

Из рисунка 11 видно, что наибольшие по величине ошибки прогнозирования наблюдаются в феврале и марте, что связано с максимальной временной изменчивостью температуры воздуха в эти месяцы.

**Заключение.** В статье исследована возможность применения методов анализа временных рядов путем построения аддитивной модели и использования ИНС при прогнозировании температуры воздуха. Проанализировав результаты прогноза, полученные двумя предложенными методами, приходим к следующему выводу: представленные в работе способы построения прогностической модели достаточно просты, наглядны и весьма эффективны. В двух используемых методах прогнозирования показатели эффективности прогноза  $EFF > 0.9$  (достаточно хорошие). Самый высокий показатель  $EFF$  достигается при использовании ИНС (архитектуры РБФ-5). Однако следует отметить, что показатель  $Bias$  в использованных методах колеблется в пределах 14–19 % (при построении аддитивной модели), 10–12 % (при использовании ИНС). Данные показатели указывают на некоторое преимущество использования аппарата ИНС при прогнозировании температуры воздуха.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бодянский, Е. В. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения / Е. В. Бодянский, О. Г. Руденко. – Харьков: ТЕЛЕТЕХ, 2004. – 369 с.

2. Логинов, В. Ф. Сезонные особенности изменения климата Беларуси / В. Ф. Логинов, Ю. А. Бровка // Природопользование. – 2014. – Вып. 25. – С. 16–22.
3. Михалап, С. Г. Использование анализа временных рядов в изучении многолетних температурных изменений / С. Г. Михалап, Д. Э. Мингалёв, С. И. Евдокимов // Вестник Псковского гос. ун-та. – Сер. Естественные и физико-математические науки. – 2014. – № 4. – С. 17–24.
4. Подгорная, Е. В. Особенности изменения климата на территории Республики Беларусь за последние десятилетия / Е. В. Подгорная, В. И. Мельник, Е. В. Комаровская // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2015. – Вып. 358. – С. 112–120.
5. Сирота, Е. А. Прогнозирование динамики временного ряда атмосферных температур на основе иерархических многослойных нейронных сетей / М. Г. Матвеев, В. В. Михайлов, М. Е. Семенов, Е. А. Сирота // Вестник Воронеж. гос. ун-та. – Сер. : Системный анализ и информационные технологии. – 2015. – № 4. – С. 144–150.
6. Хаупшева, М. Х. Анализ и прогноз значений среднегодовой температуры Крыма с использованием компьютерных технологий / М. Х. Хаупшева, Т. Л. Шугунов, Л. Ж. Шугунов // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 1. – С. 100–104.

Материал поступил в редакцию 26.02.2019

#### **VOLCHAK A. A., SIDAK S. V. On the issue of forecasting air temperature on the example of Belarus**

The article explored the possibility of building a forecast of mean monthly air temperature values in two ways: using artificial neural networks (building networks, optimizing the structure and training networks were carried out using the StatSoft Statistica 13 software package); on the basis of the additive time series model built using Excel+Vba. Calculation performance indicators (EFF) and the systematic error module (Bias) were calculated for each method.

УДК 556.5.06 (476)

**Волчек А. А., Зубрицкая Т. Е.**

## **ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ МЕЖДУ СЕКТОРАМИ ЭКОНОМИКИ**

**Введение.** Значение воды в жизни общества трудно переоценить, поскольку количество и качество водных ресурсов определяет все виды хозяйственной, культурной, социальной и экологической деятельности человека. Именно поэтому различные аспекты водных проблем всегда будут своевременными. Необходимым и важным условием рационального использования водных ресурсов является наличие своевременной, достоверной и полной информационной базы о водных ресурсах, с помощью которой можно оценить фактическое водопотребление и водопользование, дать прогнозные оценки водных ресурсов в будущем. Кроме того, остро стоит проблема загрязнения природных вод вследствие сброса сточных вод и других видов антропогенного воздействия. Ухудшение и сокращение водных ресурсов может нанести огромный вред окружающей среде, снизить эффективность производства, сказаться на состоянии здоровья населения [1].

**Целью настоящей работы** является оценка динамики водопотребления по видам экономической деятельности в Беларуси, разработка мероприятий по повышению эффективности использования водных ресурсов.

**Исходные данные и методика исследования.** В работе использованы материалы Государственного водного кадастра Республики Беларусь за период 2010–2017 гг. [2].

Для выявления тенденций и изменений в использовании природных вод анализируются данные водопотребления по видам экономической деятельности, а также учетные данные по сбросу сточных вод.

Исследования водопользования осуществлялись с применением экономико-статистических, сравнительных и графических методик. Такое исследование позволило сделать выводы о реальных тенденциях изменения водопотребления в Республике Беларусь.

**Зубрицкая Татьяна Евгеньевна**, магистр технических наук, старший преподаватель Брестского государственного технического университета Беларуси, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Основными потребителями воды на территории Республики Беларусь с делением по видам экономической деятельности являются: сельское, лесное и рыбное хозяйство; обрабатывающая промышленность; производство и распределение электроэнергии, газа и воды. Это можно проследить в таблице 1, где приведены объемы использования воды по видам экономической деятельности в Беларуси за период с 2010 по 2017 год.

Ведущими отраслями обрабатывающей промышленности являются пищевая промышленность; текстильное производство, включая производство одежды; обработка древесины и производство изделий из дерева; химическое производство.

В промышленности вода используется для весьма разнообразных целей, как правило, в качестве теплоносителя или охлаждающего средства, для мойки гидротранспорта продукции и сырья, для паробразования и т. д.

**Основными потребителями воды по предприятиям являются:** производство нефтепродуктов, химическое производство и производство резиновых и пластмассовых изделий: ОАО «Нафтан» (г. Новополоцк), ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Беларускалий», ОАО «Гродно Азот».

Металлургический комплекс: ОАО «Белорусский металлургический завод», ОАО Завод «Легмаш».

Энергетика: ОАО «Газпромтрансгаз Беларусь».

Производство продуктов питания, напитков и табачных изделий: ОАО «Савушкин продукт», Белорусско-германское СП «Санта-Бремор».

Анализируя данные таблицы 1 за период наблюдений 2010–2017 гг., видим, что суммарное водопотребление по Беларуси уменьшилось к 2017 году (на 7%). Снижение связано, прежде всего, с сокращением потребления воды на производственные нужды,

Таблица 1 – Временные ряды данных объемов водопотребления по видам экономической деятельности в Республике Беларусь, млн м<sup>3</sup>/год [3, 4]

№ п/п	Виды экономической деятельности	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Сельское, лесное и рыбное хозяйство	496,2	524,9	550,1	517,7	518,1	434,2	480,2	443,8
2	Горнодобывающая промышленность	14,4	27,0	22,8	22,4	15,6	15,9	1,5	6,8
3	Обрабатывающая промышленность	234,1	238,1	229,2	221,5	229,4	215,3	175,4	179,6
в том числе:									
3.1	производство продуктов питания, включая напитки, и табачных изделий	67,4	69,3	63,2	65,7	62,6	63,4	49,8	52,3
3.2	производство текстильных изделий, одежды, изделий из кожи и меха	28,3	23,5	14,4	15,9	15,3	13,8	10,8	8,8
3.3	производство изделий из дерева и бумаги; полиграфическая деятельность и тиражирование записанных носителей информации	22,5	22,9	25,7	21,2	21,7	17,7	14,7	14,4
3.4	производство кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов	16,2	24,4	27,9	22,5	26,5	23,5	14,3	14,7
3.5	химическое производство	48,8	47,9	43,6	44,8	56,2	55,6	54,4	55,6
3.6	производство резиновых и пластмассовых изделий, прочих неметаллических минеральных продуктов	20,6	20,3	22,0	18,7	18,3	13,7	12,5	14,5
3.7	металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	4,6	4,6	4,8	4,3	4,1	4,8	3,7	5,1
3.8	производство машин и оборудования	10,7	11,2	12,1	12,8	10,6	9,4	7,7	6,6
3.9	производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	6,7	5,6	5,9	6,1	6,0	4,9	4,1	3,84
3.10	производство транспортных средств и оборудования	7,1	7,2	8,4	8,2	7,3	7,8	2,8	3,2
3.11	прочие отрасли промышленности	1,3	1,2	1,2	1,2	0,9	0,8	0,6	0,6
4	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	549,3	567,2	600,0	574,7	564,9	563,7	594,5	584,5
5	Строительство	2,9	2,3	3,9	3,2	3,3	2,9	15,1	14,5
6	Торговля; ремонт автомобилей, бытовых изделий и предметов личного пользования	2,5	2,3	1,0	0,5	2,0	2,8	1,9	1,7
7	Гостиницы и рестораны	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,1	0,2
8	Транспорт и связь	8,6	5,1	5,5	7,0	5,5	4,9	3,6	4,1
9	Финансовая деятельность	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг потребителям	13,5	0,6	1,4	1,2	1,2	1,1	1,4	0,3
11	Государственное управление	6,1	4,8	2,3	1,9	1,6	1,4	1,9	1,8
12	Образование	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,2	0,2
13	Здравоохранение и социальные услуги	7,3	6,6	6,6	6,2	5,9	5,4	6,1	6,7
14	Предоставление коммунальных, социальных и персональных услуг	23,4	26,4	18,7	15,8	22,1	20,7	19,7	19,2
<b>Всего по Беларуси</b>		<b>1359,4</b>	<b>1406,3</b>	<b>1442,5</b>	<b>1373,1</b>	<b>1370,8</b>	<b>1269,5</b>	<b>1301,6</b>	<b>1263,5</b>

переход на современные мало водоемкие технологии, изменение политики в области водопотребления и водопользования, направленной на рациональное использование водных ресурсов. Также уменьшение водопотребления вызвано разработкой **технологических норм водопользования для определенных** отраслей экономики. Под нормирование попадает потребление общего количества воды, для производства единицы продукции; потребность в питьевой и технической воде; оборотной и повторной (последовательной) используемой воде; число отводимых от предприятий сточных вод [5]. В рассматриваемый период потребление свежей воды на производство изделий из дерева и бумаги снизилось с 22,5 млн м<sup>3</sup>/год до 14,4 млн м<sup>3</sup>/год, в производстве текстильных изделий, одежды, изделий из кожи и меха с 28,3 млн м<sup>3</sup>/год до 8,8 млн м<sup>3</sup>/год, в производстве продуктов питания, включая напитки, и табачные изделия с 67,4 млн м<sup>3</sup>/год до 52,3 млн м<sup>3</sup>/год, в производстве машин и оборудования с 10,7 млн м<sup>3</sup>/год до 6,6 млн м<sup>3</sup>/год. Кроме того, значительно

сократились расходы воды в сельском, лесном и рыбном хозяйстве (на 38 %), в горнодобывающей промышленности (на 53 %).

В промышленных предприятиях значительный объем потребляемой воды приходится на системы оборотного и повторного (последовательного) водоснабжения. Обустройство таких систем водоснабжения значительно снижает объем сбрасываемых в водоем промышленных стоков и, как следствие, снижает уровень его загрязненности и, соответственно, улучшает качество воды в водных объектах [6, 7].

На 2017 год объем оборотной воды в процентном отношении к общему объему водопотребления на промышленные нужды в Республике Беларусь составляет 96,5%, изменения по годам можно проследить в таблице 2. Увеличение доли оборотной воды приводит к уменьшению количества воды, забираемой из источников водоснабжения. За период с 2001 года по 2017 год этот показатель составил 4,6%. Это обусловлено техническим перевооружением и модернизацией производств, а также снижением материало- и энергоёмкости производств.

Таблица 2 – Динамика объемов оборотной воды

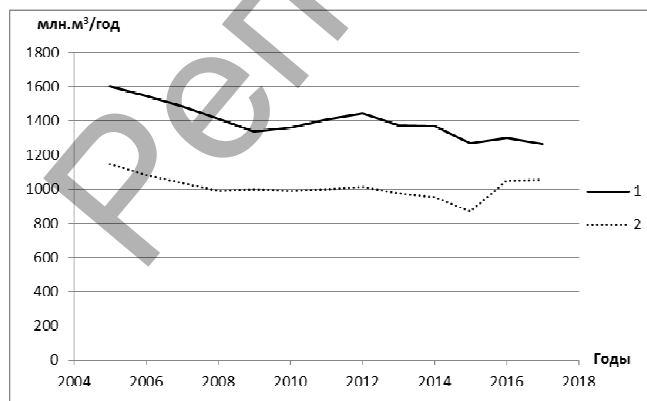
Годы	Объем воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, млн м <sup>3</sup> /год	Водопотребление на производственные нужды, млн м <sup>3</sup> /год	Доля оборотной воды в общем водопотреблении в промышленности (%)
1	2	3	4
2001	5973,65	523,4	91,9
2002	5599,13	499,7	91,8
2003	5739,50	455,9	92,6
2004	6259,47	468,6	93,0
2005	6245,60	441,5	93,4
2006	6399,41	423,2	93,8
2007	6223,80	427,7	93,6
2008	6575,73	423,5	93,9
2009	6015,58	370,9	94,2
2010	6280,77	393,3	94,1
2011	5886,25	422,7	93,3
2012	5530,49	429,4	92,8
2013	5584,59	406,8	93,2
2014	5710,72	405,3	93,4
2015	5320,24	389,2	93,2
2016	4920,63	326,193	93,8
2017	5210,23	186,303	96,5

Кроме промышленных предприятий, вода используется в коммунально-бытовой и сельскохозяйственной отрасли экономики.

Потребности в воде для коммунально-бытовых целей включают в себя расходы в жилых зданиях, расходы в общественных зданиях, на внешнее благоустройство зоны жилой застройки. Фактический расход воды зависит от различных факторов: степени санитарно-технического оборудования зданий, привычек людей, вида застройки, структуры местной промышленности и промысла, графика работы крупных предприятий, вида производства, количества смен, климатических условий, качества поставляемой воды, способа и размера взимания платы за воду [8, 9, 10].

Агропромышленный комплекс занимает важное место в Республике. Основу комплекса составляют растениеводство и животноводство. Сельскохозяйственная продукция поставляется в 35 стран, более половины из которой экспортируется в Россию.

В отношении объемов сбрасываемых сточных вод в поверхностные водные объекты по Беларуси наблюдается ситуация схожая с общим водопотреблением. Прослеживается снижение объемов сточных вод до 2015 года, а с 2016 года наблюдается их увеличение. Это прежде всего связано с тем, что, начиная с 2016 года, данные сбрасываемых сточных вод приводятся с учетом сброса поверхностной сточной воды (рисунок 1).



1 – общее водопотребление, 2 – сброс сточных вод

Рисунок 1 – Динамика использования водных ресурсов по Беларуси

Среди категорий сточных вод, отводимых в водные объекты, преобладают нормативно-очищенные воды, их объем в сравнении с 2005 годом сократился почти на 18 %. При этом объем вод, отведенных без предварительной очистки увеличился на 22 %, а недостаточно очищенных снизился на 60% (таблица 3).

Анализ данных водопотребления на территории Беларуси за последние 13 лет показывает, что более 10% общего объема воды, изъятая из природных источников, составляют потери при транспортировке и прочие потери. Неудовлетворительное состояние распределительных водопроводных сетей в населенных пунктах и на промышленных предприятиях в регионе ведет к таким большим потерям. Для их компенсации необходимо повышать стоимость эксплуатации водоподготовительных систем [11].

Использование пресной воды в расчете на единицу валового внутреннего продукта можно проследить по рисунку 2. За 13 лет данный показатель сократился на 48 %.

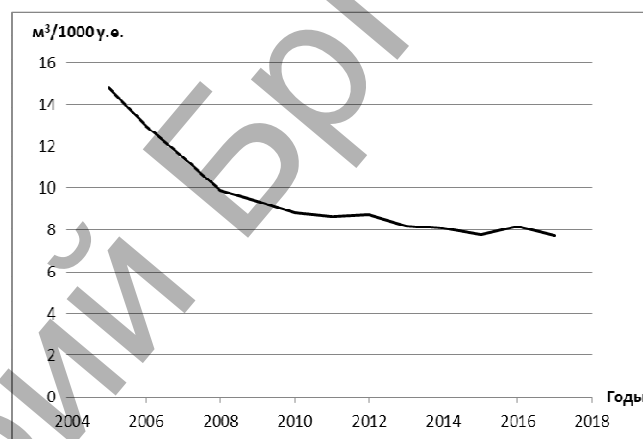


Рисунок 2 – Общее водопотребление на единицу ВВП

Технологическое перевооружение производств на базе внедрения новейших технологий, стимулирование инноваций и фундаментальных разработок в области ресурсосбережения и энергосбережения, разработка технологических нормативов водопотребления и водоотведения будет способствовать как экономическому росту в стране, так и увеличению объемов промышленного производства в частности.

**Заключение.** Современный этап использования водных ресурсов в Республике Беларусь характеризуется стабилизацией их потребления. Однако основные и существенные резервы повышения эффективности использования водных ресурсов на территории страны – это сокращение потребления воды в крупных водопотребляющих отраслях экономики, ликвидация многочисленных потерь воды на всех этапах ее использования, очистка природных и сточных вод, безопасность функционирования водных экосистем.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Природная среда Беларуси / Под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : ООО «БИП-С», 2002.
2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод. – Минск : Минприроды Республики Беларусь, 1994–2017 гг.
3. Окружающая среда и природные ресурсы Республики Беларусь: статистический сб. Минстат Республики Беларусь, НИИ статистики. – Минск, 1995–2017 гг.
4. Водные ресурсы, их использование и качество вод за 2000-2017 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://cricuwr.by/gvkl/>. – Дата доступа : 15.03.2019.
5. Основной государственный информационный ресурс в области права и правовой информатизации. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.pravo.by/pdf/2008-135/2008-135%28098-102%29.pdf>.

Таблица 3 – Загрязненные (неочищенные) сточные воды в Республике Беларусь

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Добыча (изъятие) воды из природных источников	1773,2	1730,2	1698,1	1637,9	1572,5	1598,1	1638,1	1641,6	1570,6	1570,7	1447,5	1450,8	1396,4
Общий объем использованной пресной воды	1600,4	1546,2	1484,6	1409,7	1337,5	1359,4	1406,3	1442,5	1373,1	1370,8	1269,5	1301,6	1263,5
Сброс сточной воды в поверхностные водные объекты	1 146	1 082	1 038	990	997	990	1 000	1 015	974	954	870	1 048	1 054
<i>из которого:</i>													
без предварительной очистки	290	256	269	270	309	314	332	345	317	316	246	339	354
нормативно очищенной	846	816	760	709	684	671	662	666	654	635	618	703	696
недостаточно очищенной	10	9	9	11	3	5	6	3	3	3	6	6	4
Доля недостаточно очищенной сточной воды в общем объеме стоков, %	0,9	0,8	0,9	1,1	0,3	0,5	0,6	0,3	0,3	0,3	0,7	0,6	0,4

**Примечание:** По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Начиная с 2016 года, данные приводятся с учетом сброса поверхностной сточной воды

- Волчек, А. А. Использование водных ресурсов в Белорусском Полесье / А. А. Волчек, Т. Е. Зубрицкая // Природное асяроддзе Палесся : зб. навук. прац / Палескі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі; рэдкал. М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст: Альтернатива, 2014. – Вып. 7. – С. 5–10.
- Волчек, А. А. Использование водных ресурсов в Республике Беларусь / А. А. Волчек, Т. Е. Зубрицкая // Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2014. – № 2(86). – С. 29–33.
- Волчек, А. А. Прогнозные оценки водопотребления в бассейне реки Ясельды / А. А. Волчек, Т. Е. Зубрицкая, Н. Н. Шешко, Н. Н. Шпендик // Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2015. – № 2(92). – С. 11–14.
- Волчек, А. А. Проблемы водопотребления Беларуси / А. А. Волчек, Т. Е. Зубрицкая // Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2016. – № 2(98). – С. 7–10.
- Волчек, А. А. Оценка экологического стока реки Ясельды ниже водохранилища Селец / А. А. Волчек, Т. Е. Зубрицкая, Н. Н. Шешко // Природное асяроддзе Палесся: зб. навук. прац / Палескі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі; рэдкал. В. Т. Дзямячэка (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст: Альтернатива, 2016. – Вып. 8. – С. 6–14.
- Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года. [Электронный ресурс] – Режим доступа : [http://minpriroda.gov.by/ru/new\\_url\\_1649710582-ru](http://minpriroda.gov.by/ru/new_url_1649710582-ru).

Материал поступил в редакцию 31.03.2019

#### VOLCHEK A. A., ZUBRITSKAYA T. E. Dynamics of distribution of water resources of Belarus between sectors of economy

In work temporary ranks of data of water consumption by types of economic activity in Belarus from 2010 for 2017 are analysed. During the research, long-term data of use of water resources, dynamics of reduction of an intake of water from water sources and increase in volume in reverse and repeated (consecutive) systems is noted. The main directions of savings of water in industrial production and in household economy are defined.

УДК 519.216.3: 627.8

Левкевич В. Е.

### ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ БЕЛАРУСИ

**Введение.** Существующие и проектируемые водохранилища Беларуси, как правило, предназначены для комплексного использования, причем одним из основных потребителей воды является водоснабжение. Водоснабжение при этом может быть как питьевым, так и техническим, предназначенным для целей энергетики, мелиорации, а также рыбоводства и обводнения территорий.

Наиболее активно водохозяйственное строительство, в состав которого входят и водохранилища, развивалось во второй половине XX века [1, 2]. Строились объекты тепло- и гидроэнергетического назначения, мелиорации, промышленности. Потребителям требова-

лось большое количество воды, источником которой и являлись водохранилища. Забор и подача воды потребителям водных ресурсов осуществляется поверхностными береговыми водозаборами различных типов и конструкций.

Проведенные в последние годы натурные исследования водохранилищного фонда страны (более 100) позволили оценить опыт эксплуатации береговых водозаборов и состояние их основных конструкций.

В настоящей работе приведены некоторые результаты исследований состояния эксплуатируемых сооружений водозаборов различного типа, с учетом крепления берегов и откосов, предупреждающих

Левкевич Виктор Евгеньевич, д. т. н., доцент, профессор кафедры «Водоснабжение и водоотведение» Белорусского национального технического университета: [eco2014@tut.by](mailto:eco2014@tut.by)  
Беларусь, 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология