

УДК 57.033;504.054

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РОДНИКОВ Г. САРАТОВА ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА ЗА 2009–2013 ГГ.

<sup>1</sup>Маркина Т.А., <sup>1</sup>Тихомирова Е.И., <sup>1</sup>Бобырев С.В., <sup>2</sup>Орлов А.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.», Саратов, e-mail: tichomirova\_ei@mail.ru;

<sup>2</sup>ФБУН «Саратовский научно-исследовательский институт сельской гигиены»  
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей  
и благополучия человека, Саратов, e-mail: cniisgsar@rambler.ru

В работе представлены данные экологического мониторинга состояния 10 родников г. Саратова, используемых населением в качестве альтернативных источников питьевой воды. За период 2009–2013 гг. установлено, что вода в исследуемых родниках по гидрологическим и химико-аналитическим показателям соответствует гигиеническим требованиям и может быть использована в питьевых целях. Однако в большинстве родников микробиологические показатели: значения общего микробного числа, общих колиформных бактерий и титры колифагов превышали допустимые значения, особенно в весенний период. Анализ – микроэлементного состава воды родников провели масс-спектрометрическим методом. На основании полученных данных составили «минеральный портрет» родников Природного парка «Кумысная поляна» г. Саратова. Мониторинг изменений минерального состава воды позволяет выявить наличие загрязнений техногенного происхождения. Разработаны практические рекомендации по рациональному использованию воды исследуемых родников г. Саратова.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, родники, качество воды, химико-аналитические исследования, масс-спектрометрия, микробиологический анализ

## ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF SPRINGS NEAR SARATOV BASED ON MONITORING DURING 2009–2013

<sup>1</sup>Markina T.A., <sup>1</sup>Tikhomirova E.I., <sup>1</sup>Bobyrev S.V., <sup>2</sup>Orlov A.A.

<sup>1</sup>Saratov State Technical University name Yu.A. Gagarin, Saratov, e-mail: tichomirova ei@mail.ru;

<sup>2</sup>Saratovskiy Institute rural hygiene, Saratov, e-mail: cniisgsar@rambler.ru

The paper presents the data obtained from 2009–2013 environmental monitoring of ten springs near Saratov, which are used by local population as alternative sources of drinking water. We established that water quality in terms in the springs of hydrological and analytical chemical indicators meet the official sanitary requirements. Therefore it can be used for drinking purposes. However, most springs, especially during the spring time, had microbiological indicators, such as total microbial content, total coliform content, and coliphagetiter exceeding maximum permissible values. We used mass-spectrometry for analyzing microelement content of spring water of the Nature Park «Kumysnaya Polyana» near Saratov. Monitoring of changes in mineral content of spring water implies anthropogenic pollution sources. We propose recommendations on rational spring water use in the study area. It is necessary to alert the population about the facts of high content of sanitary-exponential bacteria in spring and summer. Also it is necessary to boil the water for the prevention of various diseases.

**Keywords:** environmental monitoring, springs, water quality, analytical chemical studies, mass-spectrometry, microbiological analysis

Контроль качества питьевой воды в соответствии с нормативными требованиями, определенными стандартами и санитарными правилами, играет важную роль для обеспечения благоприятных условий проживания и безопасности здоровья населения [7].

Централизованное водоснабжение населения имеет определенные преимущества, в том числе такие, как водоочистка, обеззараживание, контроль качества воды и т.д. Однако его недостатком является образование токсических продуктов трансформации химических ингредиентов в процессе реагентной обработки воды на сооружениях водоочистки и водоподготовки, а также дополнительная контаминация микробными агентами во время транспортировки воды по магистральным водоводам и разводящим сетям.

Помимо централизованного водоснабжения население достаточно широко использует воды природных источников, в том числе родников, без специальной обработки. Так, в Саратове и Саратовской области родники до сих пор востребованы среди большого количества населения. На территории г. Саратова особой популярностью пользуются родники Природного парка «Кумысная поляна», который расположен в основном на «площадке» Лысогорского плато и его склонах с запада от города [6].

В связи с этим целью настоящей работы являлась экологическая оценка качества питьевой воды родников г. Саратова и разработка рекомендаций по их содержанию и использованию.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись наиболее востребованные населением родники г. Саратова – «Малиновый», «Три богатыря», «Татарский», «Серебряный», в Октябрьском ущелье, на 1-й Дачной, «Андреевский», «Поющий», на 9-й Дачной, в Корольковом саду (рис. 1).

Исследования проб воды проводили на базе НОЦ «Промышленная экология» кафедры «Экология» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. и в аккредитованной испытательной лаборатории «ЭкоОС» СГТУ в период 2009–2013 гг. по химико-аналитическим, масс-спектрометрическим и микробиологическим показателям согласно общепринятым методикам [4, 7, 8].

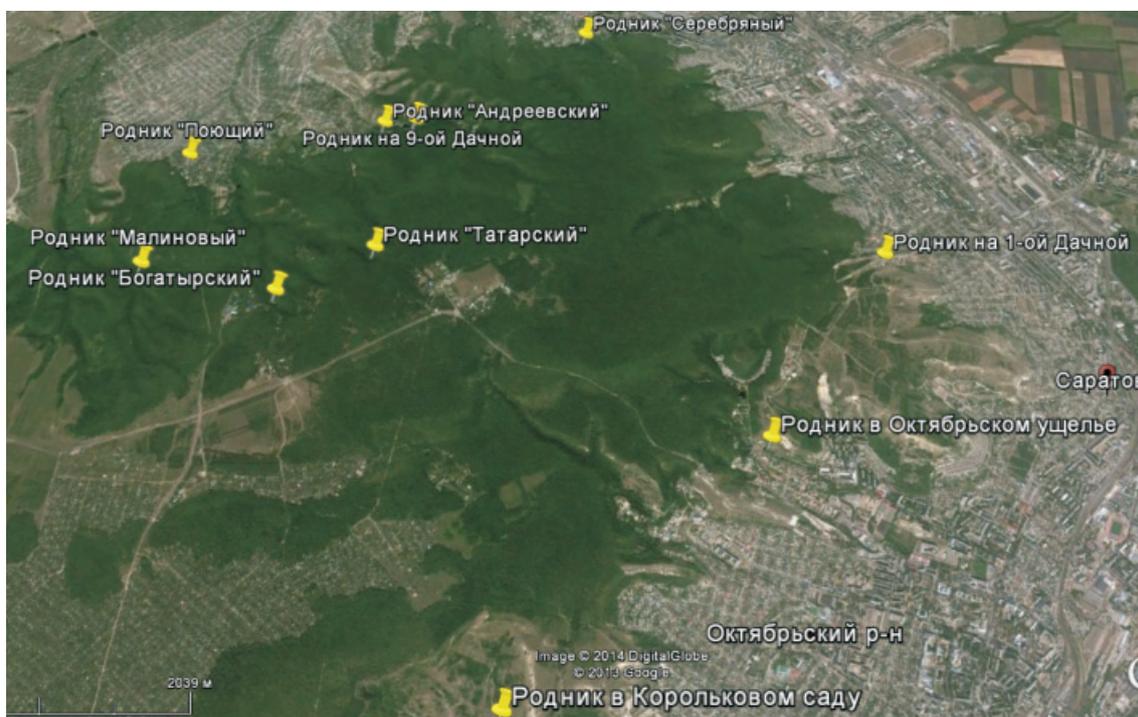


Рис. 1. Исследуемые родники г. Саратова

### Результаты исследования и их обсуждение

По результатам химико-аналитического контроля качества воды было установлено, что общая жесткость воды большинства родников колеблется в пределах нормы (4–9°Ж), за исключением родника у санатория «Октябрьское ущелье», где этот показатель достаточно велик (10,65°Ж). Содержание хлорид-ионов, а также нитрит-ионов и нитрат-ионов во всех исследуемых пробах воды не превышало предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных для питьевых вод. Наибольшее содержание сульфат-ионов выявлено в пробах воды родника у санатория «Октябрьское ущелье», однако их значение укладывалось в рамки гигиенических нормативов.

В целом по комплексу этих показателей можно сделать заключение, что качество воды исследуемых родников соответствует СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников», т.е. вода пригодна для питьевого использования [7].

Не менее важным показателем качества воды является ее микроэлементный состав, оказывающий основополагающее влияние на здоровье населения и, соответственно, на продолжительность жизни. Для такого исследования необходимы современные методические подходы и специальное оборудование. Одним из таких перспективных методов микроэлементного анализа является масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) [1]. В основе метода ICP-MS лежит использование аргонной индуктивно связанной плазмы в качестве источника ионов и масс-спектрометра для разделения и последующего детектирования этих ионов (рис. 2). Диапазон измеряемых концентраций масс-спектрометров составляет 8 порядков, а чувствительность – от  $n \cdot 10^3$  до  $n \cdot 10^5$  имп./с для элемента с концентрацией 1 мкг/л [2].

Данные исследования проводили на базе Центральной аналитической лаборатории ГосНИИ Промышленной экологии Нижнего Поволжья под руководством к.х.н., старшего научного сотрудника С.Н. Курсова [8].

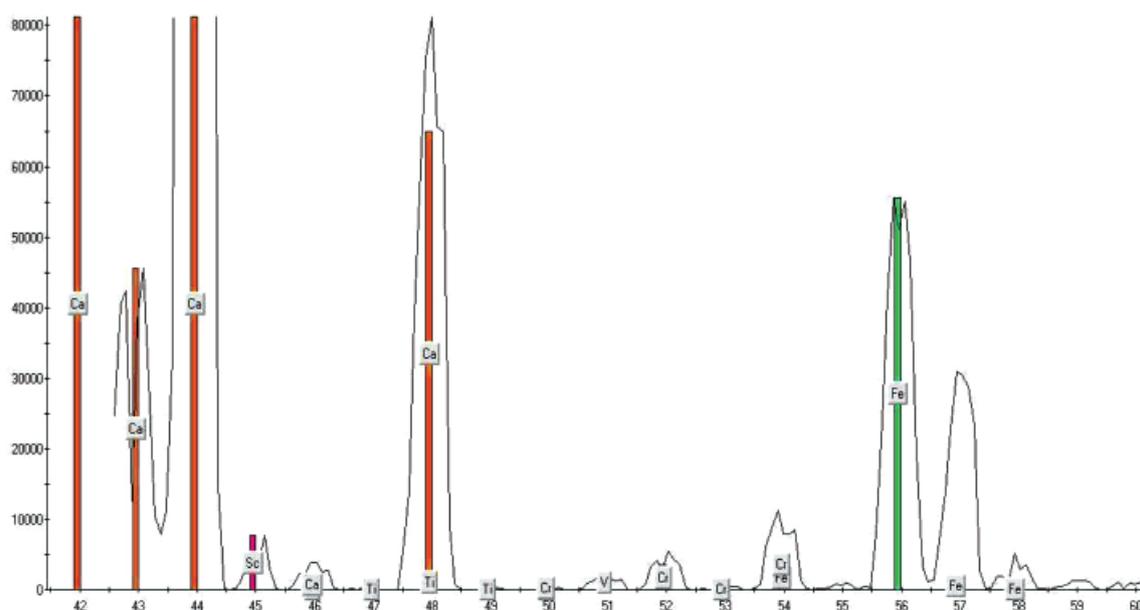


Рис. 2. Спектрограмма воды родника «Серебряный»

Было установлено, что по микроэлементному и элементному составу вода родников действительно вполне пригодна для питьевого использования. Отмечено присутствие в ней в достаточном количестве биогенных элементов, необходимых макроорганизму в составе жизненно важных ферментов и участвующих в обменных процессах (К, Р, Fe, Си и др.). Отмечено умеренное содержание лития и практически полное отсутствие кадмия и опасного бериллия, что также характеризует эти воды с положительной стороны. В норме определено содержание ряда элементов от титана до селена. Превышений по ПДК рыбохозяйственных вод для ртути, урана и других более тяжелых металлов не обнаружено (таблица) [5]. К недостаткам исследуемых вод можно отнести достаточно малую концентрацию йода и марганца, ниже среднестатистической нормы, обычной для воды минеральных пресных источников.

Следует обратить внимание, что минеральный состав исследуемых вод достаточно благоприятный и лишь незначительное превышение по бериллию наблюдается в роднике «Малиновый». Концентрация тория во всех источниках, несмотря на неопределенный до сих пор уровень ПДК по этому элементу, следует признать соответствующим фоновому значению, присущему водным пресноводным системам на территории Саратовской области. Концентрация других микроэлементов находилась в диапазонах, не превышающих шкалу предельно допустимых концентраций химических элементов, которые были приняты для во-

дных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Благодаря масс-спектрометрическому методу анализа мы создали «минеральный портрет» родников Природного парка «Кумысная поляна», по которому в дальнейшем можно следить за изменениями минерального состава воды и достаточно легко определять по отклонениям микроэлементов наличие загрязнений, имеющих техногенное происхождение [3].

О безопасности какого-либо источника в эпидемиологическом отношении судят по результатам его санитарно-бактериологического исследования. Обнаружить в воде патогенные микроорганизмы чрезвычайно сложно ввиду их малой концентрации. Поэтому о качестве воды судят по содержанию в ней санитарно-показательных микроорганизмов [4].

Нами проведены в рамках экологического мониторинга 2009–2013 гг. состояния родников Природного парка «Кумысная поляна» микробиологические исследования воды: определяли количество общих колиформных бактерий (ОКБ), общего микробного числа (ОМЧ), колифагов, сульфитредуцирующих кластридий. На основании полученных результатов оценивали сезонную динамику численности общих колиформных бактерий и мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

Исследования показали, что за период 2009–2013 гг. во всех пробах воды из всех исследуемых родников значения ОМЧ было в пределах нормы, однако стабильно выявлялись ОКБ в диапазоне от 10 до 40 КОЕ/л

независимо от сезона года. В некоторых родниках («Серебряный», «Поющий» и «Родник на 9-й Дачной») в весенний период число ОКБ достигало 60 КОЕ/л (рис. 3), в то время как СанПиН 2.14.1175-02 предусматривает отсутствие ОКБ в 1 л воды. Анализ присутствия ОКБ в воде родников

позволил установить, что в весенний период поступление этих бактерий, возможно, связано с попаданием в родники большого количества органических веществ с талыми водами. В летний период число ОКБ прямо связано с высоким температурным режимом и возрастающей антропогенной нагрузкой.

Элементный и микроэлементный состав воды родников г. Саратова (данные масс-спектрометрического анализа)

Элементы	ПДК рх-в, мг/л	Родник «Три богатыря»	Родник «Татарский»	Родник «Серебряный»	Родник «Малиновый»	Родник в Окт. ущелье	Родник на 1-й Дачной	Родник «Андреевский»	Родник «Поющий»
Литий	80–30	6,5	7,3	16,2	25	15,3	11,4	13,2	18,7
Бериллий	0,3–0,2	0,001	0,002	0	0,02	0,002	0,001	0,004	0,004
Бор	500–500	26	15	17,7	57	83	37	25	19
Натрий	120000–200000	5600	4190	3471	39460	25365	7982	15887	23657
Магний	40000–50000	2200	2480	1473	5160	4780	3150	3840	1756
Алюминий	40–200	0,43	0,23	0,415	0,4	0,39	0,26	0,53	0,18
Кремний	1000–10000	3387	3677	2658	4036	2854	3120	4756	3670
Фосфор	50–200	12	12,5	8,7	8	9,5	7,6	8,1	6,9
Калий	50000–30000	4490	6230	2855	5548	10270	4584	3645	4215
Кальций	180000–н	15500	13100	21940	66280	103280	56685	17237	25380
Ванадий	1–100	3,1	2,1	0,22	1,9	1,7	2,1	0,9	1,3
Хром	50–500	3,8	2,2	0,83	2,3	1,6	0,56	1,8	1,5
Марганец	10–100	1,8	1,3	0,096	0,74	1,22	0,35	0,8	0,13
Железо	100–300	22,4	19,3	20,57	48,1	53,4	16,3	28,4	36,9
Кобальт	10–100	0,7	1,1	0,156	1,1	0,45	0,18	1,33	0,86
Никель	10–20	9,6	6,6	4,46	5,5	7,14	6,3	5,8	4,3
Медь	1–1000	1,5	0,5	0,36	1,5	0,8	1,6	0,75	0,5
Цинк	10–1000	0,8	0,5	4	0,6	1,3	5,8	2,3	3,6
Мышьяк	50–10	0,7	0,5	0,504	1,2	0,3	0,75	1,4	0,8
Селен	2–10	7,5	1	22,6	8,1	4,2	8,4	9,3	12,5
Стронций	400–7000	573	934	145,3	756	359	618	113	452
Молибден	1,2–250	0,3	0	7	14	2	25	17	7
Серебро	н–50	0	0	0	0,09	0	0	0	0
Кадмий	5–1	0	0	0,178	0	0	0	0	0
Барий	740–700	0,6	4	0,99	1,5	1,1	0,8	2,53	0,8
Вольфрам	0,8–50	0	0	0,08	0	0	0	0	0
Ртуть	0,01–0,5	0,4	0,1	0,24	0,3	0,2	0,17	0,03	0,15
Свинец	6–10	0,001	0,001	0,042	0,006	0,001	0,015	0,063	0,033
Уран	н–100	0,7	0,7	1,6	2,4	3,6	8,3	0,9	1,4
Бром	1350–200	48	50	71,6	180	63,5	95,4	70,2	52,8
Йод	200–125	1	0,9	18,2	3,3	16,6	4,3	2,7	9,8
Рений	н–н	0	0	0,05	0,03	0,04	0,03	0	0

Исследование родниковых вод на наличие КМАФАнМ показало, что в среднем численность указанных микроорганизмов не превышала 50 КОЕ/мл; т.е. соответствовала нормам, допустимым СанПиН 2.14.1175-02, которые предусматривают не более 100 КОЕ/мл.

При микроскопировании мазков из выросших колоний при посеве проб воды из родников ПП «Кумысная поляна» были выявлены преимущественно грамотрицательные палочки с закругленными концами,

бациллы и небольшое количество кокковых форм. Анализ морфологии колоний на питательных средах, особенностей их роста, культуральных и биохимических свойств, тинкториальных особенностей клеток при окраске мазков из выросших колоний позволил отнести грамотрицательные палочки к псевдомонадам (рис. 4 а, б). Термотолерантные сульфитредуцирующие кластридии (показатель недавнего фекального загрязнения) за период наших исследований воды родников выделены не были.

Динамика численности общих колиформных бактерий в исследуемых родниках г. Саратова

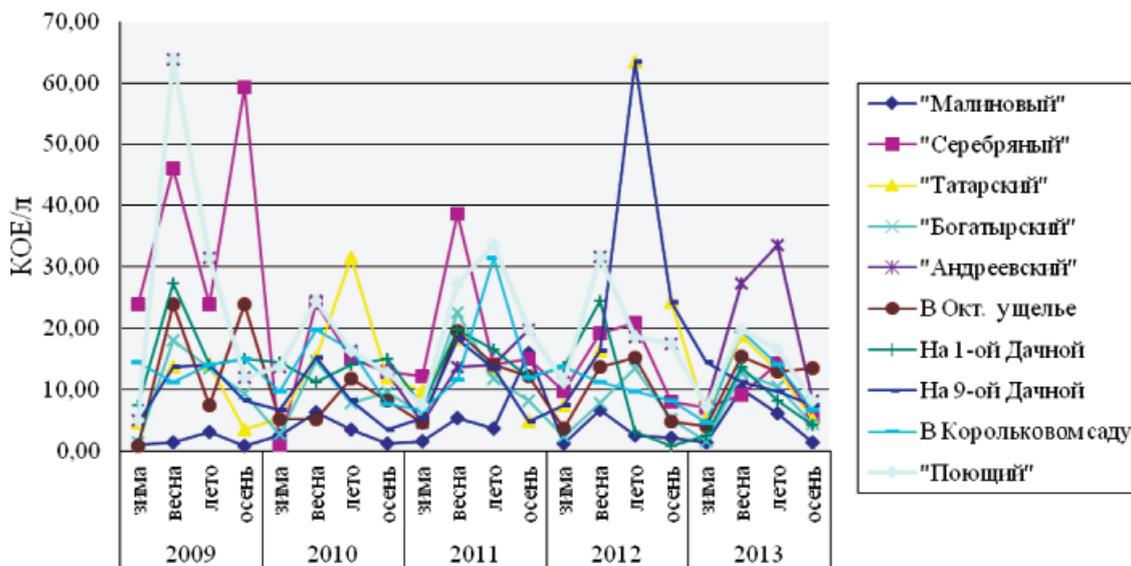


Рис. 3. Динамика численности общих колиформных бактерий в исследуемых родниках г. Саратова

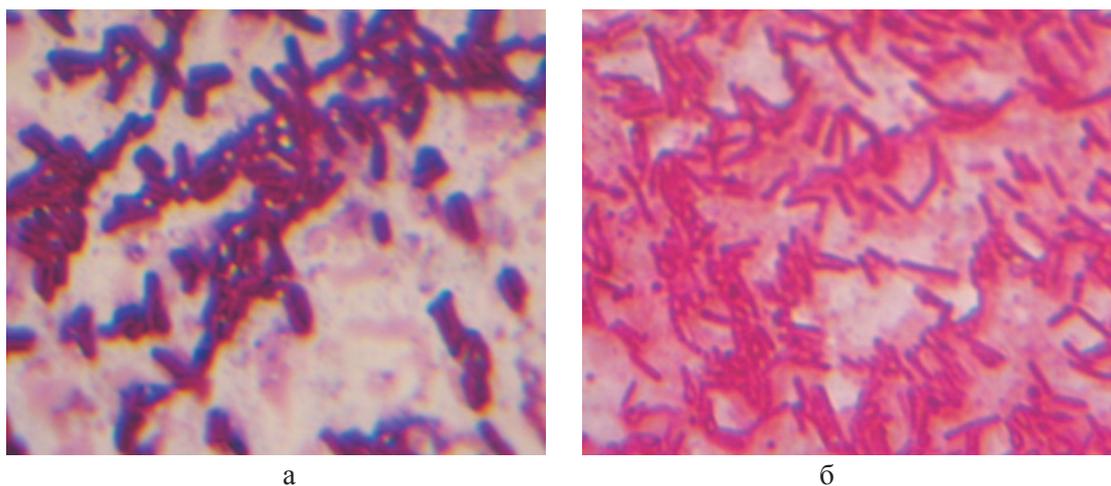


Рис. 4. Основные формы микроорганизмов, выросшие на питательных средах из воды исследуемых родников:  
а – мазки с окраской по Граму; б – мазки с окраской фуксином Пфейфера

На основе полученных данных были разработаны следующие рекомендации:

- необходимость оповещения населения, использующего воды родников, о фактах повышенного содержания санитарно-показательных бактерий в воде в весенне-летний период и необходимости ее кипячения в целях предупреждения различных заболеваний;

- составление памяток для медицинских работников и населения с характеристикой уникального микроэлементного состава воды каждого родника и рекомендациями ее использования в профилактических и лечебных целях;

- перечень мероприятий для соответствующих служб по благоустройству санитарно-защитных территорий родников, обеспечивающих их защиту от загрязнений;

- составление памяток для населения с указанием перечня мероприятий по поддержанию санитарного состояния родников и правил экологического поведения.

### Заключение

Проведение экологического мониторинга качества воды родников Природного парка «Кумысная поляна» г. Саратова за период 2009–2013 гг. позволило дать объективную оценку их значимости для

водопользования населения и разработать практические рекомендации. Установлено, что по комплексу показателей лабораторно-аналитических и масс-спектрометрических исследований вода из этих родников соответствует требованиям к качеству питьевой воды нецентрализованного водоснабжения. Однако по санитарно-микробиологическим показателям (наличие ОКБ) вода не соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников» и нуждается в дополнительных мероприятиях по ее обеззараживанию.

#### Список литературы

1. Карандашев В.К., Кордюков С.В., Карепов Б.Г. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой // Мир измерений. – 2001. – № 6. – С. 14–20.
2. Курсков С.Н., Расстегаев О.Ю., Чупис В.Н. Изучение элементного состава природных вод методом масс-спектрометрии индуктивно связанной плазмы // Экологические проблемы промышленных городов: сб. – Саратов: СГТУ, 2007. – С. 144.
3. Маркина Т.А., Тихомирова Е.И. Оценка качества питьевой воды родников охраняемых природных территорий Саратовской области // Вавиловские чтения. – 2010: сб. материалов Межд. науч.-практ. конф. – Саратов: Изд-во КУБИБ, 2010. – Т.1. – С. 227–228.
4. МУК 4.2671 – 97 «Методы санитарно-микробиологического анализа питьевой воды». Методические указания. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1998. – 27 с.
5. Никаноров А.М. Гидрохимия. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Гидрометеоздат, 2001.
6. Орлов А.А., Зотов А.П., Белов А.С. Родники Саратовской губернии. – Саратов: Изд-во «Научная книга», 2004. – 200 с.
7. СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников». – М.: Минздрав России, 2002.
8. Чупис В.Н., Расстегаев О.Ю., Курсков С.Н., Марьян В.И. Исследования микроэлементного состава водных объектов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. // Экологические проблемы промышленных городов: сб. научных трудов. – Саратов: СГТУ, 2003. – С. 198–200.

#### References

1. Karandashev V.K., Kordyukov S.V., Karepov B.G. Mass-spectrometriya s induktivno svjazannoj plazмой // Mirizmereniya. 2001. no. 6. pp. 14–20.
2. Kurskov S.N., Rasstegaev O.Yu., Chupis V.N. Izuchenie elementnogo sostava prirodnich vod metodom mass-spectrometrii induktivno svjazannoj plazmi. / Sb. Nauchnich trudov. Ecologicheskije problem promishlennich gorodov. Saratov: SSTU 2007. pp. 144.
3. Markina T.A., Tichomirova E.I. Ocenka kachestva pitjevoy void rodnikov ochranaemich prirodnich territoriy Saratovskoy oblasti. / Vavilovskie chteniya 2010. Materiali Mezhd. nauch.-prakt. Konf. V 3tomach. Saratov: Izd-vo KUBIK, 2010. T.1. 227–228 p.
4. MUK 4.2671 97 «Metodi sanitarno-microbiologicheskogo analiza pitjevoy vodi». Metodicheskije ukazaniya. M.: Goscomsanepidnadzor Rossii, 1998. 27 p.
5. Nikanorov A.M. Hidrochimiya. Vtoroe izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe. Sanct-Peterburg: Gidrometeoizdat, 2001.
6. Orlov A.A., Zotov A.P., Belov A.S. Rodniki Saratovskoy gubernii. Saratov: Izd-vo «Nauchnaya kniga» 2004. 200 c.
7. SanPiN 2.1.4.1175-02 «Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu void necentralizovannogo vodosnabgeniya. Sanitarnaya ochrana istochnikov». M.: Minzdrav Rossii, 2002.
8. Chupis V.N., Rasstegaev O.Yu., Kurskov S.N., Maryin V.I. Issledovaniya microelementnogo sostava vodnich objctov metodom mass-spectrometrii s induktivno svjazanno jplazмой // Sb. Nauchnich trudov. Ecologicheskije problem promishlennich gorodov. Saratov: SSTU 2003. pp. 198–200.

#### Рецензенты:

Луцевич И.Н., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой гигиены медико-профилактического факультета СГМУ имени В.И. Разумовского, г. Саратов;

Сергеева И.В., д.б.н., профессор, заведующая кафедрой ботаники и экологии, ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 01.04.2014.