

# ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.1.033:535:537

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.7

**В.И. КИЧИГИН**  
**В.В. ЗИНОВЬЕВА**  
**В.О. ЗОЛОТЕНКОВ**  
**Л.А. ЗОТКИНА**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ Г. САМАРЫ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ЕЕ ДЗЕТА-ПОТЕНЦИАЛА

THE DEPENDENCE OF THE PHYSICO-CHEMICAL COMPOSITION OF DRINKING WATER SAMARA  
FROM THE MAGNITUDE OF ITS ZETA-POTENTIAL

*Представлены результаты исследований физико-химического состава питьевой воды и величины ее дзета-потенциала с установлением степени зависимости этих показателей. Пробы отбирались в зимний и летний период. Показано, что варьирование значений по таким показателям, как щелочность, жесткость, содержание  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  незначительно по отдельно взятым районам отбора проб. Установлено, что значения показателей качества питьевой воды из подземных водозаборов отличались большей стабильностью, чем из поверхностного источника. В артезианской воде значения дзета-потенциала ( $\zeta$ -потенциала) были в 3–7 раз ниже, чем в волжской. Щелочность летней воды была несколько выше зимней. Были установлены зависимости между значением дзета-потенциала и щелочностью воды, а также мутностью и жесткостью. В большинстве случаев величина достоверности аппроксимации была больше 0,9.*

**Ключевые слова:** электрокинетический потенциал, физико-химический состав водопроводной воды, подземные и поверхностные источники

*The results of studies of physicochemical composition of drinking water and the magnitude of its Zeta potential establishing the degree of dependency of these indicators. Samples were taken in winter and summer. It is shown that variation of values for such parameters as alkalinity, hardness, contents of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  slightly on the individual areas of sampling. It is established that values of indicators of quality of drinking water from underground water intakes was more stable than from a surface source. In artesian water values the Zeta potential ( $\zeta$ -potential) was 3-7 times lower than in the Volga. The alkalinity of the water year was slightly above winter. There were relations between the value of the Zeta potential and alkalinity of the water as well as turbidity and hardness. In most cases, the magnitude of the accuracy of the approximation was greater than 0.9.*

**Keywords:** electrokinetic potential, physico-chemical composition of tap water, groundwater and surface sources

В настоящее время система технологического контроля водопроводных городских сетей предусматривает периодический отбор проб с последующим проведением химического анализа на такие показатели, как: цветность, мутность, щелочность, перманганатная окисляемость, рН и др. Для регулирования работы сооружений по водоподготовке отправной точкой является источник водоснабжения города и показатели качества исходной («сырой») воды. Конечным пунктом контроля являются тупиковые точки сети, в которых отбор проб выполняется два-три раза в неделю обслуживающим персоналом. Автоматизированная система отбора проб и местный анализ качества воды считается финансово нецелесообразным. Всё это требует создания нового метода

экспресс-анализа воды с возможностью определить на месте – имеется ли явное отклонение качества питьевой воды от допустимых норм.

Значение дзета-потенциала является важнейшим показателем при исследовании меры устойчивости загрязнений коллоидной степени дисперсности к процессу их укрупнения [1, с. 194–196]. Значения от 0 до 30 мВ показывают, что коллоидная система имеет плохую устойчивость (вода может подвергаться коагуляции и флокуляции), а значения больше 30 мВ показывают, что коллоидная система устойчива.

Настоящая работа является продолжением ранее проведенных исследований [2] и посвящена дальнейшему изучению возможной зависимости

показателей качества питьевой воды от величины ее дзета-потенциала ( $\zeta$ -потенциала).

Определение значения величины дзета-потенциала выполнялось с помощью созданного на кафедре водоснабжения и водоотведения Самарского государственного архитектурно-строительного университета устройства [3], использующего амперометрический метод определения электрофоретической подвижности коллоидных частиц. Точки отбора проб воды находились в жилых домах, расположенных в Ленинском, Октябрьском и Куйбышевском районах города Самары. Отобранные пробы в период с декабря 2015 по август 2017 гг. проходили физико-химический анализ на такие показатели, как мутность (М), щелочность (Щ), содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ , жесткость (общ.), рН. Система водоснабжения города имеет два основных источника. Так, исходной водой для жилых массивов Ленинского и Октябрьского районов города служит вода из р. Волги, а для Куйбышевского (микрорайоны «Сухая Самарка» и «116 километр») – вода артезианских скважин.

Значения дзета-потенциала и среднеквадратичное отклонение всех полученных опытных данных были рассчитаны при уровне значимости  $q = 0,05$  по методикам, изложенным в работе [4]. Химические анализы воды осуществлялись в паспортизированной лаборатории кафедры водоснабжения и водо-

отведения Академии строительства и архитектуры Самарского государственного технического университета. С целью лаконичности настоящей публикации полученные результаты представлены в табл. 1, 2 и на рис. 1–4 только по ряду показателей.

Анализ данных, приведенных в табл. 1, показал, что в летний период значения дзета-потенциала в отобранных пробах менялись от 114,9 до 170,0 мВ, а в зимний – от 115,2 до 176,1 мВ. Величина щелочности была в пределах  $2,0 \pm 4,0$  ммоль/дм<sup>3</sup> летом и  $2,2 \pm 4,3$  – зимой. Общая жесткость воды изменялась от 2,0 до 4,0 мг-экв/дм<sup>3</sup> в летний период и от 4,3 до 5,8 – в зимний, т.е. зимние значения в 1,6 раза превышали летние. Жесткость воды по  $\text{Ca}^{2+}$  была примерно в 2,8 раза больше, чем по  $\text{Mg}^{2+}$  летом, и в 1,6 раза – зимой. Щелочность водопроводной воды в зимний период была в 1,13 раза больше, чем летом, а показатель мутности – в 1,36 раза.

Следует отметить, что все показатели качества питьевой воды в Ленинском и Октябрьском районах Самары отличались стабильностью и соответствовали действующим нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения».

Таблица 1

Значения показателей в пробах воды,  
отобранных в жилом массиве Ленинского района

Дата отбора проб	$\zeta$ - потенциал, мВ	$t$ , °С	М, мг/дм <sup>3</sup>	Щ, ммоль/дм <sup>3</sup>	Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup> , по		
					$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	общая
Летний период							
Ул. Молодогвардейская, 207							
18.07.16	132,52	25	0,001	2,5	1,5	0,6	2,1
26.07.16	161,27	24	0,001	2,8	2,5	1,1	3,6
28.07.16	153,51	25	0,080	2,4	3,0	1,0	4,0
07.08.17	161,11	25	0,001	2,0	2,5	0,7	3,2
10.08.17	153,20	25	0,001	2,1	2,7	0,7	3,4
	<b>152,32±8,2</b>	<b>24,8±0,31</b>	<b>0,02±0,02</b>	<b>2,36±0,22</b>	<b>2,44±0,39</b>	<b>0,82±0,15</b>	<b>3,26±0,5</b>
Ул. Молодогвардейская, 194							
18.07.16	114,91	23	0,150	3,9	1,1	0,9	2,0
26.07.16	123,35	24	0,001	3,8	1,6	0,5	2,1
07.08.17	157,21	24	0,380	2,4	2,7	1,1	3,8
10.08.17	158,54	25	0,001	2,2	2,2	1,3	3,5
23.08.17	170,00	25	0,380	2,4	2,7	1,1	3,8
	<b>144,8±16,8</b>	<b>24,2±0,58</b>	<b>0,18±0,13</b>	<b>2,94±0,58</b>	<b>2,06±0,49</b>	<b>0,98±0,21</b>	<b>3,04±0,63</b>
Ул. Галактионовская, 191							
18.07.16	143,34	24	0,001	2,5	1,7	0,5	2,2
28.07.16	123,35	24	0,001	2,0	3,8	1,2	5,0
07.08.17	137,23	25	2,100	4,0	2,4	0,8	3,2
10.08.17	125,53	25	2,200	3,4	2,0	0,7	2,7
23.08.17	150,96	25	2,200	3,6	1,8	0,9	2,7
	<b>136,08±8,14</b>	<b>24,6±0,38</b>	<b>1,3±0,82</b>	<b>3,1±0,53</b>	<b>2,34±0,9</b>	<b>0,82±0,18</b>	<b>3,16±0,76</b>

Окончание табл. 1

Дата отбора проб	ζ - потенциал, мВ	t, °С	М, мг/дм <sup>3</sup>	Щ, ммоль/дм <sup>3</sup>	Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup> , по		
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	общая
<b>Зимний период</b>							
<b>Ул. Молодогвардейская, 207</b>							
21.12.15	148,37	20	0,38	3,1	3,6	0,9	4,5
25.12.15	154,45	20	0,68	2,2	4,0	1,0	5,0
27.01.16	115,21	20	0,78	2,2	4,0	1,1	5,1
01.02.16	134,69	24	0,78	2,2	4,3	0,9	5,2
	<b>138,18±18,4</b>	<b>21±2,12</b>	<b>0,66±0,2</b>	<b>2,43±0,48</b>	<b>3,97±0,3</b>	<b>0,98±0,1</b>	<b>4,95±0,33</b>
<b>Ул. Полевая, д. 15</b>							
21.12.15	116,74	20	0,83	3,3	3,5	1,0	4,5
25.12.15	132,53	20	0,73	4,3	3,6	0,9	4,5
27.01.16	129,01	20	0,74	4,3	3,8	0,8	4,6
01.02.16	132,95	20	0,74	4,3	3,8	0,8	4,6
	<b>127,81±8,04</b>	<b>20±0</b>	<b>0,76±0,05</b>	<b>4,05±0,53</b>	<b>3,68±0,16</b>	<b>0,88±0,1</b>	<b>4,55±0,06</b>
<b>Ул. Ново-Садовая, 25 (Октябрьский район)</b>							
21.12.15	176,09	20	0,53	2,4	3,4	0,9	4,3
25.12.15	149,81	20	0,83	3,2	3,5	2,3	5,8
27.01.16	166,11	20	0,56	3,2	3,4	2,4	5,8
01.02.16	122,99	20	0,55	3,3	3,5	2,3	5,8
	<b>153,75±24,6</b>	<b>20±0</b>	<b>0,62±0,15</b>	<b>3,03±0,44</b>	<b>3,45±0,06</b>	<b>1,98±0,76</b>	<b>5,43±0,8</b>

Таблица 2

Значения показателей в пробах воды, отобранных в жилом массиве Куйбышевского района

Дата отбора проб	ζ - потенциал, мВ	t, °С	М, мг/дм <sup>3</sup>	Щ, ммоль/дм <sup>3</sup>	Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup> , по		
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	общая
<b>Летний период</b>							
<b>Ул. Белорусская, 18</b>							
01.07.16	43,96	25	0,38	6,2	10,9	3,7	14,6
08.07.16	40,52	25	0,35	6,1	10,7	4,1	14,8
	<b>42,24±30,9</b>	<b>25±0</b>	<b>0,37±0,27</b>	<b>6,15±0,90</b>	<b>10,8±1,8</b>	<b>3,9±3,59</b>	<b>14,7±1,8</b>
<b>Зимний период</b>							
<b>Ул. Пугачевский тракт, 5</b>							
21.12.15	41,34	20	0,40	6,0	11,3	4,1	15,4
25.12.15	41,62	20	0,40	5,9	11,2	4,2	15,4
27.01.16	41,04	20	0,43	5,8	11,5	3,8	15,3
01.02.16	41,91	20	0,48	6,2	11,5	4,1	15,6
	<b>41,48±0,4</b>	<b>20±0</b>	<b>0,43±0,04</b>	<b>5,98±0,18</b>	<b>11,4±0,16</b>	<b>4,05±0,18</b>	<b>15,4±0,13</b>
<b>Торговый пер., 26«а»</b>							
21.12.15	16,06	20	0,20	6,00	11,6	3,5	15,10
25.12.15	16,10	20	0,23	5,90	11,5	3,6	15,10
27.01.16	16,08	20	0,30	5,80	11,6	3,5	15,10
01.02.16	15,98	20	0,35	5,90	11,7	3,6	15,30
	<b>16,06±0,06</b>	<b>20±0</b>	<b>0,27±0,07</b>	<b>5,9±0,09</b>	<b>11,6±0,09</b>	<b>3,55±0,06</b>	<b>15,15±0,1</b>
<b>Ул. Новомолодежная, 37</b>							
21.12.15	45,35	20	0,30	6,00	11,7	3,7	15,40
25.12.15	45,36	20	0,37	6,00	10,8	4,0	14,80
27.01.16	45,16	20	0,38	6,10	10,7	4,0	14,70
01.02.16	45,33	20	0,38	6,20	10,9	3,7	14,60
	<b>45,3±0,1</b>	<b>20±0</b>	<b>0,36±0,04</b>	<b>6,08±0,1</b>	<b>11,03±0,5</b>	<b>3,85±0,18</b>	<b>14,88±0,4</b>
<b>Ул. Белорусская, 96</b>							
21.12.15	44,56	20	0,40	6,00	11,3	4,1	15,40
25.12.15	49,70	20	0,40	5,90	11,2	4,2	15,40
27.01.16	35,22	20	0,43	5,80	11,5	3,8	15,30
01.02.16	48,64	24	0,48	6,20	11,5	4,1	15,36
	<b>44,53±6,99</b>	<b>21±2,12</b>	<b>0,43±0,04</b>	<b>5,98±0,18</b>	<b>11,38±0,2</b>	<b>4,05±0,18</b>	<b>15,37±0,1</b>
<b>Ул. Белорусская, 92</b>							
21.12.15	44,56	20	0,20	6,00	11,6	3,5	15,10
25.12.15	49,70	20	0,23	5,90	11,5	3,6	15,10
27.01.16	35,22	20	0,30	5,80	11,6	3,5	15,10
01.02.16	48,64	20	0,35	5,91	11,7	3,5	15,30
	<b>44,53±6,99</b>	<b>20±0</b>	<b>0,27±0,07</b>	<b>5,9±0,09</b>	<b>11,6±0,09</b>	<b>3,53±0,05</b>	<b>15,15±0,1</b>

Анализ данных, приведенных в табл. 2, позволил установить, что значения показателей качества питьевой воды из подземных водозаборов отличались большей стабильностью, чем из поверхностного источника. В артезианской воде значения  $\zeta$ -потенциала были в 3–7 раз ниже, чем в волжской, и изменялись от  $42,2 \pm 30,9$  мВ в летний период до  $16,1 \div 49,7$  – зимой. Щелочность летней воды была несколько выше зимней.

Вода соответствовала нормам по всем исследуемым показателям, кроме жесткости. Общая жесткость этой воды на  $63,9 \div 69,6$  % была представлена солями  $\text{Ca}^{2+}$  и находилась в пределах от 14,6 до 15,6 мг-экв/дм<sup>3</sup>. На рис. 1–4 показаны зависимости изменения величины  $\zeta$ -потенциала от жесткости воды и ее щелочности, которые в большинстве случаев показали высокую степень аппроксимации (значение  $R^2 \rightarrow$  к 1,0).

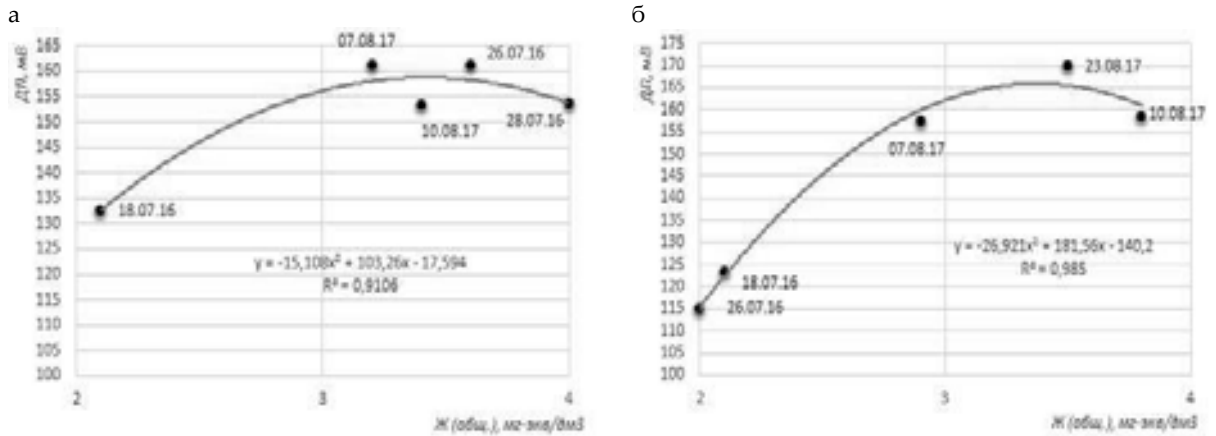


Рис. 1. Зависимость значений  $\zeta$ -потенциала (ДП) от общей жесткости в пробах воды, отобранных по адресам (Ленинский район, летний период): а – ул. Молодогвардейская, 207; б – ул. Молодогвардейская, 194

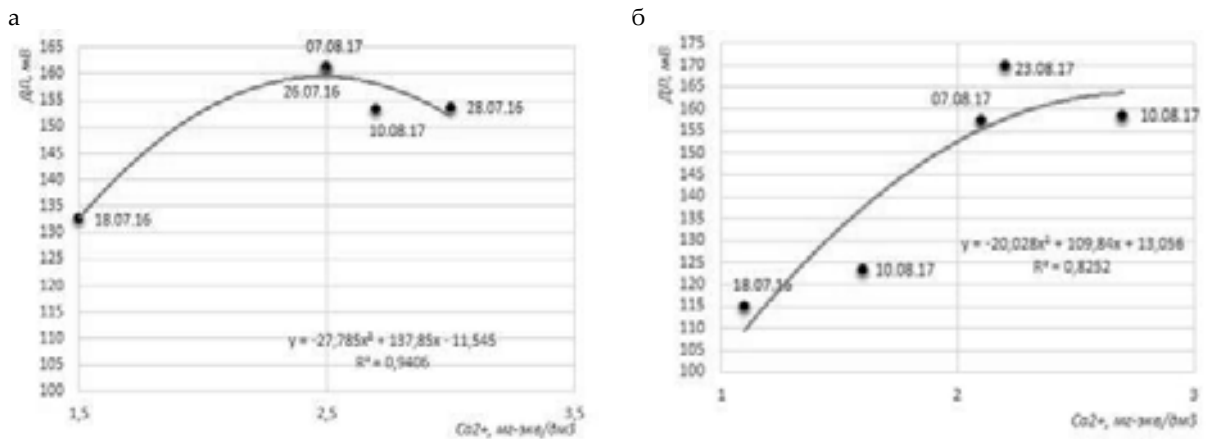


Рис. 2. Зависимость значений  $\zeta$ -потенциала (ДП) от содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в пробах воды, отобранных по адресам (Ленинский район, летний период): а – ул. Молодогвардейская, 207; б – ул. Молодогвардейская, 194

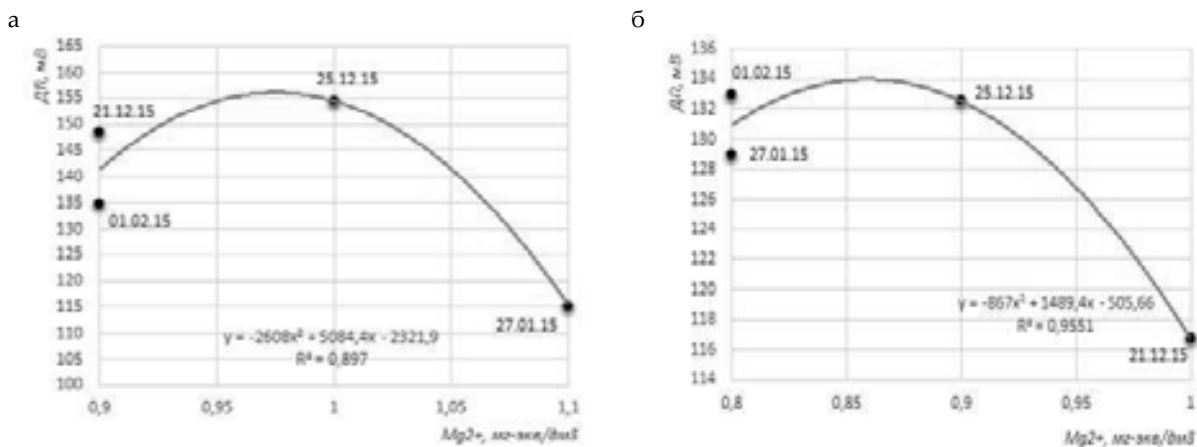


Рис. 3. Зависимость значений  $\zeta$ -потенциала ( $\Delta\Pi$ ) от содержания ионов  $Mg^{2+}$  в пробах воды, отобранных по адресам (Ленинский район, зимний период): а – ул. Молодогвардейская, 207; б – ул. Полевая, 15

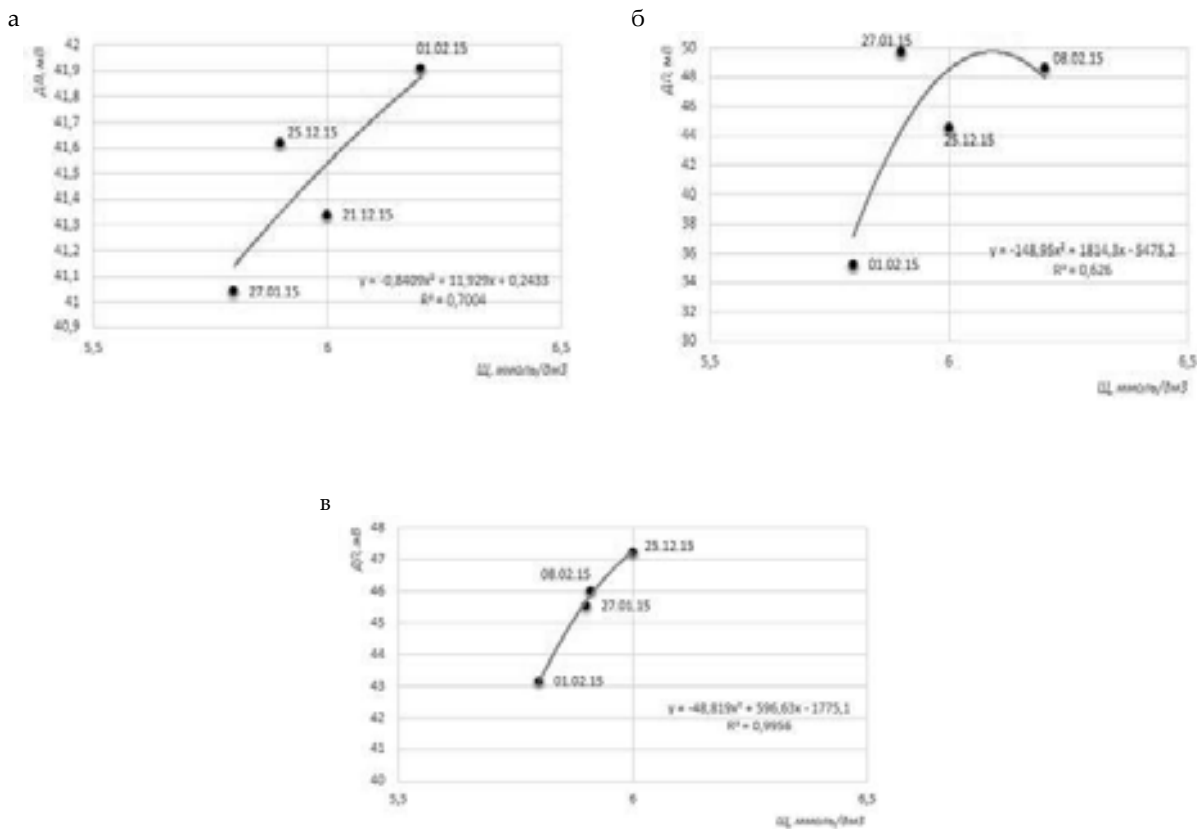


Рис. 4. Зависимость значений  $\zeta$ -потенциала ( $\Delta\Pi$ ) от щелочности в пробах воды, отобранных по адресам (Куйбышевский район, зимний период): а – Пугачевский тракт, 5; б – ул. Белорусская, 96; в – ул. Белорусская, 92

Установлено, что в исследованном случае величина  $\zeta$ -потенциала росла до достижения общей жесткости воды в 3,0–3,5 мг-экв/дм<sup>3</sup>, после чего наблюдалось некоторое его снижение (рис.1). Примерно такая же зависимость видна и на рис. 2 ( $\zeta$ -потенциал =  $f(\text{Ca}^{2+})$ ). В то же время при увеличении концентрации солей  $\text{Mg}^{2+}$  более 0,85÷0,98 мг-экв/дм<sup>3</sup> величина  $\zeta$ -потенциала уменьшалась (рис. 3). Зависимость величины  $\zeta$ -потенциала от щелочности подземной воды можно считать прямо пропорциональной (рис. 4).

**Выводы.** 1. Установлено, что все показатели качества питьевой воды в Ленинском и Октябрьском районах Самары отличались стабильностью и соответствовали действующим нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения». В Куйбышевском районе вода соответствовала нормам по всем исследуемым показателям, кроме жесткости.

2. Показано, что в летний период значения дзета-потенциала в отобранных пробах менялись от 114,9 до 170,0 мВ, а в зимний – от 115,2 до 176,1 мВ. Величина щелочности была в пределах 2,0÷4,0 ммоль/дм<sup>3</sup> летом и 2,2÷4,3 – зимой. Общая жесткость воды изменялась от 2,0 до 4,0 мг-экв/дм<sup>3</sup> в летний период и от 4,3 до 5,8 – в зимний, т.е. зимние значения в 1,6 раза превышали летние. Жесткость воды по  $\text{Ca}^{2+}$  была примерно в 2,8 раза больше, чем по  $\text{Mg}^{2+}$ ,

Об авторах:

**КИЧИГИН Виктор Иванович**

доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

**ЗИНОВЬЕВА Валерия Вячеславовна**

магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

**ЗОЛОТЕНКОВ Виктор Олегович**

магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

**ЗОТКИНА Леся Андреевна**

магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

летом и в 1,6 раза – зимой. Щелочность водопроводной воды в зимний период была в 1,13 раза больше, чем летом, а показатель мутности – в 1,36 раза.

3. Значения показателей качества питьевой воды из подземных водозаборов отличались большей стабильностью, чем из поверхностного источника. В артезианской воде значения  $\zeta$ -потенциала были в 3÷7 раз ниже, чем в волжской, и изменялись от 42,2±30,9 мВ в летний период до 16,1 ÷ 49,7 мВ зимой. Щелочность летней воды была несколько выше зимней.

4. Определены эмпирические зависимости между величиной  $\zeta$ -потенциала исследованной воды, ее жесткостью и щелочностью.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Химия, 1975. 512 с.
2. Кичигин В.И., Скороходов С.Н. К вопросу о применимости  $\zeta$ -потенциала воды в качестве характеристики степени ее загрязненности // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, № 3. С. 28–34.
3. Атанов Н.А., Волков И.Н., Кичигин В.И. Устройство для измерения величины дзета-потенциала // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 70-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГАСУ. Самара, 2013. Ч.II. С. 221–224.
4. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды: учебное пособие для вузов. М.: Изд-во АСВ, 2002. 230 с.

**KICHIGIN Viktor I.**

Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

**ZINOVIEVA Valeria V.**

Master's Degree Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194

**ZOLOTENKOV Victor O.**

Master's Degree Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194

**ZOTKINA Lesya A.**

Master's Degree Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194

Для цитирования: Кичигин В.И., Зиновьева В.В., Золотенков В.О., Зоткина Л.А. Исследование зависимости физико-химического состава питьевой воды г. Самары от величины ее дзета-потенциала // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №4. С. 38–43. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.7.

For citation: Kichigin V.I., Zinoviev V.V., Zolotenko V.O., Zotkina, L.A. The dependence of the physico-chemical composition of drinking water Samara from the magnitude of its zeta-potential // Urban construction and architecture. 2017. V.7, 4. Pp. 38-43. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.7.