

## СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В МОДЕЛИРОВАНИИ И ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМ СБОРА ДОЖДЕВОЙ ВОДЫ В ЦЕЛЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

*Е.В. Давыдова<sup>1</sup>, А.Н. Ким<sup>2</sup>, Д.А. Неделько<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Сбор дождевой воды (СДВ), пожалуй, самый древний способ удовлетворения потребностей в водоснабжении. С 1970-х годов он получил повышенное внимание как продуктивный источник воды, средство экономии и сохранения воды и инструмент устойчивого развития. В СДВ важно знать, сколько воды можно собрать в данном месте с заданным размером водосбора, соответствует ли собранная вода предполагаемому качеству, является ли система СДВ экономически жизнеспособной и благоприятствуют ли государственные нормативы СДВ. Кроме того, выбранная система СДВ должна соответствовать местным дождевым и полевым условиям, а также социально-экономическим и культурным характеристикам. СДВ способствует достижению одной из задач Целей устойчивого развития, выступая в качестве основного средства водоснабжения для отдаленных и подверженных засухе регионов, экономия значительный объем водопроводной воды и обеспечивая значительные экологические выгоды.

**Ключевые слова:** сбор дождевой воды, качество воды, водосбережение, резервуары для дождевой воды, анализ стоимости жизненного цикла, многокритериальный анализ, городское наводнение.

## MODERN ACHIEVEMENTS IN MODELING AND IMPLEMENTATION OF COLLECTION SYSTEMS RAIN WATER FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

*E.V. Davydova<sup>1</sup>, A.N. Kim<sup>2</sup>, D.A. Nedelko<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia

<sup>2</sup>St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia

Rainwater harvesting (Rainwater Harvesting) is perhaps the oldest way to meet water supply needs. Since the 1970s, it has received increased attention as a productive source of water, a means of saving and conserving water, and a tool for sustainable development. In the Rainwater Harvesting, it is important to know how much water can be collected in a given location with a given catchment size, whether the collected water is of the intended quality, whether the Rainwater Harvesting system is economically viable, and whether the state regulations of the Rainwater Harvesting are favorable. In addition, the selected VET system should be appropriate for local rainfall and field conditions, as well as socio-economic and cultural characteristics. Rainwater Harvesting contributes to the achievement of one of the Sustainable Development Goals targets by serving as the primary source of water supply for remote and drought-prone regions, saving significant amounts of tap water and providing significant environmental benefits.

**Keywords:** rainwater harvesting, water quality, water conservation, rainwater reservoirs, life cycle cost analysis, multi-criteria analysis, urban flood.

Сбор дождевой воды (СДВ) – это многовековая технология водоснабжения, которая играет важную роль в удовлетворении постоянно растущего спроса на воду и в борьбе с изменением и изменчивостью климата. СДВ определяется как метод создания, сбора, хранения и сохранения местного поверхностного стока для последующего использования. Система СДВ собирает дождевую воду с непроницаемых поверхностей (например, крыш, террас, дворов и дорожных покрытий) или естественной поверхности земли и накапливает воду в системе хранения, такой как резервуары, цистерны и подземные дамбы, как для внутреннего, так и для наружного использования [1, 2]. В отдаленных регионах СДВ вносит свой вклад в достижение одной из задач Целей устойчивого развития (обеспечение доступности и устойчивого управления водными ресурсами и санитарией для всех). В городских районах система сбора дождевой воды (СДВ) обычно используется в качестве альтернативного средства водоснабжения для непитьевых целей (например, смыв туалетов, стирка, орошение и мойка автомобилей), а также для контроля ливневых

стоков [2]. Система СДВ также используется в качестве источника воды для небольших сельскохозяйственных нужд, как в городских, так и в сельских районах. СДВ является основным источником воды во многих сельских районах и на островах [3–6]. Более широкое внедрение системы СДВ может задержать строительство новых инфраструктур водоснабжения, таких как плотины и трубопроводы. СДВ увеличивает доступность воды для бытовых и сельскохозяйственных нужд в полусухих регионах [2]. В районах с растущим дефицитом воды система водоснабжения и водоснабжения может обеспечить более устойчивое и экономичное средство повышения водной безопасности, чем сложная система общественного водоснабжения [5].

Эффективность системы СДВ для экономии и сохранения воды была продемонстрирована во всем мире, охватывая широкий спектр климатических условий и применений, например, в Австралии [10], в Германии [11], в США [6], в Бразилии [12], в Великобритании [13]. Качество собираемой дождевой воды во многом зависит от окружающей среды, материала резервуара и

технического обслуживания системы СДВ. Дождевая вода, собираемая с водосборных бассейнов, может содержать тяжелые металлы и питательные вещества [1, 2]. Использование правильно спроектированных устройств первой промывки и регулярное обслуживание системы СДВ (например, мытье поверхностей крыши, желобов, резервуаров и устройств первой промывки) может значительно улучшить качество собираемой воды.

Моделирование системы СДВ стремится согласовать наличие дождевой воды с прогнозируемым спросом на воду [4, 9]. Обычно это осуществляется путем непрерывного моделирования притока и или с использованием эмпирических соотношений [4, 12, 14] или стохастического анализа или веб-инструмента, который интегрирует количество осадков с географической привязкой [4, 12, 13]. Система водоотведения также анализируется как компонент управления ливневыми водами. Включение экологических целей (например, выбросов парниковых газов и материалов, используемых при строительстве системы СДВ) в конструкцию системы СДВ может значительно повлиять на определение соответствующего размера резервуара. Аналогичным образом влияние изменения климата может также повлиять на размер резервуара.

Экономический анализ системы СДВ должен учитывать финансовые последствия целого ряда вопросов, таких как количество сэкономленной воды, цена на воду, процентная ставка, экологические выгоды, продуктивное использование и сэкономленное время для доставки воды (которая может быть использована для других производственных целей). Использование, стоимость альтернативных источников воды и обслуживание системы СДВ [7, 9].

Исследование СДВ становится все более широким, охватывая такие аспекты, как экономия и сохранение воды, управление ливневыми водами, городское сельское хозяйство, экономический анализ и вопросы окружающей среды.

Использование пространственной информации при моделировании и анализе системы СДВ становится популярным. Система СДВ может предложить значительную экономию воды и преимущества сохранения даже в засушливых регионах.

Система СДВ предлагает множество других преимуществ, помимо экономии водопроводной воды. В связи с этим Melville-Shreeve et al [15] принял количественный многокритериальный анализ для оценки системы СДВ в соответствии с рядом новых критериев в Великобритании. Они отметили, что традиционные подходы к проектированию системы СДВ предполагают оценку стоимости всего срока службы, которая

направлена на финансовую экономию, связанную с обеспечением альтернативного водоснабжения, при этом игнорируются более широкие преимущества системы СДВ, такие как проблема управление ливневыми водами. Они предложили ряд конфигураций системы СДВ, которые превзойдут традиционную систему СДВ в отношении преимуществ и стоимости. Результаты этого исследования приведут к рентабельному внедрению системы СДВ в Великобритании. Подход может быть адаптирован для других стран, чтобы продемонстрировать более широкие преимущества системы СДВ.

Система СДВ может использоваться для смягчения последствий наводнений в городах, что является относительно новой областью исследований СДВ. Использование нечеткой кластеризации, чтобы сформировать аналогичные субрегионы на основе городских кровель, землепользования и дренажных систем, на основе статистического анализа квартилей для площади крыш и анализа частоты выпадения осадков позволит смоделировать соответствующие сокращения условий подтопления.

#### Вывод

СДВ способствует достижению одной из задач Целей устойчивого развития, выступая в качестве основного средства водоснабжения для отдаленных и подверженных засухе регионов, экономя значительный объем водопроводной воды и обеспечивая значительные экологические выгоды.

Осуществимость и преимущества внедрения системы СДВ, вероятно, будут недооценены, если будет учитываться только денежная выгода. Другие преимущества, такие как сокращение выбросов парниковых газов, уменьшение городских ливневых стоков, снижение водного стресса в часы пик и снижение спроса на существующие объекты водоснабжения и энергетики, не должны игнорироваться при оценке системы СДВ. Использование пространственной технологии сделает моделирование системы СДВ более эффективным для определения участков крыш и других непроницаемых зон и зон, подверженных наводнениям, для целей смягчения последствий наводнений в городах.

Дальнейшие исследования по СДВ должны быть сосредоточены на финансовом анализе, охватывающем множество преимуществ, анализе жизненного цикла, включающем использование энергии и выбросы парниковых газов, продуктивном использовании воды, таком как ускорение сельского и городского сельского хозяйства, а также институциональной и социально-политической поддержке для повышения приемлемости СДВ.

**Список литературы**

1. Кампизано, А.С., Батлер, Д., Ward S., Бернс МJ, Friedler, Фишер-Джеффс, LN; Ghisi, E.; Рахман, А.; Furumai, Н.; и другие. Системы сбора дождевой воды в городах: исследования, внедрение и перспективы на будущее. *Water Res.* 2017, 115, 195–209.
2. Hanson, LS; Фогель, Р.М. Обобщенные зависимости накопления – надежности – доходности для систем сбора дождевой воды. *Environ. Res. Lett.* 2014, 9, 075007.
3. А.Н.Ким, А.В.Михайлов, Е.О.Графова. Технические аспекты поверхностного стока с урбанизированных территорий. Монография/ Санкт-Петербург, 2017.
4. Van der Sterren, М.; Рахман, А.; Shrestha, S.; Barker, G.; Райан, Г. Обзор политики удержания и содержания под стражей для управления городскими ливневыми водами в регионе Западный Сидней в Австралии. *Water Int.* 2009, 34, 362–372.
5. Давыдова Е.В. Проблемы поверхностного стока урбанизированных территорий на примере г. Астрахани. Давыдова Е.В., Ким А.Н. В сборнике: Потенциал интеллектуально одаренной молодежи - развитию науки и образования Материалы V Международного научного форума молодых ученых, студентов и школьников. Под общей редакцией Д. П. Ануфриева. 2016. С. 179–182.
6. Стратегическое развитие систем водоснабжения и водоотведения современного города (на примере г. Астрахани) // Боронина Л.В., Давыдова Е.В., Медведев А.А. / В сборнике: Яковлевские чтения. Сборник докладов XV Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. 2020. С. 7–11.
7. Обеспечение экологической безопасности на объектах коммунального хозяйства // Стукалина Ю.Н., Боронина Л.В., Давыдова Е.В., Мурзаева Э.К., Лукичева И.В. // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2020. № 3 (33). С. 31–34.
8. Determination of parameters of mathematical model of quality assessment of surface waste treatment in urbanized territories // Davydova E., Kapizova A., Kim A. // В сборнике: E3S Web of Conferences. Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019. 2019. С. 01017.
9. Обеспечение безопасности трансграничных водных ресурсов: европейский опыт // Боронина Л.В., Лхагвадулам Б., Давыдова Е.В., Горник В., Соколовский А.Ф. // Запад - Восток. 2019. № 12. С. 94–104.
10. Рахман, А.; Keane, J.; Имтиаз, Массачусетс. Сбор дождевой воды в Большом Сиднее: экономия воды, надежность и экономические преимущества. *Ресурс. Консерв. Recycl.* 2012, 61, 16–21.
11. Schuetze, T. Сбор дождевой воды и управление - Политика и правила в Германии. *Water Sci. Technol.* Водоснабжение 2013, 13, 376–385.12.
12. Ghisi, E.; Bressan, DL; Мартини, М. Вместимость резервуаров для дождевой воды и потенциал экономии питьевой воды за счет использования дождевой воды в жилом секторе юго-востока Бразилии. Сборка. *Environ.* 2007, 42, 1654–1666.
13. Ward, S.; Батлер, С. Сбор дождевой воды и социальные сети: визуализация взаимодействий для управления нишей, устойчивости и устойчивости. *Water* 2016, 8, 526.
14. Determination of parameters of mathematical model of quality assessment of surface waste treatment in urbanized territories // Davydova E., Kapizova A., Kim A. / В сборнике: E3S Web of Conferences. Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019. 2019. С. 01017.
15. Melville-Shreeve, P.; Ward, S.; Батлер, Д. Типологии сбора дождевой воды для домов в Великобритании: многокритериальный анализ конфигураций системы. *Water* 2016, 8, 29.

© Е. В. Давыдова, А. Н. Ким, Д. А. Неделько

**Ссылка для цитирования:**

Е.В. Давыдова, А.Н. Ким, Д.А. Неделько. Современные достижения в моделировании и внедрении систем сбора дождевой воды в целях устойчивого развития // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 4 (34). С. 16–18.

УДК 621.31; 696.6; 681.5.03

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ТЭЦ НА ОСНОВАНИИ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ ИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (АСКУЭ) Е.М. Бялецкая, Е.М. Дербасова**

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия*

ТЭЦ в Российской Федерации является основным источником электроэнергии, от надежности работы которой зависят показатели качества вырабатываемой энергии. Отрицательными факторами эффективности энергетики на ТЭЦ являются убыточность, понижение мощности в энергосистеме, зависимость от мировой экономики, жесткие социальные рамки. Без современных способов учета и контроля электроэнергии невозможно дальнейшее развитие данной отрасли. Автоматизированные системы являются лучшим решением для контроля за тем, насколько эффективно выполняются мероприятия, являющиеся составными пунктами программы энергосбережения. Такая система способна не только передавать комплекс всей необходимой информации по точкам сети, но и блокировать несколько нежелательных сценариев. В статье рассмотрены результаты внедрения системы АСКУЭ на стадии проектирования жилищного комплекса «Паруса», расположенного в городе Астрахани для решения следующих задач на ТЭЦ: сроки окупаемости, выгоды от оптимизации ТЭЦ при передаче данных с системы АСКУЭ, снижение потерь при передаче электроэнергии к потребителю за счет уменьшения затрат на активную и реактивную мощности.

**Ключевые слова:** теплоэлектроцентраль, автоматизированная система, электроэнергия, коммерческий учет, контроль, оптимизация, энергосбережение.