the 21st Century. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington DC, USA.

TURTON A.R. and OHLSSON L. 1999 Water Scarcity and Social Stability: Towards a Deeper Understanding of Key Concepts Needed to Manage Water Scarcity in Developing Countries. Univ. London. SOAS Geography Series/Water Issue Publ.

WARD C. 1998. Practical responses to extreme groundwater overdraft in the Yemen. Paper. Intl. Conf. 'Yemen – The Challenge of Social, Economic and Democratic Development', Univ. Exeter. Centre for Arab Gulf Studies Publ.

WWAP. 2003. World Water Development Report 2003: Chapter 6, Managing Risk and Uncertainty.

Методы определения характеристик водоносных пластов

Шаминдер Пули, Джин Маргат, Юсел Юртсевер и Билл Валлин

Для внедрения эффективных мер по использованию невозобновляемых ресурсов подземных вод (Lloyd, 1999) особое внимание необходимо уделить определению характеристик водоносных пластов, знание которых позволяет определить:

- водообеспеченность и структуру распределения скважин для добычи воды в определенный временной интервал;
- влияние добычи воды на всю водоносную систему, на третью сторону (в особенности, на традиционных пользователей) и на связанные с данной системой водные и наземные экосистемы;
- изменение качества подземных вод за период интенсивной добычи вод из водоносного пласта.

Для определения характеристик водоносного пласта необходимо проведение специальных исследований, которые позволяют установить основные параметры:

- квантификация запасов водоносного пласта (изменение удельной водоотдачи в трехмерном масштабе);
- оценка трендов истощения запасов водоносного горизонта и риска ухудшения качества (в особенности, повышение солености);
- оценка скорости пополнения запасов в настоящее время (эти величины, вероятно, очень малы);
- прогнозирование потенциальных экологических проблем.

Кроме определения характеристик невозобновляемых ресурсов подземных вод, важным компонентом исследования является оценка запасов в тех частях водоносной системы, из которых производится откачка воды, а также определение восприимчивости системы к проникновению солей. Неполные данные могут вызвать проблемы при разработке пласта и привести к финансовым потерям (Foster, 1987 г.). Для получения надежных научных данных при планировании использования невозобновляемых водных ресурсов необходимо провести полевые гидрогеологические исследования, включая использование геохимических и изотопных методов, а также провести численное моделирование водоносного пласта.

Необходимо оценить влияние эксплуатации водных ресурсов на всех традиционных водопользователей через длительный промежуток времени, такая оценка должна иметь достаточно высокий уровень точности, что позволило бы определять компенсации за реальное или/и прогнозируемое ухудшение качества. Необходимо также установить все водные и наземные экосистемы, которые могут зависеть от уровня воды в данном водоносном пласте или активно его использовать, и сделать прогноз уровня нарушения естественных условий в результате добычи воды из водоносного пласта при выполнении данного проекта. Недостаточно точная оценка последствий добычи воды может быть обусловлена двумя причинами (Foster, 1989):

- неточным гидрогеологическим прогнозом снижения уровня подземных вод, в особенности, на больших расстояниях от планируемого места добычи;

- неточной оценкой реакции данной экосистемы на определенный уровень снижения давления в пласте.

■ Реестр инструментов для исследований

На основе научной оценки ученые разрабатывают «концептуальную» модель системы водоносных пластов. Такая концептуальная модель должна быть динамичной, изменяющейся с увеличением уровней информации и повышением достоверности информации. При использовании гидрогеологических методов для оценки запасов невозобновляемых подземных вод необходимо применять «системный подход». Таблица 9 показывает, каким образом изменяется применение данного метода с изменением стадии разработки водоносного горизонта. Эти данные подготовлены для специалистов по использованию водных ресурсов и для специалистов, разрабатывающих политические аспекты проблемы. Хотя все описанные методы являются традиционными методами, используемыми в гидрологических исследованиях, в данной главе мы приводим примеры их применения для оценки невозобновляемых ресурсов подземных вод. Во всех исследованиях также используются основные методы, применяемые в гидрогеологических полевых работах.

Полевая съемка и дистанционное зондирование

Любые работы по оценке запасов подземных вод должны начинаться с проведения полевой топографической съемки и геологического картирования, что создает основу для получения трехмерной оценки природных ресурсов. Большой вклад в более точное определение геологических размеров и природы водоносной системы дают спутниковые данные.

Исследования бассейнов подземных вод в восточной Сахаре основано на анализе цифровых космических изображений (El Baz., 1999), включая данные различных спектральных каналов с Landsat Thematic Mapper и радарные изображения с Spaceborne IR, что позволило определить много каналов, содержащих подземные воды.

Гидрогеоморфологическое картирование бассейна Луни в Раджистане, в Индии, проводилось с использованием снимков Landsat Band 5 и 7 (Vajpal et al., 1999). Анализ изображений позволил обнаружить геологические структуры, образующие потенциальные водоносные пласты - интерпретация изображений выявила 'каменистые участки', под которыми, в скальных породах находятся водоносные горизонты, тогда как на 'равнинных' участках и в предгорных равнинах были обнаружены аллювиальные водоносные пласты.

После установления основной гидрогеологической конфигурации необходимо провести рекогносцированную съемку внутри региона. Такая съемка производится, используя методы дистанционного зондирования, аэромагнитной фотосъемки и наземные наблюдения гидрогеологических структур. Наиболее детальные исследования ресурсов подземных вод проводились в рамках программы USGS-RASA, которая позволила получить большое количество информации по водоносным пластам в аридных зонах Калифорнии (Sun and Johnson, 1994).

Бурение скважин и геофизические исследования

Водоносные пласты представляют собой трехмерные водные объекты, содержащие подземные водные массивы, движущиеся под действием градиентов гидравлического давления, которые часто имеют большие вертикальные компоненты. Поэтому для определения распределения объема подземных вод по вертикали недостаточно проводить только поверхностное картирование, необходимо также проводить бурение скважин. Данные, полученные при бурении скважин, позволяют определить глубину и толщину водоносного

пласта, изменения в гидростатическом напоре по вертикали, гидравлические характеристики и качество воды в водоносном пласте.

Хотя методы исследования с помощью скважин требуют больших расходов, стоимость таких исследований обычно не больше стоимости исследований при сооружении дамбы. Однако некоторые агентства не хотят выделять деньги на финансирование региональных проектов по бурению исследовательских скважин (что часто является ошибочным по сравнению с 'бурением наугад'), и поэтому некоторые большие невозобновляемые водоносные пласты все ещё недостаточно изучены.

Таблица 9. Сводная информация по гидрогеологическим методам, используемым для добычи и контроля добычи подземных вод.

| Методы | Исследования | Разработки | Использование |
|---|---|--|---|
| | Использование подземных вод только для сельскохозяйственных целей | Внедрение усовершенствованных методов бурения и откачки | Понижение уровня подземных вод и возможное ухудшение качества |
| Полевое картирование и дистанционное зондирование | Определение протяженности /структуры водоносного пласта и потенциальных зон притока | Определение районов интенсивной разработки ресурсов и возможное воздействие уменьшенного стока водоносного пласта | Проверка объемов добытой воды по её использованию для сельского хозяйства и определение статуса зон естественного стока |
| Региональные геофизические исследования | Дополнения к картированию по данным геологии поверхности | Усовершенствование поиска более продуктивных зон водоносного пласта (используется аэромагнитный метод) | Возможно внедрение новых методов, но это редко имеет место на практике |
| Бурение скважин | Получение данных разведочных данных скважин по гидростратиграфии | Сооружение производственных скважин с соответствующей инфраструктурой (обычно для снабжения водой городского населения, или для ирригации) | Усовершенствование системы добычи с целью получения максимальной эффективности, в некоторых случаях - восстановление скважин и снятия насосов |
| Геофизические исследования в скважинах | Увеличение точности данных гидростратиграфического анализа | Улучшение корреляции между скважинами и усовершенствование концептуальной модели водоносного горизонта | Усовершенствование диагностики производительности скважины и определения качества воды, что вносит вклад в восстановление пласта |
| ГИС (географические информационные системы) | Создание простых неавтоматических баз данных для гидрологических данных, полученных с помощью ГИС | Создание геоинформационных систем для регистрации данных по скважинам и водоносным пластам, использование данных по скважинам в качестве исходных данных для числовых моделей водоносных пластов | Преобразование ГИС в МИС для данных по объемам добычи из водоносных пластов и социально-экономических факторов |
| Химический и изотопный анализ подземных вод | Определение генезиса вод и химических изменений на уровне разведочных работ | Более детальная оценка генезиса подземных вод и поиск данных по пополнению пласта в настоящее время | Оценка объемов притока в настоящее время и прогнозирование изменения качества воды, которое может создавать опасность для скважин |
| Аналитические модели радиальных течений в | Анализ данных скважинной воды для оценки свойств водоносного пласта | Прогнозирование понижения уровня воды в скважинах | Анализ причин ухудшения состояния скважин и планирование восстановления |

| | | | |
|---|--|---|--|
| водоносных пластах | | | |
| Модель сосредоточенных параметров для водоносных пластов | | Определение водного баланса в водоносном пласте для подтверждения правильности концептуальной модели | Проверка соотношения масса- баланс для определения 'времени жизни ресурса' или 'нагрузки на ресурс в результате эксплуатации' |
| Численная модель распределенных параметров для водоносных пластов | | Проверка правильности концептуальной модели оптимизации расположения скважин, методов добычи воды и определение потенциального отрицательного воздействия в будущем | Повышение эффективности добычи и оценка устойчивости эксплуатации скважин в течение длительного периода времени |
| Оценка рисков при добыче подземных вод | | Оценка рисков преждевременного истощения/ухудшения качества воды в скважинах | Оценка рисков развития экономики, основанной на использовании подземных вод, в единицах изменения стоимости энергии и цен на сельскохозяйственные культуры |

В Южной Иордании моделированием водоносных пластов и бурением для исследовательских целей начали заниматься ещё в середине 1970-х. На последнем этапе исследований (перед использованием основной, очень дорогостоящей, схемы перекачки подземных вод) в рамках специальной программы проводилось интенсивное исследование в скважинах, которое позволило ещё раз провести оценку водоносного пласта Rum-Saq, залегающего на территории Иордании и Саудовской Аравии (Puri et al., 1999). В рамках этой программы было пробурено 18000м скважин и проведены измерения и анализ полученных данных. Исследования включали геофизический каротаж в скважинах, лабораторное изучение пород, внутри которых находятся водоносные пласты, забор проб и проведение анализа качества, все эти данные заносились в региональную числовую модель водоносного пласта площадью 70000 км².

Географические информационные системы

Для оценки большого регионального водоносного пласта необходимо собрать большое количество данных в виде нескольких тысяч точек - это данные бурения скважин, геофизических исследований, насосных исследований, анализа качества воды и результаты других исследований. Точность этих данных трудно контролировать без использования привязанной к данной задаче географической информационной системы (ГИС). В настоящее время существуют различные пакеты программ, предназначенных для этих целей. Численные модели поведения водоносных пластов должны основываться на данных, собранных надежными интерактивными информационными системами. Характер и тип данных, отбираемых ГИС, должны меняться со временем и стадией эксплуатации водоносного пласта.

■ Методы оценки запасов водоносных пластов

Для того чтобы определить потенциал невозобновляемых запасов подземных вод, необходимо определить объем водоносного пласта или более специфическую характеристику - объем добываемой воды. Для этой цели используются два взаимодополняющих метода.

Определение мощности водоносного пласта по его гидрогеологической структуре

В первом приближении мощность водоносного пласта можно определить на основе гидрогеологических данных по структуре пласта (геометрия/ объем пласта и удельная водоотдача пласта или дренируемый объем), при этом необходимо учитывать возможность наличия воды низкого качества (Margat, 1991). Определенная таким образом мощность водоносного пласта (примеры приведены в таблице 10) является теоретической величиной, так как любые оценки добываемого объема воды должны включать технические и экономические характеристики эксплуатации пласта. В случае замкнутого пласта, расчет эксплуатационных запасов должен полностью основываться на коэффициенте (а не на удельной водоотдаче пласта), и эта величина не очень большая, хотя сложные многослойные системы с залегающими между пластами водоупорами могут содержать большие эксплуатационные объемы подземных вод.

Расчет динамической мощности пласта методом моделирования

Использование численного гидродинамического моделирования для системы водоносных пластов является надежным способом оценки их запасов. В данном подходе компьютеризированная модель водоносной системы обычно используется для расчета и определения возможности реализации различных долгосрочных сценариев добычи воды из водоносных пластов, основанных на проектах, связанных с планами социально-экономического развития.

Таблица 10. Оценка объема подземных вод в водоносном пласте Sandstone, Нубия, в Северной Африке

| Страна | Неограниченный (безнапорный) водоносный пласт* | | |
|--------|--|---------------|-----------------------------|
| | Площадь (км ²) | Толщина (м)** | Объем (км ³)*** |
| Алжир | 311,862 | 839 | 52,299 |
| Ливия | 350,733 | 1,786 | 125,310 |
| Чад | 232,977 | 1,026 | 47,807 |
| Судан | 373,102 | 454 | 33,878 |
| Итого | 1,268,674 | — | 259,294 |

Примечания:

* В данном регионе есть ограниченный водоупором водоносный пласт большой протяженности (в основном, в Египте и Ливии), но он не включен в приведенные выше данные

** Средняя толщина насыщения в безнапорном водоносном пласте была определена по ГИС-картированию

*** Данные основаны на оценках средней удельной производительности Sandstone, равной 0.2, полученной по лабораторным и полевым экспериментам

Цель проведения такой оценки состоит не только в определении эксплуатационных объемов пластов подземных вод, но также в определении количества скважин, необходимых для добычи воды, и уровня воды при откачке, что позволяет приблизительно оценить стоимость добычи воды.

Можно оптимизировать расположение скважин с целью получения оптимального объема воды при соблюдении необходимых условий (максимальное допустимое падение уровня, разумные эксплуатационные расходы и даже критерии качества воды). Таким образом, оценка эксплуатационных ресурсов невозобновляемых подземных вод зависит от способа их добычи.

■ Особая роль изотопов и химических методов

Применение изотопного анализа играет особенно важную роль в интерпретации генезиса пресной и соленой воды в подземных хранилищах и определении объемов пополнения запаса подземных вод в настоящее время (таблица 11). Использование различных

изотопов (^2H , ^{18}O , ^3H , ^{14}C), традиционных химических методов и, если необходимо, более современных методик (CFCs, ^{36}Cl , благородные газы) позволяет более точно определить характеристики водоносных пластов. Изотопные и химические методы используются в сочетании с гидрогеологическими методами. Изотопы широко использовались в анализе с применением различных научных методов. Они позволяют получить уникальную научную информацию о происхождении и возрасте подземных вод в водоносных пластах (Edmunds, 1999). Кроме того, изотопы могут использоваться как индикаторы изменений в системе водоносных пластов после прекращения добычи подземных вод или увеличения притока, поэтому они оказывают большую помощь в эксплуатации и охране подземных вод.

Изотопы являются уникальными индикаторами, они позволяют получить информацию по распределению ресурсов, как в пространстве, так и во времени, поэтому их можно использовать для изучения динамики подземных вод и источников питания. На первом этапе рекомендуется использовать различные изотопы, однако, как показывает практика, более точные результаты дает использование одного изотопного метода. Изотопы являются важным инструментом, используемым для разработки и/или верификации концептуальных и численных моделей водоносных пластов. Изотопы так же могут использоваться как 'ранние индикаторы', сигнализирующие об опасности, когда еще не возникли необратимые изменения в количественных и качественных характеристиках системы. Изотопы позволяют проводить специальные исследования, например, они используются для оценки реакции водоносного пласта на увеличение добычи воды, снижения уровня и, следовательно, потенциального ухудшения качества воды.

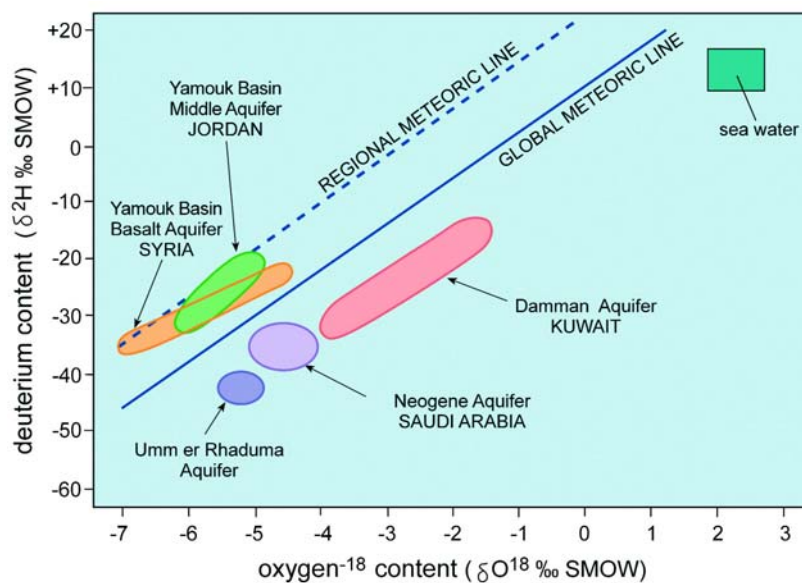
Таблица 11. Суммарные данные по основным методам изотопных исследований, используемых при изучении подземных вод, и их статус на различных этапах выполнения работ

| Экспериментальный изотоп | Основные области применения | Этап выполнения работ |
|---|---|---------------------------|
| Кислород-18 (^{18}O) и дейтерий (^2H) (в H_2O) | Используется для определения происхождения подземных вод (идентификации зон притока и палеовод), определение связи с поверхностными водами и механизмов повышения солености | Промысловое применение |
| Углерод-13 (^{13}C в HCO_3) | Внесение поправок в определение возраста вод с помощью C-14 и идентификация палеовод | |
| Сера-34 (^{34}S) и кислород-18 (^{18}O) (в SO_4) | Определение источников загрязнения | Научные исследования |
| Азот-15 (^{15}N) и кислород-18 (^{18}O) (в NO_3 и специальный N) | Определение источников загрязнения и поглощения азота микробами | |
| Бор-11 (^{11}B) (в $\text{B}(\text{OH})_4$ и $\text{B}(\text{OH})_3$) | Определение источников загрязнения и происхождения солей | |
| Криптон-85 (^{85}Kr) | Изучение механизмов переноса подземных вод и защитных зон | Стадия разработки проекта |
| Тритий (^3H) | Определение притока в пласт в настоящее время и исследование вандозной зоны | Промысловое применение |
| Гелий-3 (^3He) | Определение возраста молодых вод | Научные исследования |
| Углерод-14 (^{14}C) | Определение возраста старых вод | |
| Аргон-39 (^{39}Ar) | Определение возраста очень старых вод | Стадия разработки проекта |
| Криптон-81 (^{81}Kr) | | |
| Уран-234 (^{234}U) | | |
| Хлор-36 (^{36}Cl) | | |
| | | |

Генезис подземных вод в больших водоносных системах

Генезис подземных вод с точки зрения современных и палеоклиматических условий играет важную роль в определении характеристик ресурсов в более засушливых зонах. Определение характеристик может производиться с использованием изотопных и гидрогеологических методов. Для этой цели можно использовать определение процентного содержания широко распространенных устойчивых изотопов (^2H и ^{18}O) (рисунок 6) и радиометрическое определение возраста (^{14}C , ^3H , ^3He и другие изотопы).

Рисунок 6 Типичный изотопный состав подземных вод в некоторых больших водоносных пластах на Ближнем Востоке



Все подземные воды в крупных водоносных системах на Ближнем Востоке (Yurtsever, 1999), например водоносные горизонты Умм Эр Рхадума и Неоген в Саудовской Аравии, а также водоносный горизонт Даман в Катаре имеют практически одинаковый изотопный состав - во всех горизонтах регистрируется избыток ^2H по сравнению с современной атмосферной водой, что является классическим параметром, характерным для палеонтологических вод; данными радиометрического датирования было подтверждено, что эти водоносные пласты были сформированы во время влажного Плейстоцена.

Состав некоторых радиоизотопов (^{14}C , ^3H , ^3He) позволяет определить распределение возраста подземных вод в водоносном пласте, и вероятное различие в возрасте вод в мелких частях водоносных пластов, на выходе из водоносного пласта и скважинах. Время пребывания воды в водоносных горизонтах составляет от нескольких месяцев в мелких водоносных пластах, в регионах с влажным климатом, до нескольких тысяч лет в глубоких водоносных пластах большой мощности, залегающих в аридных зонах с малым притоком. Особый случай представляют собой 'ископаемые воды', где наблюдается остаточная структура водотока, все еще отражающая палеоклиматический характер водотока. Такие подземные воды наблюдаются в больших бассейнах в некоторых пустынях (в частности, в Северной Африке), эти водоносные пласты характеризуются огромным запасом воды и большим расстоянием между местом заполнения пласта в палеоклиматических условиях и местом стока. Для исследования таких водоносных пластов важным исследовательским инструментом является ^{14}C .

Использование изотопов показало, что последнее поступление воды во многие водоносные пласты в современных аридных зонах происходило во влажные периоды в голоцене и плейстоцене. Использование стабильных изотопов (^2H и ^{18}O) показывает постоянное и существенное уменьшение запаса воды в этих водоносных пластах. Возраст

воды определялся с помощью ^{14}C , который показал, что водоносные пласты были образованы в период с 10000 до 40000 ВР.

Необходимо отметить, что возраст воды, скорость течения и время пребывания в водоносном пласте, определенными по данным изотопного анализа, имеют различные значения в зависимости от места отбора проб в водоносном пласте. Поэтому для определения среднего периода обновления воды в водоносном пласте не следует использовать данные в отдельных, изолированных точках, так как водоносный пласт может содержать воду разного возраста, вследствие сложных траекторий движения воды от места притока к месту стока. Эти характеристики водоносных пластов могут налагать ограничения на применение изотопного метода.

Оценка скорости пополнения водоносного пласта

Количественное определение скорости естественного пополнения водоносного пласта в настоящее время также является важной характеристикой водоносного пласта при разработке стратегии использования данного пласта в аридных зонах. В работе Эллисон (Allison, 1988) дан подробный обзор всех физических, химических и изотопных методов, используемых для количественной оценки скорости пополнения подземных вод, а возможности применения этих методов и их недостатки рассматриваются в более поздней публикации (IAH, 2002).

Для того чтобы провести оценку процессов, участвующих в пополнении запасов подземных вод (с помощью прямых и косвенных методов), необходимо учесть такие факторы как климат, структура почвы по глубине, морфология и растительность. В условиях более засушливого климата определение скорости пополнения подземных вод является трудной задачей, и ее решение часто содержит ряд неопределенностей, вызванных:

- большим промежутком в пространстве и времени между моментом выпадения осадков и моментом образования стока;
- часто наблюдающимися поперечными изменениями в почвенных профилях и гидрогеологических условиях.

В отличие от районов с влажным климатом, пополнение запасов подземных вод в аридных и полуаридных регионах не происходит постоянно (только во время короткого, интенсивного выпадения дождя, которое происходит довольно редко), при этом пополнение запасов подземных вод непосредственно после выпадения осадков повсеместно дает меньшие объемы, чем не прямое пополнение через поверхностный сток. Кроме того, дождь обычно выпадает на ограниченной площади, что не позволяет использовать региональный подход, который имеет слишком низкое разрешение, чтобы определить небольшую величину притока в настоящее время. Поэтому большинство практических применений рассмотренных выше методов аридной и полуаридной зонах ограничено изучением процессов и скорости пополнения подземных вод в локальных областях. Такую 'точечную информацию' трудно экстраполировать до регионального масштаба, однако, прогресс в методах дистанционного зондирования с использованием космических и авиаснимков позволяет сделать шаг вперед в решении этой проблемы.

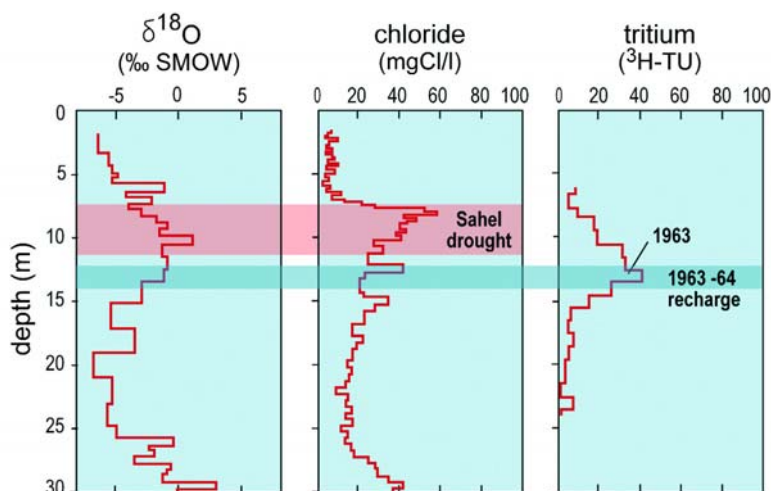
Среди различных методов, используемых для количественной оценке величины пополнения бассейна, наиболее эффективным методом для получения данных в размерах небольшой площади является использование изотопных и химических свойств влажности почвы в вертикальном профиле через вандозную (ненасыщенную) зону (Edmunds, 1999) (рисунок 7). В течение последних двух десятилетий в литературе были описаны результаты большого количества научных исследований в полуаридной зоне с применением следующих индикаторов:

- трития ^3H , который использовался для определения глубины максимума активности после выпадения радиоактивных осадков в результате взрывов термоядерной бомбы в 1963 г. (в

северном полушарии) и объема воды, выше этого пика активности, который соответствует пополнению бассейна после 1963 г;

- стабильных изотопов (^2H и ^{18}O), которые позволяют получить данные по величине испарения и определить характеристики последних случаев пополнения подземных вод,
- хлора (Cl), применение которого зависит от наличия информации или предположений об атмосферных осадках (жидких или твердых), которые накапливаются в почве и концентрируются вследствие потерь влаги в процессе суммарного испарения, причем прибрежные районы (с осаджением аэрозолей) и посевные площади (где возможно применялись удобрения) не рассматриваются.

Рисунок 7. Изотопные и химические исследования притока в вандозную зону в аридных регионах



Локальную скорость притока воды и пагубность влияния засухи в Сахаре в конце 1960-х годов можно определить по профилям глубокой вандозной зоны в Северном Сенегале (Edmunds, 1991 и Enrich, 2001). Пик ^3H соответствует инфильтрации в 1963 году и обогащением ^{18}O , высокие концентрации Cl на мелких участках являются следствием очень низкой скорости притока и растрескивания почвы в засушливые годы

В 1995-1999 гг. детальные полевые исследования по применению изотопных и геохимических методов в вандозной (ненасыщенной) зоне для оценки пополнения подземных вод координировались МАГАТЭ. В рамках этой программы были получены результаты для 44 площадок, в основном, в аридных зонах (МАГАТЭ, 2001г.). Для каждого профиля была собрана подробная информация по физиографии, литографии, количеству осадков, влажности в вандозной зоне, химическим и изотопным детерминантам, и на основе этой информации были получены достаточно достоверные оценки величины пополнения водоносного пласта (таблица 12).

Таблица 12. Сводная таблица по физическим, изотопным и геохимическим исследованиям пополнения водоносных пластов в местах с аридным климатом в настоящее время

| Страна Регион | Среднегодовой объем осадков (мм/год) | Глубина вандозной зоны (м) | Содержание Cl в дождевых осадках (мг/л) | Средняя скорость пополнения (мм/год) |
|------------------------------|--|----------------------------------|---|--|
| Иордания | | | | |
| Жарам | 480 | 21 | 10 | 28 |
| Азрак | 67 | 7 | 61 | 2 |
| Саудовская Аравия | | | | |
| Квазим | 133 | 18 | 13 | 2 |

| | | | | |
|-----------------|-----|----|---|-------|
| Сирия | | | | |
| Дамасский оазис | 220 | 21 | 7 | 2-6 |
| Египет | | | 1 | |
| Рафаа | 300 | 20 | 6 | 18-24 |
| Нигерия | | | | |
| Мфи | 389 | 10 | - | <1 |

Геохимические и изотопные методы также используются для изучения подземных вод в зонах насыщения при определении процессов пополнения подземных вод и их источников. Использование радиометрических методов для определения возраста вод, позволяет определить изменение возраста вод по вертикальному профилю в зоне насыщения, эти данные можно использовать для определения скорости пополнения в настоящее время. По данным радиометрического метода с использованием трития (^3H) было установлено, что средняя скорость прямого пополнения водоносной системы в Катаре составляет 3-7 мм/год (Yurtsever, 1999). Однако одно из основных предположений в модели сосредоточенных параметров - это наличие условий, характерных для установившегося потока в водоносном пласте, что часто не имеет места на практике.

Численное моделирование для водоносного пласта

Модели сосредоточенных параметров для водоносных пластов позволяют получить общую оценку. Как следует из названия модели, она задает один усредненный параметр вместо нескольких параметров водоносного пласта. Обычно этот метод применяется в рекогносцированных исследованиях невозобновляемых ресурсов подземных вод для быстрой оценки 'времени жизни ресурса' или указателя на общую реакцию объема воды, который может служить точкой перекрестного контроля для более детального численного моделирования. Для моделирования водоносных пластов также используются аналитические модели радиального течения подземных вод.

Эти модели широко используются на уровне тестирования скважин для определения локальных свойств водоносных пластов и гидравлического диагноза скважин. Этот анализ не включает рассмотрения деталей, таких как анизотропия водоносного пласта и изменение свойств пласта по вертикали.

Однако, в общем случае, когда рассматривается моделирование подземных пластов, используются численные модели распределенных параметров для водоносных пластов, так как эти модели позволяют определить пространственные изменения в системе водоносных пластов. При моделировании течения подземных вод используется итеративный метод для решения парциального дифференциального уравнения, при этом используется метод конечных разностей или конечных элементов. Использование численного моделирования для водоносных пластов широко представлено в литературе, разработано большое количество кодов/программ, которые можно приобрести бесплатно, а также в виде коммерческих программных пакетов. Пользователь имеет широкий выбор, однако для правильного выбора программы необходимо знать, какую гидрологическую задачу надо решить, и достоинства и недостатки различных программных пакетов.

На первом этапе численные модели водоносных пластов используются для проверки концептуальных моделей. При получении дополнительных данных и более точных характеристик водоносного пласта, численные модели можно использовать для выявления областей с максимальными ошибками в определении параметров, где необходимо проводить бурение для исследовательских целей. На стадии разработки водоносного пласта, модели сначала используются для тестирования потенциальных конфигураций скважин и оптимизации их работы (Chaleb, 1999). На первоначальном этапе параметры системы естественно определяются с большой погрешностью, и поэтому если в основе планирования используется численная модель водоносного пласта, рекомендуется отбирать параметры для самого неблагоприятного варианта. При правильно проведенной калибровке можно получить

реальные результаты числовой модели водоносных пластов, прошедшей проверку на чувствительность. Эти результаты могут использовать управленческие органы для решения водохозяйственных задач, если исходные предположения были правильными.

Как правило, водоносные пласты медленно реагируют на добычу вод. Это хорошо видно на примере численного моделирования водоносного пласта, находящегося на территории Иордании и Саудовской Аравии. Модельные исследования (Schmidt et al., 1999), в которых изучалась реакция водоносного пласта на климатические изменения в течение 5000 лет после последнего плейстоценового притока воды в систему, показали, что из водоносного пласта, вероятно, происходит сток воды со скоростью 500 Мм³/год в Мертвое море. Для подтверждения или опровержения этого вывода необходимо получить дополнительные полевые данные, но этот результат показывает, как моделирование может быть использовано для того, чтобы подвергнуть сомнению (а возможно, модифицировать) правильность концептуальной модели водоносной системы. Для разработки проекта Great Man-Made River Project (гигантская искусственная река) (Pizzi and Sartori, 1984 and Pizzi, 1999) для Западного Джамахирийского водоносного пласта в Ливии была создана специальная квази-трехмерная численная модель конечных элементов. Калибровка модели проводилась с помощью исторических данных за период с 1970 по 1990 гг. Модель использовалась для оптимизации структуры расположения скважин, в которую входило 440 скважин с дебитом скважины 45-56 л/с. С середины 1960-х годов моделирование водоносных пластов было основано на большом количестве данных полевых исследований и наблюдений. Даже большое количество исходных данных не гарантирует от большого количества ошибок в выборе граничных условий, в последующие десятилетия моделирование было усовершенствовано посредством введения физических границ водоносного пласта и включения доминантных гидродинамических условий в эти границы. Необходимо отметить, что однократное моделирование системы не дает удовлетворительных результатов. Для правильной калибровки и возможности использования модели в водохозяйственных целях необходимо проводить несколько итераций. Моделирование данной водоносной системы является хорошим примером последовательного усовершенствования модели. Первое моделирование проводилось в середине 1970-х, затем в начале и середине 1980-х в модель были внесены модификации, каждая модификация была сделана на основе новых гидрологических данных, полученных при дополнительном обследовании скважин. Каждый этап работ вносил вклад в более глубокое понимание проблемы и позволял дать более точный прогноз производительности скважины и изменений в водоносном пласте.

Важным компонентом моделирования водоносного пласта, содержащего невозобновляемые ресурсы подземных вод, является оценка рисков при его долгосрочном использовании. (Puri et al., 1999). Оценка рисков включает оценку всех потенциальных источников опасности, определения вероятности возникновения опасных ситуаций и определения уровня их опасности с использованием численной модели. Такой анализ позволяет определить основные источники опасности, и позволяет управленческому персоналу контролировать и уменьшать уровень риска.

В заключение можно сделать вывод, что оценка невозобновляемых ресурсов подземных вод должна включать следующие этапы:

- разработку и проверку гидродинамической имитационной модели, которая адекватно описывает структуру и параметры водоотдачи водоносной системы и позволяет моделировать неустойчивое состояние системы, которое может возникнуть в результате добычи подземных вод в течение длительного периода;
- разработку конфигурации рабочих скважин, соответствующей требованиям урбанистического, промышленного и сельскохозяйственного развития, включая (в виде одной из опций) максимизацию объемов добычи вод в течении длительного периода;
- моделирование сценариев добычи воды в течение длительного периода с целью определения их практической применимости и потенциального негативного воздействия.

■ Значение мониторинга подземных вод

В аридных климатических зонах оценка запасов подземных вод имеет очень большую погрешность. Однако, в последнее время, когда появились данные по мониторингу изменений в водоносных пластах после добычи большого объема воды, стало возможным давать более точный гидрогеологический прогноз (Foster, 1989). Для получения точных оценок необходимо иметь тщательно разработанную и регулярно используемую систему мониторинга.

Программа мониторинга должна быть основана на данных систематического периодического отбора и анализа проб подземных вод и должна включать данные по самым первым этапам начала добычи вод.

Программа мониторинга должна учитывать не только экспериментальные данные, но также включать перспективы долгосрочной добычи воды из водоносного пласта. Всегда существует необходимость в укреплении взаимодействия между мониторингом и принятием решений по использованию подземных вод, поэтому сбор данных мониторинга является неотъемлемой частью в разработке и использовании водоносного пласта. Очень важно было готовым к неожиданным изменениям в реакции водоносной системы на добычу подземных вод. Программа мониторинга должна учитывать специфические аспекты конкретного проекта, поэтому использование изотопов может дать полезную информацию по интерпретации таких параметров как индуцированный приток из поверхностных водостоков, повышение уровней солености и изменение других параметров. При рассмотрении долгосрочного прогноза данные изотопного мониторинга могут дать полезную информацию для определения темпов истощения водоносных пластов или обновления и пополнения пласта. В некоторых регионах, где ископаемые подземные воды интенсивно используются для ирригации, существует риск того, что возвратные воды после ирригации (с высоким уровнем выщелоченных солей и питательных веществ) будут загрязнять водоносные пласты. В таком случае изотопный мониторинг может использоваться как индикатор и подавать 'сигналы тревоги' о таких процессах. Во многих аридных регионах на поверхностных водотоках сделаны 'перемычки', которые увеличивают приток воды в подземные водоносные пласты, и изотопный мониторинг может использоваться для оценки их эффективности.

■ Список литературы

ALLISON G. B. 1988. A Review of Some of the Physical, Chemical and Isotopic Techniques Available for Estimating Groundwater Recharge. NATO ASI Series C 222.

BAJPAI V. N., SAHA ROY T. K. and TANDON S.K. 1999. Hydrogeomorphic Mapping on Satellite Images for Deciphering Regional Aquifer Distribution: Case Study from Luni River Basin, Thar Desert, Rajasthan, India. Proc. Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources' (Tripoli, Nov. 1999). UNESCO/IHP-V Technical Documents in Hydrology 42.

CHALEB H. 1999. Apport des modèles numériques à la planification des ressources en eau de la nappe du complexe terminal en Tunisie. Proc. Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources' (Tripoli, Nov. 1999). UNESCO/IHP-V Technical Documents in Hydrology 42.

ENRICH E.C. 2001. Groundwater – A Renewal Resource? – Focus on Sahara and Sahel. EC ENV4- CT97-0591. British Geological Survey, Wallingford, UK.

EDMUNDS W.M. 1999. Integrated Geochemical and Isotopic Evaluation of Regional Aquifer Systems Arid Regions. Proc. Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources' (Tripoli, Nov. 1999). UNESCO/IHP-V Technical Documents in Hydrology 42.

EL BAZ F. 1999. Remote Sensing of Groundwater Basins in the Eastern Sahara. Proc. Int. Conf.

'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources' (Tripoli, Nov. 1999). UNESCO/IHP-V Technical Documents in Hydrology 42.

FOSTER S.S.D. 1987. Quantification of groundwater resources in arid regions: a practical view for resource development and management. NATO-ASI Series C, 222 : 323–38.. 1989. Economic considerations in groundwater resources evaluation. Developments in Water Science 39 : 53– 65.

GEYH M. 2000. Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle: Principles and Applications/Groundwater – Saturated and Unsaturated Zone (vol. IV), Technical Documents in Hydrology 39,

UNESCO/IAEA. IAEA. 2001. Isotope Based Assessment of Groundwater Renewal in Water Scarce Regions. International Atomic Energy Association TECDOC-1246.

IAH. 2002. Groundwater recharge. Hydrogeology Journal 10 (1), Theme Issue.

LLOYD J.W. 1999. An overview of groundwater management in arid climates. Water Management, Purification and Conservation in Arid Climates 9-52. Technomic, Lancaster, USA.

MARGAT J. 1991. Static or Dynamic Approach to Groundwater Storage Assessment. Proc. IAH Intl. Conf. 'Aquifer Overexploitation' (Puerto de la Cruz-Tenerife, April 1991) : 359–64.

PIZZI G. 1999. Modelling of the Western Jamahiriya Aquifer System. Proc. Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources' (Tripoli, Nov. 1999). UNESCO/ IHP-V Technical Documents in Hydrology 42.

PIZZI G. and SATORI L. 1984. Interconnected Groundwater Systems Simulation (IGROSS) – Description of the System and a Case History Application. Journal Hydrology 75 : 255–85.

PURI S., WONG H. and EL NASSER M. 1999. The Rum-Saq Aquifer Resource – Risk Assessment for Long Term Resource Reliability. Proc. Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources' (Tripoli, Nov. 1999). UNESCO/IHP-V Technical Documents in Hydrology 42.

SCHMIDT G., HOBLER M. and SOFNER B. 1999. Investigations on Regional Groundwater Systems in NE Africa and W Asia. Proc. Int. Conf. 'Regional Aquifer Systems – Managing Non-Renewable Resources' (Tripoli, Nov. 1999). UNESCO/IHP-V Technical Documents in Hydrology 42.

SUN R.J. and JOHNSON R.H. 1994. The Regional Aquifer Systems Analysis Programme of the USGS 1978 –1992. USGS Circular 1099 : 126 pp.

YURTSEVER Y. 1999. An Overview of Nuclear Science and Technology in Groundwater Assessment/Management and IAEA Activities in the Gulf Region. 4th Gulf Intl Water Conference. Water Science and Technology Association, Bahrain. 2001. Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle : Principles and Applications/Modelling (vol. VI), Technical Documents in Hydrology 39. UNESCO/IAEA.

Юридические и организационные вопросы

Марчелла Нанни, Стефано Бурки, Керстин Мехлем и Райя М. Стефан

■ Введение

Как уже упоминалось в Главе 1, проблема управления не возобновляемыми ресурсами подземных вод не является всего лишь вопросом распределения имеющихся источников и предотвращения конфликтов между пользователями, но также касается планирования их эксплуатации.

Во многих странах все еще отсутствуют четкая политика и стратегия управления ресурсами подземных вод. Тем не менее, недавно принятое законодательство в области контроля извлечения подземных вод и их качества – иначе говоря, всеобъемлющее законодательство в области использования водных ресурсов, в котором уделяется особое внимание подземным водам – является индикатором тех усилий, которые направлены на достижение цели более устойчивого развития, использования этих ресурсов и управления ими. В настоящее время прилагаются усилия также в сфере разработки адекватных организационных мер по применению этого законодательства.

С другой стороны, ряд больших систем водоносных горизонтов, включающих в себя в основном невозобновляемые ресурсы подземных вод, охватывает территории нескольких стран (Таблица 3 (Глава 1)). Поскольку их освоение по одну сторону границы может оказать неблагоприятное воздействие на ту их часть, что находится по другую сторону, необходимо рассмотреть вопросы сотрудничества в сфере управления такими ресурсами. До настоящего времени международное право в отношении трансграничных систем водоносных пластов (как содержащих возобновляемые подземные воды, так и не содержащих) развито слабо, и можно назвать только несколько примеров международного сотрудничества в области управления такими системами водоносных горизонтов.

■ Национальный масштаб

Правовые стороны проблемы

Национальное законодательство не делает различия между возобновляемыми и невозобновляемыми ресурсами подземных вод. На внутреннем уровне основным вопросом является правовой статус ресурсов подземных вод, другими словами, кому принадлежит право собственности на них. Когда подземные воды на законных основаниях принадлежат государству или оно управляет ими от лица национального сообщества, принципиально облегчается введение мер правового регулирования управления такими ресурсами, ограничивающих возможности отдельных лиц в области разработки и использования этих ресурсов (Капонера, 1992). До недавнего времени подземные воды находились в частном владении во многих странах, среди которых страны, в которых действует европейское гражданское право – такие, как Франция, Италия и Испания. Порядок, сходный с правом

частного владения водными ресурсами действует в странах общего права, таких, как Англия, США и Австралия. Однако в этих странах были проведены серьезные реформы в области законодательства, и подземные воды в настоящее время принадлежат государству или же государство обладает преимущественным правом их использования (Бурки и Нанни 2003). В засушливых странах Северной Африки и Ближнего Востока, подземные воды – как и все водные ресурсы – принадлежат государству или управляются государством, и необходимые меры могут быть приняты, как только возникнет необходимость. Иначе говоря, определение юридического статуса подземных водных ресурсов является естественной отправной точкой для введения мер по управлению ими, таких, как те, что приведены в Таблице 7 (GW-MATE 2002-2004 – Информационная записка 4). Диапазон этих мер – от минимальных регулирующих требований до более сложных систем управления подземными водными ресурсами. Стоит также отметить, что положения по управлению подземными водными ресурсами должны быть включены не только в водное законодательство, но также и в законодательство, касающееся планирования использования земельных ресурсов, общественных работ, сельскохозяйственного развития и защиты окружающей среды. Тем не менее, национальное законодательство по подземным водам само по себе не обеспечит достаточную основу для решения проблем управления невозобновляемыми ресурсами.

Поскольку невозобновляемые водоносные формации являются преимущественно накопительными и поэтому к ним не может быть применен тот же подход, что и к (текущим) рекам, следует обеспечить особые условия посредством принятия нормативов по отдельным водоносным горизонтам в целях осуществления руководства в процессе запланированного истощения (или восстановления) и адаптации вышеуказанных инструментов и мероприятий к каждому отдельному случаю использования невозобновляемых подземных вод. Нормативы должны быть подкреплены принятием административных или технических руководств. Два сценария планирования, применимые к невозобновляемым ресурсам подземных вод, описаны в Главе 2 и кратко охарактеризованы в Таблице 8 (GW-MATE 2002-2004 – Информационная записка 11).

Таким образом, положения национального законодательства по подземным водам, которые дают возможность полномочным органам, ответственным за состояние подземных вод, выявлять имеющие большое значение области, обычно соответствующие гидрогеологическим комплексам (водоносные формации) и сообщать о них, приобретут особое значение. Основываясь на таком сообщении, полномочные органы приступят к разработке планов стратегического управления, отвечающих специфическим условиям рассматриваемых комплексов. К вопросам водопользования будет применяться различный подход в зависимости от резервных запасов, имеющихся в каждом отдельном комплексе, от целей управления данным комплексом и от допустимого уровня уменьшения запасов за данный период времени. В любом случае, очень важно ограничить срок действия прав извлечения/использования подземных вод (скажем, пятью годами) с тем, чтобы облегчить процесс периодического пересмотра и регулирования или ограничения этих прав, если потребуется. Наконец, на некоторых гидрогеологических комплексах новые заявки на получение разрешения по использованию подземных вод для орошения или в других целях могут быть отклонены, а владельцам систем водоснабжения может быть направлено предписание составить планы мероприятий по охране ресурсов.

Если такая ситуация обычна в технологически развитых странах, таких, как западные штаты США, которые стремятся основывать стратегический выбор на достоверных данных и информации, то в большинстве стран знания о ресурсах подземных вод очень ограничены. Поэтому положения законодательства часто ограничиваются запретом выращивания определенных культур или предписанием перехода на культуры, для выращивания которых требуется меньше воды, или сокращением площадей, используемых под сельскохозяйственные нужды. В некоторых странах особое внимание уделяется запрету на сооружение новых скважин. Для того, чтобы получить возможность сделать правильный стратегический выбор, страны, в которых имеется недостаток необходимых данных, должны

приложить усилия, направленные, в частности, на введение такого законодательства, которое потребует от организаций, имеющих отношение к использованию подземных вод, координации деятельности по сбору информации и формированию объединенных баз данных по подземным водам на национальном уровне. Одновременно с этим крайне важно ввести систему прав водопользования, ограниченных по времени и подлежащих пересмотру при определенных обстоятельствах.

Наконец, с целью восстановления водоносных пластов законодательство может предусматривать искусственное заполнение водоносных горизонтов поверхностными, ливневыми или сточными водами. В этом случае в законодательстве должны содержаться определенные требования к квалификации операторов, работающих в данном секторе, а также к качеству воды. Следовательно, искусственное повторное заполнение водоносных пластов потребует получения разрешения, а операторы должны будут регистрироваться в соответствующих органах.

Таблица 7. Типичный перечень положений законодательства по ресурсам подземных вод.

| | | |
|--|--|--|
| <p>Планирование использования водных ресурсов</p> | <p><i>Общие тенденции</i></p> <p><i>Конкретные меры</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ В случае уменьшения запасов подземных вод ▪ Меры, направленные на повышение эффективности ▪ Использование нетрадиционных ресурсов ▪ Штрафные санкции за нарушения | <ul style="list-style-type: none"> • Совместные ключевые стратегии и средства их воплощения. • Возможность компенсации для тех, кто теряет права на использование подземных вод. • Государственная регистрация: регистрация всех видов лицензированного использования подземных вод. • Временное нормирование использования имеющихся запасов. • Приостановление, ограничение или запрет определенных видов использования подземных вод. • Выполнение требований кодекса добросовестной сельскохозяйственной практики. • Контролируемая переработка и повторное использование сточных вод и использование морской воды. • Ранжирование мер взыскания от административных санкций до тюремного заключения и до обязанности восстановления участка до первоначального состояния. • Санкции могут включать конфискацию оборудования, использованного для проведения незаконных работ (бурового оборудования). |
| <p>Контроль извлечения подземных вод</p> | <p><i>Разрешительная система (разрешения, лицензии, доверенности, концессии, официальные права, права водопользования)</i></p> <p><i>Регистрация определенных скважин</i></p> <p><i>Лицензирование буровых компаний</i></p> <p><i>Тарифы на воду</i></p> <p><i>Определение параметров скважин</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Сюда может включаться разведка подземных вод, сооружение скважин и использование подземных вод. • Условия устанавливаются касательно: (а) объема, норм и периода извлечения; (б) расположения скважины; и (в) способов изменения и использования. • Дает полномочие соответствующим органам контролировать извлечение подземных вод. • Обеспечивает использование подземных вод по назначению. • Защищает права зарегистрированных водопользователей (внесенных в соответствующие реестры). <p>Законодательство определяет случаи, когда разрешение может быть приостановлено, изменено или отозвано</p> <p>Разрешения на использование подземных вод должны соответствовать гидрогеологическим условиям водоносных пластов</p> <p>Бурение скважины не более определенной глубины и/или дебета подлежит простому декларированию с последующей регистрацией в соответствующих водоохраных органах</p> <ul style="list-style-type: none"> • Служит для обеспечения гарантии соответствующей квалификации подрядчиков по бурению. • Посредством установления стандартов отбора образцов и |

| | | |
|---|--|--|
| | | <p>ответственности обеспечивает направление данных по грунтовым водам в соответствующие органы управления. На использование подземных вод устанавливаются тарифы, которые могут постепенно увеличиваться в зависимости от извлекаемых объемов. Служит (а) целям определения количества извлекаемой воды и (б) взимания соответствующей платы с пользователей.</p> |
| <p>Охрана качества подземных вод</p> | <p><i>Объявление охраняемых территорий</i></p> <p><i>Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОК)</i></p> <p><i>Контроль землепользования</i></p> | <p>Для защиты водоносных скважин и их комплексов, уязвимых водоносных пластов от загрязнения, а также водоносных пластов, подвергающихся риску чрезмерной эксплуатации.</p> <p>Требуется при осуществлении проектов/деятельности, которые могут оказать отрицательное воздействие на водоносные горизонты.</p> <p>Возможно введение ряда мер, которые обеспечат предотвращение неблагоприятного воздействия землепользования на подземные воды:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ограничение выращивания определенных культур; • Снижении интенсивности выпаса животных; • Мелиорация и осушение земель; • Запрет или ограничение определенных видов водопользования; • Запрет или ограничение определенных видов деятельности, загрязняющих окружающую среду; • Ограничение использования удобрений и пестицидов. |

Таблица 8 Сценарии планирования и ключевые инструменты управления

| СЦЕНАРИЙ 1: ЗАПЛАНИРОВАННОЕ ИСТОЩЕНИЕ (Разработка ресурса) | СЦЕНАРИЙ 2: ЗАПЛАНИРОВАННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ (сценарий рационализации) |
|---|---|
| <p>(а) план истощения, включающий стратегию «выхода», т.е. указание на то, что делать завтра:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использование альтернативных источников воды (традиционных и нетрадиционных); – изменение местоположения использования и пользователей (в тех случаях, когда это возможно) <p>(б) позволяет включать условия, касающиеся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расположения скважин; - глубины бурения; - норм извлечения; - извлекаемых объемов; <p>(в) размер тарифов на воду должен быть структурирован таким образом, чтобы (по меньшей мере) обеспечить поступления для компенсации стоимости стратегий «выхода».</p> | <p>(а) долгосрочный план стабилизации или восстановления, включающий приоритеты в отношении требований, которые необходимо выполнить в первую очередь, и тех видов использования, которые необходимо ограничить/запретить.</p> <p>(б) Зонирование, основанное на уязвимости водоносных пластов.</p> <p>(в) Консервирование некоторых скважин.</p> <p>(в) Консервирование некоторых скважин.</p> <p>(г) Позволяет включать условия (как в варианте сценария 1)</p> <p>(д) Требует мер по управлению.</p> |

Институциональные аспекты

Успешное выполнение указанных выше мер требует учреждения институциональных схем, облегчающих управление невозобновляемыми ресурсами подземных вод. Сюда входят:

- последовательная политика,
- законодательство,
- стратегическое планирование управления,
- способность управлять ресурсами на правительственном и децентрализованном уровнях,
- информированные и стремящиеся к сотрудничеству водопользователи,
- способность проводить мониторинг и оценку

На национальном уровне

Единый орган управления

Идеальным вариантом при решении вопросов управления подземными водами на национальном уровне было бы сосредоточение всех функций в руках единого министерства или органа, в сферу ответственности которого входили бы также поверхностные воды. Однако это не всегда возможно. Несмотря на наличие организации 'по водным ресурсам' в ряде стран, многие министерства и правительственные агентства имеют право вмешиваться в вопросы развития и использования подземных вод.

Механизм координации работы различных министерств

Следовательно, законодательство обеспечивает в некоторых случаях участие таких заинтересованных организаций в планировании и управлении ресурсами подземных вод на национальном уровне посредством механизмов координации работы различных министерств, таких, как советы, комиссии или комитеты. В Тунисе, например, Водный Совет дает рекомендации по всем вопросам, связанным с политикой или планированием. В Алжире подобный орган был создан в 1996 году.

На уровне водоносных горизонтов: Организации по управлению водоносными горизонтами (ОУГВ)

Участие заинтересованных лиц и пользователей в управлении подземными водами необходимо для успешного выполнения запланированных задач и мероприятий. Важность такого участия общепризнанна и многие страны начинают предусматривать в своем законодательстве учреждение организаций по управлению водоносными горизонтами (ОУГВ). Учреждение ОУГВ особенно важно для будущего тех водоносных пластов, которые подвергаются риску деградации или «разработаны», т.е. использованы до такой степени, когда дальнейшее извлечение не представляется экономически привлекательным, независимо от того, превышают ли нормы извлечения возможности естественного восстановления или же водоносный горизонт не восстанавливается естественным путем. В ОУГВ могут входить представители центральных правительственных агентств, водопользователей и других заинтересованных лиц, а также местных органов управления. Они могут выступать в роли консультантов по планированию управления ресурсами водоносных пластов и по вопросам принятия необходимых мер для снижения негативного влияния разработки на состояние водоносного пласта, в том числе по мерам, влекущим за собой ограничение прав индивидуального водопользования. Кроме того, они могут привлекаться для мониторинга выполнения плана управления ресурсами водоносного пласта.

Среди стран, в которых созданы ОУГВ - Испания, Мексика, Австралия и западные штаты США. В частности, один из ярких примеров деятельности ОУГВ можно найти в австралийских штатах, на территории которых расположен Большой Артезианский Бассейн (БАБ) – Квинсленд, Новый Южный Уэллс, Южная Австралия и Северная Территория.

Каждый из этих штатов создал консультативный комитет для своей части БАБ. Этот комитет представляет все заинтересованные стороны и дает рекомендации органам управления водными ресурсами по выдаче лицензий на извлечение подземных вод. На уровне БАБ существует Консультативный Совет БАБ, в который входят представители Содружества, штатов, пользователей и различных ассоциаций заинтересованных лиц. В 2000 г. Совет принял План Стратегического Управления БАБ, в котором устанавливаются основные рекомендации по управлению ресурсами подземных вод на уровне Содружества и на государственном уровне. В сферу деятельности Совета, среди прочего, входят мониторинг выполнения Плана на уровне бассейна и меры по облегчению обмена информацией между штатами бассейна.

Местный уровень и уровень пользователей

Для того, чтобы управление ресурсами подземных вод было успешным, очень важно, чтобы представители водопользователей принимали участие через свои объединения или ассоциации в принятии любых решений, которые могут затронуть их интересы. Эта необходимость признается законодательством некоторых стран, в котором ставится условие представительства пользователей в ОУГВ. Также очень важно, чтобы местные власти сохранили возможность участия в управлении подземными водами после создания ОУГВ. Поэтому законодательство о воде в некоторых странах требует их представительства в этих организациях.

Особый случай невозобновляемых грунтовых вод

Поскольку мероприятия по управлению ресурсами в данном случае различаются в зависимости от условий каждого водоносного пласта, очень важно создать или назначить организацию, которая будет координировать выполнение планов и мероприятий на уровне водоносного пласта, при участии пользователей и заинтересованных организаций. ОУГВ была бы наиболее приемлемой формой такой организации.

Международное законодательство по использованию подземных вод

На мировом уровне многие водоносные пласты, содержащие невозобновляемые подземные воды, являются трансграничными (Таблица 3, Глава 1). Среди них, например, Нубийская система песчаных водоносных горизонтов (НСПВГ), которая перекрывается территориями Чада, Египта, Ливии и Судана; а также Система водоносных горизонтов Северо-Западной Сахары, более известная под своим акронимом на французском языке – SASS (Système Aquifère du Sahara Septentrional), расположенная на территориях Алжира, Ливии и Туниса. Результаты исследований этих двух водоносных систем прилагаются к настоящей монографии (анализ конкретных примеров).

Международное право уделяет мало внимания трансграничным водоносным системам (ЮНЕСКО 2001), содержащим как возобновляемые, так и невозобновляемые водные ресурсы, что явствует из приведенного ниже.

Международные инструменты

В то время, как ряд международных соглашений и других правовых инструментов касаются подземных вод, немногие из них действительно полностью и исключительно посвящены этой проблеме (Бурки и Мехлем, 2004). Во многих случаях подземные воды только номинально включены в сферу рассмотрения юридического документа. Как в международном договорном, так и не договорном праве имеются тенденции разработки более специализированных правил в отношении подземных вод (Мехлем, 2004).

На двустороннем уровне единственным исключением является принятое в 1977 году 1977 Arrangement relatif à la protection, à l'utilisation et à la réalimentation de la nappe souterraine franco-suisse du Genevois (Соглашение о защите, использовании и пополнении запасов Франко-Швейцарского Женевского водоносного горизонта) в котором определяются нормы качества подземных вод, их объема, извлечения и пополнения. Это редкий пример договора, посвященного исключительно трансграничному водоносному горизонту и учреждающего совместную комиссию по управлению ресурсами водоносного пласта. Другие договоры рассматривают вопросы, связанные с подземными водами среди других предметов обсуждения, как например договор 1973 года между Мексикой и Соединенными Штатами по Постоянному и Окончательному Решению Проблемы Засоленности Реки Колорадо, известный как Протокол 242. Последний затрагивает в основном проблемы поверхностных вод, но содержит и одно положение (параграф 5), которое ограничивает откачку подземных вод из водоносного горизонта Юма Меса обеими странами в непосредственной близости от линии раздела Аризона-Сонора недалеко от Сент-Луиса. Примечательно, что это положение касается только одного из не менее чем 15 водоносных горизонтов, находящихся в совместном пользовании Соединенных Штатов и Мексики, и было принято 'до заключения' между двумя правительствами 'всеобъемлющего соглашения по подземным водам в приграничных областях'.

На региональном уровне следует упомянуть два рамочных соглашения, применимых как к поверхностным, так и к подземным водам: Конвенцию по Охране и Использованию Трансграничных Водных Потоков и Международных Озер, принятую UN ECE в 1992 году и Обновленный Протокол по Совместным Водным Потокам в Южно-Африканском Сообществе Развития (Обновленный протокол SADC).

Для стран членов Евросоюза Рамочная Директива по водным ресурсам (Директива 2000/60/ЕС) обеспечивает очень точный и амбициозный режим контроля качества и объема подземных вод, применимый как во внутренних условиях, так и в транснациональных. Предложение по принятию директивы по защите подземных вод от загрязнения было представлено на рассмотрение в сентябре 2003 года (COM(2003) 550 окончательный вариант). В то время, как Рамочная Директива по воде обеспечивает общую схему охраны подземных вод, целью дочерней директивы по подземным водам является учреждение специализированных мер для предотвращения и контроля загрязнения подземных вод.

На глобальном уровне, Конвенция Организации Объединенных Наций по не-навигационному использованию международных водных потоков (Конвенция по Водным Потокам), подготовленная Международной Юридической Комиссией (МЮК) (орган Организации Объединенных Наций, занимающийся кодификацией и постоянным развитием международного законодательства) была принята 21 мая 1997 года Генеральной Ассамблеей ООН после переговоров на государственном уровне. Эта Конвенция представляет собой огромный шаг в развитии международного водного права. В ней рассматриваются и вопросы подземных вод, которые являются частью 'системы поверхностных и подземных вод, составляющих в силу своей физической взаимосвязи единое целое, и обычно текущих в общий конечный пункт' (статья 2а).

Отсюда следует, что она не распространяется на невозобновляемые подземные воды, поскольку они не являются частью системы поверхностных и подземных вод. Ввиду недостаточности юридических и институциональных установлений в случае трансграничных водоносных горизонтов, междисциплинарная группа специалистов ощутила необходимость составить и предложить модель договора – проект договора Белладжио (Хейтон и Аттон, 19989). Проект договора явился результатом их работы.

Напоследок следует упомянуть Берлинские правила по Водным Ресурсам Международной Ассоциации Юристов (МАЮ), которые основываются на ранее принятых Хельсинских и Сеульских Правилах. Берлинские правила применимы к возобновляемым и невозобновляемым, внутренним и международным ресурсам подземных вод. Согласно этим правилам основные принципы международного водного права применимы ко всем

подземным водам. Кроме того, они содержат особые положения, среди прочих, по бережному и устойчивому управлению ресурсами водоносных пластов и их охране. Эти правила отражают научную точку зрения.

Принципы международного права

Договорное право разработано в основном в отношении подземных вод, связанных с поверхностными, и существует тенденция применения к подземным водам основных принципов международного водного права, которые создавались для управления ресурсами поверхностных вод. Общие водные ресурсы должны использоваться на основе принципов справедливости и разумности. Страны также обязаны принимать все необходимые меры для предотвращения причинения значительного ущерба другим государствам. Наконец, они должны сотрудничать в целях достижения оптимального использования и адекватной охраны подземных вод. В частности, они должны обмениваться данными и информацией и обеспечивать упреждающее уведомление о планируемых мероприятиях, затрагивающих ресурсы подземных вод, если они могут оказать значительное неблагоприятное воздействие на ресурсы другого государства. В то время как эти принципы обеспечивают некоторое правовое основание для управления ресурсами трансграничных подземных вод, существует необходимость дальнейшей разработки законодательства для того, чтобы предусмотреть все возможные правовые вопросы в соответствии со специфическими характеристиками водоносных горизонтов, частными проблемами, которые возникают в процессе управления их ресурсами и необходимостью предотвращения их деградации.

Недостаточное число соглашений и других юридических инструментов, касающихся непосредственно использования подземных вод в целом, и в особенности невозобновляемых водоносных горизонтов, создает трудности для создания соответствующего обычного международного права, т.е. права, которое обяжет все государства в результате государственной практики, проводимой во исполнение соответствующих установленных законом обязанностей, в особенности в отношении последнего из упомянутых типов водоносных горизонтов.

Специфическая проблема невозобновляемых водоносных горизонтов

Странами, в которых имеются трансграничные системы невозобновляемых водоносных горизонтов, на двустороннем и многостороннем уровнях продолжают предприниматься усилия к достижению сотрудничества и согласия по применению общих механизмов управления.

Примером такого сотрудничества может служить NSAS. Египет и Ливия, два из заинтересованных государств, учредили совместный Департамент в целях изучения и развития системы водоносных горизонтов в начале 1990-ых. Чад и Судан приняли участие в работе этого Департамента несколько позже. Среди прочего, Департамент несет ответственность за сбор и обработку данных, проведение исследований, разработку планов и программ по развитию и использованию водных ресурсов, проведение общей политики управления ресурсами подземных вод, обучение технического персонала, определение норм использования подземных вод и изучение природоохранных аспектов разработки ресурсов подземных вод. Департамент управляется Советом Директоров, в состав которого входят по три члена от каждого государства, административным секретариатом и директором, назначаемым Советом Директоров. Представители каждого из государств поочередно председательствуют в Совете Директоров. Собрания Совета Директоров проводятся дважды в год, решения принимаются большинством голосов. Объединенная региональная информационная система была разработана при поддержке Центра по Окружающей Среде и Развитию для арабского региона и Европы (CEDARE). 5 октября 2000 г. четыре страны-участника подписали два соглашения по порядку сбора данных и совместному использованию системы данных.

С 1999 года совместные усилия также получили свое развитие в отношении SASS. Недавно три страны договорились учредить институциональный механизм сотрудничества, состоящий из небольшого секретариата, приданного межправительственному информационному центру *Observatoire du Sahara et du Sahel(OSS)*. Такой секретариат должен обеспечить продолжительность сотрудничества в области сбора гидрогеологических данных и моделирования процессов в водоносных горизонтах в поддержку планирования на местном уровне и принятия решений на уровне заинтересованных стран.

Подземные воды на повестке МЮК

На глобальном уровне также наблюдаются обнадеживающие признаки развития международного законодательства в области использования подземных вод. МЮК в 2002 году включила в свою долгосрочную программу работы тему: «Совместно используемые природные ресурсы», охватывающую проблемы, связанные с подземными водами, нефтью и газом. Три доклада уже были представлены по вопросам трансграничных подземных вод (в 2003, 2004 и 2005 г.) В своем последнем докладе (Док. ООН А/CN.4/551), который был получен членами МЮК, Особый Докладчик предлагает полный комплект проектов статей, регулирующих управление ресурсами трансграничных водоносных горизонтов. Он вводит принципы справедливого и разумного использования, правило не нанесения ущерба, условие проведения мониторинга, ряд статей по защите, охране и управлению и по видам деятельности, затрагивающим другие государства. Особое условие по невозобновляемым водоносным горизонтам содержит указание на обязанность Государств, использующих водоносный горизонт 'стремиться максимизировать долгосрочные выгоды, получаемые от использования воды...'. 'Государства, использующие водоносный горизонт 'призываются к разработке плана развития' для своих невозобновляемых ресурсов подземных вод, 'принимая во внимание согласованный срок использования такого водоносного горизонта или системы горизонтов, а также будущие потребности таких Государств и использование ими альтернативных источников воды' (проект статьи 5).

Недавние усилия по сотрудничеству в области использования трансграничных водоносных горизонтов и работа, проведенная МЮК, могут рассматриваться как знак постепенного развития и роста заинтересованности на международной арене в решении вопросов устойчивого управления такими водными ресурсами. Особое внимание уделяется невозобновляемым ресурсам подземных вод. Однако, успешное международное сотрудничество требует наличия функционирующих внутригосударственных правовых и институциональных схем в заинтересованных странах, включая адаптированные регулирующие и экономические инструменты, позволяющие осуществлять контроль загрязнения и удовлетворять потребности управления невозобновляемыми ресурсами подземных вод.

■ Список литературы

BURCHI, Stefano and MECHLEM, Kerstin (eds.) 2005. *Groundwater in International Law: Compilation of Treaties and other Legal Instruments*, FAO Legislative Study No. 86. FAO/ UNESCO, Rome/Paris .

BURCHI Stefano and NANNI Marcella, 2003. *How Groundwater Ownership and Rights Influence Groundwater Intensive Use Management*, in; *Intensive Use of Groundwater, Challenges and Opportunities*, Ramón Llamas and Emilio Custodio Eds., Balkema, pp. 227-240.

CAPONERA, Dante A., 1992. *Principles of Water Law and Administration, National and International*. Balkema, Rotterdam.

GW-MATE 2002-2004. Sustainable Groundwater Management: Concepts and Tools, Briefing Note 4. Groundwater Legislation and Regulatory Provisions, from customary local rules to integrated catchment planning. Briefing Note 11. Utilization of Non-Renewable Groundwater – a socially-sustainable approach to resource management.

HAYTON and UTTON. 1989. Bellagio Draft Treaty. *Natural Resources Journal*, vol 29. 1989.

MECHLEM, Kerstin. International Groundwater Law: Towards Closing the Gaps? *14 Yearbook of International Environmental Law 2003*, pp. 47–80.

UNESCO, 2001, *Internationally Shared (Transboundary) Aquifer Resources Management (ISARM) – Their Significance and Sustainable Management – A Framework Document*, IHP-VI, Series on Groundwater No. 1. UNESCO, Paris.

- Ресурсы подземных вод, восполнение которых занимает очень длительный период в сравнении с временными рамками деятельности человека, для удобства обозначаются термином '**невозобновляемые ресурсы подземных вод**' - и объем запасов таких подземных вод в некоторых водоносных пластах может быть огромным. В таких случаях мы обычно имеем дело с 'ископаемыми (или палео) подземными водами', восполнявшимися в прошлом, при более влажных климатических режимах, но не все ископаемые подземные воды являются невозобновляемыми.
- Разработка ресурсов невозобновляемых подземных вод подразумевает 'добычу резервных запасов водоносного пласта', и в этом качестве имеет уязвимые стороны в социальном, экономическом и политическом плане.
Но, в особенности в наиболее засушливых регионах мира, использование невозобновляемых подземных вод дает возможность восполнить растущий дефицит пресной воды, улучшить бытовые условия и способствовать экономическому развитию. Ограничение использования ресурсов на основании того, что они не являются 'физически устойчивыми' в долгосрочной перспективе представляется упрощенческим и недостаточным, поскольку такая разработка ресурсов может (и должна) рассматриваться как социально устойчивая, при условии соответствия определенным критериям и устранения определенных рисков.
- Для того чтобы отвечать требованиям «социальной устойчивости» в отношении разработки невозобновляемых ресурсов подземных вод следует применять следующие критерии:
 - она должна вести к определенному улучшению социально-бытовых условий;
 - баланс между краткосрочными экономическими выгодами и долгосрочными 'отрицательными последствиями' должен быть положительным;
*должна существовать 'стратегия выхода', дающая ответ на вопрос 'что будет после того, как водоносный пласт будет значительно истощен';
 - следует принимать во внимание 'право справедливости будущих поколений';
- Одновременно следует признать, что прогнозирование долгосрочного развития любого данного случая является предметом значительной неопределенности (в результате недостаточного понимания гидрогеологических процессов, появления новых технологий, изменений на мировом рынке сельскохозяйственных и пищевых продуктов, ускорения процессов изменения климата и т.д.), что ограничивает возможности управления традиционными ресурсами, Это диктует необходимость использования более гибких и учитывающих возможные риски подходов, которые должны получить признание в рамках международной политики.
- На практике использование невозобновляемых подземных вод происходит обычно по двум сценариям:
 - 'запланированное истощение водоносного пласта'- целью которого является упорядоченное использование резервов водоносного пласта (системы, которая в прошлом разрабатывалась незначительно) с получением ожидаемой выгоды и предсказуемыми последствиями в определенный период времени;

- 'чрезмерная незапланированная эксплуатация' - с непреднамеренным истощением резервов водоносного пласта в результате интенсивного извлечения подземных вод в областях, где в современных условиях восполнение резервов очень ограничено.
- В случае незапланированной чрезмерной эксплуатации, необходимы активные действия для того, чтобы 'стабилизировать' ситуацию, и тогда обнаружится много общего со сценарием 'запланированного истощения водоносного пласта', поскольку целью будет являться более упорядоченное использование резервов водоносного пласта – минимизация ухудшения качества, повышение продуктивности водоносного пласта и поощрение перехода на менее водозависимые способы ведения хозяйства. В определенном смысле это будет наиболее трудным, поскольку придется бороться с большой экономической заинтересованностью и социальной инерцией, но наличие данных об изменениях водоносного пласта должно означать, что могут быть созданы числовые модели такого водоносного пласта, выверенные по историческим тенденциям и более точным прогнозам будущих направлений развития.
- Правительство должно играть ключевую роль в создании условий для социально-устойчивого использования невозобновляемых подземных вод, но серьезными препятствиями при этом могут оказаться неприемлемая цена, которую придется заплатить в политике, и неадекватные институциональные возможности. Предпочтительным вариантом делегирования ответственности остается одно министерство или агентство – но если это невозможно, необходимо создать «специальное руководящее подразделение» в работе которого будут принимать участие все министерства, заинтересованные в развитии ресурсов подземных вод и охране окружающей среды, посредством 'многосекторного координационного комитета'.
- Политические решения по разработке резервов водоносных пластов (или по приоритетам рационального использования водоносного пласта, подвергающегося неконтролируемой разработке) должны приниматься на высоком правительственном уровне – в странах, где отсутствуют министерства водного хозяйства, решения должен принимать министр соответствующего профиля, но в некоторых странах лучше было бы передать полномочия по принятию решений должностным лицам высокого уровня в правительственной иерархии (команде президента или губернатора провинции).
- В наши дни многие страны имеют законодательство по использованию подземных вод, которое рассматривает подземные воды водоносных пластов как народное достояние (или общую собственность), но все еще может сохраняться представление о том, что подземные воды могут находиться в частной собственности. Однако национальное законодательство обычно не обеспечивает достаточных оснований для решения вопросов управления невозобновляемыми ресурсами, поэтому необходимо принять особые положения посредством введения дополнительных нормативов, в которых невозобновляемые водоносные пласты будут объявлены 'заповедной зоной', где должны действовать особые меры в отношении управления и разработки.
- Полноценное участие водопользователей равным образом является крайне важным для осуществления необходимых мероприятий. Это может быть наилучшим образом достигнуто путем учреждения организации по управлению ресурсами водоносных пластов, в которую должны входить представители всех основных заинтересованных секторов экономики и групп пользователей данного региона наряду с представителями правительственных агентств, местных органов власти и других заинтересованных организаций. Кампании по просвещению населения относительно природы, уникальности и ценности невозобновляемых ресурсов подземных вод очень важны для создания

социальных условий, способствующих усовершенствованию практики водопользования и эффективному управлению водоносными пластами.

- Одним из основных приоритетов должно стать урегулирование системы прав извлечения подземных вод (разрешения, лицензии или концессии). Они должны согласовываться с реальными гидрогеологическими условиями постоянно снижающихся уровней подземных вод, потенциально снижающихся дебетов скважин и возможного ухудшения качества подземных вод. Таким образом, такие права следует ограничивать по времени в долгосрочной перспективе и подвергать первоначальному пересмотру и вносить изменения каждые 5-10 лет. В этом процессе обычные права водопользования, преобладающие во многих сельских регионах мира должны быть соотнесены и согласованы с предлагаемыми вариантами развития.
- Направленное осуществление административных функций в отношении невозобновляемых подземных вод и крайне важные меры по взаимодействию со всеми заинтересованными сторонами получают большие преимущества от применения различных ключевых инструментов управления, таких, как:
 - определение параметров водоносной системы и численное моделирование в целях облегчения прогнозирования доступности подземных вод, влияния извлечения на сам водоносный горизонт, третьи стороны (в особенности традиционных пользователей) и прилегающие водные и наземные экосистемы, а также на возможные изменения качества подземных вод в процессе разработки;
 - социо-экономическая оценка возможных вариантов разработки резервов водоносных пластов, включая рассмотрение возможных вариантов альтернативного использования, эффективности предлагаемых или действующих видов использования по отношению к ценности подземных вод в месте их нахождения и возможной 'стратегии выхода', когда резервы водоносных пластов будут истощены;
 - приемлемая система измерения или расчета объемов извлечения или использования и реакция уровня подземных вод и их качества на такое извлечение не может быть переоценена.
- Такая оценка должна проводиться совместно органами управления водными ресурсами, ассоциациями заинтересованных лиц и индивидуальными пользователями. Выдача ограниченных по времени разрешений, подлежащих периодическому пересмотру, обычно вынуждает пользователей представлять данные по скважинам на регулярной основе. Обязанностью органов управления водными ресурсами будет введение необходимых институциональных мер – посредством одной из форм баз данных по водоносному пласту (банк данных или центр данных) в целях архивирования, обработки, интерпретации или распространения полученной информации.
- Многие водоносные горизонты, содержащие большие запасы невозобновляемых подземных вод являются трансграничными, как на международном уровне, так и на национальном, когда горизонт располагается на территории различных автономных провинций или штатов в пределах одной страны, и значительная взаимная выгода может быть достигнута посредством:
 - создания руководящей группы высокого уровня или группы совместного технического руководства;
 - выполнения совместных или скоординированных программ мониторинга подземных вод;
 - создания общей базы данных по подземным водам или механизма совместного использования информации;

- проведения скоординированной политики в отношении планирования использования ресурсов подземных вод, гармонизации соответствующего законодательства и нормативов, а также процедур управления общими ресурсами, предотвращения конфликтов и принятия решений.

Система водоносных горизонтов Северо-Западной Сахары (NWSAS)

А. Маму, М. Бесбес, Б. Абдус, Д.Дж. Латреш и С Феццани

■ Введение

Система водоносных горизонтов Северо-Западной Сахары (NWSAS) находится в совместном пользовании Алжира, Ливии и Туниса. Она содержит значительные резервы невозобновляемой воды. За последние тридцать лет от 0,6 до 2,5 миллиарда м³ воды в год извлекалось из этой системы. Такая длительная эксплуатация связана с множеством рисков, в том числе риском засоления, потери артезианского потока, высыхания стока и конфликтов между странами.

Имитационное моделирование выявило области, где совместно используемые ресурсы оказываются наиболее уязвимыми. Моделирование также позволило определить новые зоны извлечения, где можно ожидать чрезмерного забора воды, пока будут создаваться более совершенные международные соглашения по контролю рисков между тремя странами.

Эти документы являются основными результатами, достигнутыми в ходе выполнения различных частей проекта NWSAS.

■ Система водоносных горизонтов Северо-западной Сахары

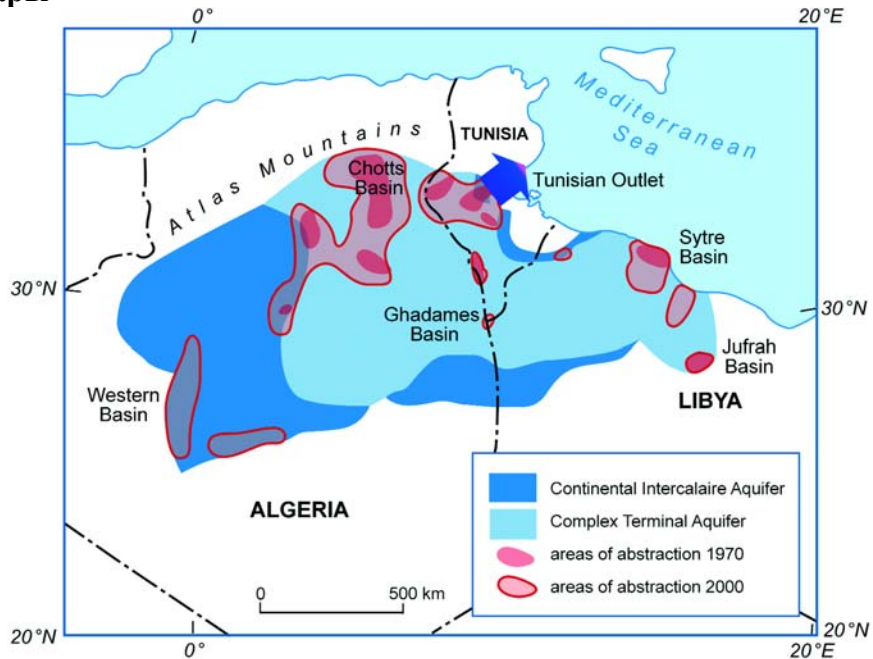
Система водоносных горизонтов Сахары состоит из двух основных ярусно расположенных глубоких водоносных горизонтов: а) более глубокого Континентального Интеркалярного (КИ) и б) Комплексного Терминального (КТ). Эта система, как показано на Рисунке 1, охватывает область площадью более одного миллиона квадратных километров, 69% которой находится на территории Алжира, почти 8% - в Тунисе и 23% в Ливии.

Эти водоносные горизонты очень скудно пополняются – в целом всего лишь примерно на один миллиард кубических метров в год. Малое количество выпадающих осадков проникает в основном в предгорья Сахарского Атласа в Алжире, а также в Джебел Дахар в Тунисе и Джебел Нафуза в Ливии. Тем не менее, протяженность системы и мощность водоносных горизонтов способствовали накоплению значительных запасов.

Вопрос, конечно, в том, как можно использовать водоносные горизонты Сахары, не нарушая их устойчивости, на уровне, превышающем нормы их восполнения, то есть, используя накопленные резервы? Как может быть продолжено максимальное извлечение воды в целях оптимального развития региона без риска непоправимого ухудшения состояния этого ресурса? Ответы на эти вопросы определяют способы устойчивого использования эксплуатируемых ресурсов системы водоносных горизонтов Северо-западной Сахары.

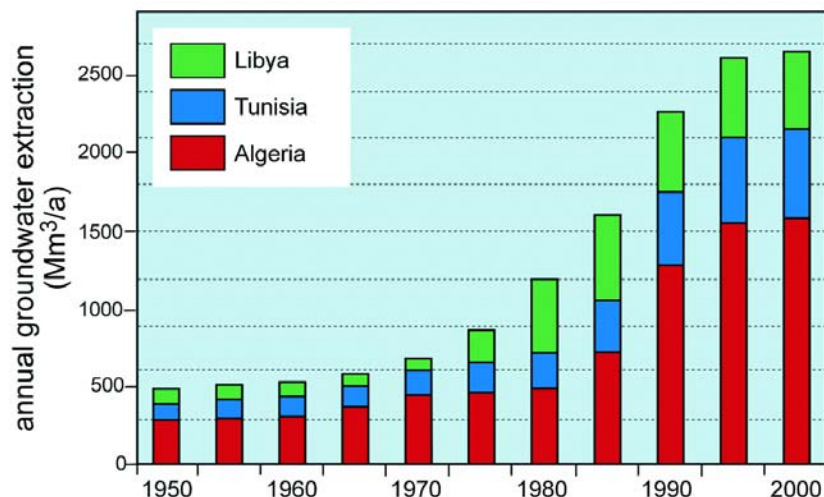
Система водоносных горизонтов Сахары эксплуатируется почти 8800 пунктами извлечения воды, бурения и наличия источников: 3500 из них расположены на Континентальном Интеркалярном горизонте и 5300 - на Комплексном Терминальном. Количество пробуренных скважин и сопутствующих систем эксплуатации значительно возросло за последние 20 лет.

Рисунок 1. Гидрогеологическая карта-схема системы водоносных горизонтов Северо-Западной Сахары



На сегодняшний день ежегодное извлечение составляет более 2,2 миллиарда м³ – 1,3 миллиарда в Алжире, 0,55 миллиарда – в Тунисе и 0,33 миллиарда – в Ливии (Рисунок 2). Если эти нормы извлечения воды тремя странами сохранятся, несомненно, появятся серьезные причины для беспокойства о будущем регионов Сахары. Уже сейчас можно наблюдать первые признаки ухудшения состояния водных ресурсов, что влечет за собой возрастание возможности международных конфликтов, минерализацию воды, исчезновение артезианского потока при бурении скважин, высыхание стоков и чрезмерное снижение уровня грунтовых вод в насосных скважинах.

Рисунок 2. Рост извлечения подземных вод из системы водоносных горизонтов Северо-Западной Сахары



Три страны, заинтересованных в будущем этой системы, должны прийти к сотрудничеству и найти способы совместного управления Сахарским Бассейном.

Власти этих трех стран, прекрасно осознающие все эти проблемы, начали совместные исследования под руководством Наблюдательного Комитета по Сахаре и Сахелю (OSS) В 1998 году OSS получил спонсорскую поддержку Швейцарского Агентства по Развитию и Сотрудничеству, Международного фонда сельскохозяйственного развития (IFAD),

Продовольственной и Сельскохозяйственной Организации ООН (FAO) на первые трехлетние исследования, которые продолжались до 2002 года.

Эти исследования были нацелены на улучшение гидрогеологических условий, создание информационной системы, построение математической модели и выработку механизма консультаций. В настоящее время имеются исторические данные за пятьдесят лет (1950-2000) по пьезометрии, минерализации воды, и по ее использованию.

На основе полученных уточненных данных по гидрогеологии бассейна была проведена схематизация водоносных горизонтов, необходимая для построения математической модели. Бассейн Сахары – это многослойный осадочный объект. Комплексное отображение отдельных водоносных горизонтов – проницаемых и непроницаемых – дает возможность рассчитывать на гидравлические и химические связи и обмен между всем водоносными горизонтами бассейна и, таким образом, на эффективность системы в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

■ Моделирование процессов и базы данных по NWSAS

Создание общей базы данных позволяет проводить исследования одновременно в нескольких главных офисах проекта и каждым из соответствующих административных органов в каждой из трех стран. Создание этих баз данных требует проведения множества различных операций по более чем 9,000 пунктам извлечения воды, в включая сбор и гомогенизацию систем для классификации и идентификации, обзор, отслеживание ложных данных, внесение исправлений и оценку. Этот инструмент управления содержит высококачественные данные и в настоящее время доступен для использования.

Управление системой водоносных горизонтов на основе полных фактических данных облегчается наличием математической модели. Эта модель позволяет делать прогнозы по различным сценариям управления. Исходным периодом, выбранным для моделирования, явился исторический период 1950-2000 годов, за исходную взята ситуация 1950 года.

Были смоделированы различные варианты политики в каждой стране с целью прогнозирования их совокупного воздействия на водоносные горизонты. Исходный вариант, названный нулевым сценарием, также был определен. Его сущность в том, что объемы извлечения воды из пробуренных скважин сохранятся на уровне 2000 года и вычисления производятся исходя из соответствующего развития системы за 50 лет.

Другие варианты политики включают:

- В *Алжире*, две схемы:
 - Так называемая сильная политика, предусматривающая дополнительное извлечение $101 \text{ м}^3/\text{сек}$, что повысит извлечение воды в Алжире с 42 до $143 \text{ м}^3/\text{сек}$ в первые 30 лет.
 - Так называемая **слабая** политика, предусматривающая дополнительное извлечение $62 \text{ м}^3/\text{сек}$, что повысит извлечение воды в Алжире с 42 до $104 \text{ м}^3/\text{сек}$.
- В *Тунисе*: рассматриваемая политика предполагает, что водосбережение, которое явится результатом повышения эффективности ирригации компенсирует необходимость появления новых орошаемых земель, что равнозначно поддержанию современных уровней извлечения.
- В *Ливии*: моделирование с целью изучения затронуло две программы по Проекту Создания Большой Рукотворной Реки (GMRP): дополнительный поток в $90 \text{ км}^3/\text{год}$ с поля накачки Гадамес-Дери на собирательное поле Джебель-Хассауна.

На Континентальном Интеркалярном водоносном горизонте (КИ), нулевой сценарий приведет к понижению уровня грунтовых вод более чем на 40 метров в пределах нижней части Алжирской Сахары за 50-летний период. В Тунисе такое понижение уровня грунтовых вод составит примерно от 20 до 40 метров, а в Ливии – примерно на 25 метров. На Комплексном Терминальном водоносном горизонте (КТ) в Алжире и Тунисе, понижение уровня грунтовых

вод превысит 30 метров, а в Ливии достигнет 60 метров. Полное исчезновение артезианских потоков произойдет в Алжиро-Тунисском регионе Чоттс, сопровождаемое риском интрузии минерализованных вод из подпитки Чоттс в КТ водоносный горизонт. Отсюда следует, что сохранение современной схемы извлечения – нулевого сценария, представляет большую потенциальную опасность для региона.

Рассмотрим вариант проведения сильной политики в Алжире. Снижение уровня грунтовых вод КИ горизонта составит от 300 до 400 метров в пределах нижней части Алжирской Сахары с полным исчезновением артезианского потока. Ливия не затрагивается этой политикой, но в Тунисе снижение уровня грунтовых вод составляет от 200 до 300 метров и исчезнут артезианские скважины, выпускные отверстия в Тунисе также пострадают. Что касается КТ, здесь Ливия не пострадает, Алжир будет затронут незначительно, а в регионе Чоттс может произойти подпитка.

При проведении Алжиром слабой политики воздействие на Алжир и Тунис будет очень сильным и абсолютно неприемлемым в отношении КИ и КТ.

Ливийский сценарий GMRP в Гадамесе привел к снижению уровня грунтовых вод водоносного горизонта КИ на 100 метров до собирательного поля, около 50 метров в пределах южного региона Туниса и в Деб Деб в Алжире. Что касается собирательного поля Джебель-Хассауна, его влияние на КИ остается незначительным.

Это поисковое моделирование выявило негативное влияние и риски, которым подвергаются водные ресурсы в этом бассейне.

Длительная эксплуатация водоносных горизонтов КИ и КТ потребует менеджмента этих рисков, которые можно кратко охарактеризовать следующим образом:

- исчезновение артезианского потока,
- чрезмерное снижение уровня грунтовых вод в откачиваемых скважинах,
- высыхание Тунисского стока,
- чрезмерное возрастание разногласий между странами в связи со снижением уровня грунтовых вод,
- потенциальное восполнение в Чоттс.

■ Скоординированная политика добычи подземных вод

После завершения исследовательского моделирования был принят принцип построения схем извлечения, основывающихся на нагрузочной способности NWSAS при минимизации выявленных рисков пагубного воздействия на участках, расположенных вблизи тех мест, где могут быть выражены текущие или будущие потребности в воде. В то же время выявляются участки, которые могут быть пригодными для эксплуатации в будущем. Первая стадия такого процесса состояла в создании описи всех потенциальных участков откачки. Цифровая модель NWSAS, которая была приспособлена к такой функции, была использована для моделирования недавно разработанных схем.

Моделирование процессов, которые могут повлиять на будущее NWSAS, выявило наиболее уязвимые регионы. Сектор, подвергающийся наибольшему риску – это Алжиро-Тунисский бассейн Чоттс на КТ водоносном горизонте. Это регион, где водоносный горизонт наиболее уязвим. Именно здесь, где плотность населения особенно высокая, нагрузка на ресурсы будет особенно сильной. Моделирование ясно показало, что простое сохранение современных норм извлечения в течение следующих 50 лет приведет к дополнительному снижению уровня грунтовых вод приблизительно на 30-50 метров на каждом из двух водоносных горизонтов, затрагивающему все четыре взаимозависимых сектора – Уэд Рир, Суф, Диерид и Нефсауа. Такая ситуация была бы неприемлемой для Комплексного Терминального горизонта: риск минерализации в результате просачивания вод Чоттс в водоносный пласт был бы неизбежным. Простое сохранение современных норм извлечения, по крайней мере в пределах КТ горизонта, таким образом, является абсолютно неприемлемым для региона Чоттс. Следует подвергнуть серьезному рассмотрению вопрос снижения норм

извлечения воды в этом регионе как в настоящее время, так и в будущем. Вторжение солей в КТ горизонт причинит большой ущерб.

В процессе моделирования рассматривалась возможность снижения уровня эксплуатации до 7,8 миллиарда м³/год в течение 50 лет. Это возможно осуществить за счет рассредоточения новых полей. 80% дополнительного водоизвлечения должно прийти на отдаленные области, т.е. на Западный Бассейн КИ горизонта и район Уэд Майа КТ горизонта в Алжире. Это обеспечит общее водоизвлечение по странам в объеме 6,1 миллиарда м³/год в Алжире, 0,72 миллиарда м³/год в Тунисе и 0,95 миллиардов м³/год в Ливии. Это, возможно, приведет к тому, что эксплуатация NWSAS возрастет до уровня в 8 раз превышающего объем ее возобновляемых ресурсов. Такая эксплуатация возможна только при привлечении резервов системы. Тем не менее, необходимо подчеркнуть необходимость подтверждения полученных результатов. Несмотря на прогресс, достигнутый посредством реализации проекта NWSAS, остаются еще невыясненные вопросы, которые потребуют новых исследований.

Новые знания в области гидрогеологии наряду с математическим моделированием позволяют прогнозировать возможности NWSAS служить источником значительных объемов воды при минимизации рисков, затрагивающих этот ресурс. Полученные результаты показывают, что следует рекомендовать совместное управление этим ресурсом. Намерение планировать это совместное использование нашло поддержку со стороны OSS с самого начала реализации проекта, поскольку она будет способствовать пониманию проблем бассейна и воплощению механизма диалога.

■ Механизм консультаций и сотрудничества

Проведенное моделирование выявило районы, в которых совместно используемые ресурсы особенно уязвимы. Эксплуатация Комплексного Терминального водоносного горизонта в наши дни, и Континентального Интеркалярного в будущем, несомненно приведет три страны – Алжир, Тунис и Ливию к тому, что когда-нибудь им придется рассмотреть вопросы совместного контроля и снижения объемов откачки. Как контролировать эти потоки посредством согласованной политики в области охраны водных ресурсов в целях взаимной выгоды всех стран в будущем – является центральным вопросом, который требует решения сегодня. Этот диалог уже начался.

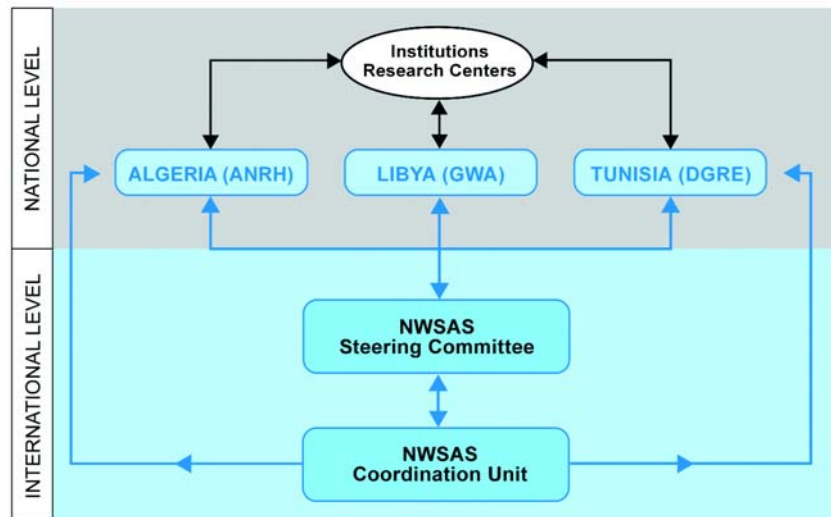
Всеми признается большой риск нанесения вреда этому ресурсу в результате его чрезмерной эксплуатации. Это понимание сплотило партнерские отношения между всеми командами технических специалистов NWSAS, убежденных в том, что совместные действия повышают эффективность принимаемых решений и создало уверенность в том, что обмен информацией не только возможен, но и необходим. Одна из таких команд, OSS в процессе реализации проекта NWSAS, создала базу данных, в которой содержится современная и историческая информация по всем пунктам, где имеются подземные воды, по их уровню и потокам. Эта база данных действует и доступна всем трем странам. В этом отношении добрая воля руководителей трех стран в отношении обмена информацией может служить примером. Более того, Модель NWSAS доступна и успешно функционирует в пределах всех трех стран. Необходим механизм гарантии сохранения, развития и постоянного обновления двух инструментов Базы данных и Имитационной модели.

Кроме того, в целях поддержания базы данных и модели три страны договорились о регулярном обмене данными и информацией. Этот обмен данными служит основой для формирования общей политики и стратегии, которые включают:

- а) необходимое продолжение работы проекта NWSAS по совершенствованию знаний о системе и ее эксплуатации,
- б) учреждение механизма длительного диалога и его институциональную привязку в рамках международной организации –OSS,
- в) прогрессивный и развивающийся характер консультационного механизма, отвечающего растущим потребностям в сотрудничестве и совместной работе по управлению водными ресурсами NWSAS.

Структура консультационного механизма включает руководящий комитет, координирующее подразделение и специально созданную научную комиссию для научной оценки и координирования, как показано на Рисунке 2.

Рисунок 2. Институциональные установления для оценки и управления трансграничной системой водоносных горизонтов Северо-Западной Сахары



Основными функциями консультационного механизма являются:

- управление и обновление инструментов, разработанных проектом NWSAS, включая модель NWSAS,
- создание и поддержание сетей наблюдательных пунктов,
- анализ и оценка данных по ресурсу,
- разработка баз данных по социо-экономическим видам использования воды,
- определение и публикация показателей, имеющих отношение к ресурсу и его использованию,
- содействие проведению и проведение совместных исследований,
- разработка и воплощение программ обучения и улучшения существующих условий, и
- регистрация показателей развития механизма.

■ Выводы: устойчивое управление NWSAS

Ограничения в отношении использования водоносных горизонтов, составляющих систему водоносных горизонтов Северо-Западной Сахары (NWSAS) не позволяют полностью использовать ее эксплуатационный потенциал. Эти ограничения носят как экономический, так и природоохранный характер.

Тот факт, что три страны совместно используют водоносный горизонт, осложняет его проблемы, в особенности потому, что у этих стран различные виды на будущее водоносных горизонтов Сахары. Посредством расширения знаний по гидрологии региона наряду с созданием совместной базы данных, разработкой и использованием математических имитационных моделей, проект NWSAS показал, что:

- простое продолжение извлечения воды на существующем уровне могут создать серьезную угрозу для водоносных пластов Комплексного Терминального водоносного горизонта в регионе Чоттс,
- за пределами региона Чоттс, Тунисского стока и залива Сирт, небольшое усиление эксплуатации может быть выдержано без серьезного ущерба,
- моделирование процессов, которые произойдут в случае применения высоких норм извлечения, показало, что результаты будут неприемлемыми,

- заметное увеличение извлечения воды по сравнению с современным уровнем возможно, однако платой за это будет рассредоточение дополнительных полей откачки в отдаленные регионы: в западный Большой Эрг и на границы Восточного Эрга,
- несмотря на усилия, приложенные в рамках проекта, все еще остаются пробелы в знаниях о системе, так же как и неясности в вопросе выбора стратегий развития, которые потребуют проведения новых исследований. В заключение можно сказать, что эта начальная первая фаза представляет довольно оптимистичные перспективы эксплуатации водных ресурсов на территории Западной Сахары в случае, если три заинтересованных страны примут во внимание все факторы риска, выявленные исследованиями NWSAS.

Признавая наличие значительного числа остающихся не проясненными вопросов, можно, тем не менее, воспринимать Модель NWSAS как важный инструмент обучения, а также как инструмент, способный стать центром диалога между странами.

Нубийская система водоносных горизонтов Sandstone

Мохаммед Бакхвахи

■ Введение

Нубийская система водоносных горизонтов Sandstone (NSAS) занимает площадь около 2,2 миллиона км² в Северо-Восточной Африке (рисунок 1). Система водоносных горизонтов находится на территории Египта, Ливии, Судана и Чада. В последнее время исследователи не регистрировали сколько-нибудь значительных объемов притока воды в систему (Thorweih, 1986), поэтому планирование использования и добычи этих ресурсов должно быть основано на предположении, что в будущем данная водоносная система будет полностью обезвожена. Необходимо разработать специальную программу сокращения запасов в водоносном горизонте, то есть добычи воды.

Государства региона испытывают все возрастающие потребности в использовании воды из водоносного горизонта. Рост населения, потребность в продуктах питания и экономический рост привели к тому, что давление на подземные воды резко возросло за последние три десятилетия. Для удовлетворения потребностей людей используются невозобновляемые источники подземных вод. Для того чтобы сделать управление процессами добычи воды более эффективным, необходимо произвести оценку объема воды в водоносном пласте и приблизительно определить эффективный восстанавливаемый объем подземных вод, который может использоваться для развития четырех стран.

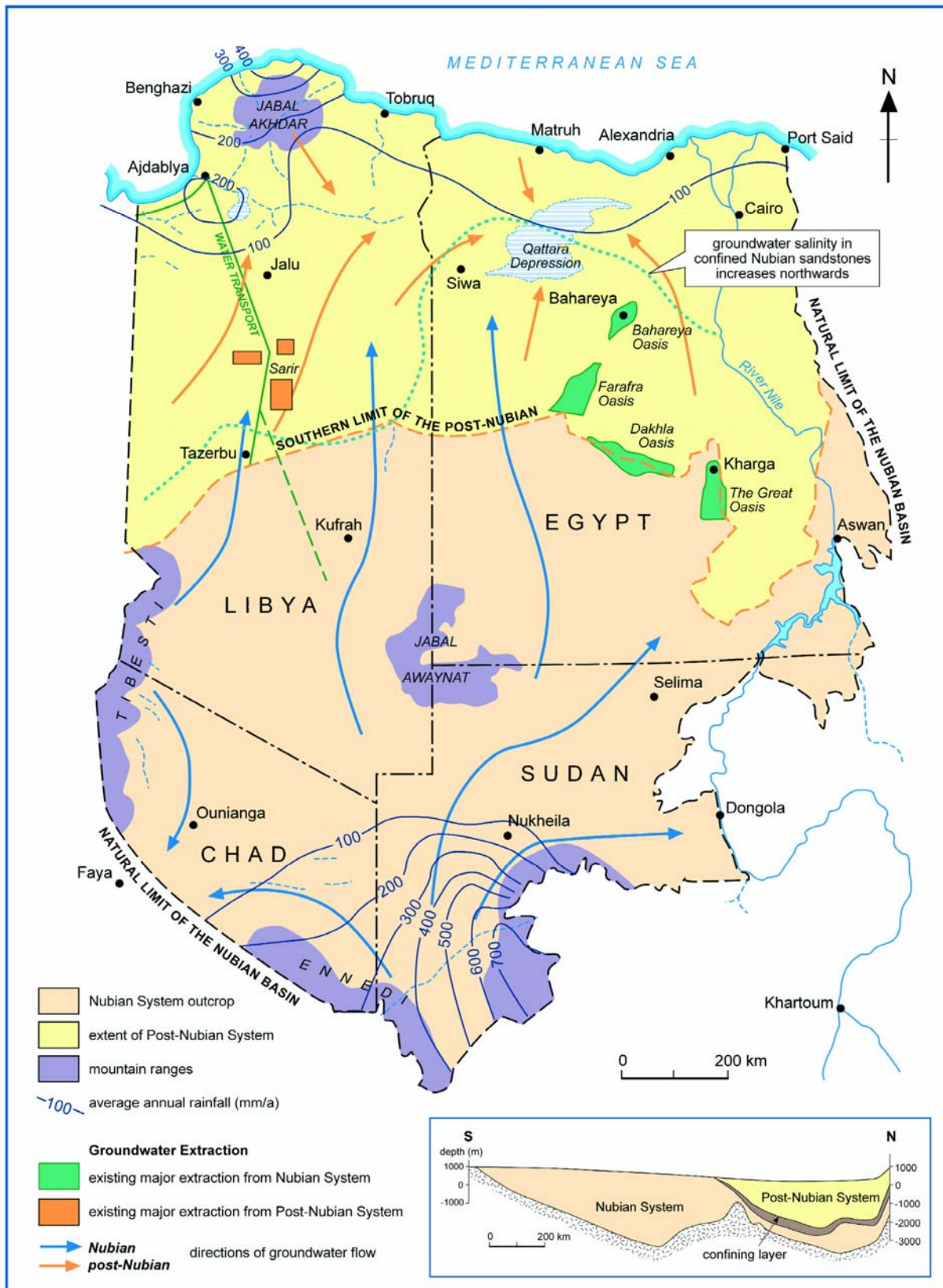
■ Оценка ресурсов подземных вод

Нубийская система водоносных горизонтов Sandstone является самым большим бассейном подземных вод на земле. Эту систему можно подразделить на два больших резервуара, как показано на рисунке 1. Более древний и более протяженный резервуар - Нубийская система водоносных горизонтов (NAS), в основном, представляет собой безнапорную водоносную систему. Она включает в себя несколько водоносных пластов, гидравлически связанных друг с другом. В состав другого резервуара входят Ливия и Египет. Он называется Пост-Нубийская водоносная система (PNAS). Две системы отделены друг от друга породами с низкой водопроницаемостью.

Нубийская водоносная система

Нубийская водоносная система занимает большую территорию в Египте, Ливии, Судане и Чаде. На востоке она ограничена водонепроницаемыми горными цепями на берегах Красного моря, а на севере её границей является Суэцкий канал. Предполагается, что восточные, западные и южные границы водоносной системы являются водонепроницаемыми. Юго-восточная граница Нила вдоль озера Насер и Донгола представляют собой границу с фиксированным напором, в виде границы северной береговой линии Средиземного моря. Западная граница - это граница водораздела подземных вод, она простирается от гор Тибести на юге на север вдоль 19° меридиана.

Рисунок 1. Гидрогеологическая карта Нубийской водоносной системы Sandstone



В таблице 1 приведены результаты расчетов объема водоносного пласта для всей Нубийской водоносной системы, в безнапорной части и части, ограниченной водоупором, на территории 4-х стран, он составляет 520000 км³. Ресурсы подземных вод в Нубийской водоносной системе не полностью представлены пресными водами. Качество воды, определенное по нерастворимому твердому осадку, изменяется от очень хорошего (500 ppm) в южной части системы до очень высокого уровня солености в северной части (CEDARE, 2002). Если не учитывать части пласта с соленой водой, то общий объем пресной части будет составлять 373000 км².

Таблица 1. Суммарный объем восстанавливаемых пресных подземных вод в Нубийской водоносной системе

| Регион | Безнапорная часть водоносного пласта | | |
|------------------|--------------------------------------|----------------------------|---|
| | Площадь (км ²) | Толщина зоны насыщения (м) | Объем водоносного пласта (км ³) |
| Египет | 311861,87 | 838,5 | 52299,24 |
| Ливия | 350732,68 | 1786,4 | 125309,77 |
| Чад | 232977,04 | 1026 | 47806,89 |
| Судан | 373102,44 | 454 | 33877,70 |
| Общее количество | — | — | 259293,60 |

| Страна | Водоносный пласт, ограниченный водоупором | | | | | | |
|------------------|---|----------------------------|--|------------------------------|----------------------------|--|--|
| | Пласт в целом | | | Часть пласта с соленой водой | | | |
| | Площадь (км ²) | Толщина зоны насыщения (м) | Объемы воды* в пласте (км ³) | Площадь (км ²) | Толщина зоны насыщения (м) | Объемы воды* в пласте (км ³) | Объем пресной воды в пласте (км ³) |
| Египет | 503813,93 | 1498,8 | 151023,26 | 128793 | 1887 | 48606,48 | 102416,78 |
| Ливия | 403356,88 | 1407,48 | 113543,35 | 350835,24 | 1458 | 102303,56 | 11239,79 |
| Чад | — | — | — | — | — | — | — |
| Судан | — | — | — | — | — | — | — |
| Общее количество | — | — | 264566,61 | — | — | 150910,04 | 113656,57 |

* В расчетах использована средняя вязкость, равная 20%

| Регион | Египет | Ливия | Чад | Судан | Итого |
|---|------------|------------|-----------|----------|------------|
| Суммарный объем пресной воды в пласте (км ³)* | 154,716.02 | 136,549.56 | 47,806.89 | 33,877.7 | 372,950.17 |

*Суммарный объем пресной воды в пласте равен сумме объемов пресной воды в напорной и безнапорной части водоносного пласта.

Пост-Нубийская водоносная система (PNAS)

Пост-Нубийская водоносная система, на юге, вдоль 26-й параллели, ограничена водонепроницаемыми породами, на востоке- горами вдоль Красного моря и Суэцким каналом. На севере пост-Нубийская водоносная система ограничена фиксированным напором средиземного моря. На основе данных по средней пористости, равной 10%, можно определить полный объем подземных вод, он составляет более 84,600 км³ (смотри таблицу 2). Если считать, что пресная вода находится к северу от впадины, вдоль 30° параллели северной широты, то объем пресной воды в пост-Нубийской системе равен 72,767.17 км³.

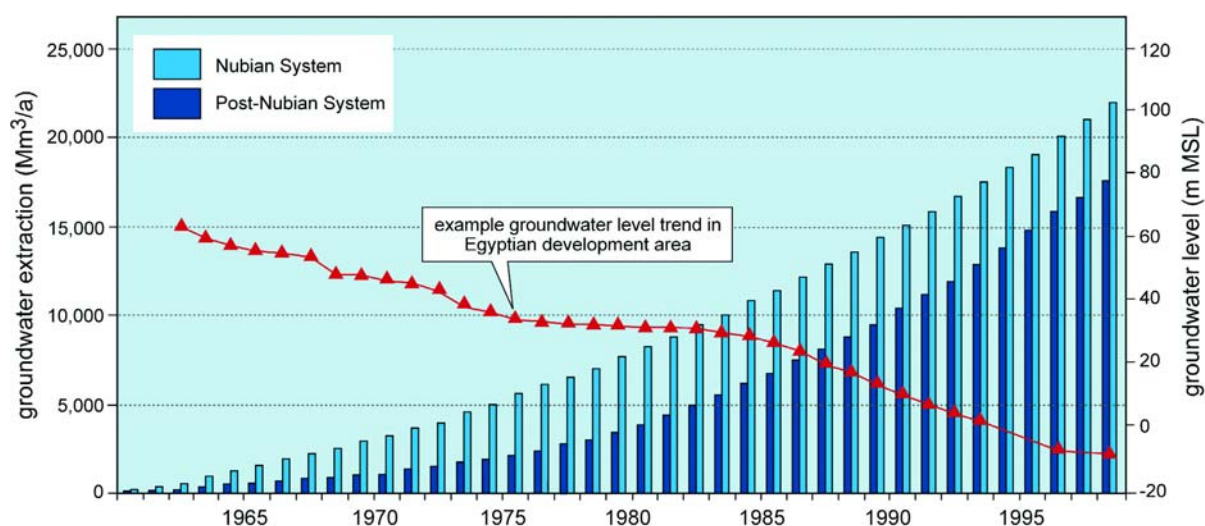
Таблица 1. Резервы подземных вод в Нубийской водоносной системе Sandstone

| Регион | Площадь (км ²) | Толщина зоны насыщения (м) | Объем подземных вод в пласте (км ³) | Объем подземных вод южнее 30° N (км ³) |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|---|--|
| Ливия | 426479.32 | 1143.00 | 48746.586 | 39427.5 |
| Египет | 494039.44 | 726.00 | 35867.263 | 32839.67 |
| Суммарное количество | 920518.76 | | 84613.849 | 72767.17 |

■ Определение эксплуатационных запасов подземных вод

В настоящее время производится добыча запасов подземных вод из Нубийской водоносной системы. Как показано на рисунке 2, объемы добываемой воды увеличиваются каждый год. За последние 40 лет из водоносной системы в Ливии и Египте было добыто более 40 миллиарда м³ воды.

Рисунок 2 Увеличение добычи подземных вод из Нубийских водоносных систем Sandstone



Это привело к снижению уровня воды на 60 м. Все колодцы, кроме 3% свободно фонтанирующих скважин и родников, были заменены глубокими скважинами. Большая часть, добываемой в настоящее время воды, и используется в сельском хозяйстве в крупных проектах Ливии или для частных ферм, расположенных в старых традиционных оазисах в Египте. Определение количества оставшихся эксплуатационных запасов зависит от многих факторов. Эти факторы включают изменение стоимости откачиваемой воды, назначение добываемой воды, количественная и качественная реакция водоносных пластов на эксплуатацию и экологические последствия. В случае трансграничных водоносных пластов добыча воды в одной стране может привести к негативным последствиям для всех стран, на территории которых находится данный водоносный пласт. Поэтому при определении объема эксплуатационных резервов необходимо учитывать данный и многие другие факторы.

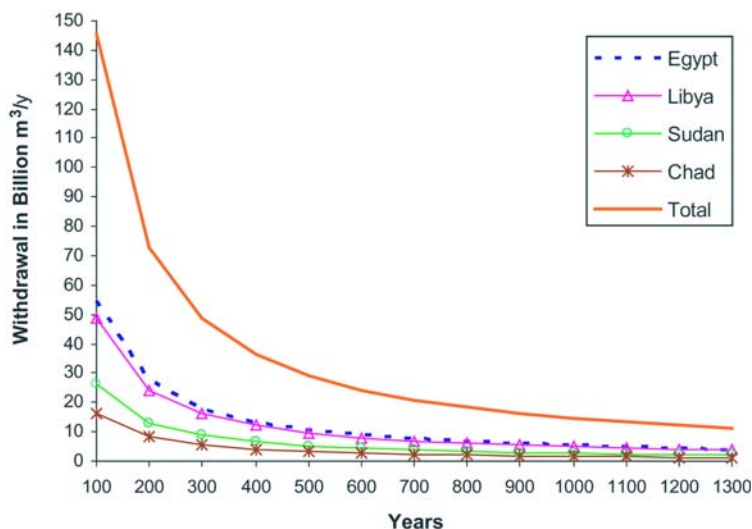
Таблица 3 показывает, что оставшийся объем пресной воды, который может быть откачан из системы, составляет 14,500 км³. для каждой станы было определено соотношение между годовым объемом добычи воды из горизонта, а также суммарный эксплуатационный резерв. Эти данные приведены на рисунке 3.

Таблица 4. Суммарный объем извлекаемых подземных вод в Нубийской водоносной системы (NSAS)

| Регион | Нубийская система | | | Пост-Нубийская система | | NSAS |
|--------------------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------|--|---|
| | Максимально допустимое понижение уровня воды (м) | Площадь (км ²) | Восстанавливаемый объем воды* (км ³) | Площадь (км ²) | Восстанавливаемый объем воды южнее 30° N* (км ³) | Восстанавливаемый объем* (км ³) |
| Безнапорная часть водоносного пласта | | | | | | |
| Египет | 100.00 | 311,861.87 | 2,183.03 | 494,039.44 | 3,166.36 | |
| Ливия | 100.00 | 350,732.68 | 2,455.13 | 426,479.32 | 2,403.61 | |
| Чад | 100.00 | 232,977.04 | 1,630.84 | | | |
| Судан | 100.00 | 373,102.44 | 2,611.72 | | | |
| Суммарное количество | | 1,268,674.03 | 8,880.72 | 920,518.76 | 5,569.97 | |
| Напорная часть водоносного пласта | | | | | | |
| Египет | 200.00 | 375,020.93 | 7.50 | | | |
| Ливия | 200.00 | 52,521.64 | 1.05 | | | |
| Итого | | 427,542.57 | 8.55 | | | |
| Общая сумма | | 1,696,216.60 | 8889.27 | 920,518.76 | 5,569.97 | 14,459.24 |

* В расчетах использовалась величина удельного восстанавливаемого объема- 10^{-4} для напорной части и 7×10^{-2} для безнапорной части водоносного пласта.

Рисунок 3 Соотношение между производительностью и временным интервалом, в течение которого производится добыча воды из Нубийской водоносной системы.



В таблице 4 приведены суммарные данные по запасам пресной воды в водоносном горизонте восстанавливаемым объемом воды и объемом воды, которая каждый год добывается из двух водоносных систем. Данные основаны на приведенных выше таблицах и предположениях.

Таблица 3 Сравнение объемов воды, добываемой в настоящее время и скорости восполнения подземных вод в NSAS

| Регион | Нубийская система (Палеозойские и Мезозойские в песчанике водоносные пласты) | | Пост-Нубийская система (водоносные пласты эпохи Миоцена) | | Общий объем пресной воды в системе (км ³) | | Объем воды, добываемой из Пост-Нубийской системы в настоящее время (км ³) | Объем воды, добываемой из Нубийской системы в настоящее время (км ³) | Суммарный объем воды, добываемой из NSAS (км ³) |
|--------------|--|--|--|--|---|---------------|---|--|---|
| | Площадь (км ²) | Объем пресной воды в пласте (км ³) | Площадь (км ²) | Объем пресной воды в пласте (км ³) | | | | | |
| Египет | 815,670 | 154,720 | 494,040 | 35,867 | 190,587 | 5,367 | 0.306 | 0.200 | 0.506 |
| Ливия | 754,088 | 136,550 | 426,480 | 48,746 | 185,296 | 4,850 | 0.264 | 0.567 | 0.831 |
| Чад | 232,980 | 47,810 | — | — | 47,810 | 1,630 | — | 0.000 | 0.000 |
| Судан | 373,100 | 33,880 | — | — | 33,880 | 2,610 | — | 0.833 | 0.833 |
| Итого | 2,175,838 | 372,960 | 920,520 | 84,614 | 457,570 | 14,470 | 0.570 | 1.607 | 2.170 |

■ Выводы

На основе результатов оценки эксплуатационных резервов, планирующие организации могут выбрать продолжительность добычи воды в соответствии с национальной водной политикой. Для каждой страны и для всего эксплуатационного объема было определено соотношение между годовым объемом добываемой воды и длительностью добычи. Добыча таких невозобновляемых ресурсов, в конечном итоге, приводит к увеличению стоимости их добычи, так как уровень воды понижается, а качество ухудшается. Поэтому, чтобы добытая подземная вода использовалась с максимальным гидравлической производительностью и экономической эффективностью.

■ Список литературы

CEDARE. 2002. *Regional Strategy for the Utilization of The Nubian Sandstone Aquifer System* Volume II. CEDARE, Heliopolis Bahry, Cairo, Egypt.

THORWEIHE U. 1986. Nubian Aquifer System, In: Said, R. (ed.): *The geology of Egypt*. Second Edition, Elsevier, Amsterdam.

Большой Артезианский Бассейн, Австралия

М.А. Хабермель

■ Введение

Большой Артезианский бассейн, подстилающий 1,7 миллиона километров полузасушливых районов Австралии, является одним из крупнейших артезианских бассейнов в мире. Это самый крупный и самый важный источник подземных вод Австралии (Хабермель, 2001). Мощность этого напорного бассейна составляет до 3 000 м. Он охватывает часть площади штатов Квинсленд, Новый Южный Уэльс, Южная Австралия и часть Северной Территории (Рисунок 1). Бурение артезианских скважин и добыча подземных вод в течение последних 125 лет в разной мере повлияли на Бассейн. Результатом явилось снижение уровня грунтовых вод и снижение дебита самоизливных артезианских скважин и источников. Вода, изливающаяся из скважин, имеет огромное значение для пастбищных хозяйств, расположенных на территориях, подстилаемых бассейном, а вода из артезианских источников очень важна для поддержания их экосистем.

Недавно принятые программы имеют своей целью восстановление скважин, находящихся в плохом состоянии, оборудование скважин контрольными клапанами и замену неэффективных открытых наземных дренажно-распределительных систем, из которых теряется до 95 % воды, на системы полиэтиленовых трубопроводов. Эти меры позволят улучшить процесс управления пастбищными угодьями и смягчить проблемы, связанные с деградацией земель и наличием вредителей, опасных для растений и животных. В настоящее время ведется успешная работа по ограничению неконтролируемого самоизлива, приостановлению снижения артезианского напора в скважинах и источниках и его частичному восстановлению. План Стратегического Управления всем бассейном был разработан в 2000 году Консультативным Советом по Большому Артезианскому Бассейну. План нацелен на решение вопросов управления в масштабах всего бассейна, устойчивого развития и использования подземных вод.

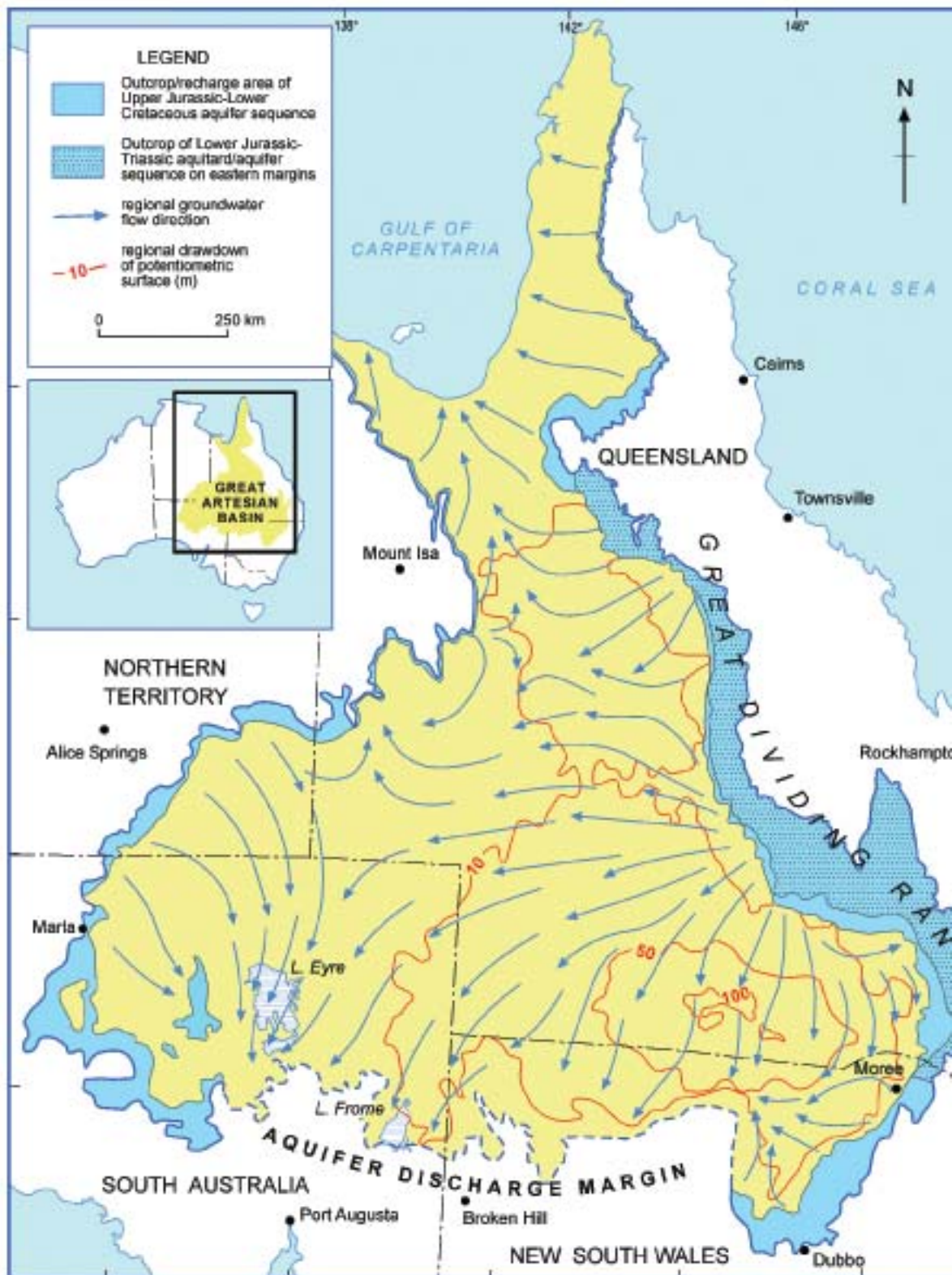
■ Разработка

Подземные воды Большого Артезианского Бассейна добывались из напорных артезианских скважин с тех самых пор, когда артезианская вода была обнаружена в 1878 году, что позволило создать важнейшую отрасль экономики Австралии – овцеводство. Глубина некоторых скважин достигает 2 000 метров, но в среднем равняется 500 м. Артезианский излив из отдельных скважин превышает 10×10^6 л/день (более 100 л/сек), но у большинства скважин объемы самоизлива меньше. Около 3 100 из 4 700 артезианских скважин, пробуренных на территории Бассейна, все еще остаются напорными. Суммарный дебит этих скважин (включая скважины, снабжающие водой до 70 городов, поскольку в большинстве случаев подземные воды артезианских скважин являются единственным источником воды) составляет примерно 1 200 миллионов л/день. Здесь можно провести сравнение с максимальным дебитом, равнявшимся приблизительно 2 000 миллионам л/день, примерно 1 500 напорных артезианских скважин в период около 1918 года (рисунок 2).

Безнапорные артезианские скважины, число которых равняется примерно 20 000, обычно неглубокие, т.е. от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Подсчитано, что эти скважины, откачиваемые в основном с помощью насосов, приводимых в действие ветродвигателями, дают в среднем 0,01 миллиона л/день на одну скважину, и в целом – около 300 миллионов л/день. Высокие начальные показатели дебита и напора артезианских скважин

снизились в результате оттока воды из водоносных пластов и достижения их устойчивого состояния во многих регионах.

Рисунок 1 Гидрогеологическая карта-схема Большого Артезианского Бассейна Австралии



Эксплуатация водоносных пластов со временем вызвала значительные изменения объемов дебита (Хабермель и Сейдель, 1979; Хабермель, 1980; Сейдель 1980; Уэлш, 2000; Хабермель, 2001 и Рисунок 2). Дебит снизился в результате эксплуатации водоносных скважин во многих частях Бассейна за последние 120 лет, а в некоторых районах источники утратили артезианский напор.

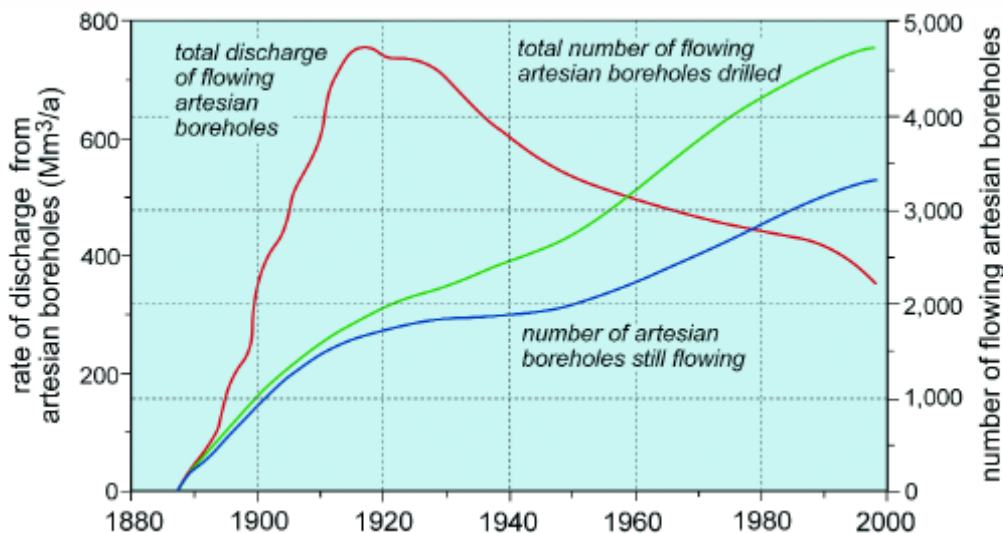
■ ПОСЛЕДСТВИЯ НЕПРАВИЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ

Аспекты управления природными ресурсами Большого Артезианского Бассейна включают в себя проблемы, возникшие в результате эксплуатации ресурсов артезианских подземных вод Большого Артезианского Бассейна для развития овцеводства и соответствующего значительного понижения потенциметрической поверхности (Рисунок 1). Снижение артезианского напора и самоизлива из скважин, являющееся следствием 125-летней эксплуатации (Рисунок 2) отразилось на овцеводстве, водоснабжении городов и фермерских хозяйств, а также привело к уменьшению дебита артезианских источников.

Снижение напора артезианских источников привело к сокращению биологического разнообразия экосистем вблизи этих источников (Нобль и др., 1998). Многие источники утратили напор и прекратили изливаться. Распределение и использование артезианских подземных вод овцеводческими хозяйствами привело к обилию воды на поверхности земли в засушливых и полузасушливых районах, где ранее вода встречалась редко или появлялась только после выпадения необычайно высоких норм осадков (в результате действия циклонов). Доступность воды в засушливых и полузасушливых ландшафтах оказала значительное влияние на флору и фауну региона, на биологическое разнообразие (Ландсберг и др., 1997).

Неэффективная система распределения воды, добываемой из скважин, приводит к потерям свыше 95 процентов объема извлеченных подземных вод, а также к деградации земель, водной эрозии, засолению почв и распространению привнесенных извне сорняков, кустарников и деревьев, животных – вредителей и большому увеличению численности диких и домашних животных. Добыча подземных вод и их использование в нефтяной и горнодобывающей промышленности за последние 25-40 лет усугубили проблемы, о которых говорится выше. В ходе добычи нефти большие объемы подземных вод выносятся на поверхность в районах разработок нефтяных и газовых месторождений в северо-восточной части Южной Австралии и на юго-западе и юго-востоке Квинсленда в пределах территории Бассейна (Хабермель и Ло, 1997).

Рисунок 2 Тенденции чрезмерного дебита из артезианских скважин на территории Большого Артезианского Бассейна Австралии.



Вода теряется в результате растекания по поверхности почвы или чаще в результате испарения из накопительных бассейнов. Вода, выкачиваемая в качестве побочного продукта при добыче нефти, представляет собой большую проблему для нефтедобывающей промышленности, поскольку эта отрасль нацелена на минимизацию отходов и повышение эффективности добычи нефти. В качестве альтернативы потерям воды в результате растекания или испарения можно предложить повторное закачивание ее в водоносные горизонты с соблюдением предосторожностей для предотвращения загрязнения или засоления почв и снижения давления в водоносных пластах. Как выяснилось, снижение давления в водоносных пластах в результате появления новых участков бурения привело к снижению дебита на других участках и напора некоторых источников. Другие проблемы управления природными ресурсами включают развитие туризма и увеличение движения транспортных средств в районах артезианских источников у озера Эри и к северо-западу от него (Рисунок 1). Все это угрожает хрупкой экологии и карбонатным насыпям, платформам и террасам некоторых источников. Эти хрупкие геологические структуры наряду с памятниками культурного наследия аборигенов (в том числе каменными артефактами вблизи источников) должны охраняться.

Изменения землепользования на территории Бассейна, например расчистка земель от деревьев в тех районах, где происходит восполнение водоносных пластов, наносят ущерб водоносным горизонтам Бассейна. Сброс промышленных и бытовых сточных вод в муниципальные и другие коллекторы, находящиеся в обнажившихся песчаниках водоносных горизонтов в районах восполнения подземных вод на востоке Квинсленда и Нового Южного Уэльса, а также площадки выпаса животных также представляют собой угрозу качеству подземных вод и их объемам. Необходимы более полные знания о расположении и протяженности областей восполнения водоносных пластов и о самих процессах восполнения.

Предполагается расширение курортных спа-комплексов, действующих на основе горячих подземных вод насосных артезианских скважин Бассейна, в районе Мори в северо-восточной части Нового Южного Уэльса. Тем не менее, существует возможность введения ограничений на добычу подземных вод. Высокотемпературные артезианские подземные воды используются немногими скотоводческими фермами и городами для производства электроэнергии на геотермальных электростанциях. В будущем ожидается рост использования геотермальных ресурсов Бассейна (Хабермель и др., 2002 а,б). Небольшое количество овцеводческих и скотоводческих хозяйств используют напор артезианских подземных вод для приведения в действие турбин Пелтона. Последние использовались в помещениях для стрижки овец на овцеводческих фермах в первой половине 20 века. Как геотермальные, так и использующие напор артезианских подземных вод электрогенераторы потребляют большие объемы воды.

■ УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

Австралия – это федерация штатов, и каждый штат несет ответственность за управление водными ресурсами, расположенными на его территории в соответствии с Конституцией Австралии. В штатах Квинсленд, Новый Южный Уэльс и Южная Австралия, а также на Северной Территории действует различное законодательство, и используются различные стратегии управления водными ресурсами. Тем не менее, по вопросам, затрагивающим национальные интересы, Федеральное Правительство проводит политику координации и сотрудничества, обеспечивает финансовую и техническую поддержку штатам в области научных исследований водных ресурсов, а также планирования, разработки этих ресурсов и управления ими. Эта политика включает также обширные гидрогеологические исследования и консультации по управлению природными ресурсами Большого Артезианского Бассейна. Начало сотрудничеству между штатами в области управления и систематического исследования Большого Артезианского Бассейна было положено в начале 1900 годов.

Программа Восстановления Скважин Большого Артезианского Бассейна (1989-1999), спонсируемая Федеральным Правительством и правительствами штатов, а также частично

владельцами частных скважин, осуществлялась в целях создания научной основы для более успешного управления Бассейном и устранения некоторых видов непродуктивных потерь воды, а также повышения артезианского напора. Эта Программа нацелена на восстановление скважин, находящихся в плохом состоянии, и установление регулирующих клапанов на самоизливных артезианских скважинах, не снабженных механизмами контроля (Рейенга и др., 1998). Значительная часть из 1 200 бесконтрольных и подвергшихся коррозии скважин с водозаборными сооружениями была восстановлена, при этом средняя стоимость восстановления одной скважины составила около 50 000 австралийских долларов (Рейенга и др., 1998). В некоторых регионах были достигнуты значительные успехи в увеличении напора и дебита (Рейенга и др., 1998, Кокс и Бэррон, 1998).

Продолжением Программы Восстановления Скважин Большого Артезианского Бассейна является Инициатива Устойчивости Большого Артезианского Бассейна, работа в рамках которой начата в 1999 году. Эта программа нацелена на ускорение восстановления скважин и замену труб для отвода воды для достижения частичного восстановления артезианского напора в стратегических районах Бассейна. Выполнение этой программы в части замены открытых водораспределительных систем на трубопроводы, изготовленные из полиэтилена, в сочетании с цистернами, на которых установлен плавающий регулирующий клапан, а также с системами желобов, позволит значительно снизить потери воды. Это, в свою очередь, приведет к снижению потребности в воде, получаемой из артезианских скважин и, возможно, позволит восстановить дебит некоторых скважин и источников, излив которых прекратился. Национальные Реформы в области управления ресурсами подземных вод были проведены в 1996 году и послужили прочной основой для устойчивого управления подземными водами. Например, все скважины на территории Большого Артезианского Бассейна в настоящее время подлежат лицензированию, хотя во многих штатах это требование уже действовало в течение многих десятилетий. Консультативный Совет по Большому Артезианскому Бассейну был основан в 1997 году. Он состоит из представителей федерального правительства, правительственных органов штатов и местных властей, нефтяной и горнодобывающей промышленности, овцеводческих хозяйств, землевладельцев, а также представителей общественности и природоохранных объединений. В 2000 году Совет разработал План Стратегического Управления всем Бассейном. В этом плане предусматривается решение вопросов управления в масштабах всего бассейна, что будет способствовать достижению целей устойчивого использования артезианских подземных вод и обеспечит оптимальное экономическое, экологическое и социальное развитие.

■ РЕЗЮМЕ

Традиционно используемая система открытых наземных водостоков для распределения воды из артезианских источников и скважин является крайне неэффективной, потери воды очень велики в результате инфильтрации и испарения воды из каналов, протяженность которых достигает многих десятков километров. Потери могут достигать 95 процентов от всего объема добытой воды. Внедрение полиэтиленовых труб для замены наземных открытых распределительных систем и дополнение систем полиэтиленовых трубопроводов установкой регулирующих клапанов на цистернах и конструирование систем желобов позволит значительно снизить потери воды и, следовательно, потребность в воде из напорных артезианских скважин. Внедрение систем трубопроводов также обеспечит снижение нежелательного воздействия на окружающую среду, обусловленного попаданием в нее больших объемов воды и наличием точек увлажнения в засушливых и полусушливых ландшафтах. Обилие воды в этих регионах привело к деградации земель, распространению чужеродных сорняков, кустарников, деревьев, способствовало значительному увеличению численности диких и домашних животных, привлеченных туда наличием воды. Имело место также сокращение биологического разнообразия близи скважин, водозаборных сооружений и артезианских источников со сниженным дебитом (Нобль и др., 1998). Ущерб, наносимый

овцеводческими хозяйствами, был усилен за последнее время нефтяной, газовой и горнодобывающей отраслями промышленности. Эти отрасли стали одними из основных потребителей и поставщиков воды из артезианских скважин и источников. Извлечение артезианских подземных вод этими отраслями промышленности привело к значительному снижению уровней потенциометрических поверхностей, оказало неблагоприятное воздействие на водопользователей и природные артезианские источники. Другие вопросы управления природными ресурсами включают в себя проблемы в районах восполнения подземных вод, обусловленные изменениями в области землепользования.

Программа Восстановления Скважин Большого Артезианского Бассейна и Инициатива Устойчивости Большого Артезианского Бассейна имеют своей целью поддержание возможностей добычи артезианских подземных вод Бассейна в будущем, обеспечение использования запасов артезианских вод современными потребителями и определенное восстановление артезианского напора. Кроме того, эти программы должны обеспечить внедрение усовершенствованных методов хозяйствования в овцеводческой отрасли посредством контроля общей нагрузки на пастбища и улучшения управления поголовьем и растительными ресурсами, а также снижение уровня деградации земельных и водных ресурсов, обусловленной использованием открытых водораспределительных систем и неконтролируемой добычей артезианских подземных вод. И, наконец, изменения, вносимые в соответствии с этими программами, будут способствовать улучшению управления ресурсами артезианских подземных вод. Снижение потребности в использовании ресурсов артезианских водоносных горизонтов смягчит опасения относительно неустойчивости их использования. Ощутимые выгоды даст улучшение управления луговыми и пастбищными угодьями, замедление темпов деградации земель, регуляция численности животных-вредителей и улучшение условий развития водозависимых экосистем в непосредственной близости от артезианских источников Бассейна.

■ Выражение признательности

Эта работа опубликована с разрешения Исполнительного Директора Бюро сельскохозяйственных наук, Канберра, АКТ, Австралия.

■ Список литературы

- COX R. and BARRON A. (Eds). 1998. *Great Artesian Basin Resource Study*. Great Artesian Basin Consultative Council, Brisbane, 235 pp.
- HABERMEHL, M.A. 1980. The Great Artesian Basin, Australia. *BMR Journal of Australian Geology and Geophysics*, 5, pp. 9–38.
- HABERMEHL, M.A. 2001. Hydrogeology and environmental geology of the Great Artesian Basin, Australia. In: Gostin, V.A. (Editor) *Gondwana to Greenhouse - Australian Environmental Geoscience*. Geological Society of Australia Inc., Special Publication 21, Chapter 11, pp. 127–143, 344–46.
- HABERMEHL M.A. and LAU J.E. 1997. Hydrogeology of the Great Artesian Basin (Map at scale 1 : 2 500 000). Australian Geological Survey Organisation, Canberra.
- HABERMEHL, M.A., PESTOV, I. and RANSLEY, T. 2002a. Sustainable Development of Geothermal Resources in the Great Artesian Basin, Australia. Paper for International Association of Hydrogeologists. International Groundwater Conference 'Balancing the Groundwater Budget', Darwin, 12–17 May 2002, 6 pp. Proceedings on CD of the International Association of

Hydrogeologists, International Groundwater Conference 'Balancing the Groundwater Budget' Darwin, 12–17 May 2002.

HABERMEHL, M.A. and PESTOV, I. 2002*b*. Geothermal Resources of the Great Artesian Basin, Australia. *Geo-Heat Center Quarterly Bulletin*, 23 (2), pp. 20–26.

HABERMEHL, M.A. and SEIDEL, G.E. 1979. Groundwater resources of the Great Artesian Basin. In: Hallsworth, E.G. and Woodcock, J.T., (Editors), 1979. Proceedings of the Second Invitation Symposium Land and Water Resources of Australia, Dynamics of utilisation, Australian Academy of Technological Sciences, Sydney, 30 October–1 November 1978. Australian Academy of Technological Sciences, Melbourne, pp. 71–93.

LANDSBERG J., JAMES C.D., MORTON S.R., HOBBS T. J., STOL J., DREW A. and TONWAY H. 1997. *The Effects of Artificial Sources of Water on Rangeland Biodiversity*. Environment Australia and CSIRO Wildlife and Ecology, Canberra.

NOBLE J.C., HABERMEHL M.A., JAMES C.D., LANDSBERG J., LANGSTON A.C. and MORTON S.R. 1998. Biodiversity Implications of Water Management in the Great Artesian Basin. *Rangelands Journal*, 20 (2), pp. 275–300.

REYENGA P. J., HABERMEHL M.A. and HOWDEN S.M., 1998. The Great Artesian Basin - Bore Rehabilitation, Rangelands and Groundwater Management. *Bureau of Resource Sciences*, Canberra, 76 pp.

SEIDEL, G.E. 1980. Application of the GABHYD Groundwater Model of the Great Artesian Basin, Australia. *BMR Journal of Australian Geology and Geophysics*, 5, pp. 39–45.

WELSH, W.D., 2000. *GABFLOW: A Steady State Groundwater Flow Model of the Great Artesian Basin*. Bureau of Rural Sciences, Canberra, 75 pp.

Водоносный горизонт Чили Монтураки – Негрильяр – Тилопосо

Хайме Мукос Родригес

■ Введение

В настоящее время почти все наземные водные ресурсы Чили направлены на нужды действующих водопользователей и окружающей среды. По Водному законодательству Чили права водопользования предоставляются на неограниченный срок, не зависимо от получаемых выгод. Контроль водного хозяйства представляет серьезную проблему для Департамента Управления Водными Ресурсами,

Главного Управления Водного Хозяйства Чили, поскольку они должны обеспечить не причинение ущерба экономике или окружающей среде при существующей системе таких прав. Все возрастающие потребности в воде заставили сосредоточиться на ресурсах подземных вод Чили. Многие водоносные горизонты, расположенные в северной части страны (Рисунок 1) достигли предела возможностей их эксплуатации. Санкционирование дальнейшего извлечения подземных вод требует анализа норм восполнения водоносного горизонта и накопления запасов подземных вод в долгосрочной перспективе при альтернативной политике добычи.

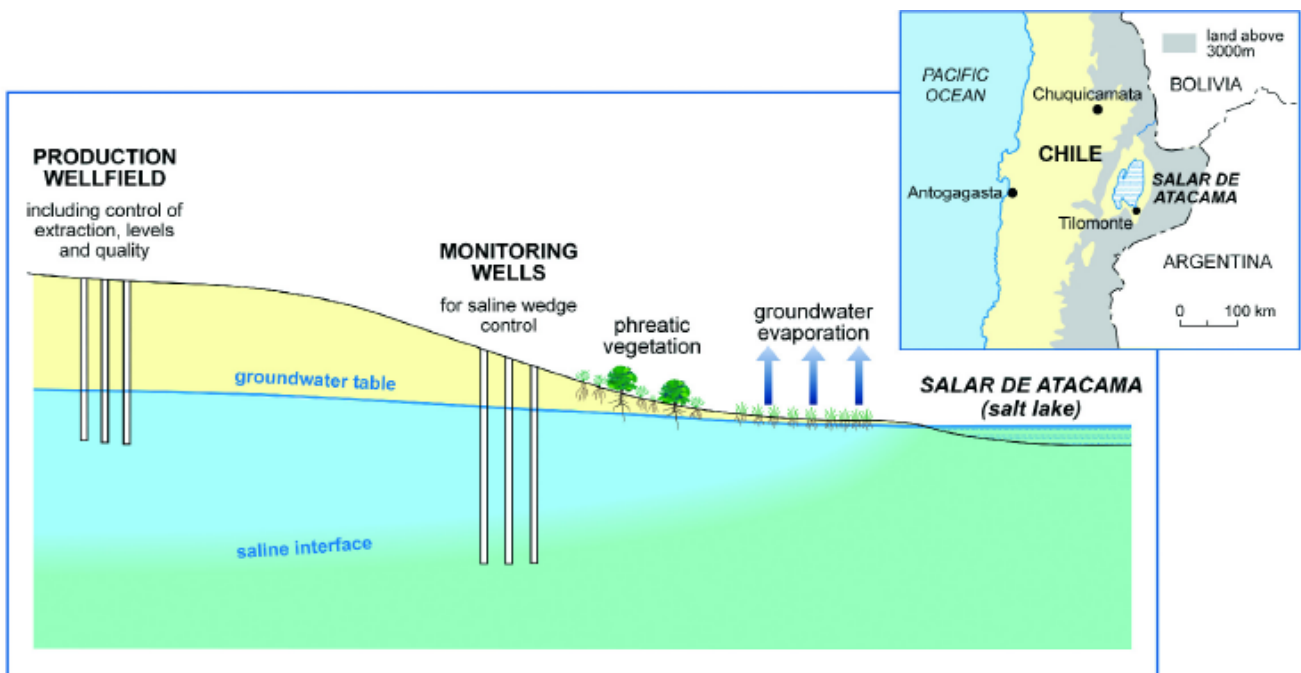
Для проведения подобного анализа была построена имитационная модель гидрологических процессов. Политика, проводимая Главным Управлением Водного Хозяйства в отношении использования ресурсов подземных вод в Чили, учитывает интересы населения, физические характеристики отдельных водоносных горизонтов, устойчивое использование и защиту окружающей среды, имеющиеся в наличии запасы подземных вод, а также потенциальный ущерб правам третьих сторон (в отношении использования наземных или подземных вод) и все требования законодательства, в том числе бессрочный характер предоставленных прав водопользования.

В данной работе дается краткое описание деятельности Главного Управления Водного Хозяйства Чили, направленной на достижение целей устойчивого использования ресурсов подземных вод в стране с учетом интенсивного потребления этих ресурсов для нужд горнодобывающей промышленности. Добыча подземных вод подпадает под действие «Плана Раннего Реагирования», принятого во избежание необратимого ущерба окружающей среде в уязвимых регионах, находящихся под охраной государства.

■ Адаптивное управление ресурсами водоносного горизонта в условиях интенсивной эксплуатации

Знания о поведении водоносного горизонта при альтернативном варианте добычи и восполнения всегда отличаются неопределенностью. Поэтому необходимо постоянно расширять существующие знания об изменении характеристик водоносного горизонта по прошествии определенного времени и приспосабливать свои действия к полученным новым данным. Углубление знаний о поведении водоносного горизонта, определение допустимой степени воздействия на горизонт при добыче подземных вод, а также использование «Плана раннего реагирования» для своевременного прогнозирования нежелательных результатов добычи подземных вод – все это - обязательные требования для получения разрешения на добычу подземных вод из водоносных пластов, подвергающихся интенсивной эксплуатации и оказывающих влияние на экологически уязвимые участки.

Рисунок 1. Схематичный гидрогеологический разрез, показывающий распределение пресных подземных вод в области Тиломонте солончаковой пустыни Атакама.



Таким образом, предоставление прав водопользования в обязательном порядке является вопросом политики добычи подземных вод, в результате которой не ущемляются и не ограничиваются права третьих сторон, в том числе не наносится ущерб окружающей среде. Целью «Плана раннего реагирования» является прогнозирование, наблюдение, оценка и контроль ожидаемых результатов или предполагаемого воздействия при предоставлении прав водопользования. Он подразумевает использование различных показателей, позволяющих своевременно оценить последствия, а также способов регулирования эксплуатации ресурсов подземных вод с тем, чтобы не превысить определенные максимальные значения показателей причиненного ущерба. Сюда также входят оценка характеристик водоносного горизонта, определение допустимой степени воздействия, разработка и применение имитационных моделей, создание плана мониторинга, а также, при желании - Плана проведения оценок и адаптации.

При определении физических и гидрологических характеристик водоносного горизонта или горизонтов с учетом современного уровня подземных вод и его сезонных или годовых колебаний и выявлении всех участков, являющихся особо чувствительными или уязвимыми при добыче подземных вод (таких, как заболоченные участки, озера, солончаковатые болота), очень важно разработать План. В этом случае очень большую помощь могут оказать снимки, полученные со спутников, на которых видны сезонные изменения в течение, по меньшей мере, нескольких лет до того, как началось извлечение подземных вод, а также математические модели, создаваемые для прогнозирования поведения системы водоносного горизонта и тех участков земной поверхности, на которые он оказывает влияние, в условиях проведения альтернативной политики добычи подземных вод.

План Раннего Реагирования для интенсивно эксплуатируемых водоносных горизонтов требует проведения полного комплекса мероприятий по мониторингу, нацеленного на расширение знаний о системе водоносного горизонта и связанной с ним среде. Эти расширенные знания позволят лучше контролировать систему водоносного горизонта при проведении адаптивной политики добычи подземных вод. Адаптивное управление ресурсами водоносного горизонта требует мониторинга всех переменных, считающихся важными для устойчивого управления. Сюда входят данные об изменении гидрологических и гидрогеологических условий, а также об изменениях, происходящих на экологически уязвимых участках в рамках выполнения данного плана, политики или практики

эксплуатации водоносного горизонта. Наконец, необходимо наметить действия, направленные на то, чтобы избежать нежелательных последствий использования ресурсов подземных вод.

При необходимости функционирование системы может быть изменено таким образом, который гарантирует не превышение максимально допустимых показателей изменений. Такие действия, разрешенные действующим законодательством, могут включать:

- Пропорциональное снижение норм откачки из всех скважин.
- Уменьшение годового объема откачки.
- Снижение норм откачки из отдельных скважин
- Построение кривой месячной откачки из всех скважин или только из некоторых из них.
- Приостановление откачки из определенных скважин.

■ План раннего реагирования для водоносных горизонтов Монтураки – Негрильяр – Тилопосо

Водоносный горизонт Монтураки – Негрильяр – Тилопосо (Рисунок 1) расположен в Северной Зоне страны. Этот крайне засушливый регион характеризуется скудным количеством осадков и, следовательно, малой обеспеченностью водой – менее 500 м³ на 1 жителя в год. Это крайне ограничивает возможности развития региона.

Этот регион характеризуется также наличием экологически уязвимых областей, многие из которых находятся под официальной защитой государства. Этот важный фактор необходимо учитывать при изучении состояния использования водных ресурсов.

Проведенная оценка воздействия на окружающую среду добычи подземных вод из водоносного горизонта Монтураки – Негрильяр – Тилопосо позволила прийти к заключению, что понижение уровня воды, не превышающее 25 см, на заболоченных землях не приведет к нежелательному воздействию на флору и фауну. Анализ показал, что понижение уровня воды на заболоченных землях приведет к снижению естественного стока из водоносного горизонта в сторону Тилопосо, на участке, охраняемом государством, не более чем на 6%. Максимальная эксплуатация водоносной системы была определена на уровне 1 800 л/сек.

Основываясь на данных проведенного анализа, Главное Управление Водного Хозяйства утвердило права использования подземных вод при условии не превышения определенных пороговых показателей и соблюдения условий «Плана Раннего Реагирования для водоносного горизонта Монтураки – Негрильяр – Тилопосо» (РАТ – МНТ). Целью является снижение интенсивности добычи подземных вод на данном участке и одновременное недопущение нежелательного воздействия на данный регион.

Разработанный план РАТ – МНТ включает следующие фазы:

- а) Мониторинг поведения водоносного горизонта и уязвимых участков**
Анализ данных, полученных в ходе долговременного мониторинга, как показано на Рисунке 1, позволит более эффективно управлять бассейном и проводить его разработку в будущем на основе усовершенствованных расчетов гидравлических параметров водоносного горизонта, более полного понимания поведения экологически уязвимых участков и устойчивого развития добычи подземных вод в долгосрочной перспективе.
- б) Прогноз и оценка последствий**
На основе имитационных моделей был разработан простой и точный метод прогнозирования максимального объема добычи из водоносного горизонта на эксплуатационных участках Монтураки и Негрильяр.
- в) Периодическая проверка и выполнение плана РАТ – МНТ**
Методика прогнозирования последствий снижения дебита основывается на моделировании процессов, происходящих в водоносных горизонтах. Использование этих моделей приведет к лучшему пониманию системы водоносных горизонтов Монтураки – Негрильяр – Тилопосо и позволит более точно прогнозировать происходящие в них

изменения. Одним из достоинств плана РАТ – МНТ является его гибкость, как показало его применение и результаты периодических проверок.

Исчерпывающая проверка данных мониторинга будет проводиться через определенные промежутки времени. На начальном этапе – в течение первых трех лет – проверка будет проводиться каждый год, а впоследствии частота проверок будет зависеть от результатов, полученных за эти три года.

■ Результаты мониторинга до декабря 2001 года.

Эксплуатация водоносного горизонта Монтураки – Негрильяр – Тилопосо началась в середине 1990 годов. До начала воплощения Плана Раннего Реагирования (РАТ – МНТ) две добывающие компании страны извлекли к 31 декабря 2000 года более 47 миллионов кубических метров подземных вод из секторов Монтураки и Негрильяр.

На протяжении 2001 года нормы откачки из участка Монтураки были увеличены, так что к концу 2001 года суммарный объем воды, извлеченной из самого сектора Монтураки, превысил в целом 47 миллионов кубометров. Нормы откачки из сектора Негрильяр оставались на том же уровне, и общий объем извлеченной воды к концу 2001 года составил более 30 миллионов кубометров.

Эти цифры были использованы в ходе расчета максимального уменьшения водотока водоносных горизонтов в условиях реализации РАТ – МНТ. При проведении этой политики максимальное снижение в будущем, согласно прогнозам, составит примерно 0,8%. Допустимый предел соответствует 6%.

■ Резюме

В Чили принят план адаптивного управления интенсивно используемыми водоносными горизонтами с целью достижения их устойчивости в долгосрочной перспективе. Достижение этих целей очень проблематично в условиях существующей правовой системы, которая предоставляет водопользователям не ограниченные временными рамками права, но именно эту проблему и призван решить План Раннего Реагирования. Этот план предусматривает периодический мониторинг состояния водоносных горизонтов, и выдача лицензий на добычу подземных вод будет производиться на условиях ограничения норм добычи, если того потребуют обстоятельства. Мониторинг также является абсолютно необходимым элементом этой стратегии адаптивного управления.

Северный участок бурения Джваненг, Ботсвана

Пелотшвеу Фофуэтсиле

■ Введение

Ботсвана – это страна с климатическими условиями, которые варьируют от полузасушливых до засушливых. Она бедна ресурсами как поверхностных, так и подземных вод. Количество выпадающих осадков колеблется в пределах от 550 мм/год в северной части страны до 250 мм/год в ее юго-западной части. Несмотря на введение схем увеличения использования ресурсов поверхностных вод, население большинства деревень и части городов продолжает полагаться на обеспечение водой из подземных источников в связи с нехваткой или отсутствием водоснабжения за счет ресурсов поверхностных вод. Имеются свидетельства того, что добыча подземных вод имеет место на обширных территориях Ботсваны, на которых подземные воды восполняются незначительно или не восполняются вообще в связи с непостоянным характером и недостаточным количеством выпадающих осадков.

В данной работе обсуждаются вопросы исторического развития Северного участка бурения Джваненг (СУБД) и управления им. Этот участок представлен на Рисунке 1. Северный участок бурения Джваненг является одним из важнейших ресурсов подземных вод страны и служит типичным примером тех схем управления ресурсами подземных вод, которые существуют в Ботсване.

■ Северный участок бурения Джваненг

Этот участок разрабатывается с 1979 года, когда начала работу Алмазная Шахта Джваненг. В настоящее время участок дает примерно 9 миллионов кубических метров воды в год. Вода употребляется на нужды шахты и образовавшегося рядом городка шахтеров. Мониторинг уровня воды в скважинах показал, что он постоянно снижается с 1979 года. Качество воды остается хорошим при общем объеме растворенных твердых веществ в пределах от 470 мг/л до 740 мг/л.

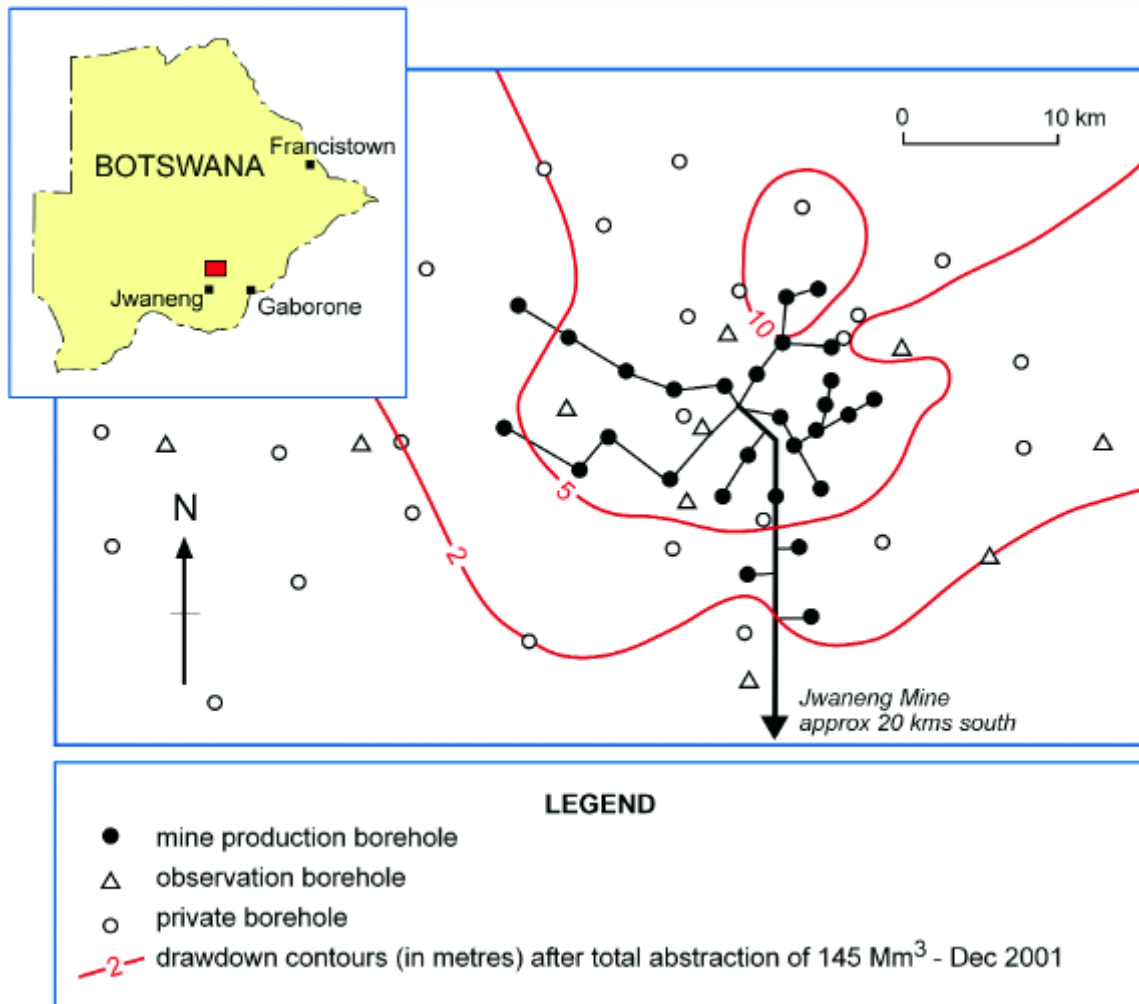
Когда была введена схема управления Северным участком бурения Джваненг, были созданы условия для проведения регулярного мониторинга качества подземных вод, их объема и уровня. Целью мониторинга является обеспечение устойчивой работы этой схемы, защита прав водопользования местных фермеров и ограничение возможного воздействия на окружающую среду в результате эксплуатации ресурсов подземных вод. Добывающая компания использует методы математического моделирования в качестве инструмента прогнозирования изменения уровня грунтовых вод при альтернативных сценариях управления.

Управляющий Совет по Контролю Пропорционального Распределения Водных Ресурсов несет ответственность за обеспечение соблюдения прав водопользования.

В настоящее время в этом регионе имеется 28 действующих продуктивных скважин, снабжающих водой шахту Джваненг и образовавшийся рядом городок. Добыча воды в 1984 году составляла 5 262 205 кубических метров, тогда как в 2000 году она равнялась уже 8 929 220 кубическим метрам. В целом объем воды, добытой с 1979 по 2000 год включительно, составил 130 790 082 м³. Основная часть воды поступает в шахту. В 2000 году на нужды шахты было использовано 83,7%, в то время, как город потребил 16,3%. Техническая вода подвергается переработке в шахте и это в результате снижает потребности в

добыче воды. Дебит скважин варьирует в пределах от 31 м³/час до 119 м³/час и составляет в среднем 73 м³/час.

Рисунок 1 Снижение уровня подземных вод на Северном участке бурения Джваненг в Южной Ботсване после 20 лет добычи воды на нужды шахты и для водоснабжения шахтерского городка.



В 1994 году были вновь построены имитационные модели для проверки способности СУБД обеспечивать добычу примерно 12 миллионов кубических метров в год в течение, по меньшей мере, 15 лет (т.е. с 1994 по 2008 год) с тем, чтобы покрывать имеющиеся потребности. В 1994 году после проведения соответствующего анализа моделей был сделан вывод, что СУБД в состоянии обеспечивать потребности шахты Джваненг и шахтерского городка в период с 1994 по 2008 год при ежегодной добыче 13, 29 миллионов кубометров воды. Право водопользования на СУБД предусматривает добычу 12 миллионов кубометров в год.

Результаты моделирования на период 1981-84 годов давали прогноз регионального снижения уровня подземных вод, которое должно было составить на 2-3 метра больше, чем оказалось в реальности, несмотря на увеличение норм откачки. Расхождения между реальным и расчетным снижением уровня подземных вод послужили основанием для пересмотра и перекалибровки модели. Модель охватывала период с 1980 года. Ежегодная добыча с 1984 по 1990 годы была принята как постоянная на уровне 5 262 205 кубических метров. На последующий период (1990-95) добыча возрастала на 10%, поскольку модель имитировала рост потребности в воде. После модификации параметров водоносного горизонта и проведения серии анализов на чувствительность, пересмотренная модель была использована

для сравнения прогнозов 1984 года и первоначального прогноза снижения уровня подземных вод. В результате пересмотра была внесена поправка – снижение уровня подземных вод по прогнозу составляло 13 м через 15 лет, т.е. до 1995 года при добыче 22 262 м³/день. Обновленная модель 1984 года перестала использоваться в качестве инструмента управления вскоре после ее создания, поскольку все возрастающее расхождение между реальным и прогнозным снижением уровня подземных вод было очевидным. К счастью, реальные результаты оказались лучше ожидавшихся.

Кроме обычного мониторинга уровня подземных вод в скважинах участка, проводился мониторинг нескольких скважин, находящихся в частном владении, расположенных в радиусе 8 километров. Их мониторинг проводился, в том числе, и с целью определения компенсации частным фермерам в случае, если будет признано, что уровень подземных вод в результате деятельности шахты снизился на 5 или более метров.

■ Выводы и рекомендации

Необходимо просвещение населения в целях достижения осознания водопользователями необходимости охраны водных ресурсов и повторного использования воды после очистки, а также защиты подземных вод от загрязнения. Необходимы руководства по сооружению скважин/колодцев и по определению приемлемых параметров качества воды при проведении мониторинга. Усилия правительства по регулированию водопользования должны быть направлены на снижение нагрузки на эксплуатируемые ресурсы подземных вод. Моделирование было и остается необходимой частью работы над большими проектами, такими, как СУБД, поскольку позволяет определить оптимальные показатели снижения уровня подземных вод и безопасный уровень добычи для того, чтобы попытаться управлять участком таким образом, чтобы обеспечить его устойчивость.

Исходя из прогнозов, сделанных на основе моделирования процессов на Северном участке бурения Джваненг, можно прийти к выводу, что здесь, по всей вероятности, имеются возможности удовлетворения потребностей шахты и городка вплоть до 2008 года при сохранении приемлемого качества воды. Тем не менее, создаваемые модели должны регулярно подвергаться проверке со стороны незаинтересованных органов.

■ Список литературы

ANGLO AMERICAN CORPORATION. 1988. Groundwater Exploration Drilling and Test Pumping at Jwaneng Northern Wellfield.

DEBSWANA DIAMOND COMPANY. 2000. Northern Wellfield Monitoring Report (Pty) Ltd. Number 36, Executive Summary.

WELLFIELD CONSULTING SERVICES. 1977. Groundwater Feasibility Study – Jwaneng. 1984. Jwaneng Northern Wellfield Groundwater Resource Reappraisal. 1984. Jwaneng Northern Wellfield Aquifer Model Recalibration.

Приложение 1: Резолюция XII-8

РЕЗОЛЮЦИЯ XII-8

(принята Межправительственным Советом Международной Гидрологической Программы ЮНЕСКО на ее 12 сессии в Париже 23-28 сентября 1996 года)

«Изучение палеоресурсов подземных вод Африки в районе Сахары и расположенных к югу от нее регионах»

Межправительственный Совет Международной Гидрологической Программы

Напоминает

о большом значении, которое Генеральный Директор ЮНЕСКО придает развитию Африки;

Отмечает

с огромной заинтересованностью то особое значение, которое придает МГП-V совместному управлению водными ресурсами в засушливых и полусухих зонах, исследованию их загрязнения и охране ресурсов подземных вод;

Приветствует

плодотворное сотрудничество между ЮНЕСКО и Информационным Центром Сахары и Сахеля (OSS) в области проведения консультаций и обеспечения координации между странами, в совместном пользовании которых находятся огромные природные осадочные бассейны, содержащие водоносные горизонты, ресурсы которых являются возобновляемыми в большей или меньшей степени;

Осознает

степень несоответствия между состоянием водных ресурсов и анархичными формами их использования в Африканских странах, расположенных на территории Сахары и к югу от нее и совместно использующих палеоресурсы подземных вод, поскольку последние подвергаются отрицательному воздействию засушливых условий;

Призывает

Генерального Директора ЮНЕСКО выделить средства на проведение гидрогеологических исследований в ходе выполнения МГП-V с тем, чтобы получить более полные данные о водоносных палеогоризонтах Африки в районе Сахары и к югу от нее;

Настоятельно рекомендует

Странам-участницам обеспечить финансовую и техническую поддержку этой программе.

Приложение 2: Заявление в Триполи

Более 60 000 участников из более чем 20 стран, а также представителей региональных и международных организации и ассоциаций присутствовали на международной конференции

«Региональные системы водоносных горизонтов в засушливых зонах - управление невозобновляемыми ресурсами»

Триполи, 20-24 ноября 1999 года

Мы, участники конференции, признаем, что:

1. Для большинства стран с засушливым климатом нехватка возобновляемых источников водоснабжения представляет собой серьезную угрозу устойчивому и сбалансированному социально-экономическому развитию и состоянию окружающей среды. Эта угроза более выражена в небогатых странах.
2. Во многих странах с засушливым климатом разработка невозобновляемых ресурсов подземных вод представляет собой как благоприятную возможность, так и проблему, однако там существует возможность поддержания устойчивого водоснабжения в обозримом будущем, а с развитием современных технологий могут появиться новые перспективы внесения прогрессивных усовершенствований.
3. Настоящая Конференция является важным событием в развитии новой концепции планирования добычи подземных вод.

Мы, участники конференции, считаем, что:

1. Принятие этой концепции на национальном уровне могло бы иметь международный резонанс;
2. Сбалансированная государственная политика в отношении водных ресурсов должна ориентироваться преимущественно на использование возобновляемых водных ресурсов там, где это возможно, а также на использование воды, прошедшей обработку, в том числе опресненной воды.

Наши рекомендации заключаются в том, что:

- а) Временные рамки добычи подземных вод должны определяться таким образом, чтобы обеспечить надлежащее их качество и количество на основании критериев приоритетного использования и его максимальной эффективности, в особенности в сельскохозяйственной отрасли;
- б) Должны быть приняты меры предосторожности для минимизации отрицательного воздействия на существующие сообщества;
- в) Необходимо рассмотреть возможность экономного потребления воды в различных отраслях.

Мы, участники, также считаем, что развитие на местах, или развитие, основывающееся на транспортировке воды из мест ее добычи, зависит от множества факторов, не связанных с гидрогеологией и не является предметом обсуждения данной Конференции. Тем не менее, ограничения, обусловленные гидрогеологическими условиями, должны быть четко определены, с тем, чтобы этими знаниями могли воспользоваться как планирующие органы, так и конечные пользователи.

Мы рекомендуем привлекать конечных пользователей к процессу принятия решений и повышать их ответственность посредством проведения образовательных мероприятий и

просвещения общественности. Мы считаем, что в эффективном использовании водных ресурсов окупаемость играет не последнюю роль.

Признавая тот факт, что:

- а) многие страны пользуются общими ресурсами водоносных систем;
- б) в международном законодательстве в настоящее время отсутствуют всеобъемлющие правила управления такими системами, и
- в) является очевидным, что добыча подземных вод может создавать проблемы для органов управления водными ресурсами, находящимися в совместном пользовании;

Мы, участники конференции, хотим привлечь внимание правительств и международных организаций к необходимости:

- а) разработки правил справедливого распределения ресурсов подземных вод, находящихся в совместном пользовании,
- б) недопущения причинения ущерба таким ресурсам и окружающей среде,
- в) обмена информацией и данными.

Мы также призываем заинтересованные страны начать переговоры с целью достижения соглашений по развитию, управлению и охране ресурсов подземных вод совместного пользования.

Приложение 3:

Информация о принимавших участие в написании и публикации данной работы

АВТОРЫ

Валид Абдеррахман

PhD, профессор кафедры управления водными ресурсами Университета нефти и Минерального сырья им. Короля Фахда, консультант министра водного хозяйства и электроэнергетики Саудовской Аравии. Основная сфера его научной, исследовательской и преподавательской деятельности – управление водными ресурсами, в частности – управление невозобновляемыми ресурсами подземных вод на Аравийском полуострове, Ближнем Востоке и в Северной Африке. Он проработал более 30 лет в качестве менеджера проектов и внештатного научного консультанта в местных, региональных и международных агентствах ООН.

Белкасем Абдус

Инженер, специализировавшийся на базах данных и SIG. Работал в Национальном Агентстве Гидроресурсов в г. Алжире, Алжир.

Бо Аппельгрэн

PhD, консультант ЮНЕСКО по политике и институциональным вопросам, специалист по программам в области управления трансграничными водными ресурсами, а также ресурсами подземных вод. Проработал 40 лет в качестве менеджера и консультанта в частном секторе и международных организациях, имеет опыт работы в различных регионах, в частности на Ближнем Востоке, в Африке и Юго-Восточной Азии.

Мохаммед Бахбахи

PhD, профессор кафедры гидрологии подземных вод в Университете им. Аль Фатеха в Ливии. Он проработал более 35 лет в национальных и международных организациях в области управления водными ресурсами. Работал в должности зам. Министра в Министерстве Водозаградительных Сооружений и Водных Ресурсов, был председателем Главного правления Водного Хозяйства в Ливии и Координатором Международных Проектов в период разработки этими органами Стратегии использования ресурсов Нубийского песчаникового водоносного горизонта (Трансграничная система водоносных горизонтов).

Мустафа Бесбес

PhD в области гидрогеологии, специалист по моделированию процессов, происходящих в водоносных горизонтах. Обладает большим опытом в гидрогеологии аридных зон. Работал в Директорате Водных Ресурсов в Тунисе и в Высшей Горной Школе в Париже. В настоящее время является профессором Национальной Инженерной Школы в Тунисе.

Стефано Бурки

В настоящее время – старший специалист по правовым вопросам в Продовольственной и Сельскохозяйственной Организации ООН (ФАО), специализирующийся в вопросах водного права. Он был консультантом в странах – членах ФАО по вопросам законодательства в области водопользования, является автором одной из монографий, выпущенных ФАО, и соавтором двух других книг. Он опубликовал ряд статей и читал лекции по вопросам законодательства в области водопользования для будущих бакалавров и магистров.

Абдулла Друби

Гидрогеолог, получил степень PhD в области водной геохимии в Университете Луи Пастера в Страсбурге, Франция, в 1976 году. Поступил на работу в Арабский Центр Исследований Засушливых Зон и Земель – ACSAD – в 1977 году. В 1981 г. он возглавил секцию контроля качества воды в отделе водных ресурсов ACSAD. В настоящее время является директором Отдела Водных ресурсов в ACSAD

Мохаммед Л. Аль-Эриани

В прошлом – министр водных ресурсов и окружающей среды (Йемен), специалист в области планирования водных ресурсов и управления ими. Он проработал 25 лет в качестве преподавателя и консультанта, являлся членом, а затем руководителем, Группы Водных Проблем UNESCWA.

Шедли Феццани

Инженер-геодезист и картограф. В прошлом – директор Управления картирования и топографии, бывший исполнительный секретарь Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS).

М.А. Риен Хабермель

Доктор наук, гидрогеолог и ведущий специалист в области научных исследований в Бюро Сельскохозяйственных наук в Австралии. Его стаж работы – 40 лет в области гидрогеологии, он – автор многочисленных статей и докладов по гидрогеологии, гидрохимии, изотопной гидрологии, экогеологии и другим проблемам Большого Артезианского бассейна Австралии, написанных за период с 1971 года. У него имеется опыт работы на международном уровне, он также читал лекции на курсах, организованных ЮНЕСКО/МАГАТЭ, он был (приглашенным) главным докладчиком на нескольких международных конференциях.

Джамель Латрех

Гидрогеолог с большим опытом управления водными ресурсами. Работал в Национальном Агентстве Гидроресурсов в Алжире. В настоящее время является координатором проекта SASS, реализуемого l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS).

Ахмед Маму

Доктор наук в области гидрогеологии. В настоящее время является научным консультантом в OSS, в сотрудничестве со специалистами по подземным водам работает над вопросами управления ресурсами подземных вод в странах Африки и Арабского региона. Его профессиональная деятельность продолжается уже 33 года, включая период работы в качестве директора Управления Ресурсов Подземных Вод в Тунисе.

Жан Марга

Инженер-геолог, специализировавшийся в области гидрогеологии. Работал в Бюро научных исследований в области геологии и минерального сырья Франции, где он возглавлял исследования подземных вод во Франции и других странах, преимущественно в аридных зонах (1962-1989). С тех пор участвовал в подготовке обобщающих материалов и карт, в которых были представлены данные по водным ресурсам. Эта работа проводилась в рамках различных международных организаций (ФАО, ПРООН, ЮНЕСКО, Всемирного Банка и др.)

Керстин Мехлем

Специалист по правовым вопросам в области водного законодательства в Продовольственной и Сельскохозяйственной Организации ООН (ФАО). Оказывает услуги консультанта в странах

– членах ФАО, проводит исследования и осуществляет преподавательскую деятельность в сфере международного и национального водного права, автор статей и монографии.

Хайме Мукос Родригес

Гражданский инженер, специализация – подземные воды. Он является главой Департамента Управления Водными Ресурсами Главного Управления Водного Хозяйства Чили и Председателем Чилийской Секции Латиноамериканской ассоциации по гидрологии подземных вод в целях развития.

Марчелла Нанни

Доктор наук, международный эксперт по водному праву и администрированию и сопутствующим дисциплинам, член Консультативной Группы Всемирного Банка по Управлению Ресурсами Подземных Вод (GW-MATE). В настоящее время дает юридические консультации по вопросам управления ресурсами подземных вод ряду правительств стран Африки, Азии, Ближнего Востока и Латинской Америки.

Пелотшвеу Фофуэтсиле

Главный гидрогеолог в Департаменте Геологических Изысканий Ботсваны. Он проработал 19 лет в области оценки, планирования водных ресурсов и осуществления различных программ. Сфера его особого интереса – гидрохимия.

Шаминдер Пури

Старший гидрогеолог, председатель Комиссии по Трансграничным водоносным Горизонтам МАГ и координатор Программы ISARM ЮНЕСКО. Проводил оценку водоносных горизонтов всех типов, прежде всего - не восполняющихся систем на Ближнем Востоке. В настоящее время – ведущий специалист ЮНЕП по программе исследования подземных вод, поддерживаемой GEF.

Билл Уоллин

Доктор наук в области геохимии, занимается изотопной гидрологией в МАГАТЭ, специализировался в области ресурсов подземных вод, в частности, трансграничных и не восполняющихся водоносных горизонтов в Африке и на Ближнем Востоке. За 30 лет своей профессиональной деятельности он работал менеджером научных проектов на университетском уровне, в частном секторе экономики в качестве консультанта и в программах межведомственного сотрудничества.

Юэсель Юртсевер

Специалист в области изотопной гидрологии, занимающийся вопросами использования природных изотопов в целях определения запасов воды и управления водными ресурсами. Он работал в качестве штатного сотрудника Секции Изотопной Гидрологии Международного Агентства по Атомной Энергии (МАГАТЭ) (1982-2000). Он принимал участие в многочисленных научных исследованиях и полевых изысканиях, проводившихся в засушливых и полузасушливых регионах, в частности на Ближнем Востоке. Он является автором около 40 публикаций, большая часть которых посвящена изотопной гидрологии.

Редактора

Стефен Фостер

Обладает обширным опытом в области исследования подземных вод и консультирования по связанным с ними вопросам. Его профессиональная деятельность включает в себя работу на

таких постах, как Консультант ВОЗ по проблемам подземных вод Латинской Америки и Карибского Бассейна (1986-89), Директор Британского Геологического Управления (1991-99) и Руководитель Группы управления ресурсами подземных вод Всемирного Банка (2000-07). Он является активным членом МАГ и в настоящее время возглавляет эту организацию в качестве избранного Президента (2005-2008). В 1993 году он получил звание адъюнкт-профессора Лондонского Университета и иностранного члена-корреспондента Королевской Академии Наук Испании.

Даниэль П. Лаукс

Профессор кафедры гражданского строительства и технической экологии Корнельского Университета США. Он принимал активное участие в разработке и применении моделей управления водными ресурсами в течение трех - четырех десятилетий. В качестве консультанта давал рекомендации руководителям региональных органов планирования, развития и управления водными ресурсами в странах всех пяти континентов.

Координаторы

Алис Аурели

PhD в области гидрогеологии. Была принята на работу в ЮНЕСКО в 1989 году в качестве младшего эксперта в Отдел наук о воде. В настоящее время занимает должность Специалиста Программы по изменениям, вносимым в проекты и исследования, имеющие отношение к управлению водными ресурсами.

Карин Кемпер

Доктор в области наук о воде и исследований окружающей среды, в настоящее время работает в должности Ведущего Специалиста по управлению водными ресурсами во Всемирном Банке, где также возглавляет Консультативную Группу по управлению ресурсами подземных вод (GWMATE). Имеет обширный опыт работы в водном секторе экономики, проводила научные исследования и работы, связанные с финансированием проектов, во многих странах мира.

Райя Марина Стефан

Юрист, эксперт в области водного права. Сотрудничает с Международной Гидрологической Программой ЮНЕСКО, занимается вопросами использования подземных вод и участвует во многих проектах, касающихся ресурсов трансграничных водоносных горизонтов.

Ресурсы подземных вод, восполнение которых требует очень продолжительного времени в исторической перспективе, в целях удобства называются «**невозобновляемыми ресурсами подземных вод**» - а объемы запасов таких вод в некоторых водоносных пластах могут быть огромными. В таких случаях обычно применяется термин «**ископаемые (или палео-) подземные воды**», поскольку их восполнение происходило в далеком прошлом при более влажных климатических режимах.

Разработка невозобновляемых ресурсов подземных вод подразумевает «**добычу резервных запасов водоносного пласта**», и как таковая приобретает особое социальное, экономическое и политическое значение. Но во многих, в особенности в наиболее засушливых регионах мира, использование невозобновляемых ресурсов подземных вод представляет собой возможность смягчить проблему нехватки пресной воды, улучшить социальные условия и способствовать экономическому развитию.

Такое развитие можно считать **социально-устойчивым**, если оно отвечает определенным критериям и имеется возможность управления определенными рисками.

Данная публикация предназначена для представителей органов управления и должна помочь им в решении проблем устойчивого социального и экологического развития, которые необходимо принимать во внимание в целях оценки и контроля способов управления невозобновляемыми ресурсами.

Более подробную информацию о GW MATE Вы можете найти на сайте: <http://www.worldbank.org/gwmate>



**Главное представительство МГП находится в Париже, Франция.
Более подробную информацию о МГП Вы можете получить, обратившись к нам по адресу:**

**Международная Гидрологическая Программа (МГП)
ЮНЕСКО, Отдел наук о воде
1, рю Миойи
75732 Париж, CEDEX 15
Франция**

Тел.: 33 1 45 68 40 02

Факс: 33 1 45 68 40 02

E-mail: ihp@unesco.org

<http://www.unesco.org/water/ihp>