

## Анализ проблем «городов-губок» в Китае



Автор фото: Антикаева Г.Ф.

### ЧЖАН ДОХУЭЙ (ZHANG DUOHUI)

Компания Harbour International Education Technology (Harbour Education), г. Пекин, Китай

Представляем вниманию читателей адаптированный и немного сокращенный перевод доклада «Анализ проблем «городов-губок» в Китае» с иллюстрациями из дополнительных источников. Этот доклад был сделан в 2019 году на Международной конференции по научным методам управления и индустриальной экономике (MSIE 2019). Его автором является Дохуэй Чжан – представитель пекинской компании Harbour International Education Technology (Harbour Education), занимающейся изучением и внедрением в Китае международных образовательных технологий.

В настоящее время по мере развития урбанизации необходимо искать пути преодоления проблем наводнений и подтопления в городах. В переведенном докладе автор знакомит читателей с историей концепции «городов-губок», разработанной в Китае, с окончательным решением китайского правительства по этому поводу и анализирует результаты данного решения. Внимание автора сосредоточено на серьезных недостатках систем регулирования ливневых стоков, которые мешают модернизации «городов-губок». Кроме того, в представленной работе рассматривается исторический опыт по соответствующим проблемам и выдвигаются предложения по их решению.

## ВВЕДЕНИЕ

Градостроительное проектирование всегда было важным показателем для оценки общего состояния страны. Китай, стремящийся стать развитой страной, работает над решением проблем наводнений и подтопления в городах.

В этом докладе будет рассказано о предпосылках возникновения и разработки концепции «городов-губок» (sponge cities), об окончательном решении китайского правительства в данном отношении и о влиянии этого решения на жизнь китайских городов.

Принимая во внимание существующую систему управления ливневыми стоками, непросто оценить эффективность создания «городов-губок» (или их соответствующей модернизации), просто изучив такие системы в других развитых странах. В представленной работе основное внимание будет уделено серьезнейшим недостаткам этих систем, препятствующим переобустройству городов с превращением их в гигантские «губки», и обзору практического опыта решения подобных проблем. На основе этого будут выдвинуты предложения по управлению водными ресурсами в городских условиях.

## ИСТОРИЯ КОНЦЕПЦИИ «ГОРОДОВ-ГУБОК»

Учитывая причины, по которым китайское правительство вывело концепцию «городов-губок» на уровень общенациональной политики, проектирование строительства или модернизации таких городов отличается от предыдущей практики по своей направленности, которая заключается в полном предотвращении наводнений и подтоплений на их территориях. И при этом вместо того, чтобы просто уменьшать поверхностный сток в городских районах и выводить лишнюю воду за их пределы по ливневой канализации, дождевые воды будут полностью использовать для нужд городов благодаря созданию интегрированных систем, помогающих осуществляться безопасному круговороту воды в пределах их территорий, причем с большой для них пользой [11].

## Возникновение и развитие концепции «городов-губок»

Внезапное и интенсивное выпадение атмосферных осадков является проблемой, характерной не только для Китая и не только в наше время (рис. 1). Одним из наиболее важных свойств «городов-губок» является уменьшение в них поверхностного стока, но не традиционным способом. Эта концепция восходит к древним временам, но на практике ее действительно успешно впервые применили только в конце 2000-х годов (предложили ее в начале 2000-х годов в Китае. – Ред.).



**Рис. 1.** Последствия интенсивного выпадения дождевых осадков в Китае и в Европе (travelask.ru; building-tech.org)

### *Наилучшая система управленческого контроля (BMPs – Best Management Control system)*

Традиционным средством отведения основного количества поверхностных вод является система ливневой канализации (являющаяся частью наилучшей системы управленческого контроля BMPs), которая имеет в плане сетчатую структуру и в которой для предотвращения загрязнения окружающей среды обычно выполняется очистка воды специальными инженерными методами (например, с помощью фильтров, осветлителей). По такой системе ливневые воды собираются с определенной городской территории и после очистки (в идеале. – *Ред.*) отводятся в природные водные объекты. Но, как показывает практика, это не всегда может защитить города от наводнений или подтопления [2].

Такая традиционная система позволяет поверхностным стокам выходить за рамки контроля градостроителей, если их окажется слишком много. Более того, выход из строя даже только одного ее узла отрицательно повлияет на работу остальных узлов, что может вывести из строя и их. А это может привести к наводнению или потоплению.

### *«Зеленая» инфраструктура (GI – Green Infrastructure), или «зеленая» инфраструктура ливневых стоков (GSI – Green Stormwater Infrastructure)*

Для решения все более сложных задач по управлению дождевыми водами многие западные страны ввели концепцию «зеленая инфраструктура», которая должна создаваться с использованием того, что уже «придумала» сама природа (рис. 2–4). Данная концепция восходит к середине IX века, когда начали появляться городские парки. А глобальная защита экологии, начавшаяся примерно в 1960-х годах, привлекает к этой теме внимание многих исследователей, способствуя ее развитию. В 2000-х годах эта концепция уже получила широкое распространение и начала внедряться не только в градостроительном проектировании, но и в других сферах [4, 6].



**Рис. 2.** «Зеленая» инфраструктура территории санатория «Белый лебедь» во Владивостоке (автор фото: Аптикаева Г.Ф.)





**Рис. 3.** «Зеленая» инфраструктура территории вокруг Владивостокского океанариума (автор фото: Аптикаева Г.Ф.)



**Рис. 4.** Один из многочисленных парков Вьетнама с газонами, водопроницаемыми дорожками и прудами (автор фото: Аптикаева Г.Ф.)

*Метод минимального воздействия на окружающую среду при застройке (LID – Low-Impact Development). Сравнение с традиционными системами*

Минимальное воздействие на окружающую среду при застройке является первой систематически используемой технической мерой при реализации концепции «зеленая инфраструктура». Этот метод был разработан в 1990 году в округе Принс-Джордж штата Мэриленд США как альтернатива традиционной системе управленческого контроля BMPs, в которой для предотвращения загрязнения окружающей среды обычно использовались инженерные инструменты очистки сточных вод (фильтры, осветлители и пр.). В случае округа Принс-Джордж в качестве замены метода «зеленой» инфраструктуры применялся

метод минимального воздействия на окружающую среду при застройке (или же он использовался совместно с исходной дренажной системой, которая состояла в основном из сети ливневой канализации с ливневыми коллекторами, откуда вода отводилась в водные объекты) [7].

Технология минимального воздействия на окружающую среду заключалась в том, что вместо строительства канализационных систем для непосредственного отвода ливневых вод в водные объекты устанавливались многочисленные барьеры для разделения дождевой воды на части и ее хранения в разных специальных местах (или же ливневые воды собирались по бесчисленным более мелким путям). Это значительно улучшило функции бывшей системы управленческого контроля BMPs. Вышеупомянутые барьеры в основном состояли из биологических материалов. Вот почему метод минимального воздействия на окружающую среду был отнесен к технологии «зеленая инфраструктура». Наиболее распространенными примерами таких барьеров были озелененные крыши, озелененные стены и биозащитные стенки.

Приметы использования технологии минимального воздействия на окружающую среду можно найти и во многих других развитых странах. Например, в Великобритании подобная система называется *устойчивой дренажной системой*, а в Австралии – *водочувствительным градостроительным проектированием* [9]. Однако термин «минимальное воздействие на окружающую среду при застройке» (*LID*) по-прежнему является наиболее распространенным в рассматриваемом отношении. До того как этот термин был введен в Китае, он использовался в странах Северной Европы, например в Голландии.

#### *Инновационная система управления водными ресурсами города на основе технологии минимального воздействия на окружающую среду*

В дополнение к решению задач, выполнявшихся с помощью предшествующей технологии, метод минимального воздействия на окружающую среду позволяет управлять водопотреблением.

Ливневые воды в большинстве случаев можно отнести к слабозагрязненным водам. По сравнению с составом воды из водоочистных сооружений состав ливневых вод более непредсказуем по составу и даже меняется в течение коротких промежутков времени. Как и у воды из других источников, состав дождевых вод зависит от окружающей среды и процесса их сбора. Стоки, собираемые с крыш, вначале слегка загрязнены, но после последующей обработки они становятся относительно чистыми. Но стоки с дорог содержат различные вредные загрязняющие вещества, в том числе такие относительно необычные для воды загрязнители, как металлы, нефть и резина.

### **ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С «ГОРОДАМИ-ГУБКАМИ»**

Как крупная развивающаяся страна, которая поощряет преобразование своих городов в гигантские «губки», Китай сталкивается с рядом проблем, о которых развитым странам беспокоиться не надо. «Городам-губкам» в Китае угрожают высокая плотность населения и загрязнение окружающей среды.

Одним из наиболее существенных различий между существующими на Западе городами с «зеленой» инфраструктурой и китайскими мегаполисами, в которых развиваются пилотные проекты по созданию «городов-губок», является качество собираемой воды.

Поэтому далее в данной работе будут обсуждаться традиционные методы, используемые в этой сфере в Китае, и предлагаться подходящие новые решения.

Во многих частях Китая одними из самых распространенных и разрушительных стихийных бедствий считаются наводнения и подтопление (рис. 5). В результате них страна теряет сотни жизней и миллионы долларов. Их причины и движущие силы можно было бы разделить на контролируемые и неконтролируемые (для китайского правительства). Чтобы предотвратить такие бедствия, правительство Китая пытается модифицировать города с превращением их в гигантские «губки». На эту политику в значительной степени влияют следующие три фактора: недостатки исходных «серых» инфраструктур; геологические и метеорологические факторы; воздействие «городов-губок» на окружающую среду. Далее они рассматриваются подробнее.



**Рис. 5.** Во многих частях Китая одними из самых распространенных стихийных бедствий считаются наводнения и подтопление (travelask.ru)

### **Недостатки исходных «серых» инфраструктур**

Наличие зданий и сооружений, выполняющих функции «губок», не могло бы полностью защитить города от наводнений и подтопления, потому что их приходится возводить рядом с уже существующей «серой» инфраструктурой (из бетона, стекла, металла, асфальта и пластика, не пропускающих воду, нарушающих круговорот воды, биологические и экологические процессы в пределах города и не рассчитанных на современные изменения климата с увеличением температур и осадков. – *Ред.*) [3].

В большинстве городов Китая по-прежнему используется традиционная система управленческого контроля BMPs. И в процессе быстрой урбанизации градостроители часто игнорируют возможные последствия обильных атмосферных осадков. За последние несколько десятилетий во многих китайских городах увеличилось количество водонепроницаемых территорий. Из-за асфальтированных дорог, покрывающих большую часть городов, инфильтрация дождевых вод в первоначально пригодные для этого земли стала чрезвычайно трудной. Когда скорость накопления поверхностных стоков превышает возможности работы дренажных систем и сталкиваются стоки из разных мест, начинаются наводнения или подтопление [8].

Кроме того, системы управления ливневыми стоками в Китае гораздо менее эффективны по сравнению с такими системами в развитых странах (их дренирующая способность, пропускная способность и емкость намного хуже). Отчасти это связано с тем,

что Китай раньше всегда отдавал предпочтение ВВП, а не инвестициям в масштабную городскую гидрологическую инфраструктуру. Таким образом, интеграция «серой» и «зеленой» инфраструктур в Китае сложнее, чем в развитых странах.

Более того, в большинстве городов Китая все еще практикуются единые городские канализационные системы для смешанных по происхождению вод (дождевых, бытовых и промышленных. – *Ред.*). Они были предназначены для отведения ежедневно образующихся стоков, а не для управления внезапно появляющимися большими количествами ливневых вод. К тому же необходимы новые пути для снижения потребления воды при функционировании реализованных городских ландшафтных проектов.

Необходимым предварительным условием для развития «городов-губок» является разделение ливневых и бытовых (а также промышленных. – *Ред.*) стоков.

### **Геологические и метеорологические факторы**

По сравнению с факторами, связанными с деятельностью человека, геологические и метеорологические факторы гораздо труднее контролировать или прогнозировать. Такие из них, как основные источники атмосферных осадков, по-прежнему вряд ли будут контролироваться правительством в будущем. Поскольку многие районы на юге Китая характеризуются муссонным климатом, сильнейшие муссонные ливни там все еще могут приводить к наводнениям, несмотря на низкий среднемесячный уровень осадков в целом по стране [5].

Рельеф местности также вносит свой вклад в формы наводнений или подтопления в городах. На юге Китая есть две основные формы рельефа: Юго-Восточные холмы и Равнина среднего и нижнего течения реки Янцзы. Поскольку города в этой части страны в основном возникали и теперь существуют на низменностях и равнинах, есть большие сложности с отведением воды с их поверхности (или даже невозможность), когда стоки накапливаются до определенного уровня.

### **Воздействие «городов-губок» на окружающую среду**

Еще одним фактором, который необходимо учитывать при создании «городов-губок», является воздействие на окружающую среду. Собранная дождевая вода в таких городах обычно используется «повторно». В отличие от некоторых развитых стран, которые могут применять ливневые стоки в полной мере, в Китае накопленную дождевую воду пока используют исключительно для ландшафтных проектов, в то время как оставшаяся вода сбрасывается в естественные водные объекты.

В настоящее время большинство китайских городов сначала отправляет ливневые воды вместе с загрязненными водами другого происхождения в системы для их очистки. Если эти города хотят использовать собранную и очищенную воду, то им необходимо создать дополнительные водные пути без риска повторного загрязнения. В том числе потребуется огромное количество новых труб.

Сама по себе дождевая вода является слабозагрязненной, когда дождь только начинается, но ее последнюю собранную часть можно считать чистой. Затем накопленную ливневую воду можно легко очистить. Распространенными загрязнителями воды, омывшей дороги или машины (это происходит обычно на достаточно больших по площади территориях), являются тяжелые металлы. Загрязнения же точечными источниками гораздо сложнее классифицировать и контролировать. Что касается жилых районов, то там могут образовываться растворимые вредные отходы многих видов.



## КАК РЕШИТЬ ЭТИ ПРОБЛЕМЫ?

Способы преодолеть эти проблемы есть. Ведь большинство из них характерны не только для Китая (разница лишь в их предысториях). Поэтому наиболее эффективные и выполнимые решения следует искать с помощью расширенных сравнений с аналогичными проблемами в других странах.

### Модернизация канализационных систем

«Зеленая» и «серая» инфраструктуры дополняют друг друга. Как уже упоминалось, китайское правительство раньше не уделяло достаточного внимания строительству канализационных систем. Проблема также заключается не столько в количестве ливневых канализационных систем, сколько в их емкости. Тем более что многие города не оснащены достаточным числом эффективных и надежных ливневых насосных станций. А те, которые есть, часто работают со сбоями при штормовых условиях (в том числе из-за отключений электроэнергии).

Частью «серой» инфраструктуры также являются подземные резервуары для воды. В отличие от многих других стран, где такие резервуары были построены раньше других подземных систем, таких как метро или подземные линии электроснабжения, в Китае устроить такие системы должно быть проще. Эти резервуары могли бы пригодиться при непредсказуемых сильных штормовых ливнях, а также могли бы функционировать в качестве узлов, соединяющих тоннели, полезные для технического обслуживания [1].

### Как справиться с загрязнением воды?

Количество загрязняющих веществ – ничто по сравнению с количеством дождевых осадков в сезон муссонов в планируемых «городах-губках» на юге Китая. Такие стоки практически не наносят ущерба окружающей среде и могут быть безопасно сброшены непосредственно в водные объекты. Распространенными загрязнителями ливневых стоков с крыш или из зеленых зон являются пыль и растворимые вредные вещества из воздуха, но также в мизерных количествах, поэтому такие стоки также можно безопасно сбрасывать в водные объекты.

Для той части ливневой воды, в которой трудно определить загрязнители, рекомендуется следовать процедурам, применяемым для других сточных вод. Поскольку в существующих «городах-губках» нет слишком большого спроса на потребление воды, то дождевая вода, собираемая с дорог и крыш, после очистки уже может удовлетворить потребность в недостающей воде для бытовых или технических нужд [10] (рис. 6).

Если требуется очистка, то каждая система сбора ливневых вод должна иметь свой собственный путь, чтобы избежать излишних нагрузок на очистку накопленной воды.





**Рис. 6.** Схема совместного сбора и очистки дождевых и бытовых сточных вод и их использования для полива газонов в пределах одного коттеджа с участком. Но такие системы могут быть устроены в масштабах целого «города-губки» (newsaler.ru)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация концепции «городов-губок» в Китае (например, рис. 7) помогла бы облегчить проблемы наводнений и подтопления в этом регионе. Однако без усовершенствования инфраструктуры и существующих канализационных систем эффект был бы весьма ограниченным. Резервной емкости этих систем в регионе нет, а количество атмосферных осадков сильно варьирует от сезона к сезону.

Рассматриваемые проблемы могут быть решены только при сбалансированном сочетании «серой» и «зеленой» инфраструктур.



**Рис. 7.** Визуализация проектируемого «Парка дружбы», который должен спасти заболоченную набережную канала Гу Дао в городе Тяньцзинь, Китай (design-mate.ru)

## ИСТОЧНИК

Zhang D. Analysis on problems of sponge cities in China // The proceedings series “Advances in Economics, Business and Management Research”. Vol. 118. Proceedings of the 2019 International Conference on Management Science and Industrial Economy (MSIE 2019). Atlantis Press SARL (now part of Springer Nature), January 2020. DOI: doi.org/10.2991/msie-19.2020.7. URL: atlantispress.com/proceedings/msie-19/125933248.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, ИСПОЛЬЗОВАННОЙ АВТОРОМ ПЕРЕВЕДЕННОЙ СТАТЬИ

1. Che W., Yang Z., Zhao Y., Li J. Analysis of urban flooding control and major drainage systems in China // *China Water & Wastewater*. 2013. Vol. 29. № 16. P. 13–19.
2. Geng R., Liang X., Yin P., Wang M., Zhou L. A review: multi-objective collaborative optimization of best management practices for non-point sources pollution control // *Acta Ecologica Sinica*. 2019. Vol. 39. № 8. P. 2667–2675.
3. Li D., Wen B., Shi W., Che X. Engineering case of green rainwater facility and run-off control // *Green Building*. 2019. № 3. P. 62–64, 81.
4. Luan B., Chai M., Wang X., Review of development, frontiers, and prospects of green infrastructure // *Acta Ecologica Sinica*. 2017. Vol. 37. № 15. P. 5246–5261.
5. Luo Y., Qin N., Zhou B., Li J., Wang C., Liu J., Pang Y. Runoff characteristics and hysteresis to precipitation in Tuotuo River basin in source region of Yangtze River during 1961–2011 // *Bulletin of Soil and Water Conservation*. 2019. Vol. 39. № 2. P. 22–28.
6. Wang H., Li C., Li N., Yu Q. Green infrastructure design principles and cases on integrating gray and green infrastructures // *Water & Wastewater Engineering*. 2019. № 9. P. 50–55.
7. Wu G. The practice of LID concepts // *Architectural Engineering Technology and Design*. June 2017. P. 505–506.
8. Xia J., Zhang Y., Xiong L., Wang L., Yu Z. Opportunities and challenges of the Sponge City construction related to urban water issues in China // *Science China Earth Sciences*. 2017. Vol. 60. № 4. P. 652–658.
9. Xiao Y., Xu Y. Water sensitive urban design framework of WSUD action in Australia // *Planners*. 2019. Vol. 35. № 6. P. 78–83.
10. Zhang B., Huang P., Du D., Du H., He W. The present status of wastewater control and sponge city construction in Zhenjiang City // *Advance in Environmental Protection*. 2018. Vol. 8. № 1. P. 43–50.
11. Zhang H. The summery of water filtering and retention technologies // *Inner Mongolia Petrochemical Industry*. 2019. Vol. 45. № 1. P. 78–79.