

УДК 504.45; 504.4.062.2; 628.171.033; 502.333; 502.63(2)

ЗОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ ВОЛГИ В ПОСТСОВЕТСКИЙ ПЕРИОД

© 2018 г. Сергей В. Ясинский*, Ирина А. Вишневецкая

Институт географии РАН, Москва, Россия

**E-mail: yasisergej@yandex.ru*

Поступила в редакцию 21.04.2016 г.

Аннотация. Выявлены закономерности динамики показателей водопользования в природных зонах в пределах бассейна Волги в период с 1990 по 2011 г. Рассмотрены три группы показателей: 1 — общий водозабор и водозабор из поверхностных и подземных источников, потери воды при транспортировке; 2 — использование воды в целом и по отдельным отраслям хозяйства (жилищно-коммунальное хозяйство и орошение); 3 — водоотведение сточных вод, в том числе нормативно-очищенных, загрязненных, условно чистых, а также отводимых на рельеф местности. Во всех природных зонах и в бассейне Волги в целом произошло существенное сокращение общего водозабора из всех видов источников, в среднем на 35%. Пропорционально ему произошло снижение и всех остальных показателей использования водных ресурсов: забора воды из поверхностных и подземных водных источников, ее использования в отраслях, водоотведения сточных вод. Сокращение водопользования в наибольшей степени проявляется в зоне широколиственных и смешанных лесов. Учет природной зональности в использовании водных ресурсов речных систем крайне важен для целей мониторинга и проектирования социально-экономического развития территории.

Ключевые слова: природные зоны, бассейн Волги, водозабор, поверхностные источники, подземные источники, использование воды, отрасли хозяйства, сброс сточных вод.

DOI: 10.7868/S2587556618010071

Zonal features of the dynamics of water use in the Volga basin in the post-Soviet period

Sergei V. Yasinsky* and Irina A. Vishnevskaya

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**E-mail: yasisergej@yandex.ru*

Received April 21, 2016

Abstract. The regularities of the dynamics of indicators for water use in natural zones of the Volga basin in the post-Soviet period (1990–2011) were found out. Three groups of such indicators were viewed: 1 — total water intake and water intake from surface and underground sources and the losses during transport; 2 — total water use and its use in various sectors of economy — housing and communal services and irrigation; 3 — wastewater discharge, including regulatory purified, contaminated and relatively clean waters and wastewater discharge on the terrain. In all natural zones and in the entire Volga basin the significant reduction of total intake from all sources took place, by a mean of 35%. The decrease of all other indicators of water resources use was proportionally to the total intake: water intake from surface and underground water sources, water use in various sectors of economy, and wastewater discharge. The reduction in water use is mostly manifested in broad-leaved and mixed forests zone. The account of natural zonality in the use of water resources in river systems is essential for monitoring and designing the socioeconomic development of the territory.

Keywords: natural zones, the Volga basin, water intake, surface sources, underground sources, water use, sectors of economy, wastewater discharge.

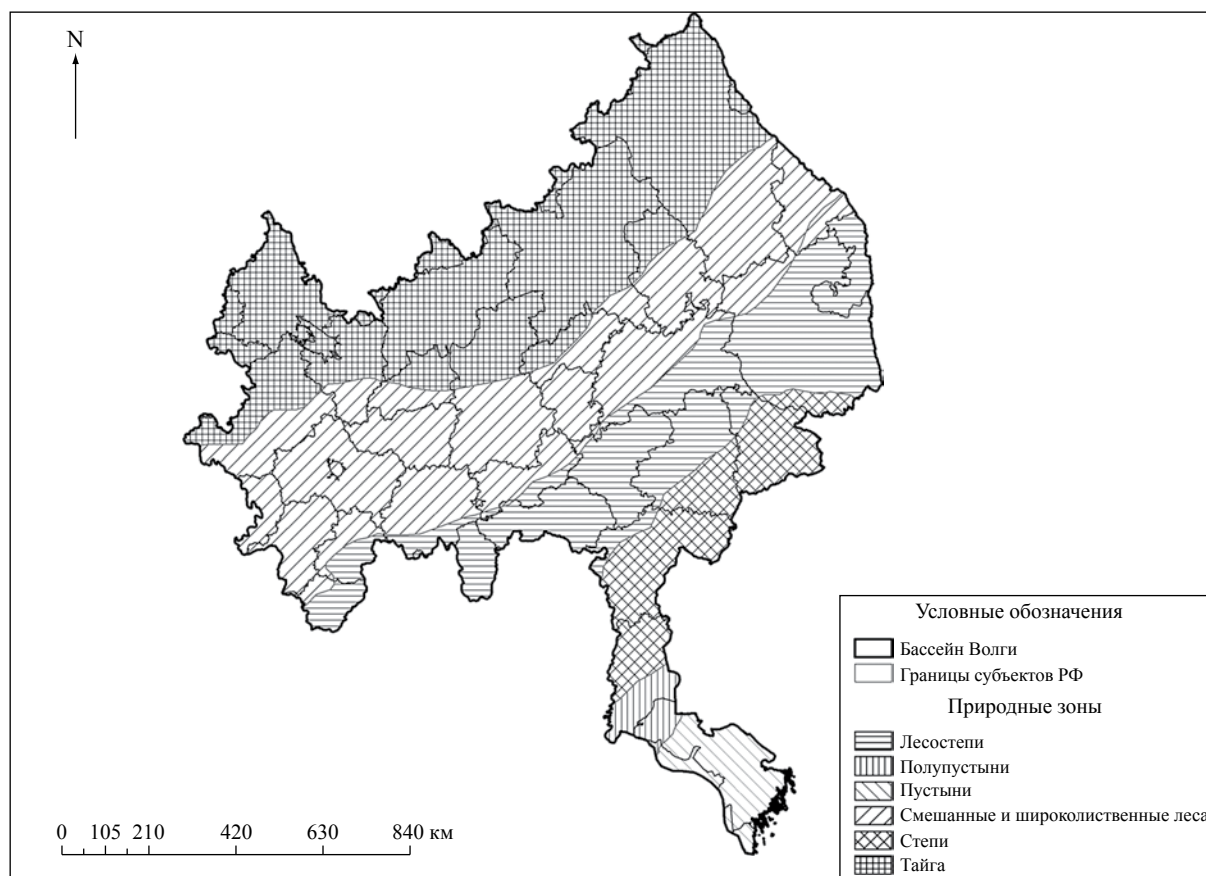


Рис. 1. Природные зоны в бассейне Волги.

Использование водных ресурсов — один из важнейших показателей экономико-экологического состояния и развития хозяйственного комплекса и его отраслей. Анализ изменений ряда показателей, характеризующих использование водных ресурсов в отдельных регионах, речных бассейнах и страны в целом, посвящено большое количество исследований, в значительной степени обобщенных в [1, 3, 8, 10, 11].

Водосборы крупных речных систем, к которым относится Волга, а также таких территориально-административных образований, как федеральные округа и даже некоторые субъекты РФ, расположены не в одной, а в нескольких природных зонах. Особенности формирования режимов тепла и влаги обуславливают не только специфику ландшафтных условий этих природных зон, но также условия и характер ведения хозяйственной деятельности на их территориях, в том числе и в использовании водных ресурсов [7]¹. Однако

учет природной зональности в использовании водных ресурсов речных систем до настоящего времени не проводился. Это обстоятельство не обеспечивает полного комплексного представления о вкладе каждой из природных зон в общее использование водных ресурсов и не позволяет в полной мере раскрыть пространственные и временные закономерности изменений ресурсов во всей речной системе. Однако такие оценки крайне важны для проектирования социально-экономического развития территории.

Природная зональность бассейна Волги и его административно-территориальный разрез. Река Волга является крупнейшим водным объектом на европейской территории РФ, ее бассейн имеет площадь ~1500000 км², он расположен в 6 природных зонах (рис. 1).

Выделение природных зон в бассейне Волги проведено на основе ландшафтной карты СССР, составленной коллективом авторов под руководством В.А. Николаева и представленной в электронном виде Почвенным институтом РАН [6]. Карта отображает природно-территориальные комплексы регионального порядка. Она составлена путем

¹ Зайцева И.С. Роль природных факторов при антропогенном изменении водных ресурсов малых рек Русской равнины // Вопросы географии. Малые реки. Сб. 118. М.: Мысль, 1981. С. 93–97.

Таблица 1. Природные зоны в бассейне Волги*

Природная зона	Площадь в бассейне Волги, км ²	% от общей площади бассейна Волги
Тайга	462 320.89	32.3
Смешанные и широколиственные леса	465 958.33	32.6
Лесостепи	300 690.54	21.0
Степи	127 994.19	8.9
Полупустыни	22 796.67	1.6
Пустыни	46 713.7	3.3
Бассейн Волги	1 430 937.21	100

*Площади природных зон рассчитаны средствами ArcGIS9.3.1.

Таблица 2. Субъекты РФ и площадь природных зон в бассейне Волги²

№	Субъект федерации	Площадь субъекта в пределах бассейна Волги, км ²	Тайга, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Смешанные и широколиственные леса, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Лесостепи, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Степи, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Полупустыни, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Пустыни, км ² (% площади субъекта в природной зоне)
	<i>Всего по бассейну</i>	—	462320.89	465958.33	300690.54	127994.19	22796.67	46713.7
1	Брянская обл.	289.81	—	289.81 (100)	—	—	—	—
2	Владимирская обл.	29020.05	—	29020.05 (100)	—	—	—	—
3	Ивановская обл.	21524.22	10868.71 (50.5)	10655.5 (49.5)	—	—	—	—
4	Калужская обл.	24661.37	—	24661.37 (100)	—	—	—	—
5	Костромская обл.	59247.4	59247.4 (100)	—	—	—	—	—
6	Курская обл.	—	—	—	—	—	—	—
7	Липецкая обл.	344.61	—	—	344.61 (100)	—	—	—
8	Московская обл.	45718.49	—	45718.49 (100)	—	—	—	—
9	Орловская обл.	14342.09	—	3069.04 (21.4)	11279.77 (78.6)	—	—	—
10	Рязанская обл.	37926.49	—	29819.58 (78.6)	8106.91 (21.4)	—	—	—

² Табл. 2–7 составлены по данным: Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2011 г. / Стат. сб. / Ред. Н.Г. Рыбальский, А.А. Думнов. М.: НИИ-Природа, 2012. 268 с.

Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. М.: Госкомстат России, 2002. 732 с.; 2005. 687 с.

Регионы России. Стат. сб. Т. 2. М.: Госкомстат России, 1999. 689 с.

Регионы России. Основные социально-экономические показатели. М.: Госкомстат России, 2006. 747 с.

Российский статистический ежегодник. М.: Госкомстат России, 1994. 799 с.; 1995. 976 с.; 1996. 1202 с.; 1997. 749 с.; 1999. 976 с.

Таблица 2. Продолжение

№	Субъект федерации	Площадь субъекта в пределах бассейна Волги, км ²	Тайга, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Смешанные и широколиственные леса, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Лесостепи, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Степи, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Полупустыни, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Пустыни, км ² (% площади субъекта в природной зоне)
11	Смоленская обл.	12372.4	—	12372.4 (100)	—	—	—	—
12	Тамбовская обл.	14064.08	—	—	14064.08 (100)	—	—	—
13	Тверская обл.	58639.45	31660.33 (54.0)	26979.12 (46.0)	—	—	—	—
14	Тульская обл.	19098.34	—	10282.91 (53.8)	8815.42 (46.2)	—	—	—
15	Ярославская обл.	32442.48	23110.22 (71.2)	9332.26 (28.8)	—	—	—	—
16	г. Москва	—	—	1037.27 (100)	—	—	—	—
17	Респ. Коми	6288.7	6288.7 (100)	—	—	—	—	—
18	Вологодская обл.	53850.24	53875.89 (100)	—	—	—	—	—
19	Ленинградская обл.	4869.4	4869.4 (100)	—	—	—	—	—
20	Новгородская обл.	6673.91	6673.91 (100)	—	—	—	—	—
21	г. Санкт-Петербург	—	—	—	—	—	—	—
22	Респ. Калмыкия	9362.15	—	—	—	—	582.51 (6.2)	8754.6 (93.5)
23	Астраханская обл.	45576.08	—	—	—	—	7639.73 (16.8)	37959.1 (83.3)
24	Волгоградская обл.	34047.84	—	—	—	19473.41 (57.2)	14574.43 (42.8)	—
25	Респ. Башкортостан	111895.12	—	13753.57 (12.3)	88976.69 (79.5)	9164.86 (8.2)	—	—
26	Респ. Марий Эл	23358.89	9413.53 (40.3)	13945.35 (59.7)	—	—	—	—
27	Респ. Мордовия	26031.8	—	19831.37 (76.2)	6200.43 (23.8)	—	—	—
28	Респ. Татарстан	67597.26	—	36944.74 (54.7)	30652.51 (45.3)	—	—	—
29	Удмуртская Респ.	41902.17	13024.42 (31.1)	28877.74 (68.9)	—	—	—	—
30	Чувашская Респ.	18270.17	—	18270.17 (100)	—	—	—	—
31	Кировская обл.	108292.81	100015 (92.4)	8277.82 (7.6)	—	—	—	—
32	Нижегородская обл.	76365.72	31427.31 (41.2)	44938.41 (58.8)	—	—	—	—

Таблица 2. Окончание

№	Субъект федерации	Площадь субъекта в пределах бассейна Волги, км ²	Тайга, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Смешанные и широколиственные леса, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Лесостепи, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Степи, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Полупустыни, км ² (% площади субъекта в природной зоне)	Пустыни, км ² (% площади субъекта в природной зоне)
33	Оренбургская обл.	38861.62	—	—	5280.05(13.6)	33581.56 (86.4)	—	—
34	Пензенская обл.	32721.01	—	287.66 (0.9)	32433.35 (99.1)	—	—	—
35	Пермский край	158529.47	109516.78 (69.1)	49014.98 (30.9)	—	—	—	—
36	Самарская обл.	53344.05	—	—	32974.86 (61.8)	20369.19 (38.2)	—	—
37	Саратовская обл.	53082.38	—	—	7677.21 (14.5)	45405.17 (85.5)	—	—
38	Ульяновская обл.	37147.32	—	1073.41 (2.9)	36073.9 (97.1)1	—	—	—
39	Свердловская обл.	29885.97	2329.29 (7.8)	27505.31 (92.2)	—	—	—	—
40	Челябинская обл.	17810.74	—	—	17810.74 (100)	—	—	—

генерализации ландшафтных карт среднего масштаба с использованием топографических и тематических (геоморфологических, почвенных, растительности) карт. Для составления карты использовались материалы полевых исследований, аэрофотосъемки и космической съемки.

В табл. 1 приведены сведения о площади распространения каждой из природных зон в бассейне Волги. Из нее видно, что наибольшие и почти одинаковые по площади территории занимают тайга и смешанные и широколиственные леса, наименьшие — полупустыни и пустыни. 21% площади занимает лесостепь, играющая важную буферную роль между залесенными и безлесными территориями.

В бассейне Волги полностью или частично расположены 5 федеральных округов РФ и 39 субъектов РФ (табл. 2). В [3] подробно обсуждалась возможность включения в бассейн Волги Курской области, занимающей лишь 2% его территории, но это признано нецелесообразным.

Из табл. 2 видно, что в зоне тайги расположено 14 субъектов РФ, из них полностью — только 5. Значительные площади тайга занимает в Кировской и Ярославской областях — 92 и 71% территории соответственно, а также в Пермском крае — 69%.

В зоне смешанных и широколиственных лесов расположено больше всего субъектов РФ — 24, из них полностью только 7. На эту зону приходится по 60–70% территории субъектов РФ, расположенных на Средней Волге — Республик Марий Эл, Мордовии, Татарстана, Удмуртии, а также Рязанской, Нижегородской и Свердловской областей. Наименьшие площади занимает эта зона в регионах, граничащих с зоной тайги на севере бассейна (Кировская и Ярославская области) и с зоной лесостепи (Орловская, Пензенская, Ульяновская области и Республика Башкортостан).

В лесостепной зоне полностью расположены только 3 субъекта РФ — Липецкая, Тамбовская и Челябинская области. На эту зону приходится около 80% территории Орловской, Пензенской и Ульяновской областей, а также Республики Башкортостан.

В степной зоне полностью не расположен ни один субъект РФ. Ландшафты этой зоны занимают более 80% площади Оренбургской и Саратовской областей.

В зоны полупустынь и пустынь также полностью не входит ни один субъект РФ. Большие площади занимают пустынные ландшафты в Астраханской области (83.3%) и Республике Калмыкия (93.5%).

Таблица 3. Общий водозабор и забор воды из различных источников в природных зонах бассейна Волги, км³

	1990 г.			1990 г. (%)			2011 г.			2011 г. (%)			Разность 2011–1990 гг. по абсолютным показателям		
	Общий водозабор	Из поверхностных источников	Из подземных источников	Общий водозабор (доля в % от всего бассейна)	Из поверхностных источников (% от общего водозабора по зоне)	Из подземных источников (% от общего водозабора по зоне)	Общий водозабор	Из поверхностных источников	Из подземных источников	Общий водозабор (доля в % от всего бассейна)	Из поверхностных источников (% от общего водозабора по зоне)	Из подземных источников (% от общего водозабора по зоне)	Общий водозабор	Из поверхностных источников	Из подземных источников
Природная зона															
Тайга	8.86	8.24	0.62	26.1	93.0	7.0	6.41	6.01	0.39	29.8	93.8	6.2	–2.46	–2.23	–0.23
Смешанные и широколиственные леса	13.47	10.75	2.68	39.7	79.8	19.9	9.76	7.69	2.06	45.4	78.8	21.1	–3.71	–3.06	–0.61
Лесостепи	4.72	3.35	1.34	13.9	70.9	28.4	2.47	1.66	0.79	11.5	67.5	31.9	–2.26	–1.68	–0.55
Степи	3.12	2.74	0.37	9.2	88.1	11.9	1.60	1.42	0.18	7.4	89.0	11.0	–1.51	–1.32	–0.19
Полупустыни	0.88	0.85	0.029	2.6	96.7	3.3	0.37	0.34	0.093	1.6	97.2	2.7	–0.54	–0.52	–0.019
Пустыни	2.87	2.86	0.012	8.5	99.6	0.4	0.94	0.93	0.013	4.3	99.9	0.1	–1.94	–1.93	–0.010
Всего по бассейну Волги	33.93	28.8	5.05	100	–	–	21.51	18.06	3.43	100	–	–	–12.42	–10.74	–1.62

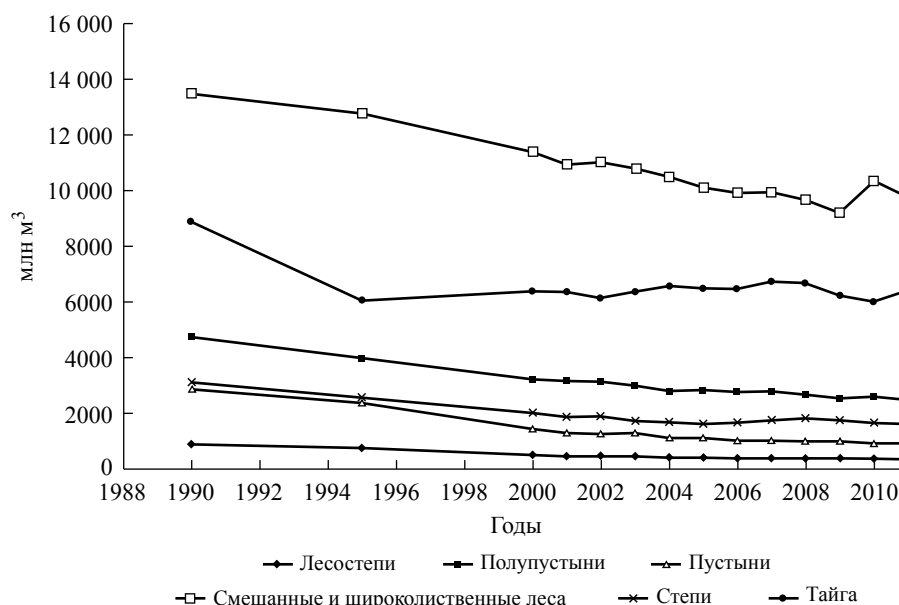


Рис. 2. Динамика общего водозабора из всех видов источников в бассейне Волги³.

В целом из 39 субъектов РФ в бассейне Волги полностью расположено только 15. Остальные 24 региона входят в его территорию лишь частично. Такое положение существенно затрудняет оценку величины водных ресурсов, а также прямых и косвенных антропогенных нагрузок на них — как в отдельных речных бассейнах, составляющих гидрографическую сеть, так и бассейна Волги в целом. Это затрудняет выполнение Водного кодекса РФ (2006), в котором декларируется, что управление водными ресурсами должно основываться на бассейновом принципе [2]. Для решения этой проблемы необходима разработка методов и технологий перевода и агрегирования разнообразной гидрометеорологической информации, а также данных водохозяйственной статистики и земельного кадастра — от субъектов РФ на уровень речных бассейнов и речных систем; некоторые из этих методов приведены в [13].

Исходные данные. Для анализа различных аспектов использования водных ресурсов в природных зонах бассейна Волги использовались данные водохозяйственной статистики за 1990–2011 гг., т.е. практически за весь постсоветский период. В динамике экономических показателей 1989 г. был последним, когда еще наблюдался их незначительный рост. Поэтому 1990 г. берется за начало отсчета, когда величина водопотребления была наибольшей за весь предыдущий период [8]. За 1990–2000 гг. использовались данные, приведенные в справочных изданиях. С 2000 г. эти данные по субъектам РФ и по отдельным речным бассейнам публикуются в специализированных статистических сборниках по водному хозяйству. Данные об использовании воды в каждом из субъектов РФ вносились в специализированную базу данных, в которой усреднялись для каждой природной зоны, с учетом доли площади, занимаемой в ней каждым из регионов.

Водозабор из поверхностных и подземных источников. Одной из основных характеристик использования водных ресурсов является общий водозабор из поверхностных и подземных водных источников.

Распределение общего водозабора по природным зонам бассейна Волги приведено в табл. 3 и на рис. 2. Из этих данных видно, что наибольший вклад в общий водозабор во всем бассейне вносят зоны смешанных и широколиственных лесов и тайги. Это, несомненно, обусловлено концентрацией в них большого количества крупных

³ Рис. 2–4 составлены по данным: Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2011 г. // Стат. сб. / Ред. Н.Г. Рыбальский, А.А. Думнов. М.: НИИ-Природа, 2012. 268 с. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. М.: Госкомстат России, 2002. 732 с.; 2005. 687 с. Регионы России. Стат. сб. Т. 2. М.: Госкомстат России, 1999. 689 с. Регионы России. Основные социально-экономические показатели. М.: Госкомстат России, 2006. 747 с. Российский статистический ежегодник. М.: Госкомстат России, 1994. 799 с.; 1995. 976 с.; 1996. 1202 с.; 1997. 749 с.; 1999. 976 с.

Таблица 4. Использование воды в природных зонах бассейна Волги, км³

	1990 г.				2011 г.				Разность 2011–1990 гг. по абсолютным показателям			
	1990 г. в % от всей использованной воды в зоне				2011 г. в % от всей использованной воды в зоне							
Природная зона	1990 г.				2011 г.				Разность 2011–1990 гг. по абсолютным показателям			
	Всего использовано	На производственные нужды	На хозяйственно-питьевые нужды	На орошение	Всего использовано (в % от общего использования по бассейну)	На производственные нужды	На хозяйственно-питьевые нужды	На орошение	Всего использовано	На производственные нужды	На хозяйственно-питьевые нужды	На орошение
Тайга	8.16	7.04	1.04	0.04	28.0	86.2	12.8	0.6	5.73	5.04	0.57	0.0013
Смешанные и широколиственные леса	11.7	6.80	3.95	0.28	40.0	58.3	33.9	2.4	7.82	4.09	2.29	0.016
Лесостепи	4.23	2.02	1.09	0.48	14.7	47.3	25.4	11.3	2.09	1.07	1.03	0.042
Степи	2.42	1.16	0.41	0.56	8.3	48.0	17.1	23.0	1.23	0.74	0.29	0.11
Полупустыни	0.61	0.07	0.06	0.37	2.1	12.2	9.4	60.3	0.27	0.033	0.038	0.16
Пустыни	2.01	0.16	0.09	1.39	6.9	8.1	4.7	69.6	0.93	0.081	0.046	0.65
Всего по бассейну Волги	29.15	17.26	6.65	3.13	—	—	—	—	18.08	11.06	4.20	0.97

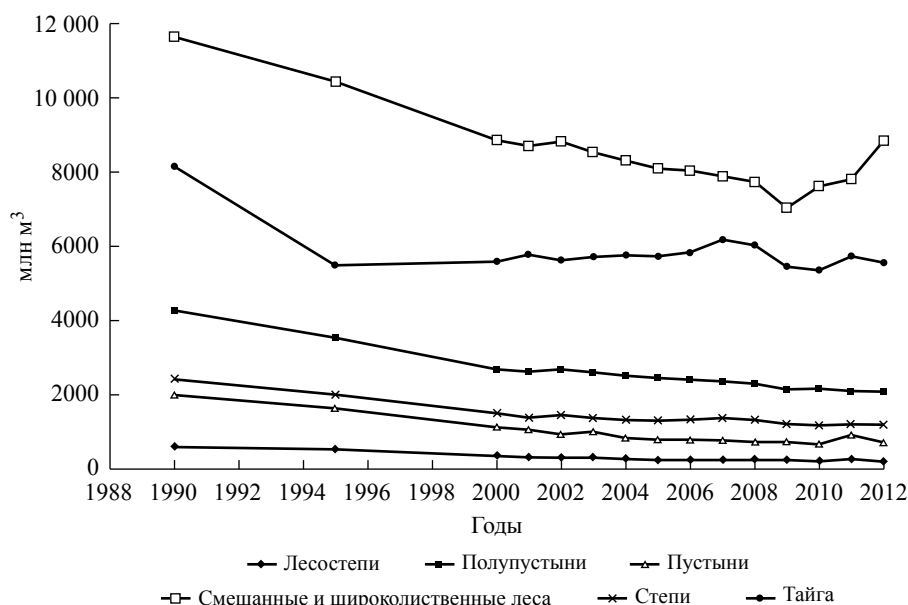


Рис. 3. Динамика использования воды в природных зонах бассейна Волги.

субъектов РФ. Вклад таких природных зон, как лесостепь и степь, примерно одинаков и отличается между собой всего на 4%. Причем эта величина не меняется в течение всего рассматриваемого периода. Водозабор в пустынях существенно больше, чем в зоне полупустынь, а разница между его объемами в этих зонах в 1990 г. составляла значительные 2 км³.

В [4] показано, что в бассейне Волги коэффициент использования водных ресурсов, представляющий собой отношение (в процентах) величины полного водопотребления к возобновляемым водным ресурсам для отдельных регионов, речных бассейнов и всего этого водосбора, постоянно уменьшается. Это объясняется совместным влиянием изменений климата, выражающимся в увеличении минимального стока за счет более интенсивного питания подземных вод, и снижением водопотребления в различных отраслях хозяйства. Данные, приведенные в табл. 3 и на рис. 2, действительно это подтверждают. Уменьшение общего водозабора произошло во всех природных зонах. В целом по всему бассейну Волги его величина сократилась на 36.5%. Из них наибольшее снижение водозабора пришлось на зону смешанных и широколиственных лесов. В абсолютных цифрах это уменьшение составило 3.7 км³, однако вклад этой природной зоны в общий водосбор всего бассейна Волги возрос по сравнению с 1990 г. и составил 45%. Это свидетельствует о том, что в других природных зонах

уменьшение общего водозабора было еще существеннее, чем в рассматриваемой природной зоне.

Водозабор из поверхностных источников является одним из основных показателей использования водных ресурсов. Его доля в общем водозаборе не меняется в течение рассматриваемого периода и составляет для всего бассейна Волги 84–85%. Приведенные данные свидетельствуют о том, что во всех природных зонах водозабор из этих источников является определяющим. Так же как и общий водозабор, водозабор из поверхностных источников для всего бассейна Волги уменьшился на 35%. По абсолютной величине наибольшее снижение произошло в зоне смешанных и широколиственных лесов (на 3 км³), а по относительной величине — в лесостепной зоне (на 3.4%).

Доля водозабора из подземных источников в общей величине водозабора для всего бассейна Волги практически не менялась в период 1990–2011 гг. и составляла 15–16%. В начале рассматриваемого периода по абсолютной величине наибольший водозабор из этих источников отмечался для зоны смешанных и широколиственных лесов, а по относительной — для зоны лесостепи (28.4%). Со временем, несмотря на снижение абсолютных показателей этого водозабора, относительный водозабор подземных вод возрос во всех природных зонах, кроме тайги. В наибольшей степени он возрос в зоне лесостепи, что, вероятно, связано с неудовлетворительным качеством поверхностных водных источников и ростом численности

городского населения, использующего, как правило, воду из подземных источников.

Использование водных ресурсов в различных отраслях. Представление об использовании воды в целом для всех отраслей за рассматриваемый период дают табл. 4 и рис. 3. Из приведенных данных видно, что наибольшее водопотребление отмечено для зоны смешанных и широколиственных лесов. В течение всего рассматриваемого периода оно снижалось во всех природных зонах. Однако доля водопотребления в зонах тайги и смешанных и широколиственных лесов выросла в процентном отношении на 3.7 и 3.2% соответственно. В остальных природных зонах эта доля существенно уменьшилась, в наибольшей степени — в лесостепи.

Вода, забранная из различных источников, не вся доходит до потребителей. Часть ее теряется при транспортировке (табл. 5). Потери воды для всего бассейна Волги составляют значительную величину — почти 1.4 км³, в конце рассматриваемого периода она снизилась до 1.15 км³. Однако если в 1990 г. наибольшие потери были в зоне пустынь, которые составляли 44%, то в 2011 г. их наибольшая величина отмечена для зоны смешанных и широколиственных лесов (почти 53% от всех потерь в бассейне Волги). Существенно возросли потери воды также в зонах тайги и лесостепи.

Важная статья использования водных ресурсов, учитываемая водохозяйственной статистикой, — это расход воды на производственные нужды. Под ними в обобщенном виде понимается расход воды предприятиями промышленности, транспорта, энергетики, сельским хозяйством и другими отраслями. В течение всего

рассматриваемого периода наибольшее использование воды на эти цели отмечается для зоны тайги, причем в 2011 г. ее доля возросла до 88%. Велик вклад использования воды на производственные нужды и в других природных зонах. В степной зоне использование воды на эти цели в 1990 г. на 10% уступало такой доле в зоне смешанных и широколиственных лесов. Но в 2011 г. соответствующие доли сильно изменились и составили 59.9% в степях и 52.4% в лесной зоне. В целом по всему бассейну Волги использование воды на производственные нужды не намного, но возросло — с 59% в начале постсоветского периода до 61% в 2011 г. Возможными причинами изменений в использовании воды на производственные нужды, в частности в промышленности, является, с одной стороны, закрытие или перепрофилирование нерентабельных водоемких производств, с другой — появление новых высокотехнологичных и наукоемких предприятий, ориентированных на уменьшение водоемкости и большей экологизации производства [9].

Одним из важных индикаторов развития городов и других населенных пунктов являются данные об использовании воды на хозяйственно-питьевые нужды. В общем объеме использования воды во всем бассейне вклад этого вида ее применения не меняется со временем и составляет 22–23%. По абсолютным показателям оно снизилось для всего бассейна почти на 2.5 км³. В природных зонах, расположенных на севере бассейна — в зонах тайги и смешанных и широколиственных лесов, произошло существенное снижение как абсолютных, так и относительных показателей. В природных зонах, расположенных южнее, отмечается значительный рост использования воды на эти цели в относительных

Таблица 5. Потери воды в природных зонах бассейна Волги, км³

Природная зона	1990 г.	1990 г. (в % от всех потерь по бассейну)	2011 г.	2011 г. (в % от всех потерь по бассейну)	Разность 2011–1990 гг. по абсолютным показателям	Разность 2011–1990 гг., %
Тайга	0.10	7.72	0.14	11.87	0.03	4.1
Смешанные и широколиственные леса	0.24	17.99	0.61	52.80	0.36	34.8
Лесостепи	0.13	9.64	0.21	18.53	0.08	8.8
Степи	0.13	9.75	0.12	10.62	–0.011	0.8
Полупустыни	0.15	10.78	0.035	3.10	–0.11	–7.6
Пустыни	0.60	43.99	0.035	3.07	–0.56	–40.9
Всего по бассейну Волги	1.36	—	1.15	—	–0.21	—

Таблица 6. Водоотведение в природных зонах бассейна Волги, км³

Природная зона	1990 г.						2011 г.						Разность 2011–1990 гг. по абсолютным показателям					
	Всего сброшено	Сброс нормативно-очищенных вод	Сброс загрязненных вод	Сброс воды без очистки	Сброс условно чистой воды	Сброс воды на рельеф	Всего сброшено	Сброс нормативно-очищенных вод	Сброс загрязненных вод	Сброс воды без очистки	Сброс условно чистой воды	Сброс воды на рельеф	Всего сброшено	Сброс нормативно-очищенных вод	Сброс загрязненных вод	Сброс воды без очистки	Сброс условно чистой воды	Сброс воды на рельеф
Тайга	7.64	0.24	1.83	0.44	1.39	5.57	3.96	0.05	0.78	0.17	0.61	3.13	-3.68	-0.18	1.05	-0.27	-0.78	-2.44
Смешанные и широколиственные леса	9.85	0.56	5.72	0.63	5.09	3.56	5.72	0.18	3.49	0.26	3.23	2.05	-4.13	-0.38	2.23	-0.37	-1.85	-1.52
Лесостепи	2.67	0.16	2.0	0.48	1.53	0.51	1.68	0.12	1.16	0.12	1.04	0.40	-0.99	-0.041	-0.84	-0.35	-0.49	-0.01
Степи	1.37	0.08	0.69	0.23	0.46	0.59	0.87	0.11	0.24	0.022	0.22	0.52	-0.49	0.029	-0.45	-0.21	-0.24	-0.06
Полупустыни	0.22	0.001	0.052	0.009	0.04	0.17	0.052	0.002	0.031	0.003	0.03	0.02	-0.17	0.0004	-0.02	-0.006	-0.02	-0.02
Пустыни	0.89	0.008	0.078	0.006	0.07	0.80	0.143	0.002	0.062	0.004	0.06	0.08	-0.74	-0.005	-0.016	-0.002	-0.02	-0.72
Всего по бассейну Волги	22.63	1.06	10.38	1.79	8.59	11.19	12.48	0.47	5.76	0.58	5.19	6.24	-10.2	-0.59	4.62	-1.22	-3.40	-4.94

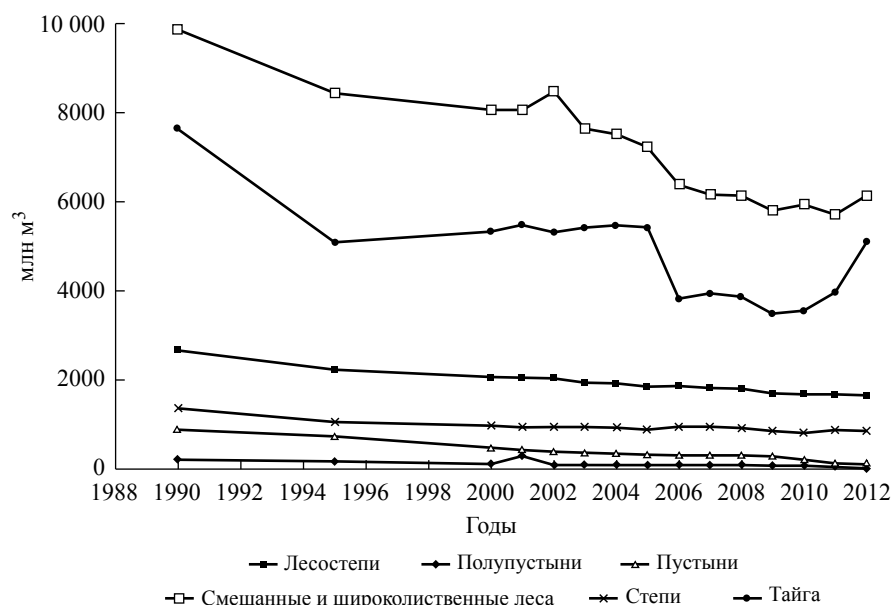


Рис. 4. Водоотведение сточных вод в природных зонах бассейна Волги.

показателях, особенно в лесостепи — на 24%. Вероятно, значительное снижение использования воды в ЖКХ связано с проведением комплекса водосберегающих мероприятий в городах и поселках (прокладка новых водопроводных сетей, более полный учет воды и др.), а также экономия воды в связи с ростом платежей за ее использование.

Начиная с 2002 г. во многих городах за счет привлечения бюджетных средств субъектов РФ и муниципальных образований, внебюджетных источников, займов и других инвестиций проводится комплекс водосберегающих мероприятий по рациональному расходованию воды в жилищном фонде. Эксперимент по внедрению частичного комплекса этих мероприятий (без установок квартирных счетчиков и регуляторов расхода воды) показал, что удельное водопотребление снизилось на 45%. Механизм платного водопользования, внедренный в водоканалах Москвы, Санкт-Петербурга, Самары и других городов, способствует развитию водопроводно-канализационного хозяйства, сокращению непроизводительных потерь воды, надежности водообеспечения населения [5]. Низкие значения удельного водопотребления характерны для районов с малой водообеспеченностью и сравнительно невысоким уровнем благоустройства.

При производстве сельскохозяйственной продукции значительные объемы воды используются для орошения полей. За рассматриваемый период расход воды на эти цели во всем бассейне

Волги существенно снизился как по абсолютным, так и по относительным показателям с 11 до 5%, что, вероятно, вызвано сокращением общей площади орошаемых полей. Наибольшее сокращение произошло в зонах степи и лесостепи (на 14 и 9.3% соответственно). В зонах пустынь и полупустынь в относительных показателях оно сохранилось на уровне 1990 г. Традиционно небольшой объем воды на эти цели в зоне тайги сократился до нуля, а в зоне смешанных и широколиственных лесов снизился почти на 1 км³.

Водоотведение сточных вод. После использования в различных производственных процессах вода сбрасывается обратно в водные объекты, проходя различные стадии очистки на локальных или магистральных очистных сооружениях. Данные об общем водоотведении сточных вод по природным зонам и во всем бассейне Волги приведены в табл. 6 и на рис. 4.

Для всего бассейна доля сброшенных в водные объекты сточных вод от общего объема используемой воды уменьшилась с 77% в начале периода до 69% в его конце, т.е. почти на 10%. Наибольший вклад в общий сброс сточных вод вносят лесные зоны. В этих же зонах отмечается и наибольшее снижение сброса этих вод по абсолютным показателям. Следует отметить, что в зоне пустынь объем сброса сточных вод не намного, но больше, чем в зоне полупустынь.

Общий объем водоотведения в поверхностные водные объекты представляет собой сумму объемов нормативно-очищенных и загрязненных

Таблица 7. Водоотведение в природных зонах бассейна Волги, км³ (в отношении ко всей сброшенной воде в природной зоне)

Природная зона	1990 г.						2011 г.					
	в % от всей сброшенной воды в зоне						в % от всей сброшенной воды в зоне					
	Всего сброшено (в % от общего сброса по бассейну)	Сброс нормативно-очищенных вод	Сброс загрязненных вод	Сброс воды без очистки	Сброс условно чистой воды	Сброс воды на рельеф	Всего сброшено (в % от общего сброса по бассейну)	Сброс нормативно-очищенных вод	Сброс загрязненных вод	Сброс воды без очистки	Сброс условно чистой воды	Сброс воды на рельеф
Тайга	33.7	3.1	24.0	5.8	18.2	72.9	31.7	1.3	19.68	4.24	15.4	79.0
Смешанные и широколиственные леса	43.5	5.7	58.1	6.4	51.7	36.2	45.8	3.17	61.06	4.51	56.5	35.8
Лесостепи	11.8	6.0	75.0	17.8	57.2	18.9	13.5	7.13	68.93	7.29	61.6	23.9
Степи	6.0	6.0	50.9	17.1	33.8	43.1	7.0	12.8	27.45	2.52	24.9	59.7
Полупустыни	1.0	0.7	23.7	4.1	19.6	75.6	0.4	3.94	60.19	5.70	54.5	35.9
Пустыни	3.9	0.9	8.9	0.7	8.2	90.3	1.1	1.67	43.20	2.62	40.6	55.1

сточных вод. В свою очередь загрязненные сточные воды подразделяются на условно-чистые и сброшенные без очистки. Нормативно-очищенные сточные воды – это стоки, которые прошли очистку на соответствующих сооружениях и отведение которых в водные объекты не приводит к нарушению нормативного качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования. Условно-чистые сточные воды – это оборотная вода, используемая для охлаждения (ТЭЦ, ГЭС, АЭС, мойка транспорта и др.) и, как правило, не требующая дополнительной очистки.

Данные об объемах сброса нормативно-очищенных сточных вод и его доле в той или иной природной зоне от общего объема всей сброшенной воды приведены в табл. 7. Они свидетельствуют о том, что величина этого объема в 1990 г. очень мала, а за рассматриваемый период она уменьшилась в целом по бассейну по абсолютным показателям практически в 2 раза. В наибольшей степени уменьшение сброса этих вод произошло в природных зонах, расположенных на севере бассейна. В результате доля юга бассейна в сбросе этих вод несколько увеличилась, в особенности в степи и в полупустыне.

В общем объеме водоотведения почти половину занимает сброс загрязненных сточных вод. В течение рассматриваемого периода его абсолютная величина постоянно уменьшалась пропорционально снижению общего объема водоотведения и к 2011 г. снизилась на 50% по отношению к 1990 г. На фоне общего снижения абсолютных объемов сброса загрязненных сточных вод, в наибольшей степени проявившегося в зоне смешанных и широколиственных лесов, вклад этих вод в общий объем водоотведения наиболее существенно возрос в зонах полупустынь и пустынь.

В составе загрязненных сточных вод основной объем занимают условно чистые воды. Но если в 1990 г. их доля в составе загрязненных вод во всем бассейне Волги составляла 82%, то к концу рассматриваемого периода, на фоне снижения абсолютных показателей достигала уже почти 100%. Доля этих вод увеличилась прежде всего за счет ее существенного роста в зонах пустынь и полупустынь.

Доля неочищенных сточных вод в общем составе загрязненных сточных вод во всем бассейне составляла в 1990 г. 17%, а к 2011 г. снизилась

до 11%. Наибольшее снижение их величины произошло в зонах лесостепи и степи. Однако можно отметить относительное увеличение вклада этих вод в общую величину их сброса в зонах пустынь и полупустынь.

Разница между общим объемом водоотведения и суммой объемов нормативно-очищенных и загрязненных сточных вод представляет собой объем сточных вод, сброшенных на рельеф (в накопители, болота, овраги, поля фильтрации, закачку в подземные воды и др.). Данные, приведенные в табл. 6, свидетельствуют, что объем этих вод весьма значителен и сопоставим с объемом загрязненных сточных вод, а его доля во всем объеме водоотведения составляет 50%; для всего бассейна Волги она не менялась в течение рассматриваемого периода. Очевидно, что сброс сточных вод на рельеф является одним из важных факторов загрязнения почв, поверхностных и подземных вод и его необходимо учитывать при осуществлении мониторинга водных ресурсов и окружающей среды в целом. По абсолютным показателям наибольший сброс на рельеф отмечается для зоны тайги, наименьший — для зоны полупустынь. Однако в зоне пустыни практически все водоотведение осуществляется на рельеф местности. Велика доля сброшенных на рельеф сточных вод в зонах тайги, степи и полупустынь. К 2011 г. в зоне тайги и в степи на фоне снижения абсолютных величин этих вод их доля увеличилась на 6 и 16% соответственно. В других природных зонах произошло существенное сокращение как абсолютных, так и относительных показателей, особенно в зонах полупустынь и пустынь.

Выводы. Выполненный анализ динамики основных показателей использования водных ресурсов в природных зонах и во всем бассейне Волги за 1990–2011 гг. позволяет сделать следующие выводы:

1) во всех природных зонах и в бассейне Волги в целом произошло существенное сокращение общего водозабора из всех видов источников в среднем на 35%;

2) пропорционально ему произошло снижение и всех остальных показателей использования водных ресурсов: забора воды из поверхностных и подземных водных источников, ее использования в различных отраслях (на производственные нужды, на ЖКХ и орошение), водоотведения сточных вод (нормативно-очищенных и загрязненных);

3) наибольший вклад в снижение общего водозабора, в использование воды для всех отраслей,

в водоотведение сточных вод вносит зона смешанных и широколиственных лесов;

4) в водоотведении сточных вод велика доля вод, сброшенных на рельеф местности, которая для всего бассейна Волги составляет около 50%, что представляет собой серьезную угрозу экологическому состоянию регионов этого бассейна;

5) приведенные данные и выполненный анализ свидетельствуют о том, что для более детального рассмотрения причин сложившегося положения необходим совместный анализ водоемкости различных сфер экономики и показателей использования водных ресурсов в отраслях хозяйства регионов этого бассейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водные ресурсы России и их использование / Ред. И.А. Шикломанов. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.
2. Водный кодекс РФ № 74-ФЗ от 3.06.2006 г.
3. Возрождение Волги — шаг к спасению России // Кн. 1 / Ред. И.К. Комаров. М.— Н. Новгород: Экология, 1996. 464 с.
4. Демин А.П., Болгов М.В., Филиппова И.А. Влияние климатических и антропогенных факторов на изменение нагрузки на водные ресурсы в бассейне реки Волги // *Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов. Тр. IV Всероссийской конференции с международным участием* / Отв. ред. М.В. Болгов. М.: ИВП РАН, 2015. С. 278–281.
5. Зайцева И.С. Некоторые региональные особенности использования водных ресурсов в современной России // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2001. № 5. С. 17–27.
6. Карта растительности / Почвенный институт им. В.В. Докучаева. М.: ГУГК, 1990.
7. Коронкевич Н.И. Влияние природных факторов на водопотребление // *Изв. АН СССР. Сер. геогр.* 1972. № 5. С. 54–63.
8. Коронкевич Н.И., Зайцева И.С., Демин А.П. Динамика состояния водного хозяйства // *Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия*. М.: Наука, 2003. С. 72–83.
9. Коронкевич Н.И., Зайцева И.С. Изменение удельного водопотребления в России в последние десятилетия // *Водные ресурсы*. 1999. Т. 26. № 1. С. 90–95.
10. Розенберг Г.С. Волжский бассейн на пути к устойчивому развитию. Тольятти: Изд-во “Кассандра”, 2009. 476 с.
11. Рыбкина И.Д. Сопоставительный анализ эффективности использования водных ресурсов в регионах Западной Сибири в сравнении с общероссийским и западноевропейским уровнями // *Водное*

- хозяйство России. Проблемы, технологии, управление. 2015. № 3. С. 80–88.
12. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милукова И.П., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А. Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Ч. 2. Бассейны рек Волги и Дона. М.: МАКС Пресс, 2014. 216 с.
13. Шикунова Е.Ю. Методика и технология автоматизированного водохозяйственного районирования на примере бассейна Волги. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: Ин-т прикладной геофизики им. Е.К. Федорова, 2006. 23 с.
1. *Vodnye resursy Rossii i ih ispol'zovanie* [Water resources of Russia and their use]. Prof. Shiklomanov I.A. Ed., St.-Peterburg: SHI, 2008, 600 p.
2. *Vodnyj kodeks RF № 74-FZ ot 3.06.2006 g* [Water Code of Russian Federation from 3.06.2006].
3. *Vozrozhdenie Volgi – shag k spaseniyu Rossii* [Volga Revival – a Step to Salvation Russia]: book 1. Komarov I.K. Ed., M.-N. Novgorod: Ecology, 1996. 464 p.
4. Demin A.P., Bolgov M.V., Filippova I.A. *Vliyanie klimaticheskikh i antropogennykh faktorov na izmenenie nagruzki na vodnye resursy v basseine reki Volgi* [Impact of Climatic and Anthropogenic Factors on the Change in Pressure on Water Resources in the Volga River Basin]. Fundamental'nye problemy vody i vodnykh resursov: Trudy IV Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. [Fundamental Problems of Water and Water Resources: Proceedings of the IV All-Russian conference with international participation]. Bolgov M.V. Ed., Moscow: IWP RAS, 2015, pp. 278–281.
5. Zaitseva I.S. Some regional features of water resources in modern Russia. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geog.*, 2001, no. 5, pp. 17–27 (in Russ.).
6. *Karta rastitel'nosti* [Vegetation Map]. Pochvennyi institut im. V.V. Dokuchaeva (V.V. Dokuchaev Soil Science Institute). Moscow: GUGK, 1990.
7. Koronkevich N.I. The impact of environmental factors on water consumption. *Izv. AN SSSR. Ser. Geog.*, 1972, no. 5, pp. 54–63. (In Russ.).
8. Koronkevich N.I., Zaitseva I.S., Demin A.P. *Dinamika sostoyaniya vodnogo hozyaistva* [Dynamics of Condition Water Industry]. *Antropogennye vozdeistviya na vodnye resursy Rossii i sopredel'nykh gosudarstv v kontse XX stoletiya* [Anthropogenic impact on water resources of Russia and neighboring countries at the end of the XX century]. Moscow: Nauka Publ., 2003, pp. 72–83.
9. Koronkevich N.I., Zaitseva I.S. Variation of Specific Water Consumption in Russia over Recent Decades. *Water Resources*. Vol. 26, no. 1, 1999, pp. 90–95. (In Russ.).
10. Rozenberg G.S. *Volzhskii bassein na puti k ustoichivomu razvitiyu* [Volga Basin on the Path to Sustainable Development]. Tol'yatti: Kassandra Publ. 2009. 476 p.
11. Rybkina I.D. *Sopostavitel'nyi analiz effektivnosti ispol'zovaniya vodnykh resursov v regionakh Zapadnoi Sibiri v sravnenii s obshcherossiiskim i zapadno-evropeiskim urovnyami* [Comparative Analysis of the Efficiency of Use of Water Resources in Western Siberia Regions in Comparison with the all-Russian and Western European Levels]. *Vodnoe hozjajstvo Rossii. Problemy, tehnologii, upravlenie* [Water Management in Russia. Problems, Technology, Management], 2015, no. 3, pp. 80–88.
12. Georgiadi A.G., Koronkevich N.I., Milyukova I.P., Kashutina E.A., Barabanova E.A. *Sovremennye i stsennyye izmeneniya rechnogo stoka v basseinakh krupneishikh rek Rossii: Chast' 2. Basseiny rek Volgi i Dona* [Modern and Scenario Changes in the River Flow in the Basins of the Largest Rivers in Russia, Part 2: River basins of the Volga and the Don]. Moscow: MAK Press-Publ., 2014. 216 p.
13. Shikunova E.Yu. Technique and technology of automated water management regionalization on the example of the Volga basin. Extended Abstract of Cand. Sct. (Techn.) Moscow: 2006. 23 p.

REFERENCES