

УДК 556.18.001.12

## НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ В СТРАНАХ АРАВИЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Аль Майтами Валид Абдулвахид Мохаммед, Фрумун Г.Т.

*Российский государственный гидрометеорологический университет*

Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

**В статье освещены вопросы современного состояния водообеспечения в странах Аравийского полуострова. Для покрытия дефицита пресной воды разработан комплекс экологически безопасных технологий водообеспечения в этих странах (переход на капельное орошение, гелиоопреснение, установка подземных наливных резервуаров, конденсоры воды из атмосферного воздуха).**

### Введение

Согласно данным ЮНЕСКО к 2050 году 7 миллиардов человек в 60 странах (по пессимистическим прогнозам) или 2 миллиарда человек в 48 странах (по оптимистическим прогнозам) столкнутся с проблемой нехватки воды. Пресная вода стремительно превращается в дефицитный природный ресурс. За XX столетие ее потребление увеличилось в 7 раз, тогда как население планеты выросло втрое. Не случайно ООН объявляла 2003 год Международным годом пресной воды. Это в полной мере относится и к странам Аравийского полуострова, где располагаемые к использованию водные ресурсы неуклонно снижаются. Таким образом, обеспечение народного хозяйства и бытовых нужд населения водой является одной из острейших проблем в странах Аравийского полуострова.

В связи с изложенным всесторонний анализ проблемы водообеспечения в странах Аравийского полуострова представляет собой актуальную задачу, так как при успешном ее решении оказывается возможным выявить основные причины дефицита пресной воды, провести необходимые природоохранные мероприятия и разработать систему рационального управления водными ресурсами.

Цель данного исследования состояла в обосновании путей совершенствования водообеспечения в странах Аравийского полуострова на основе экологически безопасных технологий с учетом климати-

ческих особенностей и природных ресурсов.

### Современное состояние водообеспечения в странах Аравийского полуострова

Аравийский полуостров располагает малыми запасами возобновляемых водных ресурсов. Регион характеризуется аридным климатом со средними осадками не более 100 мм/год. По данным многолетних наблюдений межправительственной группы экспертов по изменению климата (с 1960 г. по 1999 г.) количество осадков в странах Аравийского полуострова колеблется от 59 мм/год в Саудовской Аравии (СА) до 167,2 мм/год в Республике Йемен. [5]. Ресурсы поверхностных вод Аравийского полуострова незначительны и включают лишь неустойчивый сезонный сток по высохшим руслам рек (вади) и малое число источников с водой среднего качества. Ресурсы грунтовых вод Аравийского полуострова находятся в критическом состоянии, так как объемы забора воды намного превышают темпы естественного пополнения. В результате уровень неглубоко залегающих водоносных горизонтов неуклонно понижается.

Главным потребителем воды на Аравийском полуострове является сельское хозяйство, на его долю приходится 85,2% всего водопотребления, тогда как на питьевое водоснабжение расходуется 13,5% воды, а на нужды промышленности – 1,3%. Основными источниками водообеспечения в странах Аравийского полуострова являются: подземные воды, оп-

ресненные морские воды и повторно используемые сточные воды. Для покрытия дефицита пресной воды в странах региона используется опреснение морских вод. В настоящее время функционирует 50 установок, ежегодно опресняющих около 1520 млн.м<sup>3</sup> воды (около 50% мирового объема опреснения), что относительно немного для региона в целом. Опреснительные установки ежегодно вырабатывают от 20 млн.м<sup>3</sup> в Йемене до 790 млн.м<sup>3</sup> опресненных вод в Саудовской Аравии [6]. Весьма незначителен объем повторно используемых сточных вод (исключение составляет Бахрейн). Так, согласно нашим оценкам, отношение объемов повторно используемых вод к ежегодному водопотреблению

составляет в Бахрейне 72%, в Катаре 10,7%, в Объединенных Арабских Эмиратах 8,8%, в Кувейте 4,0%, в Омане 1,6%, в Йемене и в Саудовской Аравии 0,9%. Для всех рассматриваемых стран характерен отрицательный водный баланс как в 1997г., так и, согласно прогнозу, в 2025 г. (табл. 1). Расчет водного баланса был проведен на основе следующих соотношений. Водный баланс = общие водные ресурсы (1997г.) – общее водопотребление. (Общее водопотребление)<sub>1997г.</sub> = поверхностные воды + использование подземных вод + опресненные морские воды + повторное использование сточных вод. (Общее водопотребление)<sub>2025г.</sub> = коммунально-бытовые воды + промышленность + орошение [4].

**Таблица 1.** Водный баланс в странах Аравийского полуострова

Страна	Водный баланс, 1997, 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>		Водный баланс, 2025, 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	
	Общее водопотребление	Водный баланс	Общее водопотребление	Водный баланс
Бахрейн	332	-136	437	-242
Кувейт	673	-168	1160	-655
Оман	2747	-268	3214	-735
Катар	445	-236	601	-392
СА	21136	-14636	41520	-35020
ОАЭ	2328	-1490	2745	-1907
Йемен	6491	-1380	9297	-4186
Итого	34152	-18314	58974	-43136

**Основные направления совершенствования водообеспечения в странах Аравийского полуострова**

Для покрытия дефицита пресной воды в странах Аравийского полуострова целесообразно установить опреснители морской воды, использовать отходящие газы различных заводов для опреснения морской воды методом дистилляции, установить подземные наливные резервуары вдоль вадии для сбора дождевых осадков, использовать конденсоры воды из атмосферного воздуха, перейти на современные методы орошения (капельное орошение) и производить доочистку сточных вод. При этом выбор метода получения пресной воды следует проводить, исходя из местных условий с учетом свойств исходной воды (морская или атмосферная вода), источников энергии и инфраструк-

туры с целью получения максимальной экономической эффективности.

Для оценки дополнительно необходимого объема воды в странах Аравийского полуострова в 2025г. нами были проведены соответствующие расчеты, учитывающие требуемый объем вод в 2025г., объем ежегодно восполняемых подземных вод и объемы воды, производимые в настоящее время путем опреснения (табл. 2). При расчетах был сформулирован принцип, согласно которому ежегодно извлекаемый объем подземных вод должен быть равен их естественному восполнению.

Частичное покрытие дефицита пресной воды в странах Аравийского полуострова может быть реализовано на основе прогрессивных способов орошения (с точки зрения экономии воды наиболее эффективно капельное орошение). Коэффициент полезного использования воды определя-

ется как соотношение между количеством воды, усвоенным растением, и израсходованным на полив. Эта величина составляет около 95% при капельном орошении, тогда

как для поверхностного орошения она равняется 45%, а для орошения дождеванием - 75%.

**Таблица 2.** Дополнительно необходимый объем воды в странах Аравийского полуострова в 2025 г.,  $\cdot 10^6 \text{ м}^3$

Страна	Требуемый объем воды в 2025 г.	Объем ежегодно восполняемых подземных вод	Объем опресняемых вод	Дополнительно необходимый объем воды
Бахрейн	437	100	80	257 (58,8%)
Кувейт	1160	160	390	610 (52,6%)
Оман	3214	550	50	2614 (81,3%)
Катар	601	85	130	386 (64,2%)
СА	41520	3850	790	36880 (88,8%)
ОАЭ	2745	130	550	2065 (75,2%)
Йемен	9297	1000	20	8277 (89%)
Итого	58974	5875	2000	51089 (86,6%)

Примечание: первичные данные для расчетов заимствованы из [4].

Частично покрытие дефицита пресной воды в странах Аравийского полуострова может быть достигнуто за счет повторного использования промышленных сточных вод после их доочистки. Один из перспективных вариантов покрытия дефицита пресной воды в странах Аравийского полуострова связан с получением воды из атмосферного воздуха.

Количество воды, проносимой над каждым квадратом в  $10 \text{ км}^2$  Аравийской пустыни или Сахары, равно по объему озеру площадью  $1 \text{ км}^2$  и глубиной 50 м [1]. Более того, в  $1 \text{ км}^3$  приземного слоя атмосферы в жарких, засушливых и пустынных областях Земли содержится до 20000 тонн водяных паров.

В некоторых случаях пресную воду получают путем сбора сконденсированных капель, образующихся в результате естественного радиационного охлаждения земной поверхности. Для улавливания капель на пути движения воздуха устанавливают специальные синтетические сети, в которые капли ударяются и осаждаются на них. Эксперименты по получению воды этим методом проводились в 47 местах 22 двух стран 5 континентов мира. Количество получаемой воды варьировалось в зависимости от времени года и места от 3 до 50 л/сутки/ $\text{км}^2$ . Использование естественных процессов позволяет получать большое

количество пресной воды, практически не влияя на состояние окружающей природной среды. В прибрежных районах значительную роль в процессе функционирования конденсаторов играет бризовая циркуляция. Количество воды, которое может быть получено из атмосферного воздуха зависит от: - температуры и влажности окружающего воздуха; температуры конденсирующей поверхности; объема воздуха, проходящего через систему конденсации влаги. Изложенный подход к получению пресной воды из атмосферного воздуха вполне пригоден для практической реализации в странах Аравийского полуострова. Очевидно, что размещение устройств для извлечения воды из воздуха целесообразно на тех территориях, которые характеризуются высокой относительной влажностью воздуха и расположенных невысоко над уровнем моря, в основном в приморских городах.

Как отмечено выше, объем дождевых осадков в странах Аравийского полуострова весьма мал (до 100 мм в год). Однако в горной местности в Объединенных Арабских Эмиратах количество осадков достигает 300-400 мм, в Саудовской Аравии – до 400 мм, в Омане – до 500 мм, а Йемене – до 1000 мм в год. Большая часть выпадающих осадков тратится на испарение, некоторое количество пополняет за-

пасы подземных вод, часть стекает в Красное море, Аденский залив и Аравийское море. Количество стекающих осадков можно существенно уменьшить путем установки резервуаров под поверхностью земли (подземные наливные резервуары). Предварительный анализ показал, что в вышеуказанных странах примерно 2% от общего количества осадков может быть собрано подземными наливными резервуарами. По предварительным оценкам реализация этого проекта позволит собирать 2655 м<sup>3</sup> пресной воды в Саудовской Аравии, 1766 м<sup>3</sup> в Йемене и 130 м<sup>3</sup> в Объединенных Арабских Эмиратах.

Один из наиболее эффективных и перспективных путей обеспечения пресной водой стран Аравийского полуострова связан с опреснением соленых морских вод [2-3]. В настоящее время известно примерно 30 способов опреснения морской воды. Все способы превращения соленой воды в пресную требуют больших затрат энергии. В общем, на долю электроэнергии приходится примерно половина всех издержек на опреснение, их другая половина идет на ремонт и амортизацию оборудования. Таким образом, стоимость опреснения воды зависит в основном от стоимости электроэнергии. При выборе метода опреснения следует учитывать, что электродиализ и обратный осмос (гиперфльтрация) экономичны при содержании солей от 2,5 г.л<sup>-1</sup> до 10 г.л<sup>-1</sup>, а ионный обмен – при солесодержании менее 2,5 г.л<sup>-1</sup>.

Высокие значения инсоляции на территории стран Аравийского полуострова (от 3000 до 4000 часов в год) приводят к выводу о целесообразности покрытия дефицита воды с помощью гелиоопреснения. Сущность этого метода заключается в том, что под воздействием солнечной радиации в бассейне, заполненном соленой водой, происходит ее испарение, а дистиллят, образующийся при конденсации пара на наклонных, охлаждаемых воздухом поверхностях крыши из стекла или пластмассы, собирается в желобах, расположенных в

нижней ее части; оставшийся рассол удаляется в дренаж. Солнечная дистилляция выгодно отличается от других методов опреснения, так как требует сравнительно меньших эксплуатационных расходов. Размеры солнечных опреснителей характеризуются главным образом их производительностью, которая может быть с некоторыми допущениями вычислена по приближенной формуле [3]:

$$Q = 1,65 \cdot 10^{-4} \cdot E$$

В формуле размерность  $E$  выражена в кДж/м<sup>2</sup>·сут.

Производительность солнечных опреснителей типа «горячий ящик» определяется в основном интенсивностью солнечной радиации и степенью герметизации установки и составляет 3-5 л/м<sup>2</sup>·сут.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алексеев В.В., Чекарев К.В. Получение пресной воды из влажного воздуха // Аридные экосистемы. 1996. Т.2. №2-3. С. 11-122.
2. Брдлик П.М. Испытание и расчет солнечных опреснительных установок. В сб. 1, М., 1957. С. 136-150.
3. Павлов Ю. В. Опреснение воды. М.: Просвещение. 1972. 160 с.
4. Kamel Mostafa Amer and Waleed K. Al-Zubari. The Need for Desalination and Water Reuse as Non-conventional Water Resources in the Arabian Peninsula. In book: Policy Perspectives for Ecosystem and Water Management in the Arabian Peninsula. United Nations University. 2006. PP. 105-119.
5. Michael C. Brook, Huda Al Hougnani, Abdullatif Al Mugrin The Current Status and Future Requirements of Water Resources Management in the Arabian Peninsula. In book: Policy Perspectives for Ecosystems and Water Management in the Arabian Peninsula. United Nations University. 2006. PP. 17-33.
6. Salih, F. Contribution of UNESCO-IHP to Water Resources Management in the Gulf Countries. In: Proceedings of Integrated Management of Water Resources in the Third Millenium, Dubai 2002.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

**DIRECTIONS OF PERFECTION OF WATER SUPPLY IN THE COUNTRIES OF THE  
ARABIAN PENINSULA**

Al Maitami Valid Abdulvahid Mohammed, Frumin G.T.

*Russian state hydrometeorological university*

In the article questions of a modern condition of water supply in the countries of Arabian Peninsula are covered. For a covering of deficiency of fresh water the complex of ecologically safe technologies of water supply in these countries (transition to a drop irrigation, solar desalination, installation of underground bulk tanks, condensers of water from atmospheric air) is developed.

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ