

# ПРОМЫШЛЕННОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КАК ИНДИКАТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: СТРАНЫ, РЕГИОНЫ, ГОРОДА

**В.Р. Битюкова**

**МГУ имени М.В. Ломоносова**

Рассмотрена оценка современных тенденций в водопользовании России. Статистический полимасштабный подход позволил выявить, что в результате значительного сокращения объемов водопотребления в кризисные 1990-е гг. Россия по уровню водоемкости встала в один ряд с развитыми странами. Однако темпы сокращения замедлились, а промышленное водопотребление сократилось в наименьшей степени. Именно оно и определяет региональные пропорции и региональную динамику. В большинстве регионов России удельное водопотребление снижается. Неустойчивые тенденции наблюдаются в двух полярных типах регионов: нефтегазовых и республиках Северного Кавказа, во многом из-за низкой доли оборотного водоснабжения. Города более эффективны, чем регионы. Для крупных городов существует обратная зависимость между душевым водопотреблением и численностью населения города.

*Ключевые слова: водоемкость, города России, удельное водопотребление, декарплинг, устойчивое водопотребление, региональный анализ*

## Industrial Water Consumption as an Indicator of Sustainable Development: Countries, Regions, Cities

**V.R. Bityukova**

**Lomonosov Moscow State University, 119991 Moscow, Russia**

The article is devoted to the assessment of current trends in water use in Russia. The statistical poly-scale approach revealed that as a result of a significant reduction in water consumption during the crisis of the 1990s, Russia ranked among developed countries in terms of water intensity. However, the rate of decline slowed down, and industrial water consumption was reduced the least. That determines regional proportions and regional dynamics. In most regions of Russia the specific water consumption decreases. Unstable trends are observed in two polar types of regions: oil and gas regions and the republics of the North Caucasus, largely due to the low share of circulating water supply. Cities are more efficient than regions. For large cities, there is an inverse relationship between per capita water consumption and the population of the city.

*Keywords: water consumption, Russian cities, specific water consumption, decoupling, sustainable water consumption, regional analysis*

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-08-42-49

Воздействие на водные ресурсы является важной составляющей экологического состояния территорий, а динамика водопотребления, рассматриваемая совместно с объемами производства и валового внутреннего продукта (ВВП) — важнейшими индикаторами устойчивого развития страны, ее регионов и городов. Объем водопотребления — основной фактор истощения водных ресурсов, который меняется под влиянием хозяйственной деятельности. Интегральные оценки экологического состояния регионов и городов России показали, что в последние годы при общем базовом тренде сокращения антропогенного воздействия возрастали именно нагрузки на водные ресурсы [1]. Качество принятия решений в области оптимизации нагрузок на водные ресурсы во многом зависит от уровня информационного обеспечения, целенаправленного отбора показателей и проверки их на адекватное отражение исследуемого явления.

Поэтому запатентованные системы индикаторов при оценке качества городской среды всегда учитывают удельное водопотребление [2].

### *Водопотребление в странах мира*

Водоемкость ВВП и(или) промышленного производства, удельное водопотребление в бытовом секторе в конкретной стране характеризуют степень рациональности водопотребления, наличие водосберегающих технологий, уровень потерь воды при транспортировке и т.п. Одновременно огромную роль играет исторически сложившаяся структура экономики, прежде всего удельный вес отраслей с высоким уровнем добавленной стоимости и относительно малым использованием воды, с одной стороны, и удельный вес отраслей с невысоким уровнем добавленной стоимости и большим потреблением воды, таких как сельское хозяйство, включая орошаемое земледелие, и т.д., с другой стороны. Немаловажное значение имеет численность

населения, главным образом городских жителей, обеспечиваемых водой с использованием централизованного водоснабжения.

Тенденции водопотребления в России в целом позитивны. Несмотря на то, что в абсолютном выражении объем забранной воды из природных источников (около 80 млрд м<sup>3</sup>) близок к объему воды таких стран, как Бразилия, Япония, Мексика, Италия и Турция, водоемкость ВВП России сократилась в 2009–2017 гг. с 25 до 18 м<sup>3</sup> в расчете на 1000 долл. США и достигла уровня Канады и Японии (рис. 1). Однако темпы сокращения, замедлившись в последние годы, стали ниже, чем в большинстве стран Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). К тому же водоемкость ВВП при расчете в рублях (в сопоставимых ценах с учетом инфляции) в 2013–2017 гг. возросла на 5 % на фоне затянувшейся стагнации российской экономики.

Другим важным отличием от развитых стран является сохраняющийся высокий уровень потерь воды при транспортировке, т.е. потери воды от места забора до места потребления (использования) на испарение, фильтрацию, утечки и др. В целом в России эти потери составляют 10 %, а в сельском хозяйстве они достигают 26 % объема забираемой воды.

#### Динамика водопотребления в России

Основная часть воды в России забирается из поверхностных источников (87 %), остальное — из подземных. Использование свежей воды распределяется следующим образом: на производственные нужды (охлаждающая вода, в основном в энергетике; средообразующая для получения пульпы и растворов и реактивная, используемая непосредственно в технологическом процессе) расходуется 58 %; на хозяйственно-питьевые нужды — 15 %; на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение (на регулярное и лиманное орошение, обводнение пастбищ, нужды животноводства) — 13 %; прочие нужды — 12 %. К прочим расходам (2 %) относятся расход воды на прудовое рыбное хозяйство, поддержание горизонтов в каналах, включая замочку каналов, поддержание пластового давления, пополнение и сработка наливных водохранилищ за год, причем этот показатель включает разность этих операций.

Основные изменения в водопользовании России произошли в переходный период 1990–1997 гг., объемы забранной воды сократились на 30 %, что стало следствием глубокого экономического кризиса. Однако водопотребление сократилось значительно меньше, чем ВВП и промышленное производство. В результате не только негативные тенденции преодолеть не удалось, но и водоемкость ВВП и удельное водопотребление в промышленности увеличились на 8 и 70 % соответственно. Во многом это объяснялось тем, что потребление воды на хозяйственно-питьевые нужды в эти годы практически не сокращалось и во многих городах происходило через водозабор градообразующих предприятий. Основное сокращение было достигнуто в сельскохозяйственном водоснабжении (см. таблицу).

В период роста как абсолютное, так и удельное водопотребление сокращалось. Однако темпы сокращения постепенно замедлялись. В 2006–2011 гг. объемы водопотребления вновь начали расти, впервые за постсоветский период, несмотря на уменьшение количества водопользователей (реорганизация, переуплотнение, банкротство, ликвидация предприятий).

В последние годы (2009–2017 гг.) достигли максимальных значений темпы сокращения бытового водопотребления, что, очевидно, стало результатом массового использования водосчетчиков населением. Однако годовые тем-

### Основные показатели водопотребления в России в 1990–2017 гг. и индекс физического объема

Main indicators of water consumption in Russia in 1990–2017 and volume index

Показатели	Значение	Индекс физического объема, % к началу периода				
		2017	1990–1998	2000–2005	2005–2009	2009–2017
Численность населения, млн чел., в том числе:	147	-1	-1	-1	3	-1
городского населения	109	-2	-1	0	4	0
ВВП, в ценах 1990 г., млрд руб.	814	-36	35	13	12	26
Объем промышленной продукции в ценах 1990 г., млрд руб.	486	-56	31	2	19	-17
Использование свежей воды, млрд м <sup>3</sup> , в том числе:	54	-31	-8	-6	-7	-44
на сельскохозяйственные нужды	7	-45	-20	-1	-15	-65
на производственные нужды	30	-24	-6	-4	-14	-38
на хозяйственно-питьевые нужды	8	-9	-10	-14	-27	-49
на прочие нужды	9	-64	3	-5	126	-30
Водоемкость, м <sup>3</sup> /100 руб.:						
ВВП	7	8	-32	-17	-17	-56
промышленного производства	6	72	-28	-6	-27	-25
Водопотребление на душу населения, л/чел. в сут	194	-8	-9	-14	-30	-49

Источник: рассчитано по [4, 5].

пы снижения для хозяйственно-питьевого водоснабжения постепенно замедляются от 10 % в 2009–2011 гг. до 2 % к 2017 г. Сельскохозяйственное водопотребление продолжает снижаться на 2–3 % в год. Использование воды на прочие нужды выросло в 2 раза, основной рост наблюдался в 2010–2011 гг. В промышленности, которая стала локомотивом сокращения выбросов в атмосферу, напротив, в наименьшей степени сократились нагрузки на водные источники.

#### Изменение отраслевой структуры воздействия на водные ресурсы

Около 60 % воды (36 км<sup>3</sup>) из природных водных объектов потребляют электроэнергетика и ЖКХ. На втором месте находятся сельское и лесное хозяйство — около 14 км<sup>3</sup>. Среди отраслей промышленности лидер — целлюлозно-бумажное производство с объемом забора воды около 1 км<sup>3</sup>, на втором месте — металлургическое производство — 0,85 км<sup>3</sup>.

По удельному водопотреблению (в расчете на объем промышленного производства в ценах 2005 г.) лидирует производство электроэнергии — 21–23 м<sup>3</sup>/1000 руб. На втором месте целлюлозно-бумажная промышленность — 3,2–3,5 м<sup>3</sup>/1000 руб., а на третьем месте добыча полезных ископаемых — 1,1 м<sup>3</sup>/1000 руб. При таком высоком уровне межотраслевых различий территориальная дифференциация во многом будет определяться размещением предприятий.

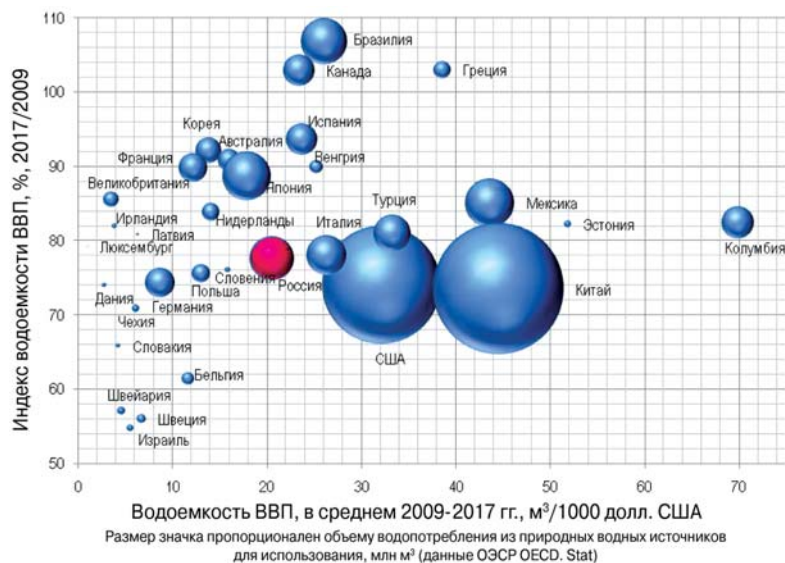
Большинство видов деятельности сократили объем использованной воды на 10–40 % по сравнению с 2005 г. Увеличился забор воды только при добыче топливно-энергетических полезных ископаемых и на транспорте.

Удельное водопотребление снижается в последние годы как в целом по промышленности, так и в большинстве отраслей. Однако негативной тенденцией является то, что в отраслях-лидерах (энергетике и целлюлозно-бумажной промышленности) удельное водопотребление сокращается в 2 раза медленнее, чем в промышленности в целом. В добывающем сегменте водопотребление росло темпами вдвое превышающими объемы добычи. В результате удельное водопотребление при добыче топливно-энергетических полезных ископаемых выросло за рассматриваемый период на 120 %.

Степень зависимости водопотребления от объемов производства заметно сократилась в последние годы. По-прежнему высокая степень зависимости характерна для добычи топливно-энергетических полезных ископаемых, обработки древесины и производства изделий из дерева, прочих неметаллических минеральных продуктов и целлюлозно-бумажного производства. Для этих отраслей коэффициент корреляции между динамикой производства и водопотребления 0,75–0,76. Но для большинства отраслей коэффициент корреляции отрицательный.

Региональные различия по объему водопотребления обусловлены в разной степени влиянием численности населения, уровня урбанизации, наличия водоемких производств, качества инфраструктуры и др.

Состав регионов по водопотреблению за последние годы мало изменился (рис. 2). Лидирующее место занимает Ленинградская область. Значительная часть воды в регионе забирается из Балтийского моря Ленинградской АЭС и Научно-исследовательским тех-



**Рис. 1. Динамика водоёмкости ВВП стран мира (рассчитано по данным [3])**  
**Fig. 1. Dynamics of water-holding GDP of countries of the world (calculated according to [3])**

нологическим институтом (НИТИ), расположенными в г. Сосновый Бор.

Далее в группе лидеров расположились агропромышленные регионы — Краснодарский и Ставропольский края и Ростовская область. В Ставропольском крае наблюдался значительный рост объемов потребления — до 3,5 % всей воды в России, и здесь же в 2014 г. был зафиксирован максимальный уровень потерь воды при транспортировке. Устойчивое присутствие в лидерах Рес-

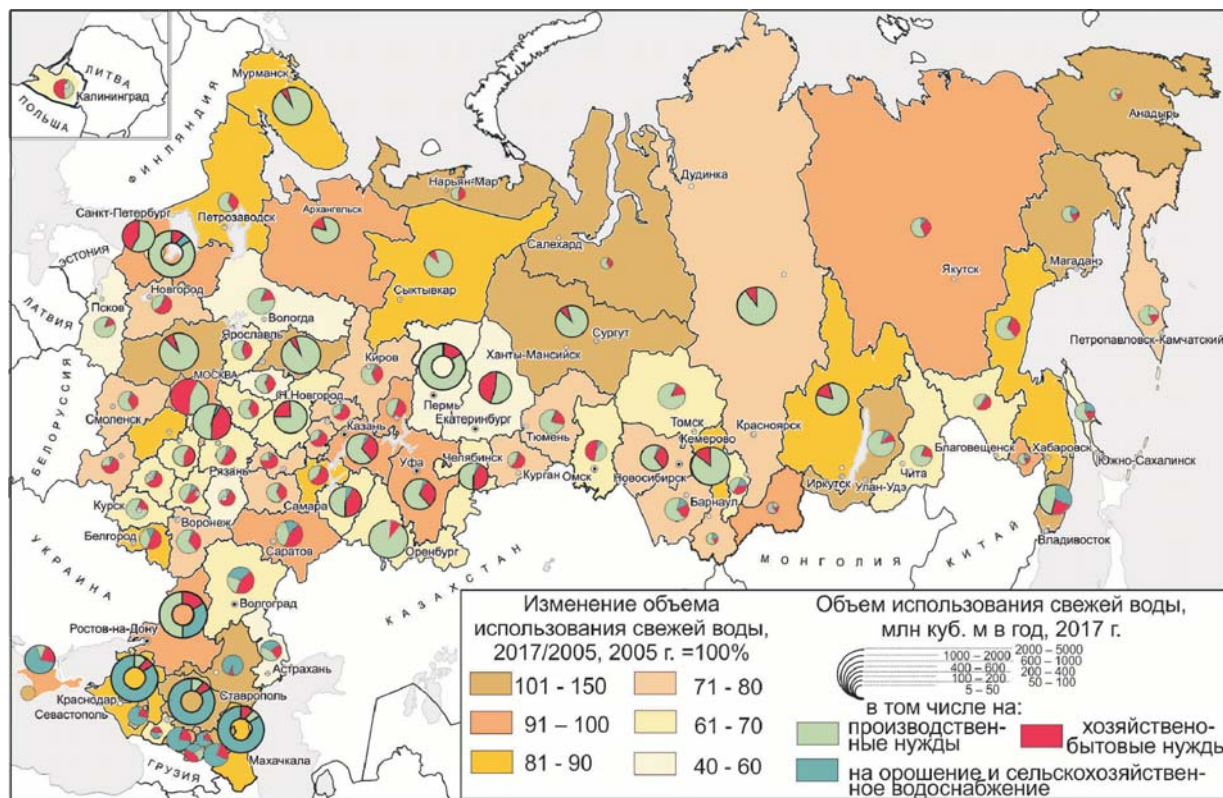
публики Дагестан связано с забором воды сельским хозяйством на орошение в рисосеющих хозяйствах.

Далее расположился Ханты-Мансийский автономный округ, где в последние годы увеличилось водопотребление при добыче полезных ископаемых.

Вместе с энергетикой коммунальный сектор стал ведущим фактором изменения динамики водопотребления в Московской столичной агло-

мерации, г. Санкт-Петербурге и крупнейшем урбанизированном регионе — Свердловской области. Среди промышленных регионов крупными потребителями воды являются Костромская, Тверская, Мурманская области и Красноярский край. Однако сами по себе объемы водопотребления регионов еще не говорят о высокой степени экологической напряженности. Для оценки нагрузки на водные ресурсы в мировой практике используется индекс эксплуатации водных ресурсов (ИЭВР, %) — отношение общего объема ежегодного забора поверхностных и подземных пресных вод к общему объему возобновляемых пресноводных ресурсов. Значение ИЭВР около 20 % свидетельствует о напряженном балансе водопотребления, ИЭВР более 40 % указывает на высокую напряженность в регионе.

В России ИЭВР составляет менее 2 % , но по географическим, климатическим, гидрологическим причинам на наиболее освоенные районы Европейской части страны, где сосредоточена основная часть населения и производственного потенциала, приходится только около 10 % водных ресурсов. При использовании этого показателя в лидеры выходят не только регионы с большим водопотреблением, но и с небольшими объемами возобновляемых пресноводных ресурсов. Больше 20 % ИЭВР в Карачаево-Черкесской республике, Ростовской области, Ставропольском, Краснодарском краях, Москов-



**Рис. 2. Объем, структура и динамика забора воды из природных водных объектов для использования регионов России, 2005–2017 гг. (рассчитано по [4, 5])**

**Fig. 2. Volume, structure and dynamics of water abstraction from natural water bodies for the use of Russian regions, 2005–2017 (calculated by [4, 5])**



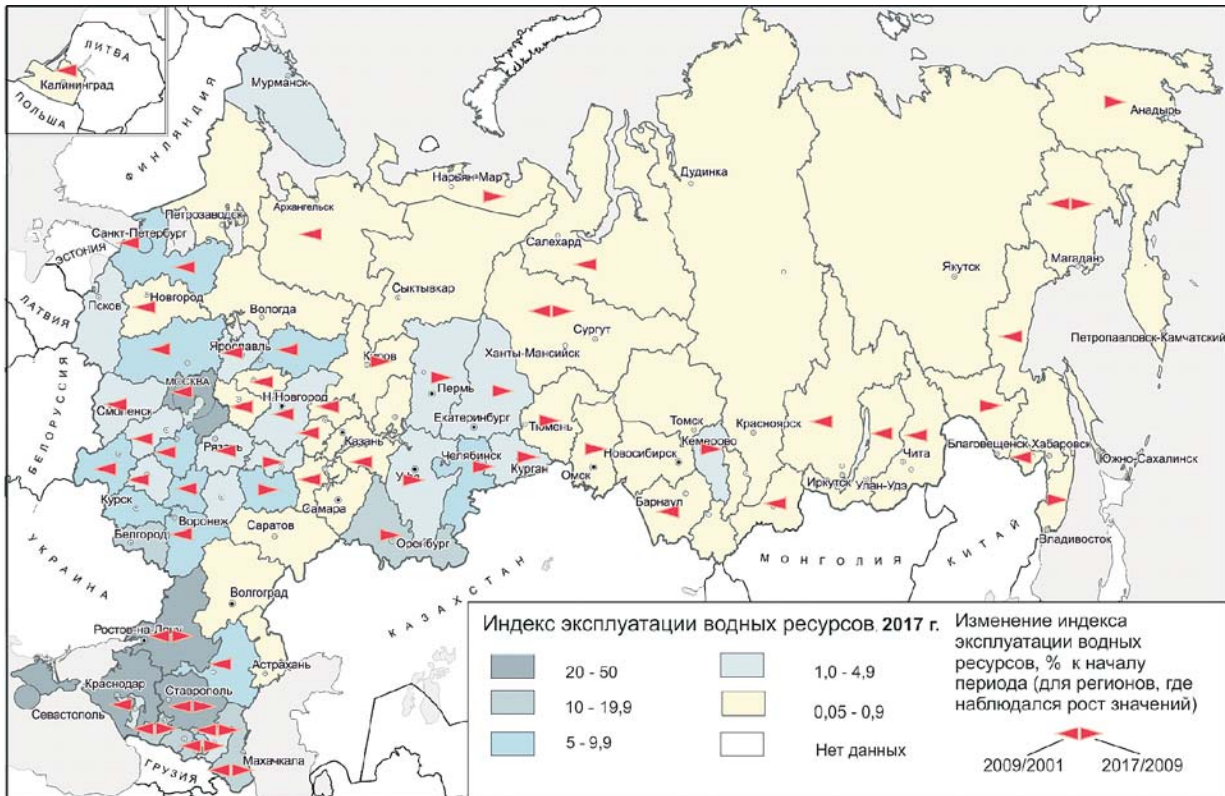


Рис. 3. Интенсивность антропогенного воздействия на водные ресурсы, 2000–2017 г. (рассчитано по данным [4, 5, 7])

Fig. 3. Intensity of anthropogenic impact on water resources, 2000–2017 (calculated according to [4, 5, 7])

ской, Ленинградской, Оренбургской областях. Причем в 2000–2009 гг. ИЭВР рос в Европейской части страны, в 2009–2017 гг. — в восточных регионах, особенно нефтедобывающих при снижении эффективности освоения основных нефтяных месторождений. В южных регионах удельные нагрузки на водные ресурсы росли весь период 2000–2017 гг. (рис. 3).

Удельное водопотребление (в расчете на стоимость продукции) не только позволяет сравнить между собой отрасли, регионы и города, но и является важнейшим индикатором экологических последствий экономической деятельности. За период 1990–2017 гг. оно максимально сократилось в постиндустриальной Москве, минимально в крупных промышленных регионах с развитой энергетикой (Томской, Оренбургской, Мурманской областях, Удмуртской Республике и др.). Увеличение удельного водопотребления характерно для нефтегазовых регионов, что связано с ростом добычи углеводородов, а в Псковской, Тверской, Читинской областях и Республике Бурятия — с теплоэнергетикой.

Рассогласование темпов экономического роста и потребления ресурсов является одним из важнейших критериев развития "зеленой" экономики и оценивается коэффициентом декарпинга ( $D_i$ ) [6]:

$$D_i = 1 - (E_i/Y_i)/(E_0/Y_0),$$

где  $E_0$  и  $E_i$  — показатели, характеризующие негативное воздействие на

окружающую среду в базовом и текущем периодах (в данном случае объем водопотребления);  $Y_0$  и  $Y_i$  — валовый региональный продукт (ВРП) в сопоставимых ценах 2005 г. в базовом и текущем периодах соответственно.

Положительное значение коэффициента  $D_i$  свидетельствует о том, что увеличение добавленной стоимости сопровождается снижением водопотребления, а отрицательная величина указывает на отсутствие эффекта декарпинга. Результаты расчетов показали, что в отношении объема водопотребления эффект декарпинга проявляется почти во всех регионах России и значительно сильнее, чем, например, для загрязнения атмосферы. По сравнению с периодом наиболее быстрого роста 1998–2005 гг. эффект декарпинга в 2005–2017 гг. в среднем по стране сократился с 0,43 до 0,38. Но он усилился в 31 регионе. Это либо регионы с небольшими объемами водопотребления и низким базовым уровнем  $D_i$  (Республики Марий Эл, Калмыкия, Пензенская, Тульская, Калужская области), либо регионы повысившие эффективность водопользования (Москва, Калининградская область, Краснодарский край). Коэффициент  $D_i$  сократился в 38 регионах, что является статистическим подтверждением негативных тенденций водопотребления. В наибольшей степени это проявилось в регионах с небольшим объемом оборотного водопотребления (Костромская, Ленинградская, Магаданская, Мурманская

области и Республика Удмуртия). Вместе с тем в отдельных субъектах данный эффект отсутствует, причем не только в наиболее динамично развивающихся нефте-газовых регионах (Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий и Ненецкий автономных округов), но и в Республиках Ингушетия и Алтай. В Томской области  $D_i$  был отрицательным в период до 2005 г. на начальной стадии нефтедобычи, но в последние годы ситуация улучшилась (рис. 4).

Анализ развития базовых отраслей промышленности (добывающей, обрабатывающей и электроэнергетической) показал, что минимальное значение коэффициента  $D_i$  в сфере добычи полезных ископаемых зафиксировано в Ненецком АО ( $D_i = -4,41$ ), где вклад вида экономической деятельности "Добыча полезных ископаемых" в валовую добавленную стоимость региона в последние годы устойчиво увеличивался. В электроэнергетической отрасли наблюдается отсутствие эффекта декарпинга в Амурской области и Республике Бурятия. Однако использование в расчетах в качестве экономического результата натуральных величин (например, такого показателя, как объем произведенной тепловой и электрической энергии в пересчете на кВт·ч) может несколько изменить полученную картину. Например, для Забайкальского края при использовании в расчетах натурального показателя коэффициент  $D_i$  принимает отрицательное значение ( $D_i = -0,52$  за период

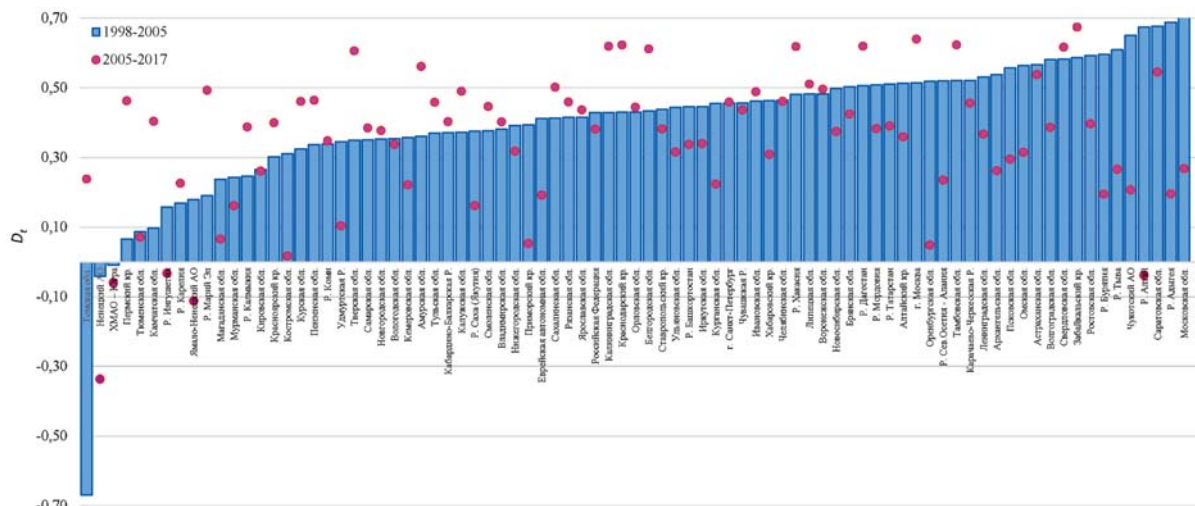


Рис. 4. Коэффициент декаплинга в регионах России 1998–2017 гг. (рассчитано по [4, 5])  
 Fig. 4. Decoupling coefficient in the regions of Russia 1998–2017 (calculated by [4, 5])

с 2005 по 2017 гг.), что свидетельствует об отсутствии эффекта декаплинга в развитии энергетической отрасли региона. Таким образом, на динамику стоимостных величин оказывает влияние эффект роста тарифов на тепловую и электрическую энергию.

Важным показателем эффективности водопотребления является оборотное и последовательное использование воды, поскольку это объем экономии свежей воды. В России этот показатель вырос в последние годы с 69 до 72 %. На фоне сокращения объема производственного потребления, объем оборотной воды растет с 135 до 139 млрд м<sup>3</sup>. Уровень оборотного водоснабжения, как и объем водопотребления, зависит от отраслевой специализации, поскольку наибольшее количество оборотно-использованной воды характерно для энергетики, где она используется как охлаждающая. Увеличился удельный вес топливной промышленности, черной и цветной металлургии, сократилась роль машиностроения, пищевой и легкой промышленности.

Межрегиональные различия по доле оборотного и последовательного использования воды очень существенны и продолжают увеличиваться. В крупных старопромышленных регионах с мощной энергетикой уровень оборотного водоснабжения превышает 90 % и растет очень медленно, на 2–6 % с 2005 г. (Смоленская, Курская, Липецкая, Свердловская, Челябинская области). Большинство восточных регионов с пониженным индексом эксплуатации водных ресурсов имеют уровень оборотного водоснабжения существенно ниже, чем в среднем по стране (40–60 %), а дальневосточные — 28–40 %, как и крупные аграрные регионы. Однако темпы роста доли оборотного водоснабжения у этих регионов значительно выше. Наиболее

высокими темпами роста (в 2–3 раза) характеризуются нефте-газовые регионы. Минимальны объемы и доля оборотного водоснабжения в республиках Северного Кавказа, а также в Ленинградской области, где основной водопотребитель АЭС.

**Водопотребление в городах России**

Около 62–67 % воды, по данным статистики, потребляется в городах. Статистика немного недооценивает реальное водопотребление городских территорий, поскольку из общего объема воды, подаваемой в централизованные системы водоснабжения населенных пунктов, через системы водоподготовки в настоящее время пропускается всего лишь порядка 60 %. В сельских населенных пунктах этот показатель не превышает 20 %. При этом основная часть сельских поселений вообще не имеет водопроводов [7]. Именно города во многом и определяют тенденции последних лет. Объем водопотребления в городах из поверхностных источников имеет ту же тенденцию, что и использование воды на производственные нужды — рост в 2010–2011 гг. и плавное снижение в последние годы.

Сокращение бытового и рост промышленного водопотребления в наиболее водоемких отраслях во многом и объясняют территориальные различия между городами. Внутрорегиональные различия значительно выше, чем межрегиональные, а уровень территориальной концентрации значительно выше: 1 % городов<sup>1</sup> потребляет 40 % вод, забранных из поверхностных источников, причем доля эта стабильно увеличивается с 2009 г. Лидирующие позиции занимают в основном центры размещения АЭС (г. Полярные зори), ГРЭС (гг. Волгореченск, Изобильный, Новочеркасск, Конаково, Мыски, Добрянка, Невинномысск), а также г. Москва и г. Санкт-Петербург, в ко-

торых сконцентрировано 12 % населения страны.

Доля подземных вод в водоснабжении городов несколько выше, чем в среднем по стране — 16 %. Объем водопотребления из подземных источников мало сокращаются в последние годы, поэтому доля их немного выросла. Выросла и доля первых 18 городов по объемам водопотребления от 20 до 35 %. Лидерами по этому показателю являются города-миллионники Красноярск, Воронеж, Краснодар, Санкт-Петербург, Уфа, крупные промышленные центры Оренбург, Липецк, Губкин, Белгород, Томск, Белгород, Тверь, южные города Сочи, Владикавказ и малые города-центры нефтедобычи Лянтор, Тарко-Сале и Советский.

Подземные воды доминируют в структуре водопотребления (более 90 %) в 350 городах, среди которых преобладают малые города. Из крупных городов это Сочи, Находка, Батаяск, Кызыл, Ноябрьск, Арзамас и Элиста, где по природным условиям затруднено поверхностное водоснабжение. Преобладание подземного водоснабжения характерно и для большой группы крупных и средних городов Московской области (единственного региона Центральной России с высоким ИЭВР) — гг. Подольск, Электросталь, Железнодорожный, Коломна, Красногорск, Шелково, Домодево, Пушкино, Раменское, Лобня, Егорьевск, Ивантеевка, Чехов, Наро-Фоминск, Видное, Лыткарино и Солнечногорск.

На многих водозаборах зафиксированы случаи загрязнения подземных вод из-за отсутствия зоны санитарной охраны, низкого контроля за качеством подземных вод, технического состояния эксплуатационных скважин. Бездействующие скважины являются источником загрязнения подземных вод, так как устья их, как правило, открыты. Специальных работ по изучению загрязнения подземных вод на большей части территории России не

<sup>1</sup>В исследовании рассматривались 997 городов России, обеспеченных статистическими данными [4].



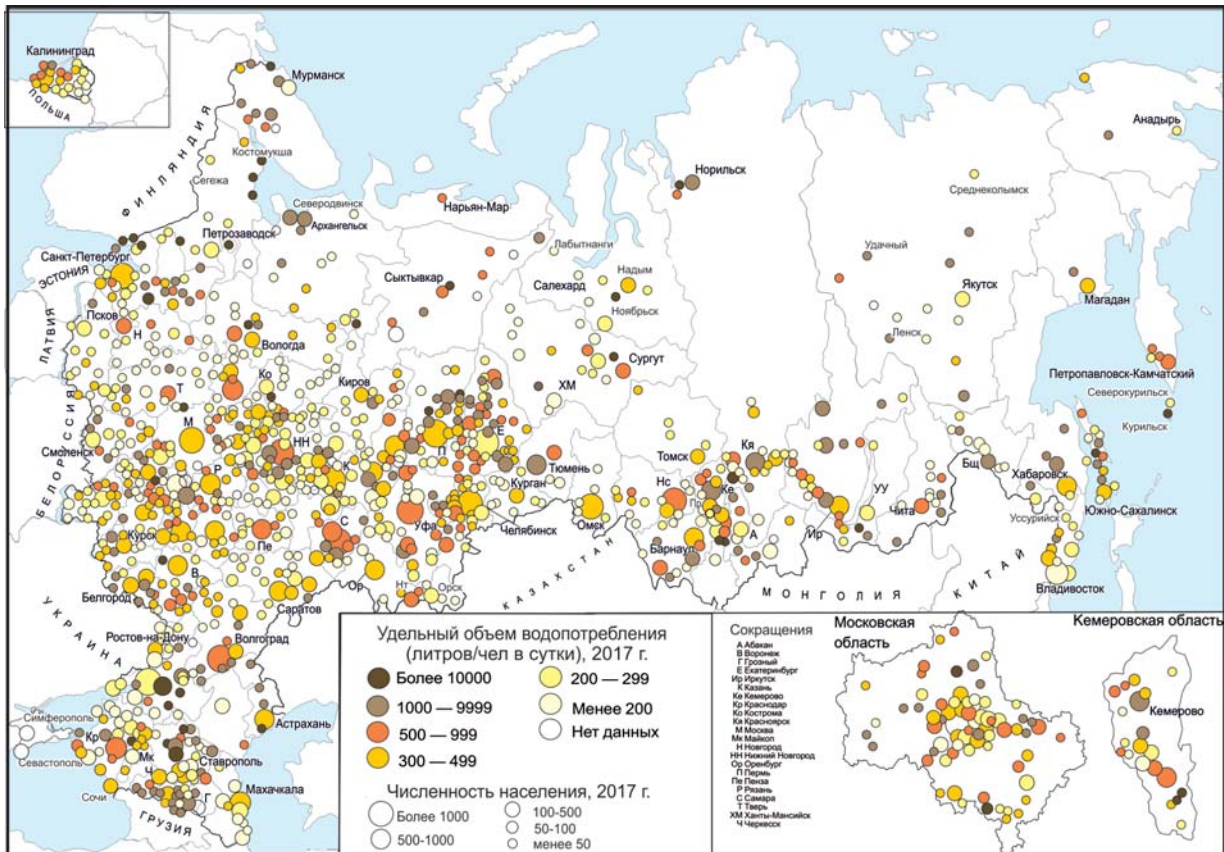


Рис. 5. Удельное водопотребление в городах России, 2017 г. (рассчитано по [4, 8])

Fig. 5. Specific water consumption in cities of Russia, 2017 (calculated according to [4, 8])

проводится. На сегодняшний день вопрос о получении объективной, своевременной, достоверной информации объектного (локального) мониторинга о качестве подземных вод на водозаборах остается не решенным [7].

**Тенденции водопотребления в городах с разной численностью населения**

Наибольший вклад в объем водопотребления (40–43 %) вносят малые города с численностью населения до 50 тыс. чел. Доля их увеличивается, поскольку темпы сокращения их суммарного водопотребления одни из самых низких и составили всего 2 % за период 2009–2017 гг. Обычно из-за неразвитости систем водоснабжения в малых городах водопотребление в них значительно меньше, чем в крупных. Столь высокий вклад малых городов обусловлен размещением в некоторых из них крупнейших ГРЭС (гг. Волгоград, Изобильный, Добрянка, Конаково, Мыски, Кашира, Гусинозерск, Александровск) и АЭС (гг. Полярные зори и Нововоронеж), целлюлозно-бумажных комбинатов (гг. Коряжма и Новодвинск). Поэтому всего 20 городов, в которых проживает 0,4 % населения, потребляют 72 % объема используемых вод.

Особенности российской статистики проявляются в том, что значительные объемы сельскохозяйственного водопотребления, в частности обводнения рисовых полей, иногда приписывают городам. В результате объем

использованной воды как в абсолютном выражении, так и в расчете на численность населения один из самых высоких в городах Камызяк (Астраханской обл.), Пролетарск (Ростовской обл.) и Абинск (Краснодарский край). Аналогично возрастает водопотребление малых городов, если в черту города включены месторождения по добыче нефти (гг. Тарко-Сале и Лянтор). В результате и водопотребление на душу населения в малых городах самое высокое среди всех типов городов. Среди малых городов самое большое количество городов с водопотреблением свыше 10000 л/чел. в сут (рис. 5).

Средние города (50–100 тыс. жителей) отличаются от всех остальных самыми быстрыми темпами сокращения водопотребления — на 30 % к 2017 г.,

в основном в центрах ГРЭС (гг. Назарово, Дзержинский, Кириши, Кстово и Нерюнгри). Из средних городов выделяются центры химических предприятий (гг. Кирово-Чепецк, Губкин и Апатиты), добывающей промышленности (гг. Воркута и Краснокамск), целлюлозно-бумажной промышленности (гг. Краснокамск и Волжск), крупные центры пищевой промышленности (гг. Прохладный и Тимашевск), цветной металлургии (гг. Соликамск и Краснотурьинск). Большая часть промышленности использует воду как охлаждающую или средообразующую, что относительно неопасно. Повышенным уровнем водопотребления характеризуются гг. Дмитров (из-за водозабора канала имени Москвы), гг. Чайковский и Усть-Илимск (ГЭС), а также

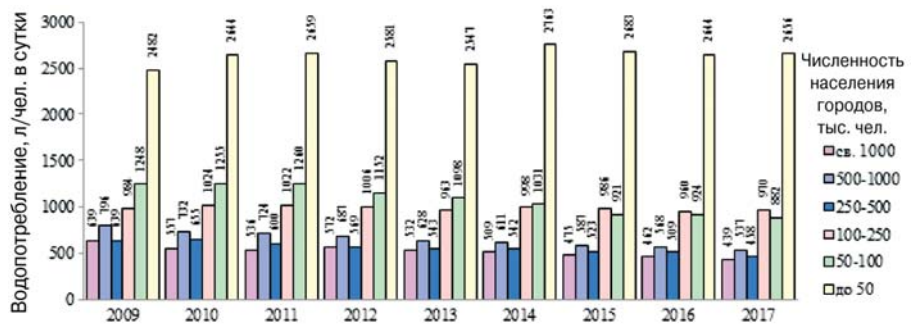
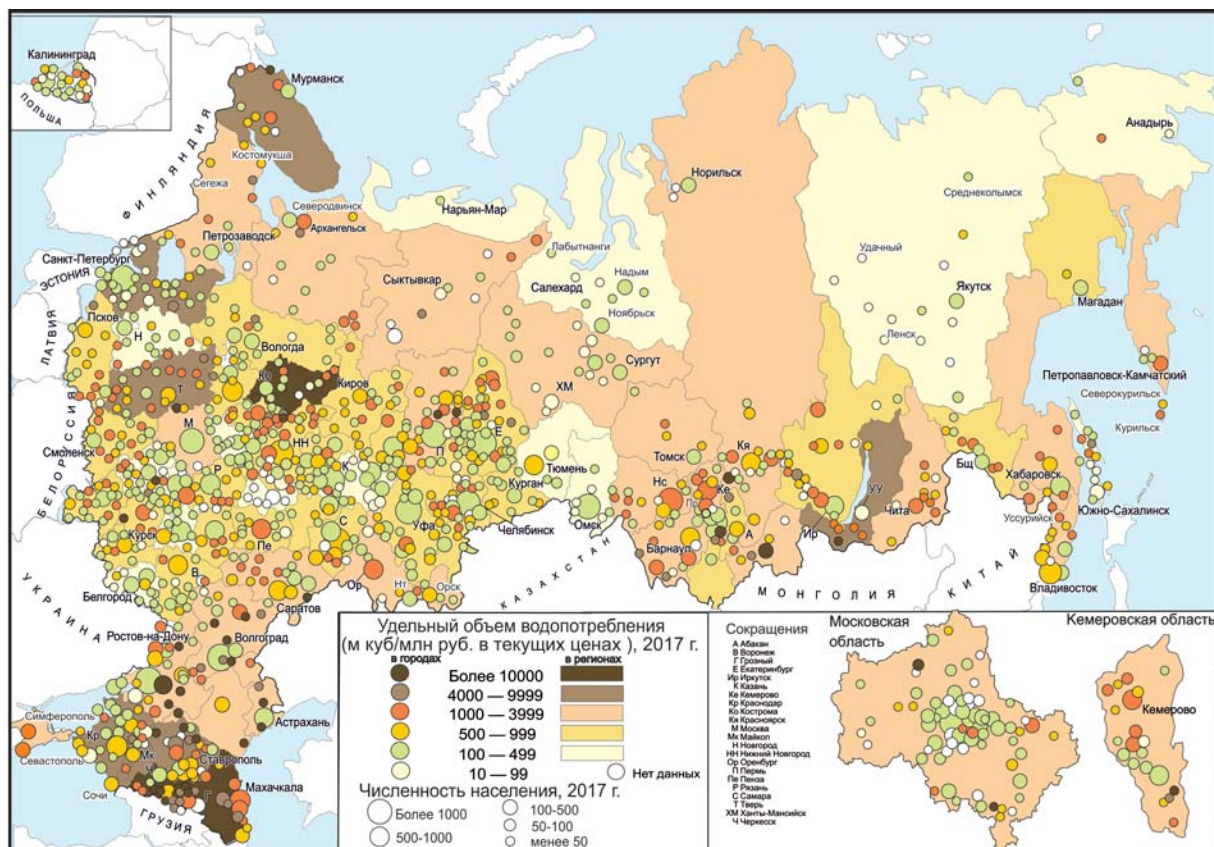


Рис. 6. Динамика водопотребления на душу населения в 2009–2017 гг. (рассчитано по [4, 8])

Fig. 6. Dynamics of water consumption per capita in 2009–2017 (calculated according to [4, 8])



**Рис. 7. Удельное водопотребление в расчете на объем товаров и услуг собственного производства в действующих ценах 2017 г. городов России (рассчитано по [4, 8])**

**Fig. 7. Specific water consumption per volume of goods and services of own production in current prices of 2017 cities of Russia (calculated according to [4, 8])**

города, где расположены водоемкие производства.

Большие города (100–250 тыс. чел.) — единственный тип городов, не сокративших объем водопотребления. В 2010–2011 гг. наблюдался даже рост объемов водопотребления, а показатели на душу населения немного сократились в результате роста населения. Водопотребление больше 1000 л/чел. в сутки характерно только для крупных промышленных центров, как и в предыдущих типах: ГРЭС и АЭС (гг. Новочеркасск и Волгодонск), химической и нефтехимической промышленности (гг. Невинномысск, Ангарск, Бийск, Березники, Дзержинск, Нижнекамск, Новокуйбышевск, Новомосковск и Комсомольск-на-Амуре), металлургии и ЦБК (гг. Норильск и Братск). Судя по специализации большинства городов данного типа в них высокая доля потребления воды в технологических процессах, что максимально опасно с точки зрения загрязнения вод.

Крупные города (250–500 тыс. чел.), в которых проживает 14 % городского населения, характеризуются невысокими объемами водопотребления (7 % общего объема). Главная их особенность — минимальное водопотребление на душу населения, близкое к уровню городов-миллионников (500–600 л/чел. в сут.). Уровень водопотребления повышен лишь в тех региональных центрах, где есть крупные

водоемкие производства, в основном металлургические (гг. Череповец, Нижний Тагил, Магнитогорск, Ставрополь, Архангельск, Чита и др.).

Крупнейшие города (500–1000 тыс. чел.) сократили водопотребление почти так же сильно, как и средние города. В результате их вклад в суммарный водозабор сократился с 10 до 8 %, а душевое водопотребление на 33 %. Их главная особенность — плавная динамика с основным трендом сокращения. Повышенное водопотребление на душу населения характерно для тех центров, где есть крупные предприятия водоемкой отрасли: химической промышленности (гг. Кемерово, Тюмень, Ярославль и Краснодар), металлургии (гг. Новокузнецк), машиностроения (гг. Пенза и Тольятти).

Города-миллионники наиболее водоемкоэффективны. Объем потребленной воды сократился в этой группе городов в среднем на 23 % (рис. 6), в том числе на 40 % в гг. Ростове-на-Дону, Екатеринбурге и Нижнем Новгороде, на 20–30 — в гг. Москве, Омске, Перми, Воронеже, Казани, Санкт-Петербурге и Самаре, на 5–15 % — в гг. Челябинске, Уфе и Новосибирске. Рост наблюдался только в г. Красноярске на 17 %. Водопотребление на душу населения сократилось еще больше, и только в г. Красноярске выросло на 3 %. В результате вклад городов данного типа в объем водопотребления стал в 2 раза

меньше их вклада в численность населения.

Таким образом, промышленность остается ведущим фактором нагрузки на водные ресурсы. Фактически бытовое водопотребление плавно снижается, хотя темпы этого снижения замедлились, но во всех группах выделяются именно те города, где есть крупная промышленность.

По удельному водопотреблению в расчете на объем товаров и услуг собственного производства в действующих ценах 2017 г. российских городов [8] выделяются 34 города (свыше 10000 м<sup>3</sup>/млн руб.), среди которых почти все малые города, более того — в основном это города с населением меньше 20 тыс. чел. Из средних в эту группу попадают гг. Назарово, Прохладный, Дмитров и крупный — Новочеркасск. Таким образом, максимальная водоёмкость продукции характерна для центров дислокации ГРЭС, как самых водоемких предприятий, и мельчайших центров сельскохозяйственных районов с пищевыми предприятиями и очень небольшой стоимостью продукции.

Высокая водоёмкость продукции (1000–10000 м<sup>3</sup>/млн руб.) формируется аналогично в центрах ГРЭС, НПЗ (гг. Кириши и Ангарск), химической промышленности (гг. Дзержинск, Бийск и Кемерово), цветной металлургии (гг. Ачинск и Новосибирск), ЦБК



(г. Архангельск), угольной промышленности и пр. Чем крупнее город, тем более разнообразна его структура производства, больше объем продукции и меньше удельное водопотребление. Поэтому средняя водоёмкость продукции (500–1000 м<sup>3</sup>/млн руб.) характерна для 20 % очень разных по специализации и по людности городов. В этой группе приблизительно по 10 центров каждой отрасли, но преобладают центры машиностроения.

Низкая водоёмкость продукции (500–1000 м<sup>3</sup>/млн руб.) характерна для подавляющего большинства городов, это в основном центры пищевой и добывающей промышленности, машиностроения и деревообработки. Такой уровень водопотребления наблюдается в очень разных городах. Это и региональные столицы с крупными предприятиями НПЗ и химии (гг. Хабаровск, Волгоград, Рязань, Уфа, Пермь, Омск, Казань и Новгород), и малые города с предприятиями цветной металлургии (гг. Гай, Карабаш, Шелехов, Саяногорск, Бокситогорск, Медногорск и Полевской), крупнейший центр по выплавке никеля — г. Норильск, а также очень разные по размеру центры черной металлургии (гг. Нижний Тагил, Магнитогорск, Челябинск, Липецк, Новокузнецк, Старый Оскол, Нижние Серги и Верхняя Салда).

Большинство городов характеризуются водопотреблением на душу населения 100–500 л/чел. в сут и 100–500 м<sup>3</sup>/млн руб. Для крупных городов существует обратная зависимость между душевым водопотреблением и численностью населения города. Для малых городов отсутствие зависимости обусловлено размещением в них крупных электростанций. Удель-

ное водопотребление в расчете на объем продукции также подтверждает, что чем крупнее город, тем более он не только экономически эффективен, но и менее водоемкий относительно своего объема производства. В целом города более эффективны, чем регионы (рис. 7).

Анализ водопотребления на душу населения показал, что оно максимально в центрах энергетики, а водоёмкость производства, напротив, обратно пропорциональна численности населения. Это результат того, что различия в водоёмкости отраслей значительно выше. Различия между отраслевыми моногородами определяются водоёмкостью технологий размещенных там производств. Например, в центрах энергетики водоёмкость производства составляет 9500 м<sup>3</sup>/млн руб., а в центрах целлюлозно-бумажного производства в 10 раз меньше, в то время как различие в водоёмкости этих отраслей составляет 7,5 раз, как было сказано выше.

Таким образом, пространственно-временной анализ современных тенденций водопотребления в России показал, что на фоне в целом позитивного сокращения абсолютного и удельного водопотребления темпы сокращения заметно замедлились в последние годы. Структурные сдвиги также неблагоприятны, так как в отраслях-лидерах удельное водопотребление сокращается в 2 раза медленнее, чем в среднем, а в добывающем сегменте растёт.

Территориальные пропорции и структура водопотребления сохраняются: в южных регионах доминирует сельскохозяйственное водопотребление, в большинстве северных регионов преобладает производ-

ственное водопотребление, а в регионах с крупногородским расселением — хозяйственно-бытовое. Душевое водопотребление также выросло в наименее эффективных регионах: республиках Северного Кавказа, регионах крупных ГРЭС и АЭС (Ленинградская, Костромская, Тверская, Мурманская области), а также в нефтегазовых регионах.

#### Заключение

Для промышленности в целом характерно снижение эффективности водопользования. Новизна данного исследования заключается в выявлении возможного влияния фактора промышленной специализации на устойчивое водопользование территорий РФ. Использование в расчетах в качестве экономического результата натуральных величин позволило выявить завышение эффекта декарпинга при использовании стоимостных показателей из-за роста тарифов на электроэнергию. Полученные результаты могут использоваться при выработке управленческих решений в сфере эколого-экономических взаимодействий, а также в процессе подготовки документов стратегического планирования. Сопоставление темпов экономического развития и водопотребления в разрезе основных видов экономической деятельности может быть полезным при рассмотрении планируемых к реализации в регионах инвестиционных проектов. Повышение рациональности водопользования должно иметь приоритетом снижение потерь воды при транспортировке, сокращение удельного потребления воды в технологических процессах и на хозяйственно-бытовые нужды.

#### Литература

1. Битюкова В.Р. Экологический рейтинг городов России. Экология и промышленность России. 2014. Т. 19. № 3. С. 34–39.
2. "База данных по качеству городской среды Восточного округа Москвы" Свидетельство о регистрации прав на программное обеспечение, базу данных. Авторы: Битюкова В.Р., Власов Д.В., Касимов Н.С., Колдобская Н.А., Кошелева Н.Е., Малхазова С.М., Никифорова Е.М., Хайбрахманов Т.С., Шартова Н.В., Орлов Д.С. Номер: 2012620715 Дата получения: 26 июля 2012 г.
3. База данных и метаданные для стран ОЭСР и отдельных стран, не являющихся членами. [Электронный ресурс]. URL: <https://stats.oecd.org/> (дата обращения 12.10.2018).
4. База данных Федерального агентства водных ресурсов. [Электронный ресурс]. URL: <http://voda.mnr.gov.ru/> (дата обращения 10.09.2018).
5. Основные показатели окружающей среды: статистический бюллетень. М., Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2009, 2011, 2013, 2015, 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения 10.12.2018).
6. Nagvi A., Zwickl K. Fifty shades of green: Revisiting decoupling by economic sector and air pollutants. Ecological Economics. 2017. Vol. 133. P. 111–126.
7. Государственный доклад "О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2016 году". М., НИА-Природа, 2017. 300 с.
8. База данных показателей муниципальных образований. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения 10.12.2018).

#### References

1. Bityukova V.R. Ekologicheskii reiting gorodov Rossii. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2014. T. 19. № 3. S. 34–39.
2. "Baza dannykh po kachestvu gorodskoi sredy Vostochnogo okruga Moskvy" Svidetel'stvo o registratsii prav na programmino obeshchenie, bazu dannykh. Avtory: Bityukova V.R., Vlasov D.V., Kasimov N.S., Koldobskaya N.A., Kosheleva N.E., Malkhazova S.M., Nikiforova E.M., Khaibrakhmanov T.S., Shartova N.V., Orlov D.S. Nomer: 2012620715 Data polucheniya: 26 iyulya 2012 g.
3. Baza dannykh i metadannye dlya stran OESR i otdel'nykh stran, ne yavlyayushchikhsya chlenami. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://stats.oecd.org/> (data obrashcheniya 12.10.2018).
4. Baza dannykh Federal'nogo agentstva vodnykh resursov. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://voda.mnr.gov.ru/> (data obrashcheniya 10.09.2018).
5. Osnovnye pokazateli okruzhayushchei sredy: statisticheskii byulleten'. M., Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki (Rosstat), 2009, 2011, 2013, 2015, 2017. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.gks.ru> (data obrashcheniya 10.12.2018).
6. Nagvi A., Zwickl K. Fifty shades of green: Revisiting decoupling by economic sector and air pollutants. Ecological Economics. 2017. Vol. 133. P. 111–126.
7. Gosudarstvennyi doklad "O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossiiskoi Federatsii v 2016 godu". M., NIA-Priroda, 2017. 300 s.
8. Baza dannykh pokazatelei munitsipal'nykh obrazovaniy. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki (Rosstat). 2017. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.gks.ru> (data obrashcheniya 10.12.2018).