

# Поведенческое управление спросом



**Елена Ишкова**

специалист Департамента рынка системных услуг АО «СО ЕЭС»



**Максим Кулешов**

начальник Департамента рынка системных услуг АО «СО ЕЭС»



**Сергей Рычков**

начальник отдела Департамента рынка системных услуг АО «СО ЕЭС»

За последнее десятилетие управление спросом на электроэнергию (англ. *demand response*) стало полноценным инструментом поддержания баланса спроса и предложения в энергосистемах. Объем управляемого спроса растет по всему миру; в управление спросом вовлекаются новые типы потребителей с различным оборудованием, появляются новые технологии и модели бизнеса. Значительный потенциал управления спросом сосредоточен у потребителей розничного рынка — средних и малых, а также в бытовом секторе. Раскрытие этого потенциала требует создания и внедрения новых механизмов вовлечения потребителей в управление спросом.

Управление спросом на электроэнергию — это изменение потребления электроэнергии конечными потребителями относительно их нормального профиля нагрузки в ответ на изменение цен на электроэнергию во времени или в ответ на стимулы, направленные на снижение потребления в периоды высоких цен на электроэнергию на оптовом рынке или ког-

да системная надежность оказывается под угрозой. Управление спросом снижает цены на электроэнергию на оптовом рынке, что, в свою очередь, приводит к снижению цен на розничном рынке, а в долгосрочной перспективе позволяет избежать строительства новых электростанций и сетей для покрытия пиковых нагрузок. Потенциал снижения пиковой нагрузки

в энергосистеме за счет управления спросом составляет, по различным оценкам, 10–15% от величины пиковой нагрузки [1, 2].

Существует два основных подхода к вовлечению потребителей в управление спросом: явное (*explicit, dispatchable*) и неявное (*implicit, non-dispatchable*) управление спросом (пример классификации типов программ управления

спросом приведен на рис. 1). В программах явного (или основанного на стимулах, *incentive-based*) управления спросом нагрузка потребителя изменяется под действием команд (голосовых, текстовых) либо системы автоматизированного или автоматического управления нагрузкой из диспетчерского центра. Явное управление спросом подразумевает финансовое стимулирование участвующих потребителей и распространено в промышленном и коммерческом секторах, а также в сельском хозяйстве. Существуют программы явного управления спросом и для бытовых потребителей, например программы непосредственного управления нагрузкой (*direct load control, DLC*), предусматривающие возможность для администраторов программы или агрегаторов нагрузки дистанционно управлять включением/отключением оборудования (насосы, кондиционеры, отопительные приборы), используемого в управлении спросом. Неявное управление спросом (называемое также основанным на ценах, *price-based*, или основанным на времени, *time-based*) предполагает использование потребителями различных видов дифференцированных по времени тарифов, которые отражают стоимость электроэнергии и/или ее передачи в различные периоды времени:

- тариф, изменяющийся в режиме реального времени (*RTP — real time pricing*), зависит от стоимости электроэнергии в момент потребления и обычно определяется для каждого часа суток;
- тариф с критическим пиком потребления (*CPP — critical peak pricing*) — если поставщик электроэнергии ожидает высоких цен или сложных условий функционирования энергосистемы, объявляется критический пик потребления со значительным увеличением цены в этот период;
- скидки в периоды критического потребления (*PTR — peak time*



Источник: «Best Practices in Utility Demand Response Programs», Asa S. Hopkins, Melissa Whited.

*rebates*) — потребителям, которые снизили свою нагрузку в пиковый период, предоставляются скидки на электроэнергию в остальное время потребления.

Неявное управление спросом получило большее распространение в бытовом секторе и у небольших коммерческих потребителей. Важно, что явное и неявное управление спросом не заменяют друг друга. Явное управление спросом обеспечивает возможность потребителя участвовать в работе всех сегментов оптового рынка, а также предсказуемые и гарантированные объемы управляемой нагрузки, неявное управление спросом потенциально обеспечивает больший охват потребителей.

Следует различать управление спросом и энергоэффективность. В то время как под управлением спросом на электроэнергию понимают в основном смещение потребления с пиковых периодов на внепиковые, энергоэффективность предполагает постоянное снижение потребления электроэнергии за счет внедрения более эффективного потребляющего оборудования и/или более эффективного управления существующим оборудованием при сохранении требуемой функциональности.

По оценкам Международного энергетического агентства, значительная часть потенциала управления спросом сосредоточена у потребителей розничного рынка, в том

числе в бытовом секторе — эксплуатация зданий, особенно в части обогрева и кондиционирования. Кроме того, потенциал управления нагрузкой в зданиях связан с мощными электроприборами, такими как стиральные и сушильные машины, холодильники, посудомоечные машины [3]. При этом в настоящее время потребители коммерческого и промышленного секторов более вовлечены в управление спросом, чем бытовые потребители. Программы управления спросом и энергоэффективности в коммерческом и промышленном секторах почти всегда имеют более высокую эффективность по отношению к затратам, чем в бытовом секторе. Поэтому внимание организаторов программ управления спросом обращено в первую очередь на коммерческих и промышленных потребителей. Доля счетов за электроэнергию в затратах на содержание домохозяйств в последнее время снизилась из-за расширения набора приобретаемых услуг. В условиях относительно невысоких затрат на электроэнергию многие потребители не готовы снижать привычный уровень комфортного отопления или освещения. Поэтому в настоящее время активно разрабатываются и внедряются новые подходы, такие как поведенческое управление спросом, позволяющие повысить участие бытовых потребителей в управлении спросом [4].

## 1. ПОВЕДЕНЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ

Развитие методов анализа «больших данных», наук о поведении человека, распространение систем интеллектуального учета электроэнергии, коммуникационных технологий и социальных медиа предоставляют новые возможности для экономически эффективного распространения управления спросом. Поведенческое управление спросом (англ. *behavioral demand response*) обеспечивает вовлечение потребителей в процесс управления спросом путем организации персонализированной коммуникации с ними, в том числе в режиме, близком к режиму реального времени, с формированием стимулов, основанных на поведенческой психологии. Появлению поведенческого управления спросом предшествовали программы поведенческой энергоэффективности, которые путем установления обратной связи с потребителем в форме отчетов об использовании электроэнергии (*energy usage feedback reports*) стимулировали потребителей к снижению потребления. Поведенческое управление спросом во многом опирается на идеи, используемые в таких программах.

Анализ публикаций на тему поведенческого управления спросом позволяет выделить основные черты этого подхода:

- стимулы к снижению потребления электроэнергии формируются за счет коммуникации с потребителем в форме уведомлений о необходимости разгрузки и персонализированной обратной связи, основанной на информации систем интеллектуального учета электроэнергии с применением анализа «больших данных», с использованием современных средств связи — телефонов, сервисов коротких сообщений (*sms*), веб-сайтов, мобильных приложений и т. п.;
- финансовый стимул в явном виде, как правило, отсутствует;



- как правило, не предполагает установку устройств и приборов у потребителя;
- эффект от поведенческого управления спросом формируется за счет большого количества участвующих потребителей.

### 1.1. Исследования в области поведенческой психологии

В основе поведенческого управления спросом лежат явления, открытые и изученные исследователями в области социальной и поведенческой психологии и экономики, такими как Даниэль Канеман, Роберт Чалдини, Ричард Талер и др. Всеобъемлющее рассмотрение психологических и социальных эффектов, положенных в основу поведенческого управления спросом, не входит в задачи настоящей статьи, тем не менее приведем базовый обзор таких явлений.

#### Обратная связь

Распространение интеллектуальных счетчиков с развитыми коммуникационными функциями и способностью регистрировать потребление электроэнергии на часовых или меньших интервалах времени расширило возможности коммуникации поставщиков и потребителей электроэнергии. Предоставление быстрой обратной связи смягчает проблему, состоящую в том, что в целом люди

более восприимчивы к немедленным последствиям своих действий, чем к будущим. Эта проблема актуальна и для электроэнергетики, поскольку большинство потребителей платит за электроэнергию и узнает об объемах потребления значительно позже момента потребления.

Обратная связь на основе информации о потреблении обеспечивает потребителя более детализированной, своевременной и связанной с контекстом потребления информацией, чем типичные счета за электроэнергию, что обусловило применение такой обратной связи для влияния на поведение потребителя — стимулирования энергоэффективности или участия в управлении спросом. На поведение потребителя влияют как объем и частота предоставления информации, так и то, каким способом потребитель взаимодействует с ней. Существует три основных подхода к взаимодействию с потребителями посредством обратной связи для изменения их поведения: 1) воздействие на индивидуальные особенности бытового поведения, 2) формирование нормативного сравнения (*normative comparison*) в группах равных (*peer groups*), 3) воздействие на сообщество [5].

Более дискретная информация о потреблении электроэнергии по-

зволяет энергетическим компаниям перейти от предоставления обратной связи о потреблении на месячной (и даже годовой) основе к предоставлению данных в режиме, близком к реальному времени. Данные интеллектуального учета могут быть доступны пользователям разными способами, включая веб-сайты, мобильные телефоны, домашние мониторы потребления (*in-home displays*), что позволяет потребителю сопоставлять свое поведение с его последствиями [6].

*Использование социальных норм. Влияние на сообщества*

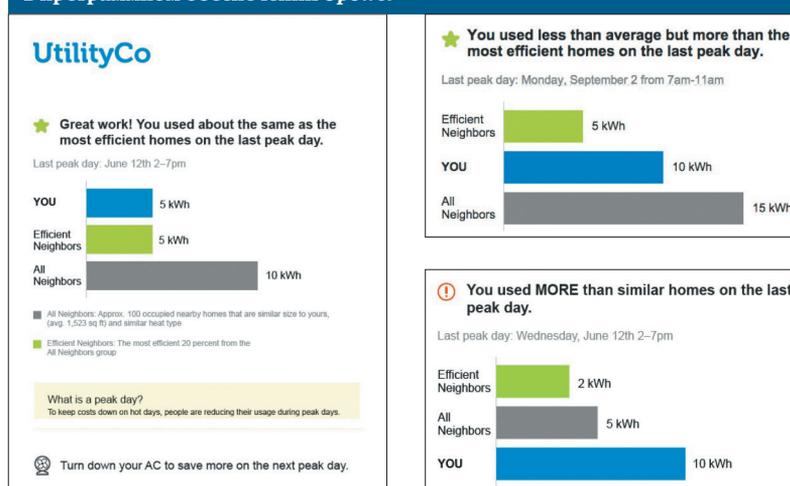
Обратная связь на основе информации о потреблении отдельного потребителя сама по себе может рассматриваться в качестве инструмента воздействия на поведение этого потребителя. При этом на основе анализа данных о выборах потребителей поставщики электроэнергии могут предоставлять потребителю информацию о поведении других потребителей, что позволяет использовать влияние на поведение человека социальных норм<sup>1</sup>. Все большее количество исследований демонстрирует, что обратная связь, основанная на информации о поведении других, может быть связана с изменением поведения [6, 7]. Социальная норма — это ожидаемый тип поведения в определенной ситуации. Выявлено влияние социальных норм на поведение в таких сферах, как благотворительность, электрорациональное поведение, пенсионные накопления, потребление воды, уплата налогов и др. Растет также количество исследований влияния социальных норм на потребление электроэнергии. Исследования Роберта Чалдини демонстрируют, что на людей воздействуют знания о том, что обычно делают другие люди (дескриптивные нормы), и о том, что другие обычно одобряют или не одобряют (инъюктивные

нормы). При отклонении от нормы люди склонны делать то, что делают другие [5]. Эксперименты Чалдини показали, что фокусирование внимания на социальных нормах при выдаче сообщений эффективно для формирования устойчивого поведения. Социальная валидация рекомендованных действий референтной группой равных (*peer group*) — это один из шести выделяемых Чалдини механизмов влияния на большие группы [8].

В области потребления энергии под нормой часто понимается среднее поведение людей на определенном рынке (например, среднее потребление электроэнергии). Однако если среднее значение величины, характеризующей поведение, не стандартизовано по таким ключевым переменным, как количество членов семьи, то люди могут не воспринимать такое среднее в качестве значимой социальной нормы. Поэтому социальные нормы должны формироваться для тщательным образом подобранных групп с сопоставимыми характеристиками.

Первый пример использования дескриптивных и инъюктивных норм для управления потреблением электроэнергии описан в работе Уэсли Шульца (2007 г.). Шульц с коллегами провел эксперимент, в котором оценивалась эффективность использования социальных норм для стимулирования поведения, повышающего энергоэффективность. Случайную выборку домов разделили на группы в зависимости от соотношения их энергопотребления со средним для рассматриваемой местности. Исследователи присылали в случайно выбранную группу потребителей с низким потреблением отчеты, содержащие только информацию о среднем потреблении соседей, устанавливая таким образом дескриптивную социальную норму. Отчеты для других групп содержали также инъюктивную информацию о том, одобряемо ли поведение потребителя, путем включения в отчет утверждения в форме эмодзи (смайлика). Вторая группа потребителей с низким потреблением получала отчеты, допол-

**Рис. 2. Использование дескриптивных и инъюктивных социальных норм в программном обеспечении Opower**



Объем потребления домохозяйства во время события управления спросом сравнивается с потреблением 100 домов сопоставимого размера, расположенных поблизости, формируя дескриптивную норму. Инъюктивная норма задается зеленой звездочкой (для домохозяйств, потребляющих меньше среднего) или красным восклицательным знаком (для высоких показателей потребления) с сопровождающим текстом.

<sup>1</sup> Здесь и далее словосочетание «социальная норма» используется как термин социальной психологии и не имеет отношения к понятию социальной нормы потребления электрической энергии (мощности), установленному федеральным законом «Об электроэнергетике».

нительно содержащиеся рядом с информацией о потреблении энергии позитивный эмодзи (улыбающееся лицо), выражающий одобрение их поведения в части потребления энергии. Третья группа домохозяйств с потреблением выше среднего получала отчеты с информацией об объеме потребленной энергии и негативным эмодзи (грустное лицо), что выражало неодобрение. После этого исследователи измеряли потребление электроэнергии в последующие месяцы. Домохозяйства с потреблением электроэнергии выше среднего, получив информацию о социальной норме, снизили потребление. Домохозяйства с низким потреблением, получавшие только информацию о социальной норме, повысили потребление, демонстрируя так называемый эффект бумеранга. Важно, что потребители с низким потреблением, дополнительно получившие положительную обратную связь в форме эмодзи, не увеличили потребление, что говорит о возможности использования инъюнктивных норм для преодоления эффекта бумеранга. Многие из коммуникационных стратегий, рассмотренных в этом и подобных исследованиях, нашли практическое применение в продуктах компании *Opower* (рис. 2) и других компаний [7, 8].

Обратная связь с потребителями может также использоваться для того, чтобы стимулировать домохозяйства к участию в достижении целей в области потребления энергии на уровне сообществ, с применением инструментов социального маркетинга, сравнения с другими сообществами. Сообщества могут быть как определенными с географической точки зрения, так и виртуальными — например, объединение людей в группы для участия в соревновании или игре. Кроме того, в формировании

стимулов для участвующих потребителей может быть вовлечен местный бизнес, который предоставляет участникам билеты на местные мероприятия, скидки на товары и услуги и т. п. [5].

#### *Установки по умолчанию*

Исследования в области поведенческой экономики показывают, что люди склонны останавливаться на predetermined вариантах или опциях по умолчанию, независимо от того, оптимальны ли эти варианты с точки зрения индивидуального или коллективного благосостояния. Во многих ситуациях выбора люди редко отклоняются от базового варианта, не предполагающего активных действий. Поэтому усилия «архитекторов выбора» должны быть направлены на формирование опции по умолчанию, позволяющей достичь некоего индивидуального или общественного оптимума. Эти усилия могут иметь значительный положительный эффект. Исследование 2001 г. продемонстрировало, что доля участвующих в корпоративной пенсионной программе возросла с 65 до 98%, когда опция по умолчанию была изменена с неучастия на участие в программе. При этом от участия в программе отказалось только незначительное количество участников [9].

Во многих сферах опция по умолчанию не является оптимальной. Для бизнеса или органов власти преимущество изменения опции по умолчанию в тщательно выбранных ситуациях заключается в том, что потребители только подталкиваются, а не принуждаются к желательному поведению. Это часто называют «мягким патернализмом», потому что потребители, не согласные с опцией по умолчанию, имеют возможность просто отказаться от нее [9].

#### *Геймификация, постановка целей*

Постановка целей также может использоваться для влияния на потребление электроэнергии. Цели могут ставиться как самим потребителем, так и внешней стороной, могут быть индивидуальными или групповыми. Воздействие на поведение потребителя может оказывать также геймификация — введение в неигровой процесс элементов компьютерных игр, таких как уровень сложности и мастерства, рейтинги, подсчет очков, выдача виртуальных наград.

#### **1.2. Организация программ поведенческого управления спросом**

Рассмотрим практическое применение описанных результатов исследований при организации программ поведенческого управления спросом.

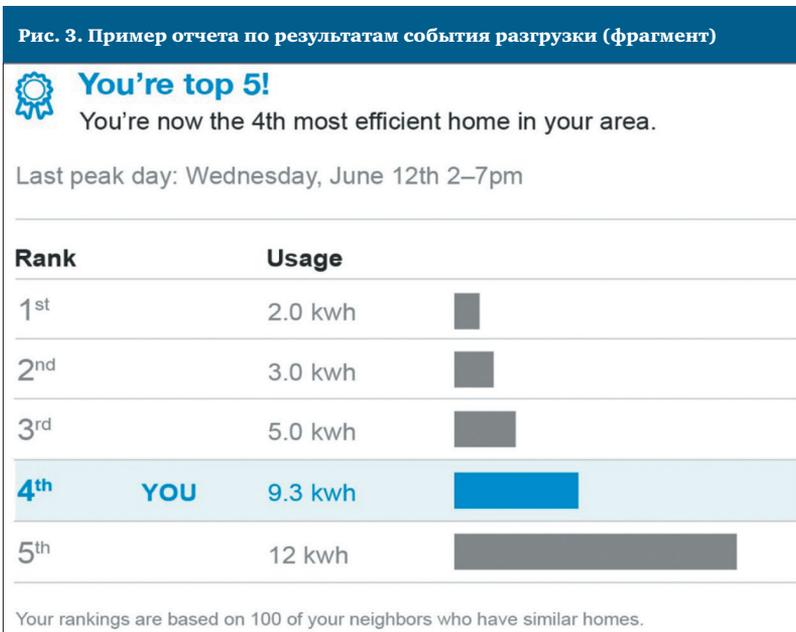
##### *Коммуникация с потребителем*

Типичная программа поведенческого управления спросом на примере *BGE (Baltimore Gas and Electric Company)*, крупнейший поставщик электроэнергии<sup>2</sup> и газа в штате Мэриленд), одного из лидеров по объемам внедрения поведенческого управления спросом, выглядит следующим образом [4]. Партнер *BGE* и разработчик используемого технического решения, компания *Opower*<sup>3</sup>, отвечает за рассылку уведомлений потребителям и формирование показателей их участия в программе. В течение срока действия программы потребители получают:

- направляемое почтой бумажное письмо о начале действия программы, содержащее ее описание и предупреждение о дельнейшей рассылке сообщений;
- уведомление о предстоящем событии разгрузки в часы пикового потребления (далее — событие

<sup>2</sup> Англ. *utility* — в США корпорация, лицо, учреждение, орган или другое юридическое лицо или инструмент, передающий и распределяющий электроэнергию для использования главным образом населением.

<sup>3</sup> Компания *Oracle* поглотила *Opower* в 2016 г.



управления спросом), которое содержит также информацию о том, каким образом потребитель может снизить свое потребление во время события (как правило, уведомление выдается потребителям в течение суток, предшествующих событию);

- уведомление о старте события непосредственно перед его наступлением;

- обратную связь в форме отчета по результатам события, включающего сравнение с показателями соседей (рис. 3).

После события управления спросом проводится анализ информации и по прошествии небольшого времени<sup>4</sup> потребителям направляются отчеты, обеспечивающие формирование обрат-

ной связи. Отчеты формируются на основе информации интеллектуальных счетчиков и могут содержать следующую информацию:

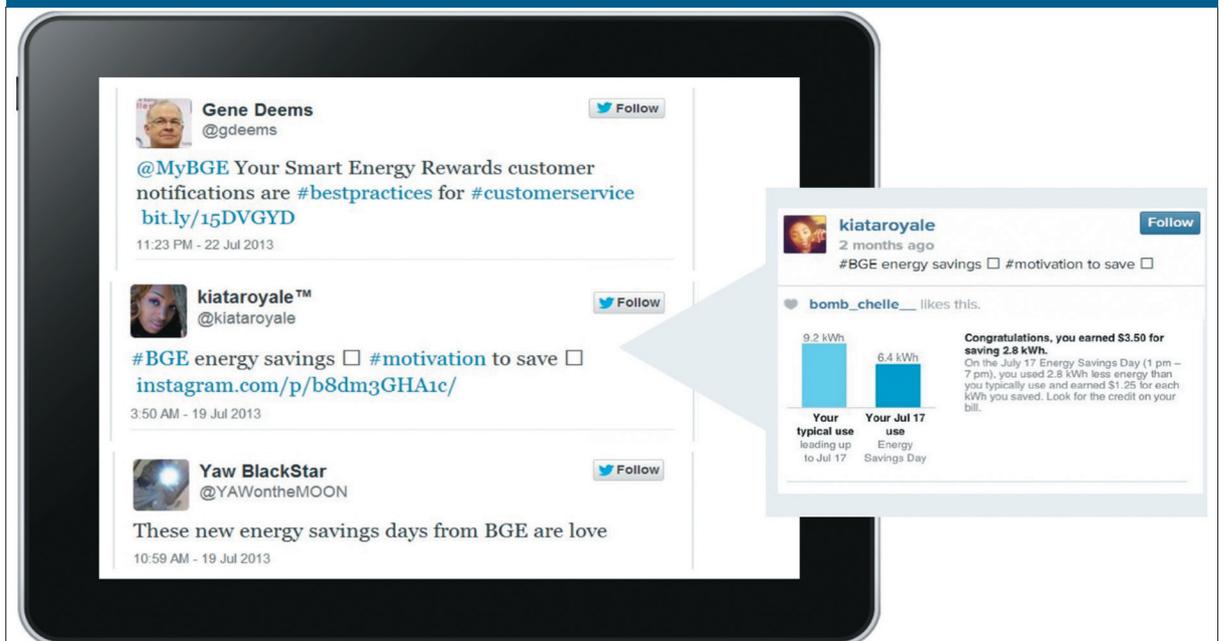
- объем потребленной электроэнергии;
- позиция в рейтинге (например, из 100 соседей, имеющих сопоставимые характеристики) и изменение этой позиции относительно прошлого события, а также дополнительные сравнительные показатели;
- рекомендации, выполнение которых может увеличить объем разгрузки во время следующих событий;
- информацию о финансовом вознаграждении, если это предусмотрено программой.

Для доставки уведомлений используются различные каналы коммуникации — электронная почта, интерактивные голосовые сообщения, переданные по телефону (*Interactive Voice Response, IVR*), sms, push-уведомления в приложениях для смартфонов и планшетных компьютеров (рис. 4).



<sup>4</sup> Разработчики технических решений и программного обеспечения заявляют о «немедленной обратной связи» по результатам событий управления спросом, при этом в ряде описанных пилотных проектов отчет по результатам события управления спросом выдается потребителю через 2–4 дня, что, возможно, связано с унаследованной от программ поведенческой энергоэффективности практикой предоставления бумажных отчетов или с неполной интеграцией ПО поведенческого управления спросом с IT-инфраструктурой поставщика

Рис. 5. Отзывы в социальных медиа потребителей, участвующих в программе поведенческого управления спросом



*Финансовые стимулы*

Поведенческое управление спросом само по себе не предполагает финансовых стимулов для потребителя. Отмечается, что такой механизм управления спросом похож на тарифы типа *peak time rebates (PTR)*, но без предоставления финансового стимула [10]. Некоторые программы управления спросом совмещают поведенческие и финансовые стимулы (например, [11]).

*Отсутствие оборудования на стороне потребителя*

Как правило, программы поведенческого управления спросом не предполагают установки устройств и приборов у потребителя (за исключением интеллектуальных счетчиков, наличие которых является необходимым условием участия потребителя). Поскольку такие программы не требуют установки оборудования на стороне потребителей, они могут быть быстро внедрены. Тем не менее существуют примеры поведенческого управления спросом с использованием дополнительных технических

средств, которые следят за нагрузкой в реальном времени и обеспечивают дополнительный канал обратной связи с потребителем.

*Подписка по умолчанию (opt-out)*

Важная черта поведенческого управления спросом — способ вступления потребителей в программу. Существуют два основных способа: подтверждение входа в программу, когда потребитель должен дать свое согласие и зарегистрироваться (*opt-in*), и включение в программу по умолчанию, предполагающее необходимость подтверждения потребителем выхода из нее, т. е. совершения активных действий для прекращения участия (*opt-out*). На практике форма *opt-in* показала себя менее эффективной (около 20% потребителей подписались на рассылку уведомлений), более эффективной формой участия оказалась форма *opt-out* (около 80% потребителей, которые получили уведомления по умолчанию, не написали от участия в программе). Это подтверждает, что в области потребления электроэнергии люди также предпочитают опции

по умолчанию. Тем не менее участие в поведенческом управлении спросом добровольное, поэтому у потребителей сохраняется право отказаться от уведомлений [10].

*Дополнительные стимулы: геймификация, использование социальных сетей, вовлечение сообществ и локального бизнеса*

Постановка целей, геймификация и использование социальных медиа широко применяются при организации программ поведенческого управления спросом. Интерес к участию в программах поведенческого управления спросом может быть усилен с помощью социальных сетей и мессенджеров (рис. 5), которые повышают удовлетворенность участников и обеспечивают распространение информации о программах [12].

На рис. 6 приведен пример использования постановки целей и геймификации в мобильном приложении компании *Bidgely*. Приложение устанавливает персональную цель для пользователя и предлагает финансовое<sup>5</sup> и виртуальное вознаграждение.

<sup>5</sup> Если это предусмотрено программой управления спросом.

Некоторые организаторы программ поведенческого управления спросом привлекают местные сообщества и бизнес к участию в программах. Продукт *BDR 2.0* компании *People Power* обеспечивает постановку целей и геймификацию посредством проведения соревнований и начисления баллов, а также возможности создания групп и контроля участия таких групп в управлении спросом, приглашения в программу друзей, членов семьи или контактов в социальных сетях [13, 14]. Описаны также примеры участия в программах поведенческого управления спросом местного бизнеса, например местного аквариума [5] или пиццерии, предоставляющей участвующим потребителям купоны на пиццу, которые они могут использовать во время события управления спросом [15].

## 2. ПРИМЕРЫ ПРОГРАММ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ

Подход, ориентированный на использование программного обеспечения в качестве технологической основы программ поведенческого управления спросом, приводит к тому, что администраторы программ обычно реализуют их совместно с поставщиками технических решений.

В настоящее время за рубежом реализовано несколько масштабных программ и пилотных проектов поведенческого управления спросом.

### *BG&E*

Компания *Baltimore Gas & Electric (BGE)* совместно с *Opower* привлекли к участию в поведенческом управлении спросом около 800 тыс. потребителей летом 2014 г. В рамках пилотного проекта было проведено рандомизированное контролируемое исследование эффективности поведенческого управления спросом. Для изучения были выбраны интервалы с 17 до 20 часов в течение четырех летних

Рис. 6. Примеры приложения *Bigdely's HomeBeat* до, во время и после события управления спросом



дней. Результаты показали снижение пиковой нагрузки потребителями испытываемой группы примерно на 3–5%, что соответствует около 0,02 кВт/дом (рис. 7) [16].

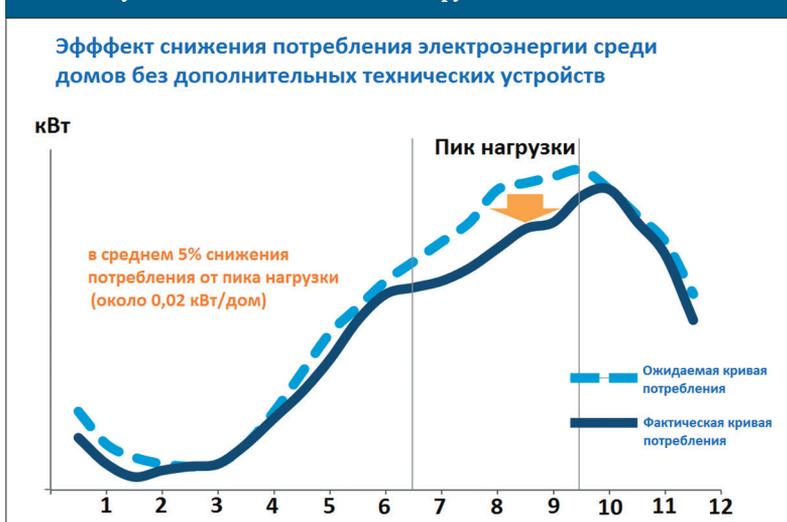
Проект был продолжен, и уже летом 2015 г. охват участников программы достиг 1,1 млн потребителей. Снижение пиковой нагрузки потребителями сохранилось в среднем на уровне 3–5% [17].

### *United Energy*

Еще один масштабный пилотный проект реализован австралийской компанией *United Energy*, осуществляющей электроснабжение более чем 640 тыс. потребителей. Коммуникация с потребителями осуществлялась через мобиль-

ное приложение компании *Bigdely* (рис. 6), которая занимается разработкой технических решений по контролю нагрузки потребителя. Это приложение взаимодействует с потребителями посредством *push*-уведомлений и сообщений электронной почты, устанавливает индивидуальные цели по снижению потребления и выдает виртуальные награды за их достижение. Некоторые потребители используют дополнительное устройство *Bigdely* — монитор потребления *HomeBeat*. Устройство передает информацию со счетчика администраторам программы, которые проводят анализ информации и предоставляют пользователю де-

Рис. 7. Результаты снижения пиковой нагрузки *BGE*



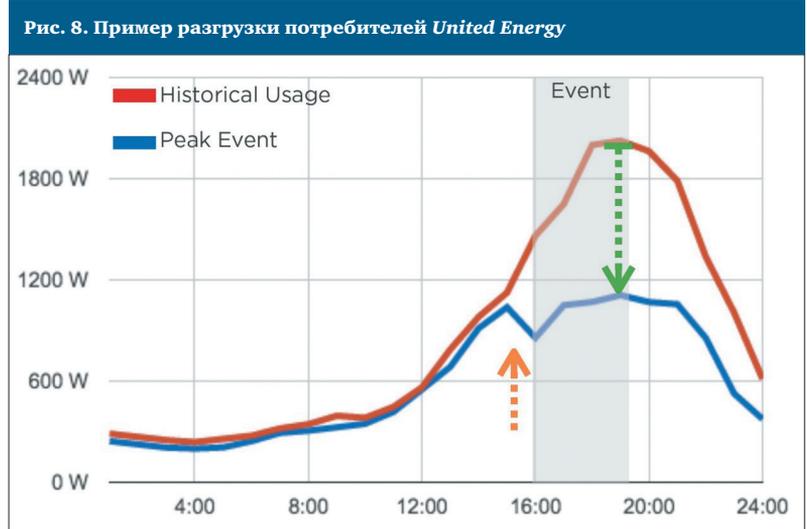
тализированные сведения о потреблении электроэнергии через мобильное приложение или веб-сайт. Компания *United Energy*, в свою очередь, через приложение может указывать, какой объем спроса хочет сократить, в какие периоды времени и на какой территории [18].

Пример разгрузки потребителей в рамках проекта приведен на рис. 8. Зеленая стрелка показывает максимальный эффект снижения потребления, а оранжевая — момент, когда начали приходить уведомления, сообщающие о старте разгрузки. Разгрузка длилась с 16:00 до 19:00, при этом максимум нагрузки удалось снизить на 35% [19], что соответствует величине около 600 МВт. Следует отметить, что такой же эффект зафиксирован и в 2016 и 2017 гг., снижение нагрузки составило более 30% на домохозяйство [20].

### ВЫВОДЫ

Поведенческое управление спросом на электроэнергию вызывает интерес во многих странах как относительно простой способ с небольшими затратами вовлечь в управление спросом малых, в первую очередь бытовых потребителей. По состоянию на 2017 г. уже 9% американских поставщиков электроэнергии (*utilities*) предлагали потребителям программы поведенческого управления спросом [21].

Оценки объема разгрузки потребителей, участвующих в программах поведенческого управления спросом, по результатам различных исследований, дают сопоставимые результаты (для программ, не предусматривающих



стимулирующих выплат потребителям):

- 0,04–0,06 кВт, или 2% на домохозяйство (*PG&E*, по результатам оценки за два года) [22];
- 0,05 кВт, или 3% на домохозяйство (*DTE*, два года) [23];
- 0,03–0,073 кВт, или 3,4–8,2% (*Green Mountain Power*) [10].

Крупномасштабная программа поведенческого управления с большим количеством потребителей может обеспечивать существенное суммарное снижение потребления в пиковые часы. Предполагается, что финансовые и временные затраты на развертывание таких масштабных программ ниже, чем затраты на традиционные программы управления спросом бытовых потребителей, предполагающие стимулирующие выплаты и /или установку оборудования в домах [24]. По оценкам компании *OPOWER* масштабирование программ поведенческого управления спросом на всю территорию США могло бы привес-

ти к сокращению пиковой нагрузки на 4700 МВт [17].

При этом ограниченный опыт применения программ поведенческого управления спросом оставляет открытым важный вопрос о долгосрочном сохранении вовлеченности потребителей. Этот вопрос требует проведения дальнейших исследований.

Поведенческое управление спросом не обязательно рассматривать в качестве альтернативы другим программам управления спросом. Поведенческое управление спросом может предлагаться в качестве самостоятельных программ или как дополнение к динамическим тарифам, таким как *peak time rebates (PTR)* или *critical peak pricing (CPP)*, хотя при этом сложно оценить эффект от каждой составляющей. Кроме того, это способ вовлечь в управление спросом новых потребителей, не требующий от них согласия на то, чтобы организатор программ управлял их оборо-



дованием (в отличие от программ *DLC*). Потребители, удовлетворенные опытом участия в поведенческом управлении спросом, могут быть информированы и обучены для участия в других программах, позволяющих повысить их вовлеченность и эффективность использования ресурса [4].

Ограничения при внедрении таких программ — это требования к оснащению потребителей интеллектуальными счетчиками, необходимость интегрирования программного обеспечения в существующие ИТ-системы для комплексного анализа и обработки данных. Внедрение программ поведенческого управления спросом требует формирования сопоставимых групп потребителей для определения социальных норм, пер-

сонализации выдаваемых сообщений, постановки адекватных и достижимых целей.

В России доля бытового сектора в совокупном объеме потребления регионов составляет около 20–25%, а в некоторых регионах доходит до 64% [25]. Если по опыту зарубежных исследований принять, что средний уровень разгрузки бытового потребителя во время события управления спросом равен 3–5%, реализация программ поведенческого управления спросом могла бы дать существенный экономический эффект. Продолжающееся внедрение систем интеллектуального учета электроэнергии открывает возможности для внедрения программ поведенческого управления спросом.

Таким образом, поведенческое управление спросом в комбинации

с иными видами управления спросом может стать перспективным направлением для формирования новых бизнес-моделей для гарантирующих поставщиков и энергосбытовых компаний, распределительных сетевых компаний, а также для агрегаторов управления спросом. Появление и развитие поведенческого управления спросом могут сформировать сценарии поведения потребителей, способные стать инструментом влияния на экономику электроэнергетики как в краткосрочной перспективе за счет оптимизации почасовой стоимости поставляемой электроэнергии, так и в долгосрочной за счет влияния трендов изменения потребления на объем и стоимость инвестиционных программ электросетевых и генерирующих компаний. 

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IEA (International Energy Agency), «Re-Powering Markets. Market design and regulation during the transition to low-carbon power systems», Second Edition, (March 2016); [www.iea.org/publications/freepublications/publication/REPOWERINGMARKETS.PDF](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/REPOWERINGMARKETS.PDF)
2. Steven Nadel. Demand response programs can reduce utilities' peak demand an average of 10%, complementing savings from energy efficiency programs. American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) (February 9, 2017); <http://aceee.org/blog/2017/02/demand-response-programs-can-reduce>
3. IEA (International Energy Agency), «Digitalization&Energy», (October 2017); [www.iea.org/publications/freepublications/publication/Digitalizationand-Energy3.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Digitalizationand-Energy3.pdf)
4. Brett Feldman, Matthew Tanner, Cliff Rose. Peak demand reduction strategy. Prepared by Navigant Consulting. Advanced Energy Economy; <http://info.aee.net/hubfs/PDF/aee-peak-demand-reduction-strategy.pdf?t=1446657847375>
5. Amber Mahone, Ben Haley. Overview of Residential Energy Feedback and Behavior-based Energy Efficiency. Prepared for the Customer Information and Behavior Working Group of the State and Local Energy Efficiency Action Network (February 2011); [www.4.eere.energy.gov/seeaction/system/files/documents/customerinformation\\_behavioral\\_status\\_summary.pdf](http://www.4.eere.energy.gov/seeaction/system/files/documents/customerinformation_behavioral_status_summary.pdf)
6. Nicole D. Sintov, P. Wesley Schultz. Unlocking the potential of smart grid technologies with behavioral science (April 2015); [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4391202/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4391202/)
7. Robert Hahn and Robert Metcalfe. The Impact of Behavioral Science Experiments on Energy Policy. (June 2016); [www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/07/HahnMetcalfe-work-pap-eeep-616-v2.pdf](http://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/07/HahnMetcalfe-work-pap-eeep-616-v2.pdf)
8. Mitchell Rosenberg, G. Kennedy Agnew, Valerie Richardson. What Do We Know About Comparative Energy Usage Feedback Reports for Residential Customers? International Energy Program Evaluation Conference (2012); [www.iepec.org/conf-docs/papers/2012PapersT0C/papers/O93.pdf](http://www.iepec.org/conf-docs/papers/2012PapersT0C/papers/O93.pdf)
9. Hunt Allcott, Sendhil Mullainathan. Behavioral Science and Energy Policy (February 2010); <https://pdfs.semanticscholar.org/ad92/53dbeb29c47436fc2628cce5347289e1e25.pdf>
10. The Brattle group. Demand Response Market Research: Portland General Electric, 2016 to 2035, (January 2016); [www.portlandgeneral.com/media/public/our-company/energy-strategy/documents/2016-02-01-demand-response-market-research.pdf?la=en](http://www.portlandgeneral.com/media/public/our-company/energy-strategy/documents/2016-02-01-demand-response-market-research.pdf?la=en)
11. Greentechmedia, OhmConnect Reveals \$ 15M in VC Funding and 100MW Stake in Behavioral Demand Response, (April 19, 2018); [www.greentechmedia.com/articles/read/ohmconnect-reveals-15m-in-vc-funding-and-100mw-stake-in-behavioral-demand-r](http://www.greentechmedia.com/articles/read/ohmconnect-reveals-15m-in-vc-funding-and-100mw-stake-in-behavioral-demand-r)
12. Beth Fitzjarrald. Research Manager E Source, Utility Behavioral Demand Response Programs, (October 2017); [https://becconference.org/wp-content/uploads/2017/10/fitzjarrald\\_presentation.pdf](https://becconference.org/wp-content/uploads/2017/10/fitzjarrald_presentation.pdf)
13. Kyle Field. CleanTechnica, New behavioral demand response services drives consumer engagements for retail energy providers, (April 9, 2018); <https://cleantechnica.com/2018/04/09/new-behavioral-demand-response-service-drives-consumer-engagements-for-retail-energy-providers/>
14. Nicholas Nhede. Metering & Smart Energy, Researchers at Stanford launch AI-driven demand response package, (April 10, 2018); [www.metering.com/industry-sectors/data\\_analytics/changelabs-peoplepower-dr/](http://www.metering.com/industry-sectors/data_analytics/changelabs-peoplepower-dr/)
15. Delivering EBITDA Improvement during the Downturn, TOP 10 Digital Oil Field, Solution Providers (2016); [www.energycioinsights.com/magazines/August/2016/#page=17](http://www.energycioinsights.com/magazines/August/2016/#page=17)
16. Nexant, Behavioral Demand Response Study — Load Impact Evaluation, (January 11, 2016); [www.oracle.com/us/industries/utilities/behavioral-demand-response-3628982.pdf](http://www.oracle.com/us/industries/utilities/behavioral-demand-response-3628982.pdf)
17. Robert Walton. Utility Dive, How Opower is pushing behavioral demand response into the mainstream, (May 27, 2015); [www.utilitydive.com/news/how-opower-is-pushing-behavioral-demand-response-into-the-mainstream/399790/](http://www.utilitydive.com/news/how-opower-is-pushing-behavioral-demand-response-into-the-mainstream/399790/)
18. Robert Walton. Utility Dive, Gamification for the grid: Inside Bidgely's Australian demand response pilot (May 18, 2016); [www.utilitydive.com/news/gamification-for-the-grid-inside-bidgelys-australian-demand-response-pilo/419230/](http://www.utilitydive.com/news/gamification-for-the-grid-inside-bidgelys-australian-demand-response-pilo/419230/)
19. Bidgely, Case Study BDR, (2017); [www.bidgely.com/wp-content/uploads/2017/09/Behavioral-DR-Case-Study-United-Energy-2017.pdf](http://www.bidgely.com/wp-content/uploads/2017/09/Behavioral-DR-Case-Study-United-Energy-2017.pdf)
20. Bidgely, Case Study BDR, (2017); <http://bidgely.com/wp-content/uploads/2017/06/Case-Study-Demand-Response-UE.pdf>
21. Navigant, 2017 Utility Demand Response Market Snapshot, (October 2017).
22. Josh Schellenberg. Nexant, Wendy Brummer PG&E, Evaluation of PG&E two-year BDR Study, (April 4, 2017); [www.peakload.org/assets/35thConf/8Brummer-Schellenberg.pdf](http://www.peakload.org/assets/35thConf/8Brummer-Schellenberg.pdf)
23. Debbie Brannan. The Reliability of Behavioral Demand Response, (2017); [www.navigant.com/media/www/site/insights/energy/2017/iepec\\_2017-brannan.pdf](http://www.navigant.com/media/www/site/insights/energy/2017/iepec_2017-brannan.pdf)
24. Nexant, Is Behavioral Energy Efficiency and Demand Response Really Better Together? (2016); [https://aceee.org/files/proceedings/2016/data/papers/2\\_1222.pdf](https://aceee.org/files/proceedings/2016/data/papers/2_1222.pdf)
25. Обзор тарифов для населения и приравненных к нему категорий потребителей за 2017 г.; [www.np-sr.ru/market/retail/dogc/index.htm](http://www.np-sr.ru/market/retail/dogc/index.htm)