

УДК 556.18.001.12

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ В СТРАНАХ АРАВИЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Аль Майтами Валид Абдулвахид Мохаммед, Фрумин 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 и направления совершенствования 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

Аравийский полуостров, расположенный на юго-западе Азии, является самым большим полуостровом на Земле (площадь свыше 2,7 млн. км²). Омывается на западе Красным морем, на юге Аденским заливом и Аравийским морем, на востоке Оманским и Персидским заливами Индийского океана. Климат тропический, сухой. Большая часть занята полупустынями и пустынями. На Аравийском полуострове расположены Бахрейн, Саудовская

Аравия, Йемен, Кувейт, Катар, Объединенные Арабские Эмираты, Оман, часть Ирака и Иордании (табл. 1). Аравийский полуостров располагает малыми запасами возобновляемых водных ресурсов. Регион характеризуется аридным климатом со средними осадками не более 100 мм/год. Количество осадков в странах Аравийского полуострова колеблется от 59 мм/год в Саудовской Аравии до 167,2 мм/год в Республике Йемен.

Таблица 1. Некоторые характеристики стран Аравийского полуострова [6]

Страна	Площадь, км ²	Длина береговой линии, км	Население, 2005 г.
Бахрейн	711	161	667604
Кувейт	17800	499	2253080
Оман	309500	2092	2331391
Катар	11500	563	743125
Саудовская Аравия	2250000	2640	22689903
ОАЭ	83600	1318	3688000
Республика Йемен	527970	1906	21385161
Итого	3198071	9179	53758264

Современное состояние водообеспечения в странах Аравийского полуострова

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% (табл.2). Основными источниками

водообеспечения в странах Аравийского полуострова являются: подземные воды, опресненные морские воды и повторное использование сточных вод. За последние три десятилетия для удовлетворения потребностей в воде, особенно в орошаемом земледелии, резко увеличился забор подземных вод. При этом во всех странах извлечение подземных вод существенно превышает объем их возобновления. Для

покрытия дефицита пресной воды в странах региона используется опреснение морских вод. В настоящее время функционирует 50 установок, ежегодно опресняющих около 1520 млн.м³ воды (около 50 % мирового объема опреснения), что относительно немного для региона в целом. Опресни-

тельные установки ежегодно вырабатывают от 20 млн.м³ в Йемене до 790 млн.м³ опресненных вод в Саудовской Аравии. Для всех рассматриваемых стран характерен отрицательный водный баланс как в 1997 г., так и, согласно прогнозу, в 2025 г. [1].

Таблица 2. Водопотребление в странах Аравийского полуострова между 1995г. и 1996г., п·10⁶ м³/год [7]

Страна	Питьевое водоснабжение	Орошение	Промышленность	Итого
Бахрейн	107	161	19	287
Кувейт	297	323	13	633
Оман	85	1150	6	1241
Катар	85	337	17	439
СА	2378	18575	193	21155
ОАЭ	600	1539	73	2212
Йемен	470	3280	69	3819
Итого	4022	25365	390	29777

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 климатических особенностей и природных ресурсов.

Основные направления водообеспечения в странах Аравийского полуострова на основе экологически безопасных технологий

Гелиоопреснение. Высокие значения инсоляции на территории стран Аравийского полуострова (продолжительность солнечного излучения составляет 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. Суточная производительность установки g (кг/сутки) вычисляется по формуле [2]

$$g_{\text{сут}} = \frac{3,56 \cdot \sum Q_{\text{накл.}}}{i - c_{\text{с.в}} \cdot t_{\text{с.в}}} \cdot F \cdot \eta_{\text{ср}} \quad (1)$$

где $\sum Q_{\text{накл.}}$ – суммарная (прямая и диффузная) радиация, вычисляемая по типовому графику дневного прихода солнечной

энергии на наклонную поверхность, кДж/м², i – зависит от парциального давления пара в паро-воздушной смеси и в

среднем равна 2573 кДж/кг, $c_{с.в}$ – теплоемкость соленой воды, кДж/кг·К, $t_{с.в}$ – температура соленой воды, К, F – поверхность опреснителя, м², $\eta_{ср}$ – коэффициент полезного действия опреснителя ($\cong 20\%$).

Аравийский полуостров расположен между 12 и 30 градусами северной широты. В среднем и ориентировочно радиационный баланс равен 8024 кДж/м²·сутки. При солености воды (S), равной 40‰, и $t_{с.в} = 20^{\circ}\text{C}$ $c_{с.в} = 3,9688$ кДж/кг·К [4]. Подставляя эти значения в формулу (1), получим суточную удельную производительность гелиотехнической установки ($g_{сут} = 4$ кг/м²·сутки). Солнечные опреснители целесообразно ориентировать на юг. Угол наклона светопроницаемой поверхности солнечного опреснителя выбирается с учетом высоты Солнца над горизонтом и обеспечения стекания конденсата. Солнечные опреснители целесообразно использовать не только для питьевого водоснабжения, но и для опреснения высокоминерализованных грунтовых вод. Расчеты показывают, что гелиоопреснитель площадью 12 м² может из высокоминера-

лизованных грунтовых вод вырабатывать от 432 до 1080 литров воды в сутки, что вполне достаточно для полива одного гектара насаждений. Максимальная производительность может достигать 10 кг/м²·сутки, а в некоторых конструкциях гелиоустановок – 20 кг/м²·сутки.

Большинство методов опреснения соленой воды требует значительных затрат тепловой или электрической энергии. Солнечная дистилляция выгодно отличается от других методов опреснения, так как требует сравнительно меньших эксплуатационных расходов. К недостаткам этого метода следует отнести большие капиталовложения ввиду сложности конструкций и больших параметров сооружений, а также низкую выработку на единицу поверхности солнечных опреснителей. Тем не менее, по нашему мнению, учитывая климатические особенности, использование гелиоопреснителей весьма перспективно для решения проблемы покрытия, хотя бы частичного, дефицита воды в ряде стран Аравийского полуострова, имеющих непосредственный выход к морю.

Таблица 3. Необходимые объемы воды при традиционных методах орошения и капельном орошении

Страна	Требуемый объем воды в 2025г. при традиционных методах орошения, $n \cdot 10^6 \text{ м}^3$ [5]	Требуемый объем воды в 2025г. при капельном орошении, $n \cdot 10^6 \text{ м}^3$	Сэкономленный объем воды, $n \cdot 10^6 \text{ м}^3$
Бахрейн	200	120	80
Кувейт	444	266	178
Оман	2725	1635	1090
Катар	385	231	154
СА	34484	20690	13794
ОАЭ	1837	1102	735
Йемен	6913	4148	2765
Итого	46988	28193	18795

Капельное орошение. Частичное покрытие дефицита пресной воды в странах Аравийского полуострова может быть реализовано на основе прогрессивных способов орошения. Среди различных способов орошения (поверхностное, дождевание, аэрозольное увлажнение, подпочвенное, капельное) наиболее перспективно

капельное орошение. Капельное орошение – локальное орошение с помощью микроводовыпусков, поливных капельниц. Капельное орошение имеет существенные преимущества по сравнению с другими видами ирригации. Оно превосходит поверхностное орошение и орошение дождеванием с точки зрения экономии воды.

При орошении коэффициент полезного использования воды определяется 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%. Для оценки возможной экономии воды при переходе от традиционных методов орошения к капельному орошению нами были проведены соответствующие расчеты. При расчетах коэффициент полезного использования воды был принят равным 60% (среднее значение между коэффициентами полезного использования воды при поверхностном орошении и орошении дождеванием). Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Согласно нашим расчетам, переход на капельное орошение позволит сэкономить примерно $18,8 \cdot 10^9 \text{ м}^3$ воды.

Конденсоры пресной воды. В 1 км^3 приземного слоя атмосферы в жарких, засушливых и пустынных областях Земли содержится до 20000 тонн водяных паров. В этой связи другое направление покрытия дефицита пресной воды – получение пресной воды из атмосферного воздуха. Для

этих целей могут быть использованы конденсоры различных типов. Способ получения пресной воды из атмосферного воздуха состоит в том, что поглощение влаги из воздуха происходит при его продуве через сорбент, который затем отдает влагу при нагреве с последующей ее конденсацией, и отличается тем, что в качестве сорбента используют материал, состоящий из пористой матрицы и помещенного в поры гигроскопического вещества. Количество влаги, которое может быть получено из атмосферного воздуха, зависит от: температуры и влажности окружающего воздуха; температуры конденсирующей поверхности; объема воздуха, проходящего через систему конденсации влаги. Очевидно, что размещение устройств для извлечения воды из воздуха целесообразно на тех территориях, которые характеризуются высокой относительной влажностью воздуха. Согласно нашим расчетам, величина относительной влажности воздуха (RH) линейно уменьшается с увеличением натурального логарифма высоты территории над уровнем моря (E, м) в интервале высот от 5 до 2500 м:

$$RH = 91 - 6,6 \cdot \ln E \quad (2)$$

Таким образом, размещение установок для извлечения воды из воздуха (конденсоров) целесообразно на территориях, расположенных невысоко над уровнем моря.

Подземные наливные резервуары. Объем дождевых осадков в странах Аравийского полуострова весьма мал (до 100мм в год). Однако в горной местности в Объединенных Арабских Эмиратах количество осадков достигает 300-400мм, в Саудовской Аравии – до 400мм, в Омане – до 500мм, а Йемене – до 1000мм в год. Большая часть выпадающих осадков тратится на испарение, некоторое количество пополняет запасы подземных вод, часть стекает в Красное море, Аденский залив и Аравийское море.

Количество стекающих осадков можно существенно уменьшить путем ус-

тановки резервуаров под поверхностью земли (подземные наливные резервуары). Подобные резервуары обычны в системах водоснабжения промышленных предприятий и населенных пунктов [3].

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^3 пресной воды в Саудовской Аравии, 1766 м^3 в Йемене и 130 м^3 в Объединенных Арабских Эмиратах.

При проектировании наливных резервуаров особое внимание следует уделять минимальному расходу материалов (бетона, железобетона и т.д.). Задача заключается в том, чтобы при заданном объеме цилиндра (наливного резервуара) най-

ти такое значение радиуса цилиндра, при котором его поверхность была бы минимальной. При решении соответствующего дифференциального уравнения было выявлено, что наибольшая экономия материалов будет достигнута в том случае, когда высота резервуара будет равна его радиусу. Для снижения испарения воды целесообразно нанесение на поверхность воды, собранной в резервуаре, высших жирных спиртов (гексадецилового, октадецилового или их смесей) или высших жирных кислот.

Наряду с изложенным для покрытия дефицита пресной воды в странах аравийского полуострова необходимо использовать отходящие газы заводов для опреснения морской воды методом дистилляции и производить доочистку сточных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аль Майтами Валид Абдулвахид Мохаммед, Фрумин Г.Т. Направления совершенствования водообеспечения в странах Аравийского полуострова // Современные проблемы науки и образования. 2007, №6, С. 13-17.

2. Брдлик П.М. Испытание и расчет солнечных опреснительных установок. В

сб. 1 «Использование солнечной энергии», 1957, С. 136-150.

3. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Водохозяйственные расчеты. Л.: Гидрометеоиздат. 1952. 392 с.

4. Попов Н.И., Федоров К.Н., Орлов В.М. Морская вода. М.: Наука. 1979, 328 с.

5. 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.

6. Michael C. Brook, Huda Al Hougani, 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.

7. Mohamed N. Allam, and Alaa M. El-Zawahry Factors and Impacts of the Contamination of Hydrological Resources in the Arabian Peninsula. In book: Policy Perspectives for Ecosystems and Water Management in the Arabian Peninsula. United Nations University. 2006. PP. 35-46.

ECOLOGICALLY SAFE TECHNOLOGIES OF WATER SUPPLY IN THE COUNTRIES OF 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.