

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОКАНАЛОВ С УЧЕТОМ ЗНАЧИМОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ

А.А. Цхай^{1,2}

E-mail: tskhai@iwep.ru

¹ ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук», г. Барнаул, Россия

² ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, Россия

АННОТАЦИЯ: Разработан подход к анализу эффективности деятельности предприятий, оказывающих услуги водоснабжения и очистки сточных вод, с учетом значимости экологически чистой продукции. В исследовании решены задачи выбора варианта учета перехода водоканалов от количественных к качественным показателям, сравнения темпов изменения эффективности для вариантов учета фактора экологически чистой продукции. Сформулированы критерии для этапов роста и развития в жизненном цикле водоканала – «эффективности для себя» и «эффективности для окружения».

Определена классификация водоканалов по признаку роста (развития), охарактеризована ситуация снижения уровня эффективности деятельности водоканала согласно введенной классификации. Выявлены периоды, когда предприятия отрасли максимально эффективно преобразуют внешние ресурсы в результаты для населения. Переход к критериям качества меняет перечень лидеров среди рассмотренных предприятий в аналогичных по численности населения региональных административных центрах России. Изложенный подход может быть полезен при оценке водоканалов на предмет потенциальных инвестиций, а также при формировании централизованной системы установления тарифов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водоканал, экология, окружающая среда, питьевое водоснабжение, эффективность производства.

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН» № 0383-2019-0003 «Изучение гидрологических и гидрофизических процессов в водных объектах и на водосборах Сибири и их математическое моделирование для решения имитационных и прогностических задач водопользования и охраны водных ресурсов» при финансовой поддержке РФФИ и Алтайского края в рамках научного проекта ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» № 18-41-220002\18 «Разработка математической модели пространственно-временных изменений структуры экосистемы водоема».

© Цхай А.А., 2020

Основной целью деятельности водоканалов в настоящее время в России является выполнение количественных показателей: объемов питьевого водоснабжения (в ряде случаев еще и технического) и водоотведения очищенных стоков. Однако в современных условиях для повышения качества водопользования одной из главных задач становится производство экологически чистой продукции. В данном контексте следует выяснить: как повлияет на изменение эффективности работы водоканала включение в состав оценочных показателей значимых внешних результатов [1]: помимо объемов очищенных вод – доли «экологически чистой продукции» в общей продукции водоканала.

Цель данного исследования – разработка подхода к анализу данных об изменении эффективности работы водоканалов при повышении значимости соблюдения экологических норм. Представленный в статье инструментарий позволяет оценить все варианты ответов на вопрос: с чьих позиций оценивается эффективность – с позиций субъекта, населения, инвестора? Варианты ответов различны, как и интересы субъектов водопользования. Разработан также способ сравнения темпов изменения эффективности, что может быть важно для потенциального инвестора.

Для оценки характеристик эффективности деятельности водоканалов использованы инструменты теории «точек роста» (в первоисточнике и далее – «полюсов роста») [2]. В статье исследуются аспекты, характеризующие развитие водоканалов в связи с повышением значимости выполнения экологических норм.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ресурсы и результаты: внешние и внутренние

Конкретный перечень переменных определяется совокупностью открытых данных о деятельности водоканалов, установленных Правительством Российской Федерации [3]. Показатели выбираются на основе предположения о разделении ресурсов и результатов на две составляющие по отношению к объекту исследования: внутреннюю и внешнюю [1].

В качестве *внешних результатов* выбраны показатели A_i ($i = 1 - 4$). Водоканал контролирует качество воды, подаваемой в систему водоснабжения, и содержание загрязнений в очищенных сточных водах. Безразмерный индекс A_1 – это доля проб питьевой воды, соответствующих стандартам качества. Безразмерный индекс A_2 показывает долю очищенных сточных вод. Улучшение значений этих показателей соответствует движению по шкале от 0 до 1. Показатель A_3 – объем питьевой воды (км^3), A_4 – объем городских сточных вод (км^3). Рост показателей A_3 и A_4 свидетельствует о положительном развитии водоканала.

Внутренние результаты включают A_5 – чистую прибыль и A_6 – затраты на оплату труда и социальные выплаты производственному и административному персоналу. В данном исследовании *внешними ресурсами* являются B_1 – выручка и B_2 – заемные средства и внешнее финансирование. В свою очередь, *внутренние ресурсы* – это B_3 – стоимость основных средств и B_4 – финансовые инвестиции (тыс. руб.).

Термины «результаты» и «ресурсы» используются в их экономическом значении. Внутренний результат субъекта («объект для себя») следует отличать от внешнего результата («объект для окружения»). Выполненный в работе выбор внутренних результатов всех субъектов соответствует методу расчета национального дохода [4]. В то же время внешний результат субъекта характеризует потребности окружения (общества) в производстве субъекта.

Могут существовать различные источники роста субъекта («полюса роста»), в т. ч. инновации или структурные изменения. В качестве внутренних ресурсов рассматриваются B_3 – основные средства, с учетом того, что в экономике капитал часто измеряется таким образом [5], и B_4 – финансовые вложения предприятия. Последние представляют собой средства, которые предприятие инвестирует в акции других предприятий или размещает на банковских депозитах. Для определенности считаем, что водоканал принимает решение о финансовом вложении собственных средств один раз в год.

Внешние ресурсы учитываются по финансовым потокам, поступающим в организацию (за исключением потоков, связанных с указанными выше финансовыми вложениями), в т. ч. B_1 – выручка (включая все сборы, сборы на инвестиционные цели и т. д.) и B_2 – кредиты и внешнее финансирование.

Характеристики эффективности водоканала при изменении уровня значимости экологических норм

Установлен следующий порядок определения K_1 – локальных показателей эффективности водоканала, как потенциальных «полюсов роста» [1]. В основе K_1 лежат отношения между изменениями внешних результатов и внешних ресурсов за период времени. Величина K_1 представляет среднюю сумму пропорций каждого вида внешних результатов с учетом α – их выбранной значимости к каждому виду внешних ресурсов за конечный (τ) и начальный ($\tau - 1$) моменты исследуемого периода. При этом $0 \leq \alpha \leq 1$ – параметр значимости результатов, характеризующих качество продукции, может меняться при повышении значимости экологических норм.

Этот порядок расчета безразмерного мультипликативного показателя K_1 записывается в математической форме:

$$K_1 = \alpha \frac{\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \beta_{ij}^{\tau/\tau-1}}{4} + (1 - \alpha) \frac{\sum_{i=3}^4 \sum_{j=1}^2 \beta_{ij}^{\tau/\tau-1}}{4}, \beta_{ij}^{\tau/\tau-1} = \frac{\beta_{ij}^{\tau}}{\beta_{ij}^{\tau-1}}, \beta_{ij}^{\tau} = \frac{A_i}{B_j}(\tau), \quad (1)$$

где β – локальный показатель эффективности (элемент матрицы);

i – номер показателя результата;

j – номер показателя ресурса;

τ – год.

Данная процедура расчета используется и для других безразмерных локальных показателей эффективности с соответствующими индексами i и j .

Аналогично вводятся показатели синергии K_2 , адаптивности K_3 и интенсивности K_4 для водоканалов. Для более детального анализа показателей целесообразно преобразовать выражения, подобные (1), представив их в следующем виде:

$$\begin{aligned} K_1(\tau) &= Results_Ext(\tau) \cdot Resources_Ext_Inversed(\tau) \\ K_2(\tau) &= Results_Ext(\tau) \cdot Resources_Int_Inversed(\tau) \end{aligned} \quad (2)$$

$$K_3(\tau) = Results_Int(\tau) \cdot Resources_Ext_Inversed(\tau)$$

$$K_4(\tau) = Results_Int(\tau) \cdot Resources_Int_Inversed(\tau)$$

$$Results_Ext(\tau) = \frac{1}{2} \left(\alpha \frac{A_1^\tau}{A_1^{\tau-1}} + \alpha \frac{A_2^\tau}{A_2^{\tau-1}} + (1 - \alpha) \frac{A_3^\tau}{A_3^{\tau-1}} + (1 - \alpha) \frac{A_4^\tau}{A_4^{\tau-1}} \right),$$

$$Resources_Ext_Inversed(\tau) = \frac{1}{2} \left(\frac{\beta_1^{\tau-1}}{\beta_1^\tau} + \frac{\beta_2^{\tau-1}}{\beta_2^\tau} \right), \quad (3)$$

$$Results_Int(\tau) = \frac{1}{2} \left(\frac{A_5^\tau}{A_5^{\tau-1}} + \frac{A_6^\tau}{A_6^{\tau-1}} \right),$$

$$Resources_Int_Inversed(\tau) = \frac{1}{2} \left(\frac{\beta_3^{\tau-1}}{\beta_3^\tau} + \frac{\beta_4^{\tau-1}}{\beta_4^\tau} \right).$$

В выражениях (2) и (3) очевидны следующие особенности показателей $K_1 - K_4$: при их расчете не учитывается разница в волатильности переменных; по умолчанию все переменные имеют равную значимость (за исключением переменных A_i ($i = 1 - 4$), вследствие введенного параметра α). Так, например, если речь идет о результатах, и мы имеем дело с волатильным показателем A_5 – чистая прибыль, то может произойти ситуация, когда дробь $A_5^\tau/A_5^{\tau-1}$ примет высокое значение, например, 1000. В этом случае показатели K_3 и K_4 окажутся необычно высокими. Эту особенность модели следует учитывать при интерпретации результатов (в качестве примера, см. далее водоканал Ростова-на-Дону, 2015–2016 гг.).

Для наглядности в табл. 1 приведено содержание обобщающих коэффициентов эффективности.

Далее будем считать рост результатов предприятия «эффективным для окружения», если $(K_1 + K_2)/2 > 1$, т. е. внешние результаты увеличиваются

быстрее, чем используемые ресурсы. Рост результатов предприятия считается «эффективным для себя», если $(K_3 + K_4)/2 > 1$, т. е. внутренние результаты увеличиваются быстрее, чем используемые ресурсы. Эффективность инвестиций зависит от схемы инвестирования и может быть определена как комбинация введенных коэффициентов K_i .

Таблица 1. Содержание обобщающих коэффициентов эффективности
Table 1. Content of the generalizing effectiveness coefficients

Название коэффициента	Содержание коэффициента эффективности
K_1 – коэффициент мультипликативности «полюса роста»	Отношение темпов роста внешних результатов и внешних ресурсов. Если коэффициент > 1 , это означает, что в данном периоде темпы увеличения влияния объекта на окружающую социально-экономическую среду выше, чем роста внешних ресурсов, т. е. происходит ускорение (мультипликация) воспринятой энергии.
K_2 – коэффициент синергетичности «полюса роста»	Отношение темпов роста внешних результатов и собственных средств объекта. Если коэффициент > 1 , происходит существенное превращение собственной энергии во внешние результаты.
K_3 – коэффициент адаптивности «полюса роста»	Отношение темпов роста внутренних результатов и внешних ресурсов. Если коэффициент > 1 , происходит использование внешней энергии для собственного роста.
K_4 – коэффициент интенсивности «полюса роста»	Отношение темпов роста внутреннего результата и внутренних ресурсов. Если коэффициент > 1 , значит интенсификация собственного роста происходит, в основном, за счет собственной энергии.

Классификация водоканалов по типу роста (развития)

Важным этапом бенчмаркинга является классифицирование. Это позволяет найти очевидные примеры-аналоги характера развития для каждого выбранного типа. Дальнейший анализ и прогнозирование жизненного цикла предприятия становятся возможными на этой основе.

На этапе роста происходит увеличение темпов возрастания «эффективности для себя». Этап развития наступает, когда повышаются темпы роста «эффективности для окружения». Классификация водоканалов по типу роста (развития) была введена в работе [6]. В качестве основы для классификации по типу роста используются следующие допущения: положительным «полюсом роста (развития)» предприятия является ситуация, когда все четыре показателя $K_i|_{i=1,2,3,4} > 1$, отрицательный тип роста – все четыре показателя $K_i|_{i=1,2,3,4} < 1$.

Введем определение коэффициента $L|_{k=1}$ – уровня идентификации «полюса» по первому типу – как $L|_{k=1} = (3 \cdot K_4 - K_1 - K_2 - K_3) > 0$. Отрицательность коэффициента $L|_{k=1}$ будет означать, что некоторые из основных допущений первого типа нарушены. Далее мы исходим из того, что чем выше расчетное значение $L|_{k=1}$, тем ближе «полюсная» траектория к первому типу. Аналогично характеризуются и другие типы «полюсов роста», а также вводятся другие коэффициенты $L|_k$ (уровни идентификации «полюсов роста») для остальных семи типов. Выделяются четыре варианта отрицательных «полюсов роста (развития)», обусловленных показателем K_i с наименьшим значением.

Параметрические характеристики «полюсов роста (развития)» с формулой оценки уровня идентификации ($L|_k$) путем сравнения коэффициентов обобщены и приведены в табл. 2.

Таблица 2. Классификация «полюсов роста (развития)»

Table 2. Classification of the growth (development) poles

Номер типа полюса	Классификация	Знак развития	Максимальный коэффициент из четырех K_i
1	«Полюс роста» с внутренним источником	+	K_4
2	«Полюс роста» с внешним источником	+	K_3
3	«Полюс развития» с внутренним источником	+	K_2
4	«Полюс развития» с внешним источником	+	K_1
			Минимальный коэффициент из четырех K_i
5	Отрицательный «полюс роста» с внутренним источником	–	K_4
6	Отрицательный «полюс роста» с внешним источником	–	K_3
7	Отрицательный «полюс развития» с внутренним источником	–	K_2
8	Отрицательный «полюс развития» с внешним источником	–	K_1

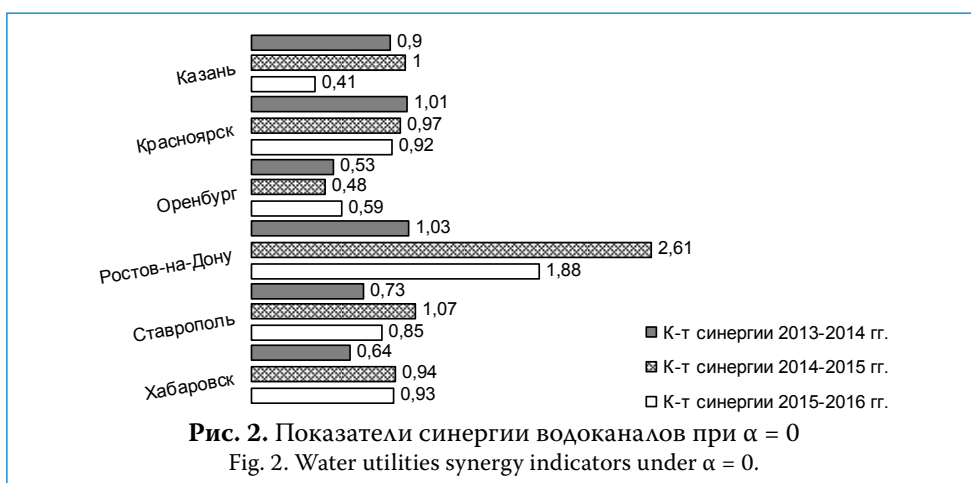
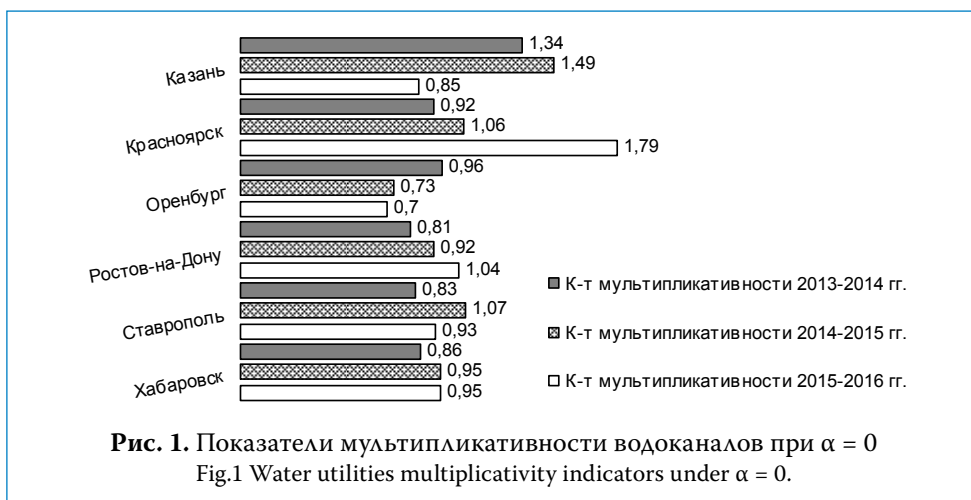
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность для потребителей при изменении уровня значимости экологических норм

Результаты показаны на примере водоканалов шести региональных административных центров России, сопоставимых по численности населения и внешним условиям функционирования предприятий: МУП «Водоканал» г. Казани; МУП «Водоканал» г. Хабаровска; МУП «Водоканал» г. Ставрополя; ООО «Красноярский жилищно-коммунальный комплекс», г. Красноярск;

ООО «Росводоканал Оренбург», г. Оренбург; АО «Ростовводоканал», г. Ростов-на-Дону. В работе использована официальная информация о производственно-финансовой деятельности этих предприятий [7–12].

Первый вариант: $\alpha = 0$, соответствует ситуации, когда деятельность водоканала оценивается только по количественным показателям – годовым объемам водоснабжения и водоотведения. Более пристального внимания заслуживают мультипликативные и синергетические показатели, характеризующие трансформацию, соответственно, внутренних и внешних ресурсов во внешние результаты, в чем заинтересованы потребители. Расчеты, основанные на приведенных в [7–12] первичных данных, показали следующую картину в 2013–2016 гг. (рис. 1, 2).



Повышение значимости экологических норм в ряде случаев изменило бы показатели эффективности рассматриваемых предприятий. На следующем этапе сравнения был изменен критерий, по которому оценивается деятельность водоканалов: с количественного – на качественный. Лучшим стало предприятие, обеспечившее повышение качества очищенной воды, т. е. $\alpha = 1$ (рис. 3, 4). В этом случае в сравнении по максимальной величине показателя достижения внешних результатов в использовании внешних ресурсов изменился лидер. При $\alpha = 0$ им был водоканал г. Красноярск, при $\alpha = 1$ лучшим становится предприятие Казани. Ситуация с $\alpha = 0,5$ соответствует промежуточному варианту критерия эффективности по качеству продукции водоканала (рис. 5, 6).

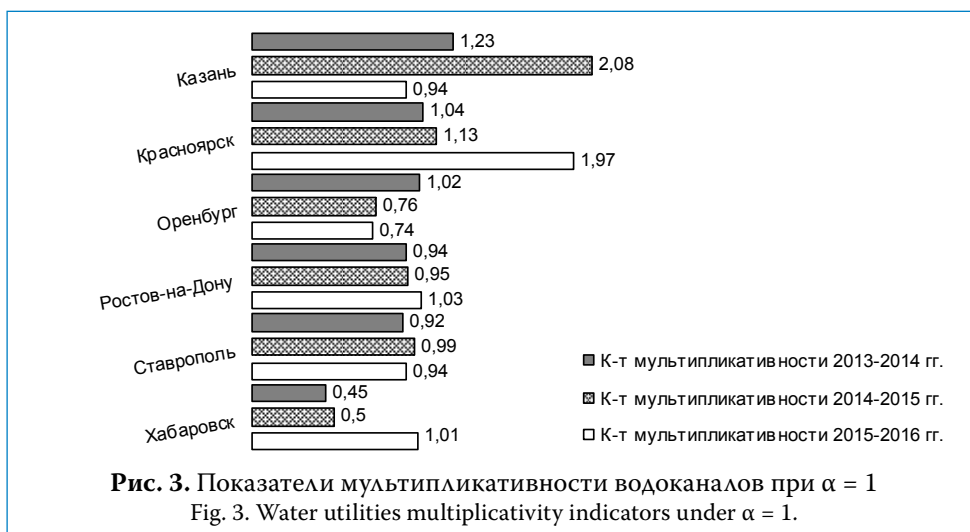


Рис. 3. Показатели мультипликативности водоканалов при $\alpha = 1$
Fig. 3. Water utilities multiplicity indicators under $\alpha = 1$.

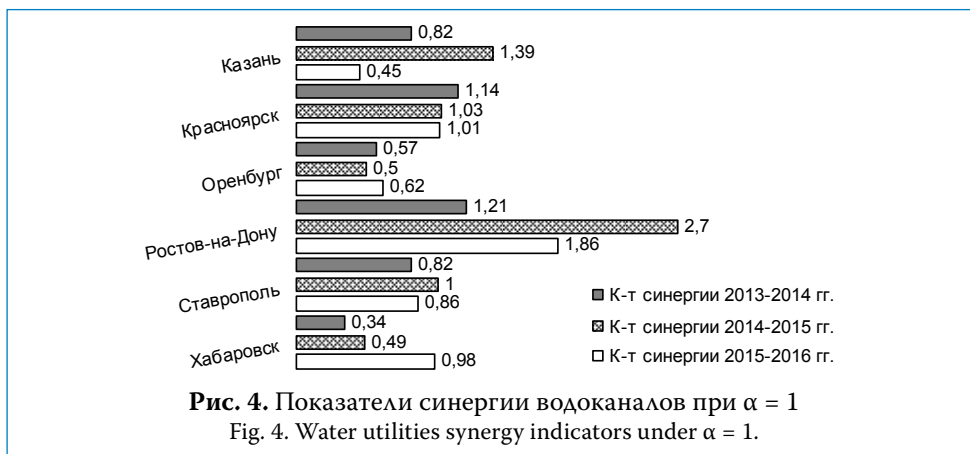
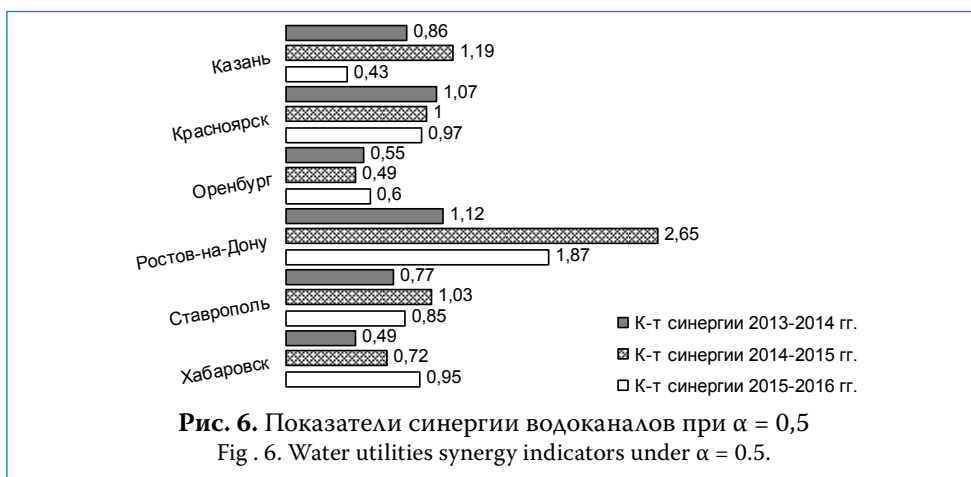
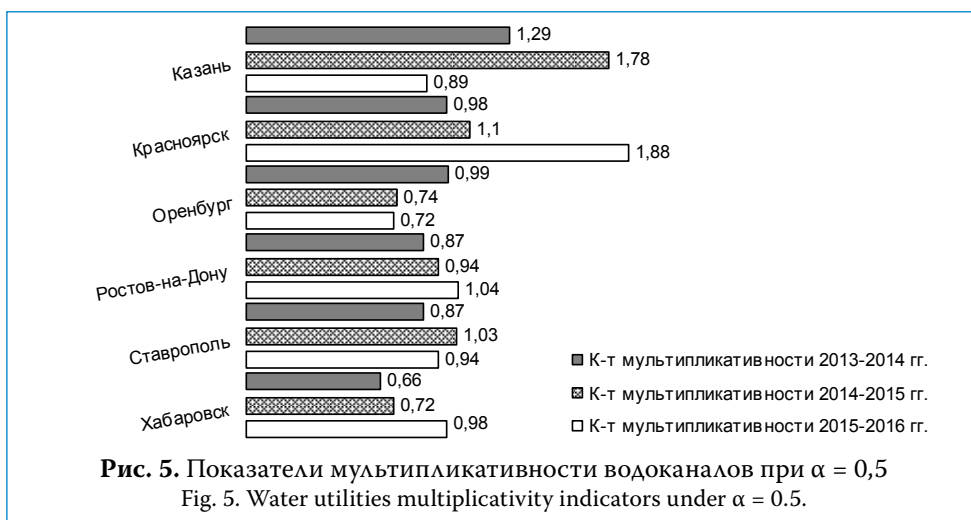


Рис. 4. Показатели синергии водоканалов при $\alpha = 1$
Fig. 4. Water utilities synergy indicators under $\alpha = 1$.



При ориентации на повышение качества водоочистки ($\alpha = 1$) рост предприятия Красноярска был «эффективным для окружения» все три временных периода ($K_1 > 1$, $K_2 > 1$). При этом в течение 2013–2016 гг. ростовский водоканал – лидер по использованию, прежде всего, внутренних ресурсов для обеспечения потребителей очищенной водой.

Применение развиваемого подхода дает временной срез изменчивой структуры однопрофильных предприятий. Выборка водоканалов – достаточно однородна, т. к. практически каждое предприятие при изменении критерия может оказаться как в числе лучших, так и в отстающих. Это позволяет сделать предположение о возможности совершенствования системы управления практически всех водоканалов.

Параметрический анализ

Результаты параметрического анализа в соответствии с классификацией типов [6] по всем рассматриваемым водоканалам представлены в табл. 2. Более высокое значение соответствует большей близости к тому или иному типу. В нижней строке указан тип «полюса роста (развития)», которому больше соответствует предприятие. В 2013–2016 гг. все водоканалы относились к положительным типам «полюсов роста» (№ 1, 2, 3, 4). Во все исследуемые периоды водоканал Казани представлял «полюс развития» с внешними источниками, что свидетельствует о положительном потенциале предприятия по влиянию на социально-экономическую среду территории. В рассматриваемые периоды качественные изменения происходили в водоканале Хабаровска. Ориентируясь, в основном, на использование внешних источников, предприятие понизило свой уровень «полюса развития» в первый период с 1 января 2013 г. по 31 декабря 2014 г. до «полюса роста» (второй и третий периоды). Этот вариант, в целом, приемлем для водоканала.

Следует подумать о том, насколько такая ситуация устраивает муниципальные власти? Насколько они заинтересованы в более интенсивном поиске и использовании ресурсов водоканалом и скорейшем возвращении к более высокому уровню предоставления коммунальных услуг в городе?

Водоканал Ставрополя, начав с положения «полюса роста» с внешним источником, опираясь на внешние источники, во второй период достиг положения «полюса развития» с внутренним источником. Однако в третий период вернулся на исходную позицию. Положительные качественные изменения наблюдались в водоканале Красноярска: в первый период предприятие было в статусе «полюса роста» с внутренним источником, во втором и третьем периодах стало «полюсом развития» с внешним источником. Таким образом, водоканал Красноярска повысил свой уровень развития. Предприятие Оренбурга также подняло уровень развития от «полюса роста» с внешним источником (первый и второй периоды) – до «полюса развития» с внешним источником (третий период). Ростовское предприятие оставалось «полюсом развития» в первый и второй периоды, но в третий опустилось до позиции «полюса роста». Все годы предприятие опиралось, в основном, на внутренние ресурсы. Для удержания этой позиции (а точнее – для возвращения на достигнутый ранее более высокий уровень) особенно важен поиск внешних источников.

Следует отметить, что в непростой макроэкономической ситуации 2014–2016 гг. двум из трех негосударственных предприятий удалось улучшить свои показатели. В то же время два из трех муниципальных водоканалов снизили свою роль в городской социально-экономической среде.

Параметрическая близость к «полюсу развития» с внешним источником позволяет определить объекты, наиболее перспективные для инвестирования, в частности, казанское предприятие – весь временной интервал

Таблица 3. Параметрические характеристики близости объектов водоканала к типам «полюса роста (развития)» при $\alpha = 0,5$
 Table 3. Parametric characteristics of the water utilities' proximity to the "poles of growth (development)" types under $\alpha = 0,5$

№	Тип «полюса роста»	г. Казань			г. Хабаровск			г. Ставрополь			г. Красноярск			г. Оренбург			г. Ростов-на-Дону		
		I период, 2013–2014 гг.	II период, 2014–2015 гг.	III период, 2015–2016 гг.	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	«Полюс роста» с внутренним источником	-1,01	-1,74	-0,95	-0,52	0,92	19,82	0,06	-0,70	-0,12	6,16	-0,71	-2,71	-0,77	-0,36	-0,33	0,10	1,32	3944,14
2	«Полюс роста» с внешним источником	0,50	-0,10	0,79	0,00	0,97	21,11	0,51	-0,70	0,23	4,82	-0,44	-2,19	1,24	0,86	0,13	-0,73	-3,48	1067,95
3	«Полюс развития» с внутренним источником	-0,60	-0,26	-0,84	-0,08	-0,96	-20,52	-0,48	0,70	-0,22	-5,31	0,39	0,61	-1,11	-0,76	-0,15	0,81	4,51	-2504,38
4	«Полюс развития» с внешним источником	1,12	2,11	1,01	0,60	-0,93	-20,41	-0,09	0,70	0,11	-5,67	0,77	4,28	0,63	0,26	0,35	-0,18	-2,36	-2507,71
5	Отрицательный «полюс роста» с внутренним источником	1,01	1,74	0,95	0,52	-0,92	-19,82	-0,06	0,70	0,12	-6,16	0,71	2,71	0,77	0,36	0,33	-0,10	-1,32	-3944,14
6	Отрицательный «полюс роста» с внешним источником	-0,50	0,10	-0,79	0,00	-0,97	-21,11	-0,51	0,70	-0,23	-4,82	0,44	2,19	-1,24	-0,86	-0,13	0,73	3,48	-1067,95
7	Отрицательный «полюс развития» с внутренним источником	0,60	0,26	0,84	0,08	0,96	20,52	0,48	-0,70	0,22	5,31	-0,39	-0,61	1,11	0,76	0,15	-0,81	-4,51	2504,38
8	Отрицательный «полюс развития» с внешним источником	-1,12	-2,11	-1,01	-0,60	0,93	20,41	0,09	-0,70	-0,11	5,67	-0,77	-4,28	-0,63	-0,26	-0,35	0,18	2,36	2507,71
9	Номер типа «полюса роста (развития)»	4	4	4	4	2	2	2	3	2	1	4	4	2	2	4	3	3	1

с 2013 по 2016 гг., водоканал Красноярск – во второй и третий периоды, Хабаровск – первый период, Оренбург – третий период. При этом «полюса роста» и «полюса развития» с внутренними источниками являются наиболее эффективными при использовании собственных ресурсов.

В настоящее время в Российской Федерации, наряду с финансовыми данными, по всем водоканалам страны создается публичная система открытой отчетности по управленческим показателям. В этой связи изложенный подход имеет перспективу применения при оценке эффективности предприятий отрасли. При развитии методологии планируется существенно расширить выборку предприятий отрасли, проанализировать развитие водоканалов в течение длительного времени, сопоставимого с периодами жизненного цикла технологий водоочистки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение значимости выполнения экологических нормативов существенно повлияло бы на изменение эффективности рассмотренных предприятий в региональных административных центрах (аналогичных по численности населения) России, оказывающих услуги водоснабжения и очистки сточных вод

Некоторые водоканалы изменили бы тип согласно введенной классификации. Например, в рассмотренный период Хабаровск – «полюс развития» снизил бы свой уровень до «полюса роста». Этот вариант, в целом, приемлем для водоканала. Но насколько такая ситуация устраивает муниципальные власти? Не будут ли последние заинтересованы в скорейшем возвращении к более высокому уровню предоставления коммунальных услуг в городе?

При повышении экологических требований только два из шести рассмотренных водоканалов смогли бы повысить эффективность для окружения в 2013–2016 гг. Оба водоканала (Красноярск и Ростов) – со смешанной формой собственности. При ориентации на повышение качества водоочистки ($\alpha = 1$) рост предприятия Красноярск был «эффективным для окружения» все три временных периода ($K_1 > 1$, $K_2 > 1$). При этом в течение 2013–2016 гг. ростовский водоканал – лидер по использованию, прежде всего, внутренних ресурсов для обеспечения потребителей очищенной водой.

«Полюса развития» с внешними источниками – наиболее эффективны для внешнего инвестирования. На этой стадии развития предприятие максимально эффективно преобразует внешние ресурсы в результаты для населения. Четыре водоканала из шести: Казани (все периоды), Красноярск (второй и третий периоды), Хабаровск (первый период), Оренбург (третий период) относились к этой категории в 2013–2016 гг. «Полюса роста» и «полюса развития» с внутренними источниками – наиболее результативны при использовании собственных ресурсов.

Таким образом, изложенный подход может быть полезен при прогнозировании последствий перехода к критерию качества водоочистки как основному требованию к деятельности водоканалов. Кроме того, он может использоваться при оценке предприятий отрасли на предмет потенциальных инвестиций, а также при подготовке централизованной системы установления тарифов на основе эталонных значений затрат водоканалов с корректировкой и оцифровкой информации [13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цхай А.А. Развитие предприятий водоканалов: взаимосвязь ресурсов и результатов. // Водное хозяйство России. 2018. № 4. С. 108–118. DOI: 10.35567/1999-4508-2018-4-8.
2. Perroux F. L'Europe sans rivages. Grenoble: Grenoble university. 1954. 859 p.
3. О стандартах раскрытия информации в области водоснабжения и водоотведения. Постановление Правительства РФ № 6 от 17.01.2013. М., 2013.
4. Самуэльсон П. Экономика: вводный курс. М.: Алфавит, 1993. 740 с.
5. Макконнелл К.Р., Брю С.А. Экономикс. 2003. М.: Инфра-М. 983 с.
6. Tskhai A. Model for evaluating the efficiency of Russian water utilities // Utilities Policy. 2020. Vol. 62. 100986. DOI: 10.1016/j.jup.2019.100986.
7. МУП «Водоканал» г. Казани. Режим доступа: http://kt.tatarstan.ru/hol_voda.htm (дата обращения 20.04.2020).
8. МУП «Водоканал» г. Хабаровска. Режим доступа: <http://www.vodocanal.org> (дата обращения 20.04.2020).
9. МУП «Водоканал» г. Ставрополя. Режим доступа: <http://www.water26.ru> (дата обращения 20.04.2020).
10. ООО «Красноярский жилищно-коммунальный комплекс». Режим доступа: <http://www.kraskom.com> (дата обращения 20.04.2020).
11. ООО «Росводоканал Оренбург». Режим доступа: <http://oren-vodokanal.ru> (дата обращения 20.04.2020).
12. АО «Ростовводоканал». Режим доступа: <http://vodokanalrnd.ru> (дата обращения 20.04.2020).
13. План мероприятий «Дорожная карта» по переходу на применение метода сравнения аналогов с использованием эталонных значений затрат при установлении тарифов на водоснабжение, очистку сточных вод и теплоснабжение. Правительство РФ. М., 2019.

Для цитирования: Цхай А.А., Оценка эффективности водоканалов с учетом значимости экологически чистой продукции // Водное хозяйство России. 2020. № 4. С. 88–102.

Сведения об авторе:

Цхай Александр Андреевич, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Россия, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46; главный научный сотрудник, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук», Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: tskhai@iwerp.ru

**EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF WATER UTILITIES, TAKING INTO
ACCOUNT THE SIGNIFICANCE OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PRODUCTS**

Aleksandr A. Tskhai^{1,2}

E-mail: tskhai@iwep.ru

¹ *Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation*

² *Institute of Water and Environmental Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russian Federation.*

Abstract: An approach has been developed to analyze the efficiency of enterprises providing water supply and wastewater treatment services, taking into account the importance of environmentally friendly products. The study solved the problem of choosing the option for accounting for the transition of water utilities from quantitative to qualitative indicators, comparing the rate of change in efficiency for options for accounting for the factor of environmentally friendly products. The criteria for the stages of growth and development in the life cycle of a water utility – «efficiency for itself» and «efficiency for the environment» – are formulated.

The classification of water utilities on the basis of growth (development) is formulated, the situation of reducing the level of efficiency of the water utility according to the introduced classification is characterized. The periods when the enterprises of the industry most effectively convert external resources into results for the population are identified. The transition to quality criteria changes the list of leaders among the reviewed enterprises in similar regional administrative centers of Russia in terms of population. This approach can be useful when evaluating water utilities for potential investments, as well as when creating a centralized system for setting tariffs based on reference values of water utilities' costs.

Key words: water utility, ecology, environment, drinking water supply, production efficiency.

Financing: the work has been carried out within the framework of governmental assignment of FGBUN «Institute of Water and Ecological Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» No. 0383-2019-0003, «Studying of hydrological and hydro/physical processes in water bodies and on the catchment territories of Siberia and their mathematical modeling for solution of simulation and prognostic tasks of water resources use and protection» with financial support of RFFI and Altay Kray within the framework of scientific project of FGBOU VO «I.I. Polzunov Altay State Technical University» No. 18-41-220002\18 «Development of a mathematical model of spatial/temporal changes of the water body ecosystem structure».

About the author:

Aleksandr A. Tskhai, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Polzunov Altai State Technical University, 46, Lenin Av., Barnaul 656038 Russian Federation; Chief Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS, 1, Molodezhnaya Str., Barnaul 656038 Russian Federation. E-mail: tskhai@iwep.ru

For citation: *Tskhai A.A., Evaluating the Effectiveness of Water Utilities Taking into Account the Significance of Environmental Friendly Products // Water Sector of Russia. 2020. No. 4. P. 88–102.*

REFERENCES

1. *Tskhai A.A. Razvitie predpriatii vodokommunal'nogo khoziaistva: vzaimosviaz' resursov i rezul'tatov [Development of water utilities: interrelation of resources and results] // Vodnoe khoziaistvo Rossiya. 2018. № 4. S. 108-118. DOI: 10.35567/1999-4508-2018-4-8.*

2. *Perroux F.* L'Europe sans rivages. Grenoble: Grenoble university. 1954. 859 p.
3. *Pravitel'stvo RF.* O standartakh raskrytiya informatsii v oblasti vodosnabzheniia i vodo-otvedeniia [About standards of information disclosure in the field of water supply and wastewater treatment]. Postanovlenie № 6 ot 17.01.2013. Moskva. 2013.
4. *Samuelson P.* Economics, An Introductory Analysis. New York: McGraw-Hill. 1948. 622 p.
5. McConnell S.L., Brue C.R. Economics. Principles, Problems and Policies. New York: McGraw-Hill. 2008. 716 p.
6. *Tskhai A.* Model for evaluating the efficiency of Russian water utilities // Utilities Policy. 2020. Vol. 62. 100986. DOI: 10.1016/j.jup.2019.100986
7. MUP «Vodokanal» g. Kazani [The «Vodokanal» of the Kazan municipal unitary enterprise] Rezhim dostupa: http://kt.tatarstan.ru/hol_voda.htm (data obrashcheniia 20.04.2020).
8. MUP «Vodokanal» g. Khabarovska [The «Vodokanal» of the Khabarovsk municipal unitary enterprise]. Rezhim dostupa: <http://www.vodocanal.org> (data obrashcheniia 20.04.2020).
9. MUP «Vodokanal» g. Stavropolya [The «Vodokanal» of Stavropol municipal unitary enterprise]. Rezhim dostupa: <http://www.water26.ru> (data obrashcheniia 20.04.2020).
10. ООО «Krasnoyarskiy zhilishchno-kommunal'niy kompleks» [The «Krasnoyarsk housing and communal complex»]. Rezhim dostupa: <http://www.kraskom.com> (data obrashcheniya 20.04.2020).
11. ООО «Rosvodokanal Orenburg» [The «Rosvodokanal Orenburg» limited liability company]. Rezhim dostupa: <http://oren-vodokanal.ru> (data obrashcheniya 20.04.2020).
12. АО «Rostovvodokanal» [The «Rostovvodokanal» joint stock company]. Rezhim dostupa: <http://vodokanalrnd.ru> (data obrashcheniya 20.04.2020).
13. *Pravitel'stvo R.F.* Plan meropriyatiy «Dorozhnaia karta» po perekhodu na primeneniie metoda sravneniia analogov s ispol'zovaniem etalonnykh znacheniyi zatrat pri ustanovlenii tarifov na vodosnabzhenie, ochistku stochnykh vod i teplosnabzhenie [Action plan «Roadmap» for the transition to the application of the method of comparison of analogues with the use of the reference values of the costs in the setting of tariffs in water supply, wastewater treatment and heat supply]. Moskva, 2019.