



## Экономическая оценка Программы «Город-губка» в Китае: тематическое исследование в городе Чандэ

**Сяо Лян**

Факультет международной экономики и торговли, Экономический колледж, Шэньчжэньский университет, Шэньчжэнь, провинция Гуандун, Китай

Электронная почта: [x.liang@yahoo.com](mailto:x.liang@yahoo.com)

MPНТИ 06.71.59

doi: 10.29258/CAJWR/2018-RI.v4-1/71-88.rus

Данная версия является переводом статьи «Economic evaluation of the Sponge City program in China: Case study of Changde city», опубликованной в журнале 10 декабря 2018 г.

### **Аннотация**

*Программа «Город-губка» (англ. Sponge City) была запущена в 2014 г. для решения проблем затоплений и загрязнения водных ресурсов в городах. Несмотря на то, что программа одобрена недавно, она уже стала предметом жарких споров в китайской научно-исследовательской среде. В настоящее время все еще остается открытым вопрос об экономической целесообразности проектов, уже функционирующих и находящихся на стадии строительства, в рамках данной программы. В статье представлена углубленная экономическая оценка демонстрационного Чуаньского проекта в рамках Программы «Город-губка», реализуемой в Китае. В результате анализа всех экономических, экологических и социальных издержек и выгод Чуаньского проекта установлено, что его общие преимущества значительно превышают совокупные издержки. Это означает, что водохозяйственные проекты, осуществляемые в рамках Программы «Город-губка», заслуживают дальнейшей реализации в Китае. Вместе с тем отсутствуют устойчивые источники финансирования целевых проектных расходов на эксплуатацию и обслуживание, что может препятствовать их устойчивой работе.*

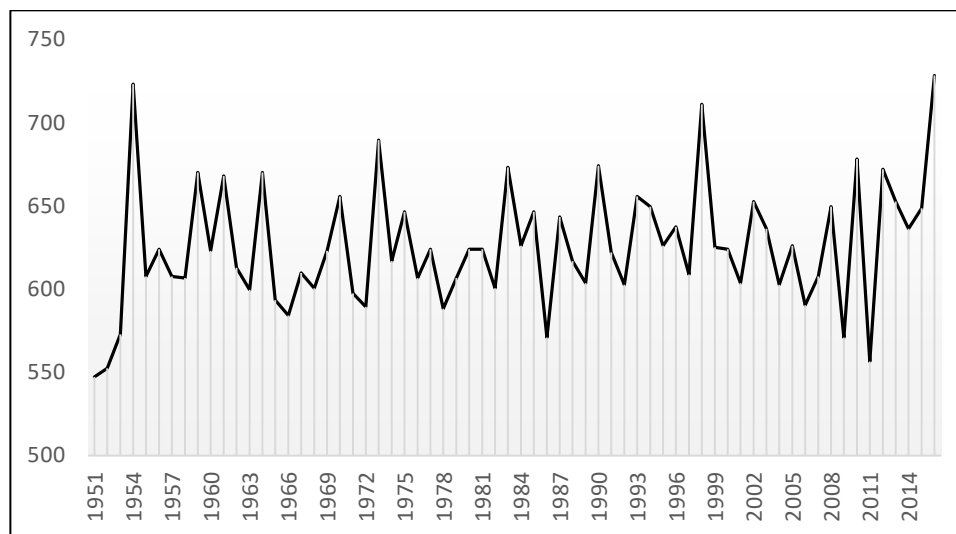
**Ключевые слова:** управление водными ресурсами, экономический анализ, анализ издержек и выгод, город-губка.

**Тип статьи:** научная статья

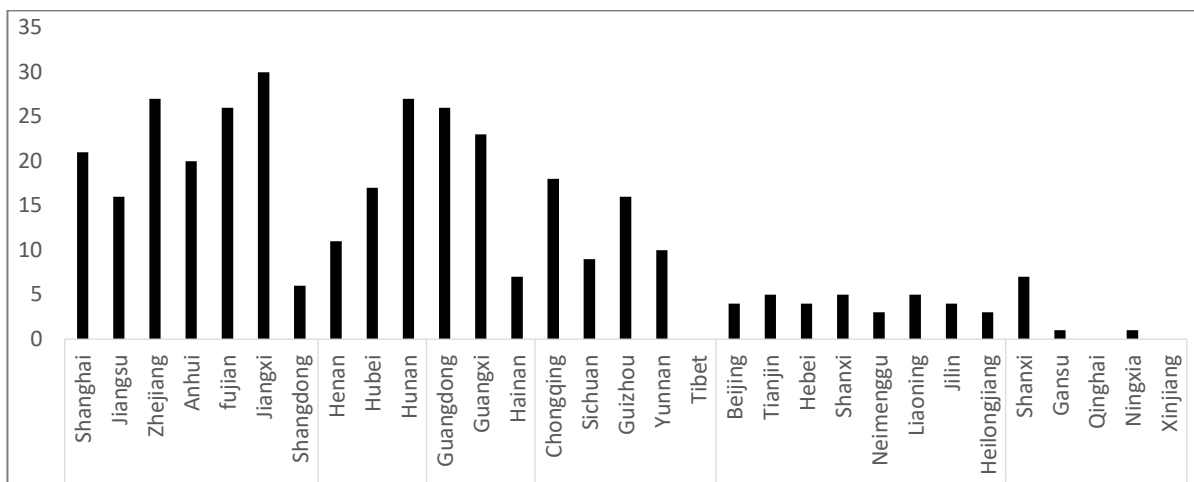
### **1. Введение**

Согласно данным Доклада о состоянии окружающей среды в Китае за период 1951-2016 гг. на территории страны в целом увеличилось количество осадков, включая число проливных дождей и ливневых штормов. Количество осадков, выпавших по стране в 2016 г., было признано самым высоким за последние 50 лет (Рис. 1). При этом, в восточном, центральном и южном районах Китая имело место несколько сильных ливневых событий (Рис. 2). В общем, проливные дожди идут все чаще и в течение более продолжительного времени. Так самый продолжительный период сильных ливней в 2016 г. значительно превышал по длительности другие аналогичные периоды начиная с

1951 г. Рост количества осадков и участвовавшие сильные ливни привели к серьезному и регулярному подтоплению примерно 200 китайских городов. Городские наводнения влекут за собой значительные экономические потери, ставят под угрозу жизни людей и препятствуют сельскохозяйственному и промышленному производству (Ши, 2013; Юй и др., 2015; Инь и др., 2015).



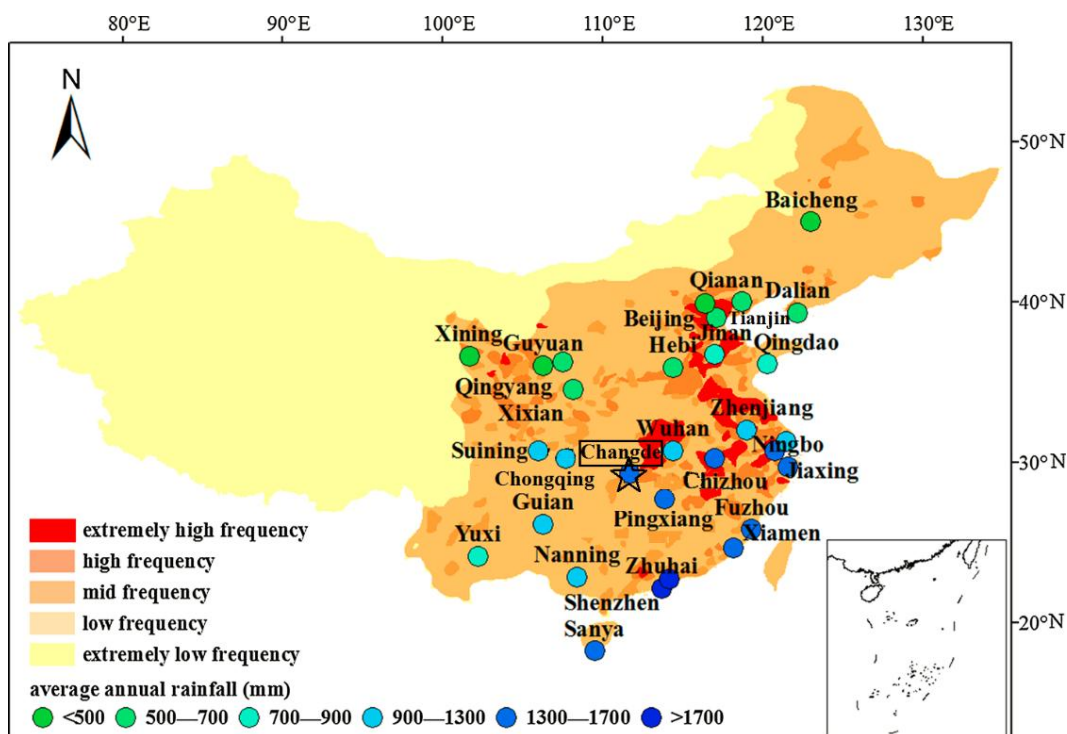
**Рисунок 1.** Количество осадков в Китае (1951-2016 гг.), ед. измерения: мм (Доклад о состоянии окружающей среды в Китае 2016 г.).



**Рисунок 2.** Частота сильных ливней в провинциях Китая в 2016 г., ед. измерения: разы.

В 2014 г. с целью решения проблем наводнений и загрязнения водных ресурсов в городской черте была начата реализация Программы «Город-губка», включающей в себя проведение целевых экспериментальных и нормативно-регулирующих мероприятий в демонстрационных городах. Техническая спецификация строительства «города-губки» была опубликована в ноябре 2014 г. Для демонстрации программы в 2015 г. были ото-

браны 16 городов преимущественно среднего размера. В начале 2016 г. к ним были добавлены еще 14 городов, включая Пекин, Тяньцзинь, Шанхай и Шэньчжэнь. Предполагается, что количество таких демо-городов будет постепенно расти (Юй и др., 2015). На Рис. 3 показано географическое расположение демонстрационных городов и соответствующее им среднегодовое количество осадков.



**Рисунок 3.** Географическое расположение демо-городов и соответствующее среднегодовое количество осадков, а также пространственное распределение частоты связанных с водой стихийных бедствий на территории Китая (Сан и Ян, 2016).

Несмотря на то, что целевая программа принята недавно, она вызывает жаркие споры в китайской научно-исследовательской среде. С точки зрения городского планирования она может способствовать улучшению городской водной среды и сокращению использования бетона в городах (Юй и др., 2015; Ши и др., 2016). Однако осуществимость программы с точки зрения управления городским хозяйством вызывает сомнения. Среди различных городских служб все еще отсутствует необходимый уровень координации и взаимодействия, что является обязательным условием успешной реализации Программы «Город-губка» (Сюй и др., 2016; Сун и Чжан, 2016). Инженерные специалисты также придерживаются двух точек зрения – сторонники программы занимаются разработкой всевозможных водоочистных проектов на основе концепции «города-губки» (Ван и У, 2015), а их противники считают, что программа слишком сосредоточена на задачах сбора дождевой воды и профилактики подтоплений городов, что недостаточно для предотвращения наводнений (Сун и Чжан, 2016; Сан и Ян, 2016). Анализ Про-

граммы «Город-губка» с экономической точки зрения в литературе встречается редко. Некоторые статьи лишь указывают на потенциальные финансовые проблемы в связи с недостаточностью инвестиций или источников финансирования (Сюй и др., 2016; Чжан и др., 2016). Подробный анализ экономической целесообразности, хотя она в значительной степени зависит от достаточности финансирования и рационального управления программой, отсутствует и, таким образом, в настоящее время вопрос об экономической целесообразности проектов – уже завершенных и/или находящихся на стадии реализации в рамках программы – по-прежнему остается открытым.

Программой «Город-губка» предполагается, что большая часть необходимого капитала должна обеспечиваться из частных средств и местными органами власти, и только 10% от общего объема инвестиций могут предоставляться центральным правительством. В дополнение к другим источникам финансирования каждый демо-город может получить около 1,2-2 млрд юаней в виде целевых субсидий от центрального правительства. Структура инвестирования в соответствующие проекты выглядит следующим образом: субсидии со стороны центрального правительства – не более 10%, со стороны местных органов власти – 40%, и остальные 50% – за счет частных средств. Заинтересованность частных компаний в таких инвестициях зависит от экономической целесообразности конкретного проекта. Таким образом, экономический анализ китайской Программы «Город-губка» представляет важность.

Для экономической оценки водохозяйственных проектов используются разные методы, включая оценку жизненного цикла, анализ материальных потоков, оценку экологических рисков, анализ издержек и выгод и т.д. (Реча и др., 2015). Поскольку проект, ставший предметом настоящего исследования, работает в течение непродолжительного времени, для анализа доступно не так много данных. По сравнению с другими аналитическими методами применение метода анализа издержек и выгод в рамках настоящего исследования представляется наиболее целесообразным. В литературе метод анализа издержек и выгод широко используется для оценки водохозяйственных проектов. Так, например, Лян и Ван Дейк (2010) прибегли к методу анализа издержек и выгод для оценки рентабельности систем повторного использования сточных вод. Лян и Ван Дейк (2011) провели комплексный экономический анализ издержек и выгод систем сбора дождевой воды; Молинос-Сенанте и др. (2011) применили данный метод в отношении проектов по повторному использованию воды (Лян и Ван Дейк, 2011; Лян и Ван Дейк, 2010; Молинос-Сенанте и др., 2011).

В настоящем исследовании по методу анализа издержек и выгод была проведена экономическая оценка одного проекта в рамках Программы «Город-губка» с точки зрения его экономических, экологических и социальных воздействий. Цель исследования заключалась в определении экономической целесообразности исследуемого примера.

В настоящей статье исследованный проект «Чуань Ма Ту» упоминается как Чуаньский проект. На Рис. 3 отмечено расположение Чуаньского проекта на карте города Чандэ, который стал одним из целевых демо-городов ввиду местных гидрологических и геологических условий. Чандэ часто подвергается подтапливанию поскольку располагается на притоке реки Янцзы и окружен каналами с загрязненными водами. Соответственно, начиная с 2008 г. в городе было реализовано и эксплуатируется несколько водохозяйственных проектов. Настоящее исследование посвящено экономическому анализу исключительно Чуаньского проекта. В разделе 2 приведено его описание; в разделе 3 – экономический анализ; в разделе 4 – результаты и обсуждение; в разделе 5 – заключение.

## 2. Чуаньский проект в городе Чандэ

Город Чандэ находится в северной части провинции Хунань – важном политическом, экономическом и культурном центре во времена правления династии Мин благодаря своим развитым водным и удобным транспортным системам. Однако в настоящее время на территории города располагаются загрязненные и издающие неприятные запахи реки, каналы и озера (Цзэн, 2004). Рис. 4 показывает, что часть каналов заблокирована твердыми отходами. Ян и др. (2011) проверили качество воды в реках города Чандэ и обнаружили повышенные уровни содержания фосфора (см. Табл. I). Другие исследования показали, что содержание фекальных колиформных бактерий в воде выше допустимой нормы. В соответствии с «Экологическими стандартами качества поверхностных вод» (GB3838-2002), принятыми национальным Министерством охраны окружающей среды, уровень содержания фекальных колиформных бактерий в одном литре воды не должен превышать 40000 бактерий. Кроме этого, каждые четыре года город Чандэ подвергается подтоплению.



Рисунок 4. Твердые отходы в реке (фото автора).

Таблица I. Качество речной воды в городе Чандэ.

Показатели	Среднегодовая концентрация (мг/л)	Допустимая концентрация (мг/л)
XПК <sub>Mn</sub>	1,5-1,65	≤6
БПК <sub>5</sub>	1,01-1,3	≤4
NH <sub>3</sub> -N	0,15-0,17	≤1
P	0,21-0,33	≤0,2

Источник: Ян и др. (2011).

Для решения проблем наводнений и загрязнения водных ресурсов вдоль реки Чуань Цзы – притока Янцзы – по Программе «Город-губка» планируется строительство восьми водохозяйственных объектов. На Рис. 5 показано расположение соответствующих проектов, а в Табл. II – их текущий статус. К настоящему моменту завершено строительство только 2-х из них, остальные находятся на стадии строительства или проектирования. Предполагается, что указанные восемь объектов помогут повысить качество воды и восстановить первоначальный естественный облик реки Чуань Цзы, равно как и снизить частоту наводнений в городе Чандэ. Как упоминалось ранее, в настоящей статье рассматривается только Чуаньский проект.

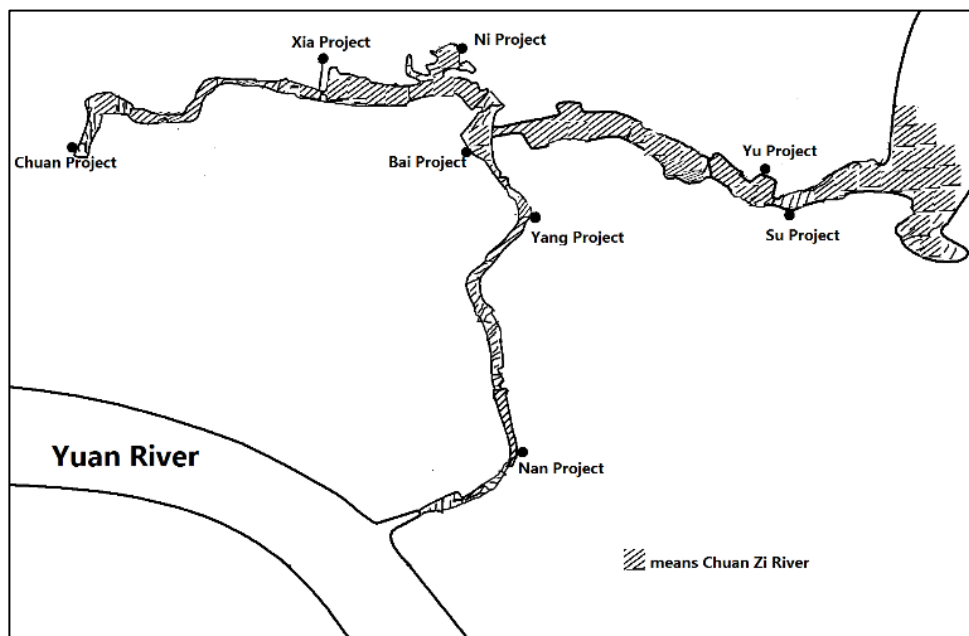
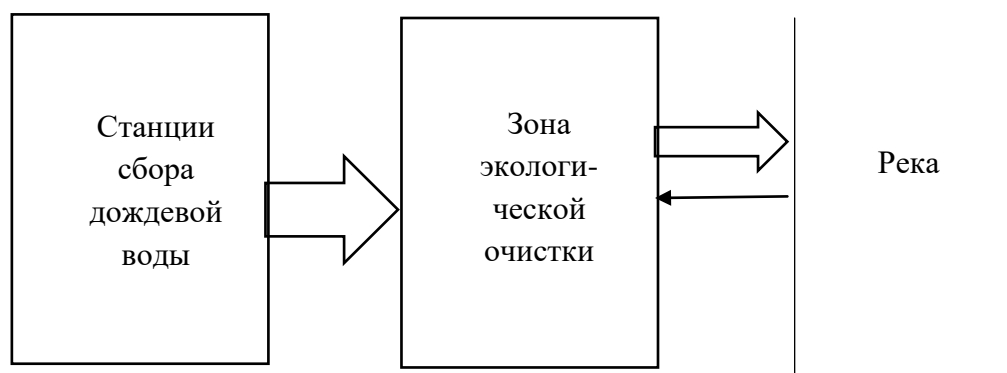


Рисунок 5. Расположение восьми водохозяйственных проектов.

Как показано на Рис. 6, Чуаньский проект включает в себя станции для сбора дождевой воды и зону экологической очистки, введенные в эксплуатацию в 2011 г. Зона экологи-

ческой очистки высажена различными видами растений, включая фитопланктон и тростник. В сезон дождей станции для сбора дождевой воды могут накапливать ее и способствуют снижению паводковой нагрузки. До попадания в реку дождевая вода проходит очистку на станциях для ее сбора и на территории зоны экологической очистки. Это предотвращает попадание загрязняющих веществ непосредственно в реку. В бездождевой период речная вода способна очищаться естественным образом, поскольку зона экологической очистки связана с рекой. В дополнение зона экологической очистки – представляющая собой водно-болотный парк, открытый для всех местных жителей – выполняет еще и функцию хранения воды.



**Рисунок 6.** Структура Чуаньского проекта.

До строительства Чуаньского проекта соответствующая территория представляла собой зону водоотведения, издающую неприятный запах. Теперь оно стало популярным и чистым общественным водно-болотным парком. Чуаньский проект находится в верховье реки Чуань Цзы. Вода верхнего течения реки очищается, а паводковая нагрузка в связи с проливными дождями снижается. Чуаньский проект эффективно повышает качество воды в верхнем течении Чуань Цзы.

### 3. Экономический анализ

В ходе исследования были оценены экономические, экологические и социальные издержки и выгоды Чуаньского проекта. В Табл. II представлены все возможные экономические, социальные и экологические воздействия проекта. Естественное и автоматическое функционирование Чуаньского проекта без потребления энергии не приводит к каким-либо экологическим последствиям. Следует отметить, что ввиду невозможности определения рыночной стоимости ряда показателей издержек и выгод, для этих целей использовался метод косвенной оценки.

**Таблица II.** Экономические, социальные и экологические воздействия Чуаньского проекта.

Пункт	Все возможные воздействия
Экономические издержки	Первоначальные инвестиции Расходы на ЭиО*
Экологические издержки	Н*
Социальные издержки	Отселение жилых районов
Экономические выгоды	Сокращение экономических затрат в результате наводнений
Экологические выгоды	Улучшение качества воды
Социальные выгоды	Расширение зоны отдыха жителей Рост числа рабочих мест

\*ЭиО – эксплуатация и обслуживание;

\*Н – нет экологических издержек.

### 3.1. Экономические издержки

С общественной точки зрения строительство, эксплуатация и обслуживание проектов представляют собой формы потребления ресурсов, поэтому первоначальные инвестиции, затраты на эксплуатацию и обслуживание (ЭиО) включаются в экономическую оценку. Так как первоначальные инвестиции и расходы на ЭиО не связаны с большим количеством коммерческих затрат, рыночные цены не должны характеризоваться значительными искажениями и могут непосредственно использоваться в качестве расчетных показателей. Общая сумма первоначальных инвестиций в Чуаньский проект составила около 0,13 млрд юаней; 60% из них пошли на восстановление водозаборных участков и выплату компенсаций за отселение жилых районов, а 40% – непосредственно на строительство станций для сбора дождевой воды, зоны экологической очистки и парка отдыха. Расходы на ЭиО в основном связаны с заработной платой технического персонала, так как эксплуатация Чуаньского проекта не требует ни дополнительного оборудования, ни химических веществ. В общей сложности в управлении проектом участвуют 30 сотрудников, из которых 20 человек отвечают за очистку и обслуживание зоны экологической очистки и парка отдыха, а 10 человек – за техническое обслуживание систем сбора дождевой воды. Средняя заработная плата одного сотрудника составляет примерно 4000 юаней в месяц.

$$C_E = I + \sum_{t=1}^n \frac{w \times N}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Экономические издержки (обозначено как  $C_E$ ) Чуаньского проекта можно рассчитать с помощью уравнения (1), где  $I$  – первоначальные инвестиции,  $w$  – средняя заработная плата,  $N$  – количество сотрудников,  $r$  – дисконтная ставка и  $n$  – период оценки. В соответствии с публикацией «Китайские параметры экономической оценки строительства» Государственного комитета по делам развития и реформ номинальная ставка дисконти-



рования ( $r$ ), используемая в Китае для анализа издержек и выгод, составляет 8% и зависит от темпа социально-экономического роста, прогнозируемого уровня инфляции и альтернативной стоимости капитала. Кроме этого, предполагается, что оценочный период ( $n$ ) составляет 5 и 10 лет соответственно.

### 3.2. Социальные издержки

По результатам интервьюирования руководителя Чуаньского проекта во время его строительства были отселены жители 15 домохозяйств (около 90 человек). Несмотря на то, что выплата компенсаций в связи с расселением жилых районов может иметь ряд негативных последствий, например, рост расходов на проживание, обучение и проезд (Камагни и др., 2002; Ло, 2007), Чуаньский проект вызвал социальные издержки в связи с отселением. В литературе количественная оценка социальных издержек, связанных с отселением дается редко, а существующие работы, главным образом, анализируют основные последствия конкретных исследуемых случаев (Хаттори и Фудзикара, 2009; Байрау и Бекеле, 2007). В нашем случае общественный транспорт является основным способом передвижения для жителей города Чандэ. Все затронутые домохозяйства могут столкнуться с ростом транспортных расходов, в то время как другие воздействия – такие как увеличение расходов на образование и медицинское обслуживание – могут и не проявиться для всех отселенных лиц. Таким образом, возросшие транспортные расходы в связи с отселением определяются как социальные издержки Чуаньского проекта. В Чандэ средняя стоимость проезда на общественном транспорте в оба конца составляет около 2 юаней. Предполагается, что все отселенные жители ежедневно совершают одну дополнительную поездку на общественном транспорте, т.е. должны ежедневно оплачивать одну дополнительную поездку в оба конца, что рассматривается как увеличение расходов на проезд общественным транспортом на человека в день (обозначено как  $u$ ). Как упоминалось ранее, общее количество затронутых жителей (обозначено как  $U$ ) составляет примерно 90 человек. Таким образом, общие социальные издержки в связи с отселением (обозначено как  $C_s$ ) можно рассчитать с помощью уравнения (2).

$$C_s = \sum_{t=1}^n \frac{u \times U}{(1+r)^t} \quad (2)$$

### 3.3. Экономические выгоды

В последние годы китайские города часто подвергаются подтоплению, что приводит к огромным экономическим потерям. Чуаньский проект может эффективно снизить вероятность подтопления города Чандэ и, тем самым, предотвратить экономический ущерб. Таким образом, снижение экономических затрат может считаться экономической выгодой Чуаньского проекта. Слишком сложно оценить экономические потери в результате наводнения непосредственно в городе Чандэ, а также нелегко найти исследования по данному вопросу. Результаты исследований экономических потерь в связи

с подтоплением городов в Китае демонстрируют, что они определяются уровнем экономического развития и социальной обстановкой в пострадавшем районе (Ши, 2013; Чжан и др., 2011; Дай и Цао, 2012; Фэн, 2001; Лю и др., 2009). Недавно Ши и др. (2013) проанализировали экономические потери от подтопления города Ухань, и результаты показывают, что прямые экономические потери составили примерно 0,6 млрд юаней, а косвенные – около 0,1 млрд юаней. Ухань находится недалеко от Чандэ, рядом с рекой Янцзы, и часто подвергается подтоплению. Социальное развитие и культура обоих городов схожи. Ввиду этого, в настоящем исследовании был применен косвенный метод оценки путем пересчета среднего ВВП городов Чандэ и Ухань. Согласно статистическим ежегодникам (2013) городов Ухань и Чандэ, средний ВВП на единицу площади для первого составляет 0,106 юаня/км<sup>2</sup>, а для второго – 0,0124 юаня/км<sup>2</sup>. Это означает, что степень экономического развития Уханя в 8,5 раз выше, чем Чандэ. Предполагается, что средняя степень влияния наводнений в обоих городах одинакова. Экономические потери в результате наводнения в городе Чандэ в 2012 г. оцениваются в размере примерно 80 млн юаней. По данным исследования, частота наводнений в Чандэ составляет примерно один раз в четыре года (Чэнь, 1998). Следовательно, предполагая, что подтопление обоих городов имеет аналогичные последствия, средний размер экономического ущерба для Чандэ составляет 20 млн юаней в год (обозначено как  $A$ ). В 2014 г. от наводнений пострадало всего около 0,61 млн человек (Ли и Вань, 2015). Чуаньский проект охватывает территорию площадью 4,15 км<sup>2</sup>, на которой проживает примерно 0,012 млн человек. Люди, проживающие на территории Чуаньского проекта, страдали из-за наводнений в связи с близким расположением реки. Сумму понесенных благодаря Чуаньскому проекту экономических потерь (обозначено как  $B_E$ ), можно рассчитать на основе средних экономических потерь города Чандэ ( $A$ ) и вероятности потери площади Чуаньского проекта (обозначена как  $g$ ), которую можно определить на основе соотношения пострадавшего населения участка Чуаньского проекта к общей численности пострадавшего населения города Чандэ.

$$B_E = \sum_{t=1}^n \frac{A \times g}{(1+r)^t} \quad (3)$$

#### 3.4. Экологические выгоды

Чуаньский проект значительно снижает загрязнение воды в реке Чуань Цзы и повышает качество водной среды. Снижение уровня загрязнения воды можно считать экологической выгодой Чуаньского проекта. Ло и др. (2003) выполнили обширную оценку экономических потерь, вызванных загрязнением водных ресурсов в Китае, в том числе потерь для промышленности, сельского хозяйства, муниципальных учреждений и сферы здравоохранения. Согласно их оценке соответствующий экономический ущерб составляет 1,6% ВВП в верхнем течении, 1,2% ВВП в среднем течении и 5% ВВП в нижнем

течении реки Янцзы (Ли и др., 2003). Город Чандэ расположен вдоль средней части Янцзы, в центре которой находится район Улин. Поскольку река Чуань Цзы является единственным водотоком в районе Улин, предполагается, что она является источником потерь, связанных с загрязнением. Экономические потери в результате загрязнения водных объектов в районе Улин можно определить на основе его ВВП в размере 85,5 млрд юаней (в 2013 г.) – 1,2% от этой суммы составляет 1,026 млрд юаней (обозначено как  $a$ ), т.е. это экономические убытки, причиненные рекой Чуань Цзы. В следствие того, что Чуаньский проект расположен в центре города без промышленных и сельскохозяйственных объектов, предполагается, что загрязнение водных объектов на его территории приводит только к потере здоровья населения и соответствующим рискам. В литературе на долю потери здоровья населения приходится 23% от общего экономического ущерба в результате загрязнения водных объектов (обозначено как  $p_1$ ) (Ли и др. 2003). Таким образом, потери здоровья населения в результате загрязнения воды в реке Чуань Цзы можно рассчитать по формуле:  $a \times p_1$ . Доля загрязнения участка Чуаньского проекта в общем показателе загрязнения Чуань Цзы, по оценкам Ли (2010), составляет около 0,16 (обозначено как  $p_2$ ) (представлено в Табл. III). Следовательно, снижение экономических потерь (обозначено как  $B_V$ ), вызванных загрязнением воды в рамках Чуаньского проекта, можно рассчитать с помощью уравнения (4).

$$B_V = \sum_{t=1}^n \frac{a \times p_1 \times p_2}{(1+r)^t} \quad (4)$$

**Таблица III.** Выбросы загрязняющих веществ в рамках Чуаньского проекта (т/год).

	Чуаньский проект	Итого	Доля
БПК	58,34	359,88	0,16210959
ХПК	121,43	748,28	0,16227
NH <sub>3</sub> -N	17,52	108,04	0,16216216

Источник: Ли, 2010

### 3.5. Социальные выгоды

Благодаря осуществлению Чуаньского проекта было создано 20 рабочих мест, что позволило повысить уровень занятости в регионе. Быстрый экономический рост может также способствовать повышению уровня занятости. Предполагается, что воздействие проекта на занятость аналогично воздействию экономического роста. Это означает, что экономический рост, способствующий повышению уровня занятости, можно рассматривать в качестве выгоды, связанной с повышением уровня занятости в рамках проекта «Город-губка». В настоящем исследовании можно использовать коэффициент эластичности занятости, который представляет собой соотношение между ростом уровня занятости и экономическим ростом. Если коэффициент эластичности занятости равен 0,1, это означает, что экономический рост в 1% повышает уровень занятости на 0,1%

(Равский, 1979; Ли, 2003). В литературе коэффициент эластичности занятости Китая определяется на уровне 0,3 (Ли, 2003). Из-за ограниченности данных предполагается, что коэффициент эластичности занятости в целом по Китаю применим и к городу Чан-дэ. Выгоду от увеличения количества рабочих мест (обозначено как  $J$ ) можно рассчитать при помощи уравнения (5):

$$J = \frac{w}{\beta} \times Y \quad (5)$$

, где  $\beta$  – коэффициент эластичности занятости (0,3);  $w$  – количество новых рабочих мест на станции (20 человек);  $W$  – общая численность работающих в провинции Хунань (40 млн человек в 2011 г.);  $Y$  – ВВП провинции Хунань в 2011 г. (1,966 млрд юаней).

В рамках Чуаньского проекта создан водно-болотный парк площадью 0,15 км<sup>2</sup>. До его постройки местные жители редко проводили там время из-за неприятного запаха на берегу загрязненной реки. В настоящее время примерно 5000 человек ежедневно посещают этот парк для проведения досуга. Водно-болотный парк выполняет рекреационную функцию, которую можно рассматривать как социальную выгоду Чуаньского проекта (обозначено как  $L$ ); рассчитать ее можно с помощью уравнения (6):

$$L = \sum_{t=1}^n \frac{d \times D}{(1+r)^t} \quad (6)$$

, где  $d$  – рекреационная ценность объекта (28,358 юаней/км<sup>2</sup>), которая рассчитывается через конвертацию ценности. По оценкам, среднемировая стоимость рекреационных мероприятий, связанных с водно-болотными угодьями, составляет примерно 470 680 юаней/км<sup>2</sup> в год (Костанза и др., 1997). Рекреационная ценность тесно связана с доходом, поскольку потребители с более высокими доходами платят за отдых больше. Согласно докладу Всемирного банка (источник: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)) общемировой валовой национальный доход (ВНД) на душу населения в 1997 г. составлял 35 161,6 юаня, в то время как в 2011 г. ВНД на душу населения в Китае составлял 32 000 юаней. Коэффициент соотношения доходов в Китае и среднемирового уровня составляет 0,9 и, таким образом, рекреационная стоимость единицы площади в Китае равна 428,358 юаня/км<sup>2</sup>.  $D$  – площадь водно-болотного парка (0,15 км<sup>2</sup>).

#### 4. Экономические результаты Чуаньского проекта

В Табл. IV представлены результаты экономического анализа Чуаньского проекта. Первоначальные инвестиции в данный проект были огромны и составили 130 млн юаней. Органы государственного управления Чан-дэ не могли себе позволить потратить 130 млн юаней на один водохозяйственный проект. По результатам интервьюирования

государственных чиновников города Чандэ первоначальные инвестиции в Чуаньский проект превышали данный показатель по другим аналогичным проектам. Чуаньский проект был разработан немецкой компанией, специализирующейся на проектировании водно-болотных угодий, что существенно повысило его общую стоимость. Благодаря выгодам, связанным с успешным строительством и эксплуатацией проекта, в настоящее время местные органы власти получают больше субсидий от центрального правительства и заинтересованы в расширении инвестирования в Чуаньский проект.

**Таблица IV.** Результаты экономического анализа.

Позиции	Все возможные последствия	Значение (5 лет, млн юаней)	Значение (10 лет, млн юаней)
Экономические издержки	Первоначальные инвестиции Расходы на ЭиО	130 5,75	130 9,66
Экологические издержки	Н	Н	Н
Социальные издержки	Отселение жилых районов	0,26	0,43
Экономические выгоды	Сокращение экономических потерь в результате наводнений	1,6	2,68
Экологические выгоды	Повышение качества речной воды	152	254,98
Социальные выгоды	Рост числа рабочих мест Расширение зоны отдыха жителей	3,3 0,26	3,3 0,43

**Таблица V.** Анализ целесообразности Чуаньского проекта.

	5-летний оценочный период	10-летний оценочный период
Общая стоимость	136	140
Совокупные выгоды	157,16	261,41
Соотношение издержек и выгод	1,16	1,86
Экономически целесообразный	Да	Да

Хотя сумма первоначальных инвестиций в Чуаньский проект была высока, получаемые экологические выгоды превышают ее. Вне зависимости от применения пяти- или десятилетнего оценочного периода, на экологические выгоды приходится основная доля со-

вокупных выгод. Табл. IV показывает, что значения экономических и социальных выгод практически совпадают, в то время как объем экологических выгод почти в 40 раз превышает все остальные. Экологические выгоды подчеркивают важность качества воды, которое эффективно стимулирует экономическое развитие всего района. Ввиду этого выгоды от повышения качества воды рассматриваются как значительные.

При сопоставлении всех издержек и выгод Чуаньского проекта можно сделать вывод о том, что ценность выгод превышает издержки. Данные в Табл. V по пяти- и десятилетнему оценочным периодам указывают на то, что Чуаньский проект экономически целесообразен. Это означает, что водохозяйственные проекты в рамках Программы «Город-губка» заслуживают продвижения несмотря на значительные первоначальные инвестиции.

Первоначальные инвестиции могут субсидироваться правительством и предоставляются единовременно. Однако в настоящее время затраты на ЭиО также субсидируются правительством из-за отсутствия эффективной экономической модели их покрытия. Несмотря на то, что сумма затрат на ЭиО невелика, они имеют постоянный характер. Местные органы власти все еще не нашли способ получения устойчивого дохода для покрытия затрат на ЭиО. Они рассчитывают обеспечить развитие города с помощью Программы «Город-губка», но игнорируют условие устойчивого управления данным водохозяйственным проектом. Устойчивая эксплуатация водохозяйственных проектов может оказать значительное влияние на всю Программу «Город-губка».

Подтверждение экономической целесообразности Программы «Город-губка» на основе анализа лишь одного целевого проекта является ограничением настоящего исследования. Осуществление Программы в течение пока что короткого периода времени осложняет доступ к экономическим данным по водохозяйственным проектам. Ввиду расположения в городе, испытывающем серьезные водные проблемы, и функционирования в течение определенного времени Чуаньский проект является репрезентативным примером Программы «Город-губка». С другими строительными проектами складывается схожая ситуация, и поэтому результаты Чуаньского проекта могут служить доказательством экономической целесообразности Программы «Город-губка» в целом. Водохозяйственные проекты способны обеспечивать значительные экологические выгоды в виде повышения качества воды и снижения паводковой нагрузки таким образом, что экономические выгоды превышают соответствующие издержки, даже несмотря на значительные первоначальные инвестиции в водохозяйственные проекты. Однако при отсутствии обоснованной бизнес-модели в рамках водохозяйственных проектов невозможно обеспечить устойчивые доходы для покрытия затрат на эксплуатацию и обслуживание. Так как водохозяйственные проекты связаны с развитием социальных ресурсов, они не могут быть коммерчески выгодными с точки зрения частных инвесторов. В то же время у местных органов власти нет стимула для планирования и разработки эф-

фективной бизнес-модели для подобных проектов. Программа «Город-губка» утверждена центральным правительством и осуществляется местными исполнительными органами. Последние могут добиться определенных политических результатов после завершения строительства и эксплуатации водохозяйственного проекта в течение некоторого времени. Поэтому они всегда игнорируют вопрос обеспечения долгосрочного функционирования таких проектов.

## 5. Заключение

В настоящей статье представлен глубокий экономический анализ демонстрационного Чуаньского проекта в рамках Программы «Город-губка» в Китае. Результаты оценки всех экономических, экологических и социальных издержек и выгод Чуаньского проекта указывают на то, что общие выгоды от проекта значительно превышают совокупные издержки. Это означает, что водохозяйственные проекты в рамках Программы «Город-губка» заслуживают продвижения в Китае, так как способны улучшить водную среду городов. Вместе с тем отсутствуют устойчивые источники доходов для покрытия расходов на ЭиО таких проектов, что может препятствовать их устойчивой реализации. Успех осуществления Программы «Город-губка» зависит от наличия эффективного плана возмещения затрат, разработанного местными органами власти, или обоснованной бизнес-модели. В случае решения характерной финансовой проблемы Программа «Город-губка» может в значительной степени содействовать улучшению состояния водной среды и снижению паводковой нагрузки.

## 6. Благодарность

Настоящее исследование было проведено при финансовой поддержке Фонда социальных наук провинции Гуандун (грант № GD15YGL03).

## 7. Список литературы

1. Ши, Р., Лю, Н., Ли, Л., Е, Л., Лю, С., Го, Г. (2013). Применение модели подтопления в результате ливневых дождей и наводнений при оценке экономических потерь от наводнений [*Application of rainstorm and flood inundation model in flood disaster economic loss evaluation*], *Torrential Rain and Disasters*, том 32, №4, с. 379-384 (на китайском);
2. Юй, К., Ли, Д., Юань, Х., Фу, В., Йяо, Ц., Ван, С. (2015). «Город-губка»: обзор теории и практики городского планирования [*"Sponge City": Theory and Practice City Planning Review*], том 39, №6, с. 26-36 (на китайском);
3. Инь, Ц., Е, М., Инь, Ч., Сюй, С. (2015). Обзор достижений в области анализа риска городских паводков на территории Китая [*A review of advances in urban flood risk analysis over China*], *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, том 29, №3, с. 1063-1070;

4. Ши, Р., Сяо, Я. и Чжао, С. (2016). Исследование стратегии в рамках макроскопической теории преобразования города-губки в микроскопическое сообщество-губку [Research on the strategy in macroscopic theory of sponge city to microscopic sponge community construction], *Ecological Economy*, том 32(6), 223-227 (на китайском);
5. Сюй, Ц., Рен, Т., Ван, Я. (2016). Дилемма, связанная со строительством города-губки и принимаемыми в этой связи контрмерами: на примере провинции Хэнань [Dilemma of sponge city construction and its countermeasures: taking Henan Province as an example], *Resource Development and Market*, том 32, №5, с. 550-555 (на китайском);
6. Сун, Ф. и Чжан, Х. (2016). Проблемы и стратегии в области строительства китайского города-губки и управления им [Problems and strategies in the construction and management of Chinese sponge city], *Urban Development Studies*, том 23, №10, с. 99-104 (на китайском);
7. Ван, Н. и Ву, Л. (2015). Проектирование и строительство города Сямынь в качестве города-губки [Designing and constructing Xiamen city to be a sponge city], *Water and wastewater engineering*, том 6, с. 28-32;
8. Сан, Я.-Ф. и Ян, М. (2016). Контроль за городскими водосборными бассейнами в Китае: необходимость более эффективных стратегий и мер [Urban waterlogs control in China: more effective strategies and actions are needed], *Natural Hazards*, с. 1-4;
9. Чжан, Я., Ли, Ц. и Ван, В. (2016). Обсуждение строительства города-губки в Китае [Discussion of sponge city construction in China], *Water and wastewater engineering*, том 12, с. 7-11 (на китайском);
10. Реча, К.В., Мукопи, М.Н., Отиено, Дж.О. (2015). Социально-экономические факторы, определяющие применение методов сбора и сохранения дождевой воды в полузасушливом суб-округе Тарака, Кения [Socio-Economic Determinants of Adoption of Rainwater Harvesting and Conservation Techniques in Semi-Arid Tharaka Sub-County, Kenya], *Land Degradation and Development*, том 26, №7, с. 765-773;
11. Лян, С. и Ван Дейк, М.П. (2011). Экономический и финансовый анализ сбора дождевой воды для сельскохозяйственной ирригации в сельских районах Пекина [Economic and financial analysis on rainwater harvesting for agricultural irrigation in the rural areas of Beijing], *Resources, Conservation and Recycling*, том 55, №11, с. 1100-1108.
12. Лян, С. и Ван Дейк, М.П. (2010). Финансовая и экономическая целесообразность децентрализованных систем повторного использования сточных вод в Пекине [Financial and economic feasibility of decentralized wastewater reuse systems in Beijing], *Water Science and Technology*, том 61, с. 1965-1973;
13. Молинос-Сенанте, М., Эрнандэс-Санчо, Ф., Сала-Гарридо, Р. (2011). Анализ издержек и выгод проектов повторного использования воды в экологических



- целях: тематическое исследование испанских станций очистки сточных вод [Cost-benefit analysis of water-reuse projects for environmental purposes: A case study for Spanish wastewater treatment plants], *Journal of Environmental Management*, том 92, № 12, с. 3091-3097.
14. Цзэн, В., Сун, Ц., Чэнь, Р. (2004). Экологические и природоохранные водные нормы для городских речных русел: на примере реки Чуаньцзы [Ecological and environmental water requirements of urban river course: taking Chuanzihe river as an example], *Ecology and Environment*, том 13, № 4, с. 528-531;
  15. Камагни, Р., Гибелли, М.К., Ригамонти, П. (2002). Городская мобильность и городская форма: социальные и экологические затраты разных моделей расширения городов [Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion], *Ecological Economics*, том 40, с. 199-216;
  16. Ло, Я. (2007). Социальные издержки отселения жилых районов в Китае [The social cost of residential resettlement in China], дипломная работа, Сычуаньский университет (на китайском);
  17. Хаттори, А. и Фудзикара, Р. (2009). Оценка косвенных расходов на отселение в связи со строительством плотины: тематическое исследование Японии [Estimating the Indirect Costs of Resettlement due to Dam Construction: A Japanese Case Study], *International Journal of Water Resources Development*, том 25, № 3, с. 441-457;
  18. Байрау, А. и Бекеле, Г. (2007). Готовность домашних хозяйств к отселению и предпочитаемые формы компенсации за улучшение состояния трущоб в Аддис-Абебе [Households' Willingness to Resettle and Preference to Forms of Compensation for Improving Slum Areas in Addis Ababa City], Университет Западного Мичигана, США;
  19. Чжан, Х., Сюй, С., Чжан, Л., Ван, Х. (2011). Оценка наводнений в Китае в 2000-2010 гг. [The evaluation of flood in China during 2000-2010], *Journal of Economics of Water Resources*, том 29, № 5, с. 5-10;
  20. Дай, С. и Цао, К. (2012). Меры борьбы с подтоплением городов и дренажные системы в Китае [Countermeasure of Urban Flood and Drainage in China], *Modern Urban Research*, том 1, с. 21-28 (на китайском);
  21. Фэн, П., Цуй, Г., Чжон, Ю. (2001). Оценка и прогнозирование экономических потерь в результате подтопления городов [On the evaluation and prediction of urban flood economic loss]. *Shui Li Xue Bao*, том 8, с. 64-72 (на китайском);
  22. Лю, Ц., Лю, Г., Цю, Л. (2009). Оценка и применение убытков, вызванных подтоплением городов [Assessment and application of urban flood disaster losses], *Journal of Economics of Water Resources*, том 27, № 1, с. 36-39;
  23. Чень, Ц. (1998). История наводнений и пожаров в городе Чандэ [The history of flood and fire disasters in Changde city], *Wu Ling Xue Kan*, том 4, с. 90-93 (на китайском);

24. Ли, Ч. и Вань, Г. (2015). Исследование плотины в городе Чандэ, Хунань [*The study of dam in Changde city Hunan*], *Shui Li Shui Dian*, том 1, с. 44-46 (на китайском);
25. Ли, Ц., Ляо, В., Чень, М., Ван, Х. (2003). Расчет экономических потерь, вызванных загрязнением воды в Китае [*Calculation of Economic Loss Caused by Water Pollution in China*], *China Water Resources*, том 21, с. 63-66;
26. Ли, М. (2010), Исследование экологической емкости воды в реке Чуаньцзы в городе Чандэ провинции Хунань [*Study on Water Environmental Capacity of the Chuanzi River in Changde Hunan Province*], дипломная работа, Хунаньский университет;
27. Равский, Т.Г. (1979). Экономический рост и занятость в Китае [*Economic growth and employment in China*], *World Development*, том 7, с. 767-782;
28. Ли, Х. (2003). Исследование связи между экономическим ростом и эластичностью занятости [*A study on the relation between economic growth and employment elasticity*], *Journal of Finance and Economics*, том 29, № 4 (на китайском);
29. Костанза, Р., Д'Арге, Р., Де Гроот, Р., Фарбер, С., Грассо, М., Хэннон, Б., Лимбург, К., Наим, С., О'Нил, Р.В., Паруэло, Х., Раскин, Р.Г., Саттон, П., Ван Ден Белт, М. (1997). Ценность мировых экосистемных услуг и природного капитала [*The value of the world's ecosystem services and natural capital*], *Nature* 387, том 6630, с. 253-260.