

Анализ тенденций водопользования на металлургических предприятиях Свердловской области

В статье приводятся результаты эконометрического исследования тенденций водопользования в металлургической отрасли Свердловской области в 2000–2009 годы. Показана приоритетность экстенсивного использования водных ресурсов среди предприятий отрасли. Раскрыта роль системы оборотного водоснабжения как определяющего фактора для перехода к интенсификации и экологичности водопользования.

Ключевые слова: водопользование; водные ресурсы; система оборотного водоснабжения; загрязнение водоемов; панельная коинтеграция.

JEL classification: C23; Q57; R58.

1. Введение

Решение задач рационального использования водных ресурсов в стране тесно связано с оценкой ее водохозяйственного комплекса. Анализ ежегодно публикуемых Государственных докладов «О состоянии водных ресурсов России» показывает, что воды в целом по России достаточно для ее использования в народном хозяйстве. Однако по оценкам специалистов Института водных проблем РАН к 2030 году европейская часть нашей страны при условии развития экономики с ориентацией преимущественно на экстенсивные факторы окажется вододефицитной. При этом на первый план выйдет проблема качества деградирующего водного ресурса, связанная с затратами на его подготовку (Данилов-Данильян, Хранович, 2010).

В настоящее время дефицит воды заметно ощущается в бассейне Нижней Оби, особенно в Свердловской области, на территории которой находится большое количество водоемких производств. Данные материалов прошедшего в мае 2011 года в Екатеринбурге XI международного симпозиума-выставки «Чистая вода России» характеризуют ситуацию с водоснабжением на Среднем Урале как крайне неблагоприятную, как с точки зрения количества, так и качества вод. В частности, главные водохранилища региона заполнены лишь на 80%, а доля неочищенных сточных вод в структуре водоотведения в среднем по области составляет 23%. О слабой технической оснащенности водного хозяйства области свидетельствует то, что износ сетей водоснабжения и водоотведения составляет около 60%, причем в замене нуждается 48% сетей. Потребности развития водного хозяйства области составляют 203.7 млрд рублей.

На Среднем Урале в рамках принятой в 2009 году региональной комплексной программы «Чистая вода», направленной на совершенствование водного хозяйства, ведется активная разработка инвестиционных проектов модернизации систем водоснабжения и водоотведения (Галкин, 2010). Необходимость обоснования и координации этих проектов требует предва-

рительного исследования деятельности водопользователей. Практика такого комплексного исследования в настоящее время затруднена тем, что информация по водоснабжению и водоотведению каждого отдельного предприятия отделена от данных о результатах его хозяйственной деятельности. Так, в открытой периодической отчетности предприятий информация о затратах воды в «чистом» виде не представлена — она учитывается вместе с общими затратами на энергоресурсы. Обычно прогнозы строятся только по типовым экономическим показателям без обоснования обеспечения их водными ресурсами. Расчет эффективности водопотребления на каждом предприятии представляет собой сложную технико-экономическую задачу, связанную как с тонкостями конкретного производства, так и с уникальностью воды как экономического ресурса. При этом применение статистического подхода к изучению проблем водного хозяйства обычно ограничено дескриптивными методами анализа.

Целью настоящей работы является разработка эконометрического инструментария для анализа эколого-экономических тенденций водопользования в регионе, позволяющего на базе федеральной статистической отчетности осуществлять мониторинг водно-хозяйственной деятельности. В качестве объектов анализа были выбраны предприятия металлургии, которые дают весомый вклад в промышленное производство Свердловской области (около 50%) и металлургию России (около 60%). Выбор отрасли определялся еще и тем, что металлургия является одним из наиболее водоемких производств, и, если следовать указанным выше прогнозным оценкам специалистов ИВП РАН, может в перспективе заменить топливно-энергетическое сырье в российском экспорте. Моделирование взаимосвязей показателей системы водопользования было направлено на определение классификации заводов по связи выпуска продукции и затрат водного ресурса, оценку роли основных факторов оптимизации затрат водного ресурса — системы оборотного водоснабжения и мощности очистных сооружений, выявление наиболее проблемных предприятий-водопользователей и обоснование необходимости технико-экономического анализа для решения их проблем.

2. Исходная информация

Для анализа использовались данные ежегодной государственной статистической отчетности Нижне-Обского бассейнового управления за 2000–2009 годы, сведения из годовых и квартальных отчетов предприятий, а также с интернет-портала «Уральский рынок металлов» (<http://www.urm.ru>). В частности, имелась информация об источниках водного ресурса, об объемах забора и отведения воды, об уровне загрязнения сточных вод, о масштабах деятельности системы оборотного водоснабжения и мощности очистных сооружений. В качестве экономического показателя деятельности заводов рассматривался выпуск основной продукции (около 90% общего объема) в ценах 2000 года. Перечень используемых в работе показателей приведен в Приложении (табл. П1).

Из сорока шести металлургических предприятий Свердловской области, отчитывающихся по форме №2-ТП (водхоз), сведения о выпуске за рассматриваемый период имелись только для двадцати четырех предприятий. При этом для анализа использовались данные только по двадцати из них, поскольку четыре завода выделялись явной нестабильностью и деградацией производства. В Приложении приведен список выбранных предприятий с указанием среднегодовых значений основных показателей водопользования (табл. П2), а на рис. 1 эти объекты представлены в системе координат «затраты–выпуск».

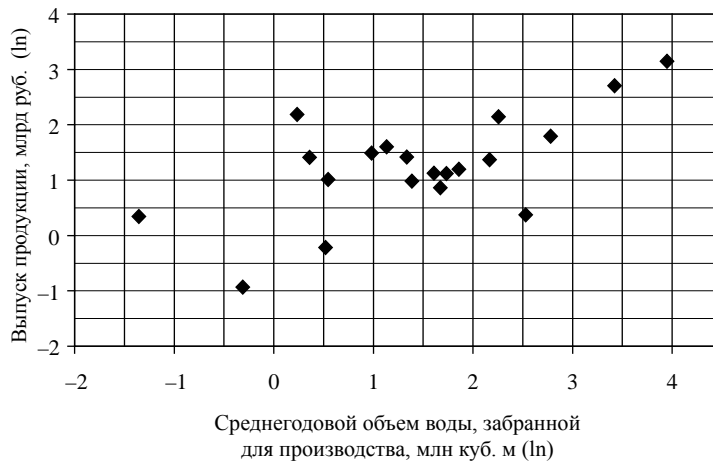


Рис. 1. Предприятия-водопользователи

Приведенный здесь график, в первую очередь, является иллюстрацией однородности предприятий по рассматриваемым показателям. Он также указывает на явную связь между этими показателями, которая имеет место вопреки сохранившейся до сих пор в российском производственном менеджменте недооценке водного ресурса.

3. Определение тенденций водопользования

Анализ данных водохозяйственной деятельности по каждому выбранному предприятию показал, что рост производства в рассматриваемый период сопровождался стабильной динамикой большинства показателей, в том числе производственных затрат водного ресурса и объема загрязняющих веществ в сточных водах. По годовым данным были получены оценки коэффициентов корреляции между выпуском продукции и указанными показателями («выпуск–затраты» и «выпуск–загрязнение») (рис. 2). Только для двух предприятий (12 и 13) из двадцати эти оценки оказались незначимыми (на уровне значимости 10%). Знаки оценок соответствовали интенсивному или экстенсивному водопользованию, т. е. снижению или соответственно увеличению затрат водного ресурса при увеличении выпуска продукции. При этом меньшую (40%) долю из выбранных предприятий составляли интенсивные водопользователи, а большую (60%) — экстенсивные. Дополнительно на эти данные были наложены сведения о мощности источника водного ресурса. На рисунке 2 значения показателя «выпуск–забор» для предприятий, работающих в условиях малой водности, помечены точками. Видно, что это — почти все интенсивные водопользователи, а среди экстенсивных предприятий их только два (1 и 10). При анализе связи «выпуск–загрязнение» было получено, что для 75% предприятий оценка коэффициента корреляции между выпуском продукции и объемом загрязняющих веществ в сточных водах значимо (на уровне 10%) отличалась от нуля. Почти все экстенсивные водопользователи имели тенденцию роста загрязнения стоков. Среди интенсивных водопользователей такое выделилось только одно (19). Оно может быть отнесено к проблемным объектам, требующим дополнительного технико-экономического обоснования рационализации водопользования.

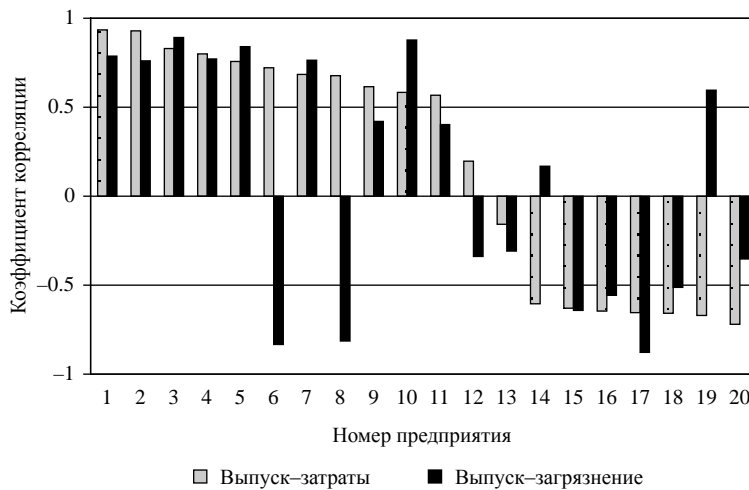


Рис. 2. Оценка связи затрат водного ресурса и загрязнения с выпуском продукции

Для подтверждения выводов о существовании тенденций интенсивного и экстенсивного водопользования для каждой из двух указанных групп предприятий на панельных данных оценивалась модель коррекции ошибок¹. Рассматривались следующие уравнения связи между затратами водных ресурсов (*vlm*) и выпуском продукции (*sls*) с механизмом коррекции ошибок (*ecm*), учитывающие индивидуальные тренды и константы²:

$$sls_{i_k t} = \alpha_{i_k} + \delta_{i_k} t + \beta vlm_{i_k t} + \varepsilon_{i_k t}, \tag{1}$$

$$\Delta sls_{i_k t} = \alpha_{i_k}^{(\Delta)} + \beta^{(\Delta)} \Delta vlm_{i_k t} + \gamma ecm_{i_k t-1} + \varepsilon_{i_k t}^{(\Delta)}, \tag{2}$$

где $\alpha, \delta, \beta, \alpha^{(\Delta)}, \beta^{(\Delta)}, \gamma$ — регрессионные коэффициенты; $\varepsilon, \varepsilon^{(\Delta)}$ — регрессионные ошибки; $\Delta sls, \Delta vlm$ — абсолютные приросты показателей *sls* и *vlm*; *ecm* — регрессионные остатки уравнения (1); *t* — время, $t = 1, 2, \dots, 10$; i_k — номер предприятия ($k = 1, 2$), $i_1 = 1, 2, \dots, 12$; $i_2 = 1, 2, \dots, 8$.

Наличие коинтеграции между *vlm* и *sls* проверялось с помощью панельного теста Фишера–Йохансена с использованием *F*-статистики, построенной на основе индивидуальных *P*-значений λ_{trase} - и λ_{max} -критериев из теста Йохансена (Brooks, 2008) на коинтеграцию³. Нулевая гипотеза о наличии коинтегрирующего соотношения для обеих групп данных не отвергалась на уровне значимости 5%. Причем из табл. 1 по *P*-значениям *F*-статистики видно, что для первой группы данных существование искомой связи проявляется

¹ Все расчеты выполнялись в EViews 7.1.

² Результаты панельных тестов на стационарность всех используемых в работе временных рядов по выделенным группам предприятий приведены в Приложении (табл. ПЗ).

³ Известно (Maddala, Wu, 1999), что *F*-статистика, равная $-2 \sum_{i=1}^n \ln(\pi_i)$, где π_i — индивидуальные *P*-значения λ_{trase} - и λ_{max} -критериев, при нулевой гипотезе о каждом значении ранга коинтеграции в предположении независимости *n* рассматриваемых объектов имеет асимптотическое χ^2 -распределение с $2n$ степенями свободы.

более уверенно, чем для второй. Дополнительно использовались семь панельных тестов Педрони (Pedroni, 1999), проверяющих гипотезу о наличии единичного корня в остатках уравнения (1)⁴. Нулевая гипотеза об отсутствии коинтеграции между vlm и sls отвергалась для первой группы предприятий в четырех тестах из семи, для второй — только в трех (на уровне значимости 5%).

Таблица 1. Результаты панельного теста Фишера–Йохансена на коинтеграцию vlm и sls (H_0 : ранг коинтеграции = r^*)

	Экстенсивные водопользователи				Интенсивные водопользователи			
	F -статистика (λ_{trace} -тест)	P -значение	F -статистика (λ_{max} -тест)	P -значение	F -статистика (λ_{trace} -тест)	P -значение	F -статистика (λ_{max} -тест)	P -значение
$r^*=0$	323.61	0.000	183.42	0.000	105.23	0.000	85.94	0.000
$r^*=1$	28.74	0.230	28.74	0.230	24.85	0.073	24.85	0.073

Примечание. Спецификация тестов предполагала наличие линейного тренда в данных и константы в коинтегрирующем соотношении.

Достоверность идентифицируемости уравнения для обеих групп объектов подтверждалась всеми панельными тестами (Baltagi, 2005) на стационарность соответствующих ему регрессионных остатков на уровне значимости 1% (табл. 2). Компоненты коинтегрирующих векторов значимы на уровне 1% и имеют знаки, соответствующие направлению связи между рассматриваемыми показателями для каждой группы данных.

Таблица 2. Результаты идентификации уравнения (1)

	Экстенсивные водопользователи		Интенсивные водопользователи	
	Коэффициент	Стандартная ошибка	Коэффициент	Стандартная ошибка
vlm	0.717***	0.133	-0.170***	0.039
Проверка гипотезы H_0 : ряд остатков содержит единичный корень				
Тест	Статистика	P -значение	Статистика	P -значение
LLC	-4.094	0.000	-6.641	0.000
ADF	51.877	0.001	50.689	0.000
PP	69.244	0.000	104.999	0.000

Примечание. Для оценивания использовался панельный метод наименьших квадратов. Спецификации всех тестов не включали индивидуальные эффекты. Выбор длины лага осуществлялся автоматически на основе критерия Шварца при максимальной длине лага, равной двум.

*** — значимость на 1%-ном уровне.

Оценка качества уравнения (2), ожидаемый знак значимых на уровне 1% коэффициентов при est_{t-1} подтверждают наличие долгосрочной связи vlm и sls для обеих групп данных

⁴ Спецификация тестов предполагала детерминированные константы и тренды. Выбор длины лага осуществлялся автоматически на основе критерия Шварца при максимальной длине лага, равной двум.

(табл. 3). Период возвращения на равновесную траекторию развития⁵ для второй группы меньше ($1/0.849=1.18$), чем для первой ($1/0.127=7.87$), что характеризует большую устойчивость тенденции интенсивного водопользования по сравнению с тенденцией экстенсивного водопользования в рассматриваемом периоде времени.

Таблица 3. Результаты идентификации уравнения (2)

	Экстенсивные водопользователи		Интенсивные водопользователи	
	Коэффициент	Стандартная ошибка	Коэффициент	Стандартная ошибка
Δvlm	0.092	0.077	-0.142	0.076
est	-0.127***	0.050	-0.849***	0.114
$R^2 = 0.32, DW = 2.37,$ $F = 2.05, P\text{-значение} = 0.02$		$R^2 = 0.48, DW = 1.87,$ $F = 6.48, P\text{-значение} = 0.00$		

Примечание. *** — значимость на 1%-ном уровне.

Заметим, что при аналогичном анализе, проведенном для всей совокупности объектов в целом, определить значимые компоненты искомого коинтегрирующего вектора не удалось. Поэтому деление предприятий на группы позволило обосновать приоритетность экстенсивного водопользования предприятий отрасли в рассматриваемом периоде, а также подтвердить значимость водного ресурса для их экономического развития.

4. Анализ факторов использования водных ресурсов

В качестве основных факторов затрат водного ресурса и загрязнения водоемов сточными водами рассматривались показатели деятельности очистных сооружений и системы оборотного водоснабжения. Первый показатель был выбран с учетом экологического принципа лимитирования муниципалитетом забора воды из природного источника. Являясь мерой социальной ответственности заводов, он отражал затраты на очистку воды при водоотведении и учитывался в форме доли нормативно очищенной воды в общем объеме сброса (cln). Выбор второго показателя связан с характеристикой использования забранной воды в производстве, которая наиболее ясно проявляется в деятельности системы оборотного водоснабжения. Эффективность работы этой системы определяется, с одной стороны, экономией природной воды и снижением загрязнения водоемов, а с другой — потерями воды с выбросами пара в атмосферу и деградацией оборудования из-за химической и биологической активности воды (Аксенов и др., 2005). Оценка деятельности системы оборотного водоснабжения учитывалась в форме отношения фактического годового расхода воды в ней к объему воды, забранной для производства (crc).

Связь указанных показателей с затратами водного ресурса изучалась на основе следующих зависимостей для двух групп предприятий интенсивного и экстенсивного водопользования:

⁵ Здесь под равновесной траекторией развития системы понимается ее долгосрочное динамическое равновесие в условиях коинтеграционной связи временных рядов.

$$vlm_{i_k t} = \alpha_{i_k} + \beta_1 crc_{i_k t} + \beta_2 cln_{i_k t} + \varepsilon_{i_k t}, \quad (3)$$

$$\Delta vlm_{i_k t} = \alpha_{i_k}^{(\Delta)} + \beta_1^{(\Delta)} \Delta crc_{i_k t} + \beta_2^{(\Delta)} \Delta cln_{i_k t} + \gamma ecm_{i_k t-1} + \varepsilon_{i_k t}^{(\Delta)}, \quad (4)$$

где $i_1 = 1, 2, \dots, 12$; $i_2 = 1, 2, \dots, 8$; $t = 1, 2, \dots, 10$.

Некоторые результаты коинтеграционного анализа переменных vlm , crc , cln приведены в табл. 4–6. Нулевая гипотеза о наличии одного коинтегрирующего соотношения для обеих групп данных не отвергалась на уровне значимости 5%. Из таблиц видно, что для второй группы водопользователей по сравнению с первой увереннее подтверждается⁶ и более устойчива долгосрочная связь затрат водного ресурса с рассматриваемыми факторами водопользования, гораздо заметнее роль системы оборотного водоснабжения. Различие оценок коэффициента при cln , особенно незначимость этой оценки на уровне 10% для второй группы в (3), возможно, соответствует тому, что при интенсификации водопользования происходит переориентация затрат с очистки сточных вод при водоотведении на очистку непосредственно в производственной системе водооборотного снабжения. Интерпретации оценок обоснованы на уровне значимости 5% в соответствии с результатами анализа остатков уравнения (3) и значением F -статистики для уравнения (4).

Таблица 4. Панельный тест Фишера–Йохансена на коинтеграцию vlm , crc , cln
(H_0 : ранг коинтеграции= r^*)

	Экстенсивные водопользователи				Интенсивные водопользователи			
	F -статистика (λ_{trace} -тест)	P -значение	F -статистика (λ_{max} -тест)	P -значение	F -статистика (λ_{trace} -тест)	P -значение	F -статистика (λ_{max} -тест)	P -значение
$r^*=0$	85.35	0.000	67.48	0.000	50.84	0.000	43.78	0.000
$r^*=1$	40.81	0.018	31.37	0.144	21.37	0.092	26.06	0.168

Примечание. Спецификация тестов предполагала наличие линейного тренда в данных и константы в коинтегрирующем соотношении.

Таблица 5. Результаты идентификации уравнения (3)

	Экстенсивные водопользователи		Интенсивные водопользователи	
	Коэффициент	Стандартная ошибка	Коэффициент	Стандартная ошибка
crc	-0.390***	0.055	-1.040***	0.052
cln	0.622***	0.201	-0.132	0.128

Примечание. *** — значимость на 1%-ном уровне.

⁶ Тесты Педрони подтверждают коинтеграцию для первой группы в трех тестах, во второй — в четырех тестах из семи (на уровне значимости 10%).

Таблица 6. Результаты идентификации уравнения (4)

	Экстенсивные водопользователи		Интенсивные водопользователи	
	Коэффициент	Стандартная ошибка	Коэффициент	Стандартная ошибка
Δcrc	-0.597***	0.051	-0.894***	0.054
Δcln	0.213	0.200	-0.323	0.222
esm	-0.244***	0.071	-0.336***	0.092
	$R^2 = 0.68, DW = 1.93,$ $F = 14.00, P\text{-значение} = 0.00$		$R^2 = 0.85, DW = 2.03,$ $F = 34.34, P\text{-значение} = 0.00$	

Примечание. *** — значимость на 1%-ном уровне.

Таким образом, результаты расчетов указывают на направление совершенствования водного хозяйства предприятий отрасли путем перехода к наиболее полному использованию систем оборотного водоснабжения и, в частности, применению новых доступных технологий глубокой очистки воды в рамках этой системы.

Результативность экологического менеджмента на производстве для каждой из групп интенсивных и экстенсивных водопользователей изучалась на основе приведенных ниже соотношений (5)–(6). В качестве показателя загрязнения водоемов учитывалась сумма загрязняющих веществ, сбрасываемых предприятиями со сточными водами (pll). Следует отметить, что при разных тенденциях изменения этого показателя для разных предприятий (рис. 2) характеристика деятельности очистных сооружений (cln) для всех из них имела тенденцию роста.

$$pll_{i_k t} = \alpha_i + \beta_1 crc_{i_k t} + \beta_2 cln_{i_k t} + \varepsilon_{i_k t}, \quad (5)$$

$$\Delta pll_{i_k t} = \alpha_i^{(\Delta)} + \beta_1^{(\Delta)} \Delta crc_{i_k t} + \beta_2^{(\Delta)} \Delta cln_{i_k t} + \gamma esm_{i_k t-1} + \varepsilon_{i_k t}^{(\Delta)}, \quad (6)$$

где $i_1 = 1, 2, \dots, 12$; $i_2 = 1, 2, \dots, 8$; $t = 1, 2, \dots, 10$.

Некоторые результаты коинтеграционного анализа переменных pll , crc , cln приведены в табл. 7–9. Нулевая гипотеза о наличии коинтегрирующего соотношения для обеих групп данных не отвергалась на уровне значимости 5%. Из таблиц видно, что связь загрязнения сточных вод с факторами водопользования увереннее подтверждается⁷ для первой группы водопользователей по сравнению со второй. Роль системы оборотного водоснабжения в этой связи проявляется одинаково существенно для обеих групп данных. Оценка коэффициента при cln в (5) для экстенсивных водопользователей характеризует недостаточность деятельности очистных сооружений при водоотведении, поскольку указывает на то, что наращивание затрат на очистку сточных вод сопровождается в среднем по группе ростом загрязнения водоемов. Для интенсивных водопользователей оценка коэффициента при cln в модели (5)–(6) незначима (на уровне 10%), что соответствует неоднозначности связи этого показателя с pll для различных представителей группы (см. рис. 2) и требует более детального исследования. В частности, для Полевского криолитового завода, выделяющегося в своей

⁷ Тесты Педрони подтверждают коинтеграцию для первой группы в четырех тестах, во второй — в трех тестах из семи (на уровне значимости 5%).

группе направлением связи sls и pll , анализ квартальных данных указал на тесную положительную связь cln с объемом сброса особо опасного загрязнителя — фтора, доля которого в массе сбросов составляет в среднем около 15%.

Период возвращения к долгосрочному равновесию для второй группы данных заметно меньше, чем для первой, что может свидетельствовать об экологическом преимуществе интенсивного водопользования, если учесть, что в большинстве своем для этих предприятий характерно снижение загрязнения стоков. Интерпретации оценок обоснованы на уровне значимости 5% в соответствии с результатами анализа остатков уравнения (5) и значением F -статистики для уравнения (6).

Таблица 7. Панельный тест Фишера–Йохансена на коинтеграцию pll , crc , cln (H_0 : ранг коинтеграции = r^*)

	Экстенсивные водопользователи				Интенсивные водопользователи			
	F -статистика (λ_{trase} -тест)	P -значение	F -статистика (λ_{max} -тест)	P -значение	F -статистика (λ_{trase} -тест)	P -значение	F -статистика (λ_{max} -тест)	P -значение
$r^*=0$	80.65	0.000	86.32	0.000	311.5	0.000	303.9	0.000
$r^*=1$	23.34	0.500	24.67	0.424	21.74	0.084	15.99	0.3140

Примечание. Спецификация тестов предполагала наличие линейного тренда в данных и константы в коинтегрирующем соотношении.

Таблица 8. Результаты идентификации уравнения (5)

	Экстенсивные водопользователи		Интенсивные водопользователи	
	Коэффициент	Стандартная ошибка	Коэффициент	Стандартная ошибка
crc	-0.534***	0.108	-0.521***	0.106
cln	1.478***	0.392	0.361	0.580

Примечание. *** — значимость на 1%-ном уровне.

Таблица 9. Результаты идентификации уравнения (6)

	Экстенсивные водопользователи		Интенсивные водопользователи	
	Коэффициент	Стандартная ошибка	Коэффициент	Стандартная ошибка
Δcrc	-0.153	0.108	-0.171	0.125
Δcln	0.226	0.422	-0.631	0.546
est	-0.221***	0.081	-0.459***	0.103
	$R^2 = 0.32$, $DW = 2.21$, $F = 1.82$, P -значение = 0.05		$R^2 = 0.42$, $DW = 1.82$, $F = 2.85$, P -значение = 0.01	

Примечание. *** — значимость на 1%-ном уровне.

Таким образом, анализ связи pll , crc и cln указывает на преобладание устойчивой тенденции деградации водоемов в регионе, а также на необходимость регулирования экологических норм очистки стоков с учетом класса опасности загрязняющих веществ.

5. Заключение

В работе предложена методика эконометрического моделирования системы водопользования, позволяющая при наличии статистической информации обосновывать наличие тенденций водопользования, проводить их сравнительный анализ, количественно характеризовать роль важнейших эколого-экономических факторов водохозяйственной деятельности.

Выполненное по данным 2000–2009 годов исследование показало, что экстенсивное водопользование являлось в рассматриваемый период приоритетным направлением водохозяйственной деятельности предприятий металлургической отрасли в регионе, а также подтвердило значимость водного ресурса для их экономического развития. Было продемонстрировано, что, несмотря на повышение социальной ответственности и увеличение масштаба очистки сточных вод, имела место устойчивая тенденция деградации водных источников, проявляющаяся в условиях экстенсивного водопользования. Раскрыта роль системы оборотного водоснабжения как определяющего фактора для перехода к интенсификации и экологичности водопользования. Показана необходимость совершенствования региональной системы мониторинга водопользования с учетом расширения его статистической базы.

Предлагаемый алгоритм базируется на общих принципах водохозяйственной деятельности и во многом определяется наличием и качеством имеющейся о ней статистической информации. Универсальность и открытость модели позволяет использовать ее и для современного водопользования с многоступенчатой системой водооборотных циклов.

Список литературы

Аксенов В. И., Ладыгичев М. Г., Ничкова И. И., Никулин В. А., Кляйн С. Э., Аксенов Е. В. (2005). *Водное хозяйство промышленных предприятий*. Справочное издание: В 2-х книгах. Книга 1 / Под ред. В. И. Аксенова. М: Теплотехник.

Галкин Ю. А. (2010). Технологическая модель сложных систем водного хозяйства промышленных предприятий и комплексов. *Водоснабжение и санитарная техника*, 6, 27–31.

Данилов-Данильян В. И., Хранович И. Л. (2010). *Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования*. М.: Научный мир.

Baltagi B. H. (2005). *Econometric analysis of panel data*. John Wiley & Sons Ltd.

Brooks C. (2008). *Introductory econometrics for finance*. Cambridge University press.

Maddala G. S., Wu S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, 631–652.

Pedroni P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, 653–670.

Приложение

Таблица П1. Используемые показатели

Показатель	Характеристика
Затраты водного ресурса v/s (млн куб. м в год, логарифм)	Объем воды, забранной для производственных нужд
Выпуск продукции s/s (млрд руб. в год, логарифм)	Объем выручки от реализации продукции, в ценах 2000 года
Мощность системы оборотного водоснабжения crc (логарифм)	Отношение расхода воды в системе оборотного водоснабжения к объему воды, забранной для производственных нужд
Мощность очистных сооружений cln	Отношение объема нормативно очищенной отведенной воды к объему водоотведения

Таблица П2. Предприятия-водопользователи: среднегодовые значения основных показателей (2000–2009 годы)

№	Название	Объем забора, млн куб. м	Выпуск продукции, млрд руб.	Объем сброса загрязняющих веществ, тыс. тонн	Отношение к выделенным группам*
1	Синарский трубный завод, Первоуральск	6.42	3.31	3.69	Э
2	Высокогорский горно-обогатительный комбинат, Нижний Тагил	5.00	3.09	3.81	Э
3	Корпорация ВСМПО-АВИСМА, Верхняя Салда	30.61	14.92	4.71	Э
4	Богословский алюминиевый завод, Красноуральск	9.54	8.55	4.37	Э
5	Средне-уральский медеплавильный завод, Ревда	3.80	4.12	3.59	Э
6	ОАО «Святогор», Красноуральск	1.72	2.76	0.03	Э
7	Горно-обогатительный комбинат «Ванадий», Качканар	12.55	1.45	4.27	Э
8	Нижнесергинский металлургический завод, Ревда	1.43	4.10	0.13	Э
9	Нижнетагильский металлургический завод	51.75	23.26	7.16	Э
10	Каменск-Уральский металлургический завод	3.10	4.95	0.43	Э
11	Металлургический завод им. Серова, Серов	5.32	2.37	1.23	Э
12	ОАО «Севералюкситруда», Североуральск	4.01	2.68	22.35	Э
13	Богословское рудоуправление, Красноуральск	0.73	0.39	1.97	И
14	Новотрубный завод, Первоуральск	5.66	3.06	3.64	И
15	Северский трубный завод, Полевской	8.73	3.92	3.51	И
16	ОАО «Уралэлектромедь», Верхняя Пышма	1.27	8.91	0.15	И
17	ОАО «ВИЗ-сталь», Екатеринбург	2.67	4.44	0.02	И
18	ОАО «Уралредмет», Верхняя Пышма	0.26	1.41	0.04	И
19	Полевской криолитовый завод, Полевской	1.68	0.81	0.50	И
20	Каменск-Уральский алюминиевый завод	16.10	5.99	1.98	И

Примечание. * — предприятия с экстенсивным (Э) и интенсивным (И) водопользованием.

Таблица ПЗ. Результаты панельных тестов на стационарность временных рядов
(гипотеза H_0 : временной ряд содержит единичный корень)

<i>Экстенсивные водопользователи</i>								
Тест	Значение	<i>P</i> -значение	Значение	<i>P</i> -значение	Значение	<i>P</i> -значение	Значение	<i>P</i> -значение
	статистики		статистики		статистики		статистики	
	<i>vlm</i>		$\Delta vl m$		<i>sls</i>		Δsls	
<i>LLC</i>	-1.01	0.15	-6.45	0.00	-1.55	0.06	-3.02	0.00
<i>ADF</i>	17.51	0.83	61.45	0.00	8.96	0.99	46.68	0.00
<i>PP</i>	21.37	0.62	125.03	0.00	8.44	0.99	84.76	0.00
	<i>crc</i>		Δcrc		<i>cln</i>		Δcln	
<i>LLC</i>	-0.47	0.32	-5.74	0.00	0.49	0.69	-6.52	0.00
<i>ADF</i>	17.03	0.85	56.08	0.00	17.65	0.82	83.71	0.00
<i>PP</i>	15.67	0.90	122.19	0.00	52.09	0.00	111.30	0.00
<i>Интенсивные водопользователи</i>								
	<i>vlm</i>		$\Delta vl m$		<i>sls</i>		Δsls	
<i>LLC</i>	0.25	0.60	-4.35	0.00	-2.20	0.01	-8.79	0.00
<i>ADF</i>	10.89	0.82	44.05	0.00	18.22	0.31	52.77	0.00
<i>PP</i>	12.79	0.69	72.25	0.00	43.58	0.00	107.22	0.00
	<i>crc</i>		Δcrc		<i>cln</i>		Δcln	
<i>LLC</i>	-0.20	0.41	-5.47	0.00	-1.17	0.12	-6.37	0.00
<i>ADF</i>	7.94	0.95	46.61	0.00	18.35	0.30	50.42	0.00
<i>PP</i>	12.75	0.69	75.16	0.00	44.25	0.00	80.44	0.00