



Наше будущее определит удачная комбинация
жизненно важных элементов

ЭНЕРГИЯ



ВОДА



ПИЦЦА



**Задача
для всей
планеты**

Майкл Уэббер

ОБ АВТОРЕ

Майкл Уэббер (Michael E. Webber) — заместитель директора Энергетического института Техасского университета в Остине. В издательстве Йельского университета скоро будет опубликована его книга «Жажда энергии» (*Thirst for Power*), в которой освещаются вопросы использования энергии и воды в современном мире.



В июле 2012 г. три индийские электросети вышли из строя, и возникло самое большое затемнение на Земле. Более 620 млн человек, т.е. 9% мирового населения, остались без электричества. Причиной стала перегрузка на производстве продуктов питания, произошедшая в результате нехватки воды. Из-за сильнейшей засухи в целях орошения фермеры подключали все больше и больше электронасосов, чтобы извлекать воду из все более глубоких горизонтов. Эти насосы, яростно работая на жарком солнце, увеличили нагрузку на электросети. В то же время понижение уровня воды означало, что гидроэлектростанции стали вырабатывать электроэнергию меньше нормы.

Усугубил ситуацию сток с орошаемых полей этих самых фермеров, который ранее, во время их затопления, вынес пылеватый материал, оставшийся прямо за дамбами, уменьшив, таким образом, емкость водохранилищ. И вот население, превышающее по численности всю совокупность жителей Европы и в два раза большее, чем в США, неожиданно погрузилось в темноту.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Весь мир старается улучшить обеспечение энергией, водой и пищей по отдельности, однако существует настоятельная необходимость в интегративном мышлении. Подобный подход принесет пользу и в решении таких проблем, как ущерб окружающей среде, нищета, рост населения и заболеваемость.
- Уменьшая пищевые отходы, можно сохранить энергетические и водные ресурсы. В фермерских хозяйствах, устроенных в жилых домах, можно использовать сточные воды для выращивания урожая и получать энергию для самих зданий. Культивация водорослей рядом с атомными станциями дает возможность превращать отработанные воды и выбросы двуокси углерода в пищу и биотопливо. Ветряные двигатели в пустыне помогут превратить солоноватые воды в пресные. Применение «умных» электросетей в водоснабжении экономит воду и энергию.
- Политическим и общественным деятелям стоит объединить усилия, разработать комплексные меры и принять решения по организации инфраструктуры.



В Калифорнии сталкиваются с удивительно схожим стечением проблем энергетики, водопользования и производства продуктов питания. Уменьшение снежного покрова, рекордно низкое выпадение дождевых осадков и продолжающееся освоение бассейна реки Колорадо привели к понижению на одну треть уровня речной воды в центральной части Калифорнии. Этот штат обеспечивает половину национального производства фруктов, орехов, овощей и почти четверть молочной продукции, а фермеры как сумасшедшие откачивают воду из-под земли; в прошлом году в отдельных районах было выкачано жидкой влаги на орошение в два раза больше



В озере Мид на границе штатов Аризона и Невада в июле 2014 г. был зарегистрирован самый низкий уровень воды: угроза нависла над водоснабжением Лас-Вегаса, орошением полей, работой гидроэлектростанции на плотине Гувера

по сравнению с предыдущим годом. Калифорнийская долина, протянувшаяся более чем на 600 км, в буквальном смысле опускается, т.к. подземные воды откачиваются прямо под ней. Как раз сегодня, когда нужно больше электричества, компания *Southern California Edison* закрыла два крупных атомных реактора из-за недостатка воды, необходимой для охлаждения. План постройки на побережье водоопреснительной установки, предложенный городом Сан-Диего, был опротестован общественниками, опасавшимися по поводу возможного избыточного энергопотребления.

Энергия, вода и пища — три самых важных ресурса в мире. Хотя этот факт широко признан в политических кругах, взаимозависимость этих ресурсов по большей мере недооценивается. Нехватка любого из них может нанести урон другим. В такой ситуации наше общество становится намного уязвимее, чем представляется, и мы не готовы к вероятной катастрофе, поджидающей нас.

Однако мы принимаем решения, выпадающие один раз на поколение, по поводу электростанций, структуры водного хозяйства и сельскохозяйственных угодий, которым предстоит служить много десятилетий, заперев нас в незащищенной

системе. Только лишь для удовлетворения мировых энергетических потребностей понадобится вложений на \$48 трлн начиная с сегодня и по 2035 г., согласно расчетам Международного энергетического агентства (приведенным в отчете за 2014 г.), исполнительный директор которого сказал, что существует реальный риск неправильного направления инвестиций, т.к. должным образом не оценены воздействия.

Крайне необходим комплексный подход к решению этих крупных проблем, а не попытки решить каждый вопрос в отдельности. Огромное количество густонаселенных районов планеты находятся под ударом засух, энергетические системы сдерживаются природными факторами и ростом расходов, а пищевое производство старается справиться с быстро растущим спросом. Цепь связей еды, воды и электроэнергии становится бэкграундом катастрофических событий в неблагоприятных частях земного шара. Восстания в Ливии и Сирии были отчасти спровоцированы засухой или высокими ценами на продовольствие, вызвавшими в Ливии свержение правительства. Нам необходимо распутать этот клубок взаимосвязей и создать более сплоченное и жизнестойкое общество. Но с чего начать?

Каскадные риски или выигрыши

Недавний лауреат Нобелевской премии Ричард Смолли (Richard E. Smalley), сотрудник Университета Райса, в 2003 г. намекнул, откуда следует начинать, в своей лекции «Десять главных проблем человечества в следующие 50 лет». Его список был составлен по убыванию важности: электроэнергия, вода, пища, окружающая среда, нищета, терроризм и войны, болезни, образование, демократия и население. Во главе списка оказались энергия, вода и пища, поскольку от того, как будут обстоять дела с ними, зависит последовательное решение проблем, отмеченных ниже. Например, освоение изобильных источников чистой, недорогой, бесперебойно поступающей энергии позволяет иметь в достатке чистую воду; обладая запасами чистой воды и энергии, достаточными для производства удобрений и работы мощной сельскохозяйственной техники, можно получать продукты питания; и т.д.

Но как бы блестяще ни выглядел список Смолли, в нем пропущены два важных момента. Во-первых, энергия, вода и пища взаимосвязаны. Во-вторых, хотя изобилие одного обеспечивает достаток других, но также и нехватка одного может вызвать недостаток других.

Обладая неограниченной энергией, мы получаем столько воды, сколько нужно, т.к. можем опреснять океаническую воду, рыть очень глубокие колодцы и перемещать воду в рамках континентов. Неограниченные запасы воды позволяют иметь необходимое количество энергии, т.к. появляется возможность построить повсюду гидроэлектростанции и оросить огромное количество энергетических сельскохозяйственных культур. Неограниченные ресурсы энергии и воды превратят пустыни в цветущие оазисы и дадут возможность создать высокопродуктивные закрытые сельхозугодья, плодоносящие круглый год.

Безусловно, мы живем в мире с ограниченными ресурсами. Мы живем в мире ограничивающих условий. Вероятность, что эти лимиты приведут к каскаду провалов, возрастает по мере роста давления увеличивающегося населения, увеличения продолжительности жизни людей и потребительской активности.

Так, уровень воды в озере Мид вблизи Лас-Вегаса, т.е. в водохранилище на реке Колорадо, достиг своего самого низкого исторического значения. Город получает питьевую воду по двум



Пассажиры в Колкате, Индия, оказались в бедственном положении после полного отключения электроэнергии, вызванного чрезмерной нагрузкой на сеть из-за насосов, подающих воду фермерам во время засухи

трубам, опущенным в водохранилище. Если продолжится падение уровня воды, то он может опуститься ниже этих труб, и большие фермерские хозяйства, расположенные ниже по течению, могут остаться без орошения, а мощные турбины электростанции на плотине Гувера станут вырабатывать меньше электроэнергии или могут совсем остановиться. Чтобы решить проблему Лас-Вегаса, надо проложить третью трубу и затратить около \$1 млрд. Это, вероятно, не принесет много пользы. Ученые из Института океанографии им. Скриппса в Ла-Хойе, штат Калифорния, подсчитали, что к 2021 г. водохранилище Мид может высохнуть, если, согласно прогнозам, изменится климат, а города и фермерские хозяйства, зависящие от реки Колорадо, не сократят забор воды.

В Уругвае государственные деятели должны принять трудные решения, как использовать воду в водохранилищах страны. В 2008 г. резко снизился уровень воды в реке Уругвай выше плотины Сальто-Гранде. Эта ГЭС имеет почти такую же мощность, как и ГЭС Гувера, но на ней работали только три из 14 турбин, поскольку местное население хотело сохранить воду для нужд сельского и городского хозяйства. Живущие вдоль реки люди и их политическое руководство оказались перед выбором, что им важнее: электроэнергия, пища или питьевая вода. Ограничения в одной отрасли сразу накладывают лимит на другие. Хотя данная угроза, вероятно, была временно снята в случае Уругвая, но она повторяется в других регионах мира. Подобным образом в отдельных пораженных засухой жилых районах Техаса и Нью-Мексико было запрещено или ограничено использование воды для добычи нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта в целях экономии ее для сельского хозяйства.

Около 80% нашего водопотребления приходится на сельское хозяйство — производство нашей пищи. Почти 13% вырабатываемой электроэнергии идет на забор, очистку, доставку, подогрев, охлаждение и удаление используемой нами воды. Удобрения, полученные с использованием природного газа, пестициды, сделанные из нефтепродуктов, и дизельное топливо, необходимое для работы тракторов и комбайнов, увеличивают количество энергии, расходуемой на производство продовольствия. На заводах пищевой промышленности, где используются энергоемкие рефрижераторы, производят товары, которые упаковывают в пластик, изготовляемый из нефтепродуктов, а кроме того нужна энергия для отправки продовольственных продуктов со склада и приготовления их дома. Все в этой цепочке связей сильно переплетено и запутано, а система в целом уязвима для нарушений в любой ее части.

Технические решения

Было бы неразумно строить сегодня новые электростанции, водопроводы и очистные сооружения по все тем же старым проектам, выращивать сельскохозяйственные культуры устаревшими методами, добывать нефть и газ, не осознавая, что все эти действия придут в столкновение друг с другом. К счастью, можно интегрировать все три вида деятельности с учетом будущих потребностей.

Самая очевидная мера — сократить потери. В США 25% или более пищевых продуктов идут на свалку. Поскольку мы отводим так много энергии и воды на производство пищи, сокращение здесь доли отходов поможет сберечь сразу несколько ресурсов. Самое простое решение — делать порции меньше и сократить потребление мяса, производство которого требует в четыре раза больше

затрат энергии, чем зерновые. Мы также можем заложить пищевые отбросы и отходы сельскохозяйственной продукции, например компост, в анаэробный ферментер для превращения их в природный газ. Его металлические сферы напоминают блестящие пузыри, а микробы внутри разлагают органическое вещество, выделяя метан. При широком внедрении этой технологии в домах, продовольственных магазинах, централизованных базах хранения, таких как фермерские хозяйства, можно было бы создать новые источники энергии и дополнительного дохода, одновременно сокращая потребление энергии и воды, необходимых на переработку отходов.

Сточные воды — еще один из видов отходов, который мы могли бы превратить в ресурс. В Калифорнии (в Сан-Диего и Санта-Кларе) используют очищенные сточные воды для орошения земель. Эта вода настолько чистая, что ее можно пить, и если бы государственные инспекторы штата разрешили, то можно было бы добавить ее в систему городского водоснабжения.

Поборники городских ферм, такие как Диксон Деспомьер (Dickson Despommier) из Колумбийского университета, спроектировали «вертикальные фермы», которые могли бы разместиться внутри стеклянных небоскребов. Жители Нью-Йорка, например, производят около 4 млрд л отработанных вод в день, и город затрачивает колоссальные суммы на очистку, чтобы их можно было сбросить в реку Гудзон. Вместо этого очищенная вода могла бы питать культуры, выращиваемые в вертикальных хозяйствах, работать на производство продуктов и в то же время снижать фермерские потребности в пресной воде. Твердые примеси, извлеченные из жидких стоков, обычно просто сжигаются, а могли бы при сжигании питать электроэнергией большие здания, удовлетворяя часть их энергетических потребностей. И поскольку свежие продукты будут выращиваться прямо там, где живут и работают большинство потребителей, для их доставки понадобилось бы меньше транспортных средств, что сэкономило бы энергию и снизило выбросы диоксида углерода.

Компании-стартапы стараются использовать выбрасываемые электростанциями воду и двуокись углерода для выращивания водорослей где-нибудь поблизости. Водоросли потребляют газ и воду, а рабочие собирают растения на корм скоту и биотопливу, тем самым достигается решение четвертой в списке Смолли проблемы — оздоровления окружающей среды, т.к. вредные соединения удаляются из воды, а углекислый газ — из воздуха.

Мы могли бы «впрямь» диоксид углерода также и в получение энергии. Мои коллеги из Техасского университета в Остине спроектировали систему, в которой выбросы CO_2 от электростанций закачиваются в рассолы глубоко под землей. Удаленный

из атмосферы углекислый газ остается погребенным и выталкивает горючий метан, который поступает на поверхность, где его можно продать на топливо. Тепло также может быть пущено в производство.

Рациональное природопользование — еще один путь к одновременному сбережению различных ресурсов. Мы потребляем больше воды, используя электрические выключатели и розетки, нежели краны и души, поскольку очень много воды требуется на охлаждение электростанций, и это находится вне нашего поля зрения и понимания. Нам необходимо также больше энергии на подогрев, очистку и подачу воды, чем на освещение. Выключо-

Продовольственные продукты не продаются или не потребляются после указанной даты, даже если они могли хорошо сохраниться при соответствующих условиях. Было бы разумнее применять приборы непосредственной оценки годности продукта. Например, можно было бы наносить на упаковки специальные красители, которые меняют цвет, если продукты попадают в неправильные температурные условия или если в них начнут размножаться нежелательные микробы

чая свет и бытовые электроприборы, мы экономим огромное количество воды, а выключая воду — большое количество энергии.

Мы также можем подумать, как лучше использовать энергию и воду для выращивания продовольственных культур в непривлекательных местах. В некоторых частях пустынного Юго-Запада США солоноватые грунтовые воды находятся в изобилии на небольшой глубине. Ветровой и солнечной энергии там тоже в избытке. Но использование этих источников энергии коммунальным хозяйством осложнено, поскольку солнце не светит ночью, а ветер дует не постоянно. Однако такой «скользящий график» прекрасно подходит для опреснения воды, т.к. чистую воду легко хранить для будущего использования. На опреснение морской воды тратится много энергии, но местные грунтовые воды далеко не настолько соленые.

Наши исследования в Техасском университете в Остине показали, что энергия прерывистого ветра при использовании для получения чистой воды из солоноватых грунтовых вод имеет больший экономический эффект, чем для нужд электроснабжения. И, конечно, деминерализованная вода может потом пойти на орошение. Такой узел связей работает в нашу пользу.

Подобное переосмысление может помочь исправить ситуацию добычи нефти и газа методом гидравлического разрыва пласта. Один из неблагоприятных побочных эффектов заключается в том, что отработанные газы, главным образом метан, поднимаясь по скважине, воспламеняются и сгорают на воздухе. Факельное сжигание настолько масштабно, что его можно наблюдать ночью из космоса.

В скважинах также образуется много загрязненной воды: миллионы литров пресной воды, закачанной для свершения разрыва, возвращаются, обремененные солями и химическими соединениями. Толковые управляющие могут использовать метан для работы дистилляторов или других требующих нагрева механизмов, чтобы очистить воду и сделать ее пригодной для повторного использования на месте, что даст экономию пресной воды и одновременно позволит избежать потерь энергии и выбросов пламени.

Мы можем также более разумно отнестись к подаче воды в дома и на предприятия.

Датчики, встроенные в «умные» электросети, помогают эффективнее передавать электроэнергию. Следует отметить, что наш водопровод гораздо менее смышлен, чем электросеть. Устаревшие, столетней давности измерительные приборы часто не способны точно учитывать водопотребление, а из старых труб, по словам специалистов, вытекает от 10 до 40% очищенных вод. Встроенные в систему водоснабжения радиодатчики могли бы внести свою лепту в уменьшение протечек и потери доходов. Рациональное водопользование может также помочь потребителям управлять своим расходом воды.

Мы можем рационализировать и пищевую сферу. Одна из причин, по которой выбрасывается так много еды, кроется в том, что продовольственные магазины, рестораны и обычные потребители полагаются на сроки годности продукции, т.е.

примерную оценку ее возможной порчи. Продовольственные продукты не продаются или не потребляются после указанной даты, даже если они могли хорошо сохраниться при соответствующих температуре и условиях. Было бы разумнее применять приборы непосредственной оценки годности продукта. Например, можно было бы наносить на упаковки специальные красители, которые меняют цвет, если продукты попадают в неправильные температурные условия или если нежелательные микробы начнут размножаться в пище, указывая на порчу. Мы можем установить датчики вдоль всей цепи снабжения, отслеживая следовые количества газов, которые выделяются гниющими фруктами и овощами. С помощью аналогичных датчиков можно ужесточить контроль заморозки и свести потери к минимуму.

Новое стратегическое мышление

Хотя многие технические решения могут скорректировать внутренние связи в цепочке «энергия — вода — еда», мы часто не применяем их на деле, поскольку взаимосвязь этих ресурсов не осознается в полной мере в США с идеологической и политической точек зрения. Управленцы, предприниматели, инженерно-технические работники обычно работают отдельно над той или иной проблемой.

К сожалению, мы соединяем проблемы с политикой, контролем и финансированием решений, принятых отдельными учреждениями. Органы, планирующие энергетику, считают, что у них будет столько воды, сколько необходимо. Органы, планирующие водное хозяйство, полагают, что у них будет столько энергии, сколько нужно. Продовольственные планировщики представляют себе риски засух, но решение видят в добыче воды, для чего надо просто усилить насосы и бурить глубже. Самое важное, что мы должны внедрить, — это комплексное представление обо всех наших ресурсах.

Такое направление мышления должно привести к более разумным политическим решениям. Например, политические меры могут предусматривать финансирование научных исследований тех энергетических технологий, которые основаны на экономии воды, тех водохозяйственных решений, что основаны на разумном расходовании энергии, а также производства и хранения продовольствия и методов их контроля, которые предотвращают потери и одновременно сокращают потребности в воде и энергии. Устанавливая стандарты эффективного комплексного использования ресурсов, можно одним выстрелом убить двух зайцев. Создание сводов правил и норм может также стать действенным механизмом в сокращении отходов и повышении производительности. Выдавая разрешение на новые энергетические объекты, следует проводить оценку водных ресурсов,

и наоборот. Плановые органы могут учреждать фонды возобновляемых кредитов, прямые вложения капиталов или налоговые льготы организациям, которые интегрируют все эти виды технических решений.

Декларация, принятая 300 делегатами, представляющими 33 страны, на конференции «Связь-2014: вода, продовольствие, климат и энергия» в Чапел-Хилле, Северная Каролина, вселяет некоторую надежду. В этом документе, составленном не только представителями власти, но и членами Всемирного банка и Всемирного предпринимательского совета по устойчивому развитию, говорится, что «мир — это единая сложная система, и следует искать проектные решения и политические меры, которые полезны всей системе в целом».

Как подчеркивает Смолли, энергия может выступать побудительной силой. Мы должны подумать о том, как использовать наш энергетический сектор, чтобы решать множество проблем одновременно. Например, мероприятия, преследующие исключительно снижение уровня CO_2 в атмосфере, могут вынудить нас выбрать схему электроснабжения с учетом низкого содержания углерода, но весьма водоемкую, включающую или атомные станции, или угольные электростанции, применяющие технологии улавливания диоксида углерода.

Важную роль играет также персональная ответственность. Потребность зимой в свежем салате, выращенном за 8 тыс. км от нашего дома, подразумевает обширную энергоемкую систему поставок продовольственных товаров. В целом именно наш личный выбор имеет как можно больше всего как раз и толкает наши ресурсы к краю пропасти. Самая мучительная проблема, встающая перед лицом нашей планеты, заключена в цепи взаимосвязей «энергия — вода — еда». Прочитируем недавнее высказывание Джорджа Митчелла (George Mitchell), отца технологии гидроразрыва пласта и сторонника устойчивого развития: «Если мы не можем решить проблемы 7 млрд человек, то как мы сделаем это для 9 млрд?».

Перевод: В.И. Сидорова

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Liberation Power: What Do Women Need? Better Energy. Sheril R. Kirshenbaum and Michael E. Webber in Slate. Published online November 4, 2013.
- The Ocean under Our Feet. Michael E. Webber in Mechanical Engineering, page 16; January 2014.