

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.16.081:535:537

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.6

В.И. КИЧИГИН
С.Н. СКОРОХОВ

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНИМОСТИ ВЕЛИЧИНЫ ζ -ПОТЕНЦИАЛА ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕПЕНИ ЕЁ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ

APPLICABILITY OF WATER ζ -POTENTIAL AS ITS POLLUTION DENSITY CHARACTERISTICS

Рассмотрены преимущества и недостатки существующих методов определения качества воды. Предложено использовать в качестве ключевого показателя электрокинетический потенциал в сочетании с кластерным анализом получаемых результатов. Показано, что по показателям: pH, мутность, щелочность, общая жесткость, содержание ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} качество исследованной питьевой воды г. Самары отличалось стабильностью и соответствовало действующим нормам. Были выявлены некоторые зависимости измеряемого ζ -потенциала исследуемой воды от степени ее загрязненности. Установлено, что связь между ζ -потенциалом и различного рода загрязнениями в питьевой воде мало изучена и требует более детального исследования.

Ключевые слова: коллоиды, ζ -потенциал, питьевая вода, электрофоретическая подвижность, факторный анализ

The paper discusses advantages and disadvantages of existing methods for determining water quality. It proposes to use electro-kinetic capacity as a key indicator together with cluster analysis of obtained results. It is shown, that according to such indicators as pH, turbidity, alkalinity, general rigidity, content of ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , the quality of drinking water in Samara is stable and consistent with existing standards. The research reveals some zeta-potential (ZP) dependence on water pollution density. It was shown that the link between zeta-potential and various kinds of contamination in drinking water is underexplored and requires further detailed study.

Keywords: colloids, ζ -potential, drinking water, electrophoretic mobility, factor analysis

Академик А.Е. Ферсман отмечал, что вода – это самый дорогой минерал на планете Земля, природный ресурс, являющийся единственно незаменимым условием любого жизнеобразования. Действительно, в среднем человеческий организм на 75 % состоит из воды (растворителя), а ткань его мозга – на 85 %. Человеческий эмбрион содержит 95 % воды, а к 80-летнему возрасту – только 50 % [1–3]. Установлено [2, с. 41], что с возрастом содержание воды в клетках уменьшается до тех пор, пока соотношение объемов воды внутри клеток и вне клеток не изменится с 1,1 до 0,8. В работах [1–4] убедительно показана исцеляющая сила воды, воздействующая на живой организм. В 1971 г. д.т.н., академиком Московского авиационного института (МАИ) В.Д. Плыкиным было сделано открытие о том, что *основное назначение воды – быть информационной основой биологической жизни во Вселенной* [5, с. 12], что в дальнейшем было подтверждено практически [6–8].

В настоящее время человечество располагает технологиями получения воды любой чистоты [9,10]. Однако успешное решение проблемы получения воды нужного качества опирается в два основных

препятствия: себестоимость ее очистки и придание ей свойств «живой», а не «мертвой» воды. Известно, что при любой водоподготовке требуется постоянный контроль над качеством обрабатываемой воды. Химический анализ воды является обязательным, но очень дорогим компонентом успешности любой технологии очистки воды. Процесс этот, как правило, трудоемок по времени, экономически затратен, а главное – недостаточно точен (воспроизводимость химических анализов воды не превышает $\pm 30\%$).

Для снижения влияния этих недостатков в последнее время все чаще стали использовать интегральные показатели загрязненности воды [11,12] с привлечением аппарата факторного анализа. Факторный анализ (*базирующийся на системе химических анализов*) позволяет найти репрезентативный набор диагностирующих систему показателей, т.е. проводить мониторинг состава воды. Более дешевым является использование физических показателей качества воды. Учитывая, что для глубокой очистки воды из нее требуется извлекать загрязнения коллоидной степени дисперсности, мерой устойчивости которых является ζ -потенциал (он зависит

от физико-химического состава воды [13, с. 194–196]), возникло заманчивое предложение использовать этот показатель для характеристики ее качества. Кроме того, необходимо было установить и зависимость ζ -потенциала от ряда физико-химических показателей качества следуемой воды.

В настоящих исследованиях авторами был принят амперометрический метод определения электрофоретической подвижности коллоидных частиц на устройстве, созданном на кафедре водоснабжения и водоотведения Самарского государственного архитектурно-строительного университета [14]. Оно состояло из источника питания постоянного тока Б5-31, авометра М-830ВZ и измерительной камеры с двумя электродами. Напряжение составляло 30 В, а расстояние между электродами – 46 мм (0,046 м).

Испытанию подвергалась вода, взятая из водопроводных кранов жилой застройки в разных районах

города Самары в апреле-июле 2016 г. Определение искомых величин (максимальной силы тока в ячейке и времени ее достижения) в каждой пробе воды проводилось по пять раз. Полученные значения обрабатывались методами математической статистики при уровне значимости $q = 0,05$ по методикам, изложенным в работе [15]. Расчет величины ζ -потенциала проводился по уравнению Гельмгольца-Смолуховского [13, с. 201] и представлен в табл. 1. Физико-химический состав исследуемой воды определялся в паспортизированной гидрохимической лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения Самарского государственного архитектурно-строительного университета по общепринятым методикам. Обобщенная характеристика исследуемой воды приведена в табл. 2, а зависимости величины ζ -потенциала от показателей качества питьевой воды – на рис. 1 – 3.

Таблица 1

Расчет величины ζ -потенциала

Место отбора проб	Дата отбора проб	Температура, °С	Скорость движения частиц, см/с	Электрофоретическая подвижность, см ² /В·с	ζ -потенциал, мВ
Ул. Мориса-Тореза, 103	31.03.2016	18	0,012	0,0001025	145,6
	13.07.2016	19	0,010	0,0001057	150,1
	17.11.2016	17	0,010	0,0001083	153,8
	14.03.2017	19	0,011	0,0000983	139,6
Ул. Ново-Садовая, 18	18.03.2016	18	0,012	0,0001135	161,1
	12.07.2016	20	0,009	0,0000945	134,2
	27.10.2016	18	0,010	0,0001124	159,6
	07.12.2016	18	0,012	0,0001156	164,2
Ул. Молодогвардейская, 194	24.03.2016	18	0,014	0,0001244	176,7
	12.07.2016	21	0,010	0,0001054	149,7
	17.11.2016	18	0,014	0,0000992	140,9
	07.12.2016	19	0,019	0,0000985	139,9
Ул. Советской Армии, 241	14.04.2016	19	0,012	0,0001016	144,3
	02.09.2016	23	0,011	0,0001303	185,0
	19.11.2016	18	0,013	0,0001361	193,2
	17.03.2017	20	0,011	0,0001183	168,0
Ул. Самарская, 61	28.04.2016	20	0,011	0,0001071	152,0
	14.07.2016	21	0,010	0,0001036	147,1
	19.11.2016	19	0,011	0,0001088	154,5
	14.03.2017	19	0,010	0,0001073	152,4
Ул. Демократическая, 37	05.05.2016	19	0,011	0,0001244	176,6
	13.07.2016	21	0,010	0,0001329	188,7
	17.11.2016	18	0,010	0,0001200	170,4
	17.03.2017	20	0,011	0,0001230	174,6
Ул. Партизанская, 56	12.05.2016	18	0,010	0,0001065	151,2
	14.07.2016	23	0,011	0,0001067	151,6
	27.10.2016	18	0,011	0,0001114	158,2
	07.12.2016	17	0,009	0,0000896	127,3

Таблица 2

Обобщенная характеристика исследуемой воды

Место отбора проб	Дата исследований	ζ-потенциал, мВ	pH	Температура, °С	Мутность, мг/дм ³	Щелочность, ммоль/дм ³	Общая жесткость, мг-экв/дм ³	Кальций, мг-экв/дм ³	Магний, мг-экв/дм ³	Хлориды, мг/дм ³	
Ул. Мориса-Гореза, 103	31.03.2016	145,6±11	6,7	18	Отсут.	3,1	4,9	4,6	0,3	31,92	
	13.07.2016	150,1±13	6,57	19	0,91	2,0	3,5	2,7	0,8	27,36	
	17.11.2016	153,8±10	6,62	17	Отсут.	2,1	3,7	2,6	1,1	31,92	
	15.03.2017	139,6±6	6,75	19	Отсут.	2,8	4,5	3,6	0,9	34,96	
	18.03.2016	161,1±11	6,98	18	0,758	3,0	5,4	3,5	1,9	28,88	
	12.07.2016	134,2±20	6,54	20	Отсут.	2,7	3,7	2,7	1,0	31,92	
	27.10.2016	159,6±8	6,78	18	Отсут.	2,5	4,2	3,0	1,2	24,78	
	07.12.2016	164,2±22	6,56	18	Отсут.	3,1	4,6	3,3	1,3	26,55	
	24.03.2016	176,7±23	6,94	18	Отсут.	2,8	4,8	4,0	0,8	24,32	
	12.07.2016	149,7±8	6,64	21	0,61	1,9	3,7	2,7	1,0	31,92	
Ул. Молододвордейская, 194	17.11.2016	140,9±9	6,53	18	Отсут.	2,2	4,2	3,1	1,1	31,92	
	07.12.2016	139,9±3	6,78	19	Отсут.	2,8	4,8	3,4	1,4	26,55	
	14.04.2016	144,3±9	6,51	19	Отсут.	3,3	4,8	3,5	1,3	30,4	
	02.09.2016	185,0±7	6,4	23	Отсут.	2,1	3,4	2,5	0,9	21,28	
	19.11.2016	193,2±10	6,59	18	Отсут.	2,3	3,2	2,3	0,9	31,92	
	17.03.2017	168,0±10	7,1	20	Отсут.	3,4	5,3	4,0	1,3	40,71	
	28.04.2016	152,0±10	7,01	20	Отсут.	3,0	4,3	3,0	1,3	31,92	
	14.07.2016	147,1±6	6,51	21	0,76	2,1	3,6	2,6	1,0	28,88	
	19.11.2016	154,5±3	6,60	19	Отсут.	2,3	3,5	2,3	1,2	31,92	
	15.03.2017	152,4±4	6,58	19	Отсут.	2,9	4,2	3,2	1,0	31,92	
Ул. Самарская, 61	05.05.2016	176,6±13	7,02	19	Отсут.	2,8	3,4	2,4	1,0	30,4	
	13.07.2016	188,6±10	6,73	21	Отсут.	1,9	2,7	1,9	0,8	31,92	
	17.11.2016	170,4±4	6,84	18	Отсут.	2,1	2,9	1,9	1,0	28,88	
	17.03.2017	174,6±9	7,4	20	Отсут.	3,3	4,6	3,5	0,9	33,44	
	12.05.2016	151,2±10	6,85	18	2,20	2,6	4,6	2,6	2,0	28,88	
	14.07.2016	151,6±8	6,47	23	Отсут.	2,0	3,9	3,0	0,9	28,88	
	27.10.2016	158,2±9	6,72	18	Отсут.	2,5	4,3	3,1	1,2	24,78	
	07.12.2016	127,3±16	7,59	17	0,076	3,0	4,6	3,3	1,3	26,55	
	Ул. Партизанская, 56										

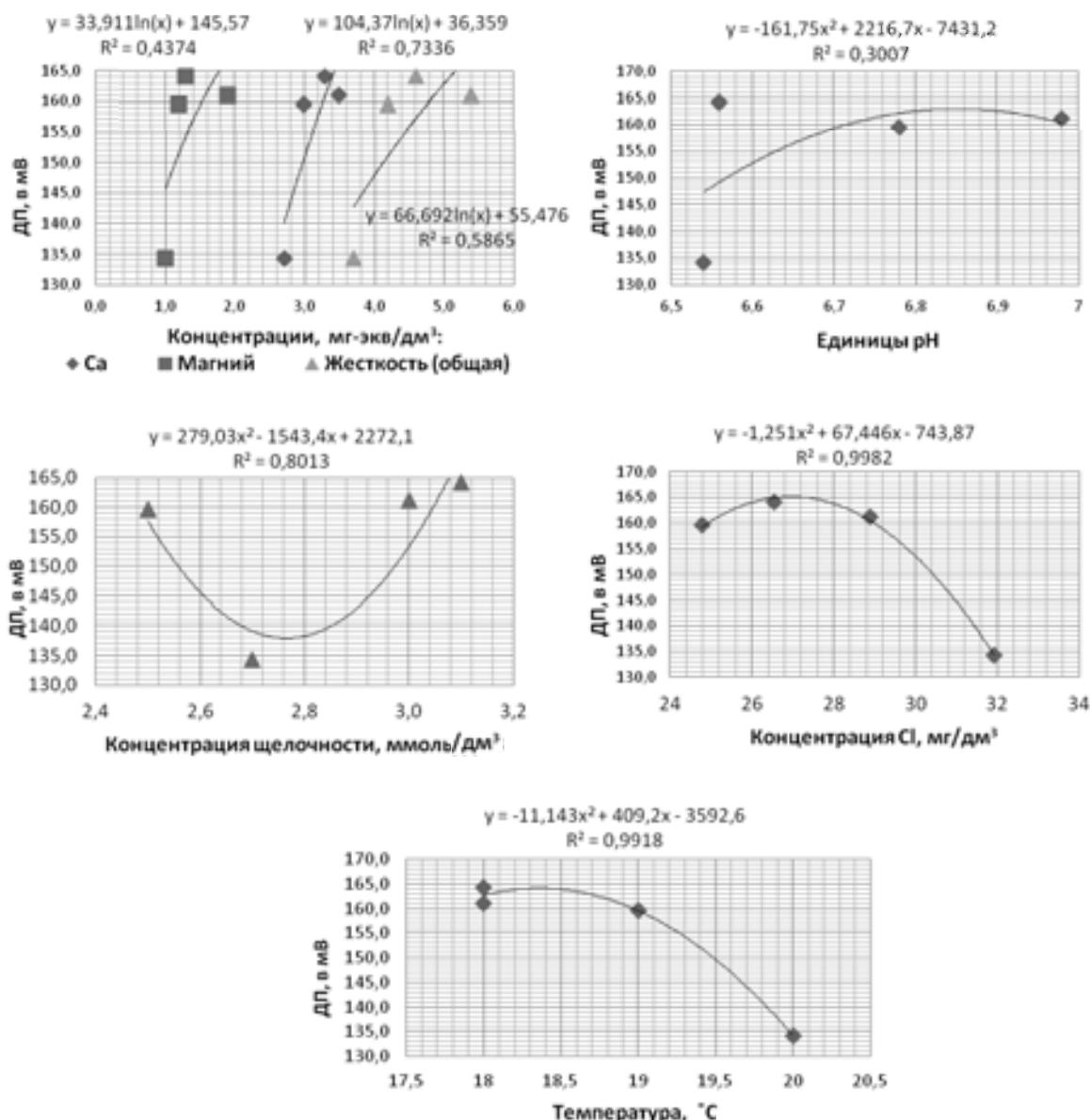


Рис. 1. Зависимость ζ -потенциала (ДП) от показателей качества питьевой воды по адресу: ул. Мориса-Тореза, 103

Анализ полученных результатов показал, что чем дальше от насосно-фильтровальной станции находилась точка отбора пробы воды, тем хуже были значения исследуемых показателей (табл. 1 и 2). Можно предположить, что основной причиной ухудшения качества питьевой воды в удаленных точках являются «вторичные загрязнения», вызванные состоянием водопроводной сети города. Вероятно, настало время для создания при Самарских коммунальных системах города системы экспресс-контроля качества воды, например по изменению величины ее ζ -потенциала, не только на станциях водопод-

готовки, но и в контрольных точках ее потребления на территории города.

Установлено, что по показателям: рН, мутность, щелочность, общая жесткость, содержание ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl – качество исследованной питьевой воды Самары отличалось стабильностью и соответствовало 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». Были выявлены зависи-

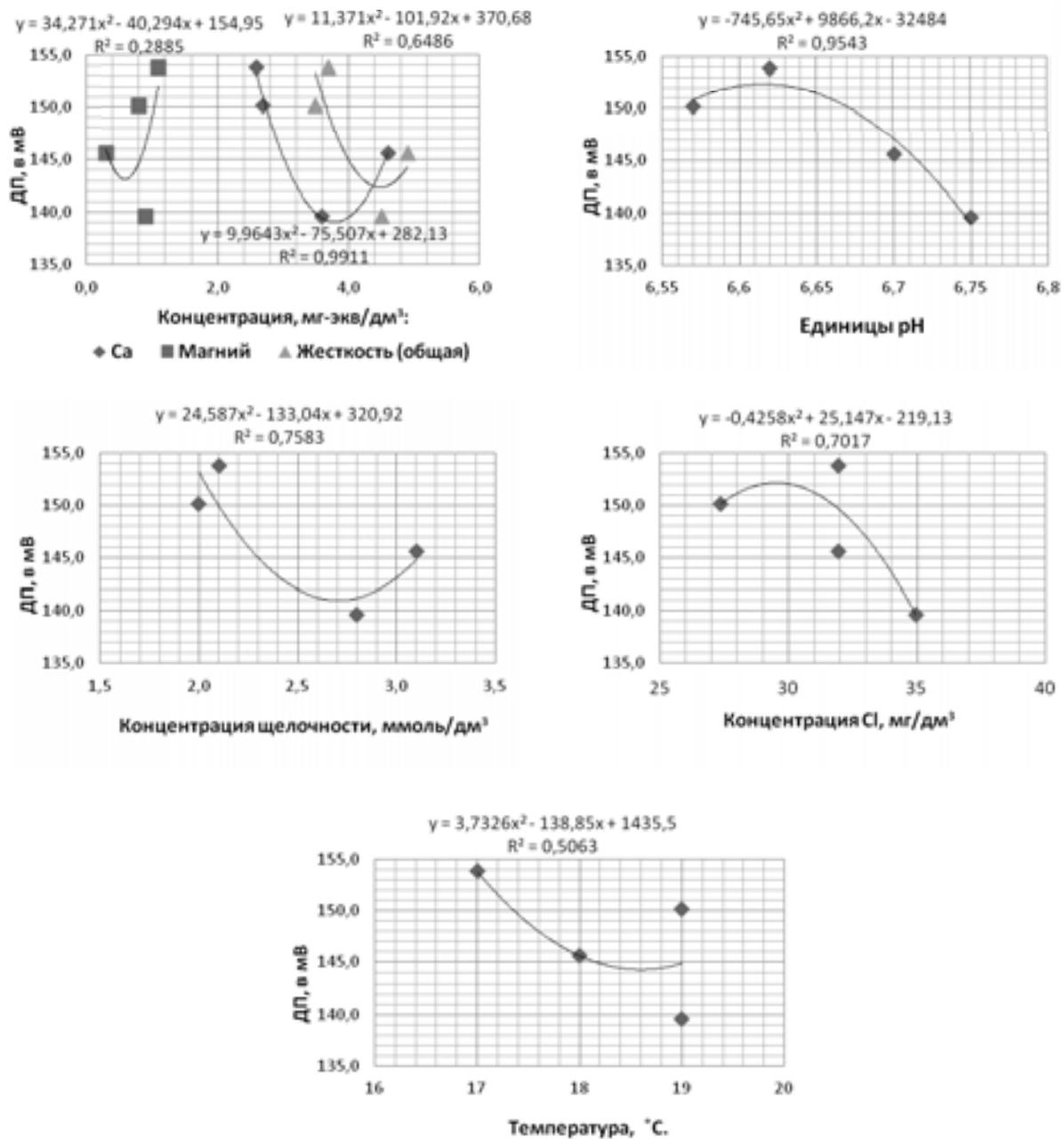


Рис. 2. Зависимость ζ -потенциала (ДП) от показателей качества питьевой воды по адресу: ул. Ново-Садовая, 18

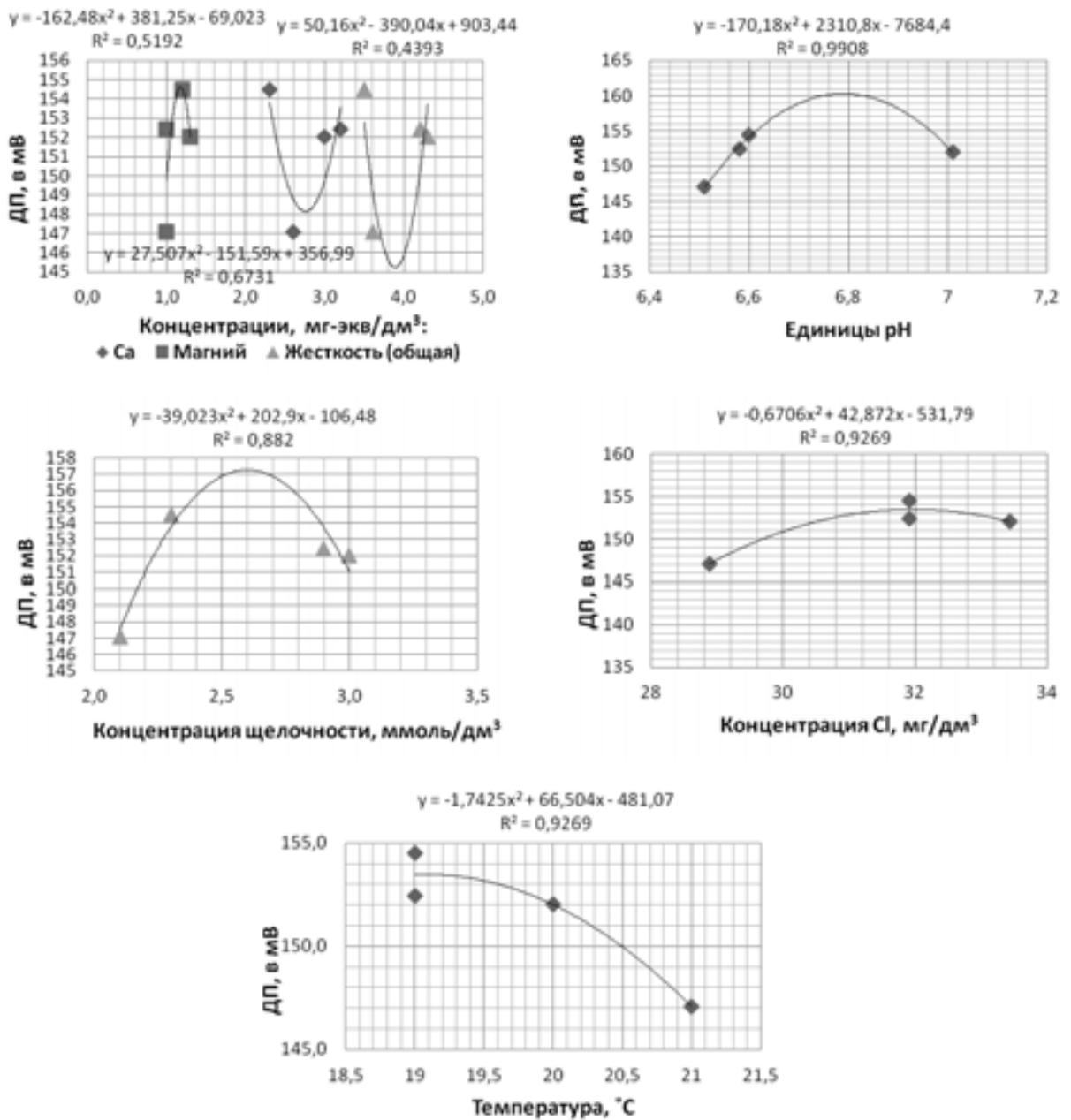


Рис. 3. Зависимость ζ-потенциала (ДП) от показателей качества питьевой воды по адресу: ул. Самарская, 61

мости величины ζ -потенциала исследуемой воды от некоторых физико-химических показателей качества воды (рис. 1 – 3). Результаты проведенных исследований говорят о том, что значения показателей качества воды подвержены сезонному изменению (см. табл. 2 и рис. 1 – 3).

Выводы. 1. Установлено, что по показателям: мутность, щелочность, рН, общая жесткость, содержание ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- – качество исследованной питьевой воды Самары отличалось стабильностью и соответствовало действующим нормам.

2. Показано, что чем дальше от насосно-фильтровальной станции находилась точка отбора пробы воды, тем хуже были значения исследуемых показателей, поэтому контролировать качество воды следует не только на станции водоподготовки, но и у потребителей.

3. Установлено, что связь между ζ -потенциалом и различного рода загрязнениями в питьевой воде требует дальнейшего более детального изучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батмагхелидж Ф. Вода – натуральное лекарство / пер. с англ. О.Г. Белошеева. 2-е изд. Минск: Попурри, 2008. 592 с.
2. Батмагхелидж Ф. Вода для здоровья / пер. с англ. О.Г. Белошеева. 6-е изд. Минск: Попурри, 2009. 288 с.
3. Батмагхелидж Ф. Вы не больны, у вас жажда / пер. с англ. О.Г. Белошеева. 3-е изд. Минск: Попурри, 2010. 320 с.
4. Бачман Д.Д. Исцеляющая сила воды / пер. с англ. Л.А. Бабук. Минск: Попурри, 2006. 496 с.
5. Плякин В.Д. В начале было Слово... или След на воде. Изд. 3-е, перераб. и доп. Ижевск: Орион Плюс, 2000. 54 с.
6. Эмото Масару. Послания воды. Тайные коды кристаллов льда / пер. с англ. М.: София, 2007. 128 с.
7. Эмото Масару, Флиге Юрген. Исцеляющая вода: Информация – вибрация – материя / пер. с нем. М.: София, 2007. 144 с.
8. Бурдыкин Б.Е. Космическая тайна воды. СПб.: Питер, 2007. 240 с.
9. Кульский Л.А., Даль В.В. Проблемы чистой воды. Киев: Наукова думка, 1974. 230 с.
10. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. 4-е изд., перераб. и доп. Киев: Наукова думка, 1983. 528 с.
11. Кичигин В.И., Палагин Е.Д. Использование интегральных показателей загрязненности для анализа состояния водотоков (на примере Самарской области) // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. № 7. С. 25–29.
12. Палагин Е.Д., Гриднева М.А., Быкова П.Г., Набок Т.Ю. Закономерности изменения состава поверхностных сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 8. С. 56–60.
13. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Химия, 1975. 512 с.
14. 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.
15. Зикс Л. Статистическое оценивание / пер. с нем. В.Н. Варыгина; под ред. Ю.П. Адлера и В.Г. Горского. М.: Статистика, 1976. 599 с.

Об авторах:

КИЧИГИН Виктор Иванович

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

СКОРОХОДОВ Сергей Николаевич

магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Архитектурно-строительный институт 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

KICHIGIN Viktor I.

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

SKOROKHODOV Sergey N.

Master's Degree Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Institute of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: kichigin.viktr@rambler.ru

Для цитирования: Кичигин В.И., Скороходов С.Н. К вопросу о применимости величины ζ -потенциала воды в качестве характеристики степени её загрязненности // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 28-34. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.6.

For citation: Kichigin V.I., Skorokhodov S.N. Applicability of water ζ – potential as its pollution density characteristics // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 3. Pp. 28-34. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.03.6.