

## ИЗМЕНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ НИТРАТ-ИОНАМИ РОДНИКОВ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

Г.А. Сигора, Т.В. Ляшко, Л.А. Ничкова, Т.Ю. Хоменко

Севастопольский государственный университет,  
РФ, г. Севастополь, ул. Университетская, 33  
*E-mail: sigora1@yandex.ru; E-mail: tatyana.lyashko.00@mail.ru*

Проанализирована динамика изменения концентрации нитрат-ионов в родниках города Севастополя за пять лет. Предельно допустимые концентрации в некоторых родниках в среднем превышены в два-три раза. Выявлена тенденция к увеличению уровня загрязненности родников нитратами. Рассмотрены сезонные изменения концентраций. Представлены результаты статистической обработки экспериментальных данных анализа проб воды на содержание нитрат-ионов из родника в балке Сарандинакина и родника на территории природного парка регионального значения «Максимова дача». Выявлены причины загрязнения и предложены меры по снижению уровня содержания нитрат-ионов.

**Ключевые слова:** загрязнение, концентрация, динамика, нитрат-ионы, родник, мониторинг, мероприятия.

Поступила в редакцию: 02.10.2018.

**Введение.** В настоящее время загрязнение водоносных горизонтов стало нежелательной закономерностью. Содержание нитрат-ионов в подземных водах является своеобразным «маркером» местности, где антропогенная нагрузка на среду значительно превышена. Ряд исследований показал, что во многих регионах подземные воды загрязнены нитратами [1–8]. Данные по динамике уровня содержания нитратов в подземных водах практически не публикуются, поэтому составление каких-либо прогнозов на будущее затруднительно. Однако делать это необходимо для обоснования и разработки эффективных мер защиты подземных вод от нитратного загрязнения.

Многочисленные медицинские исследования подтвердили, что в организме человека при участии специфических бактерий в условиях щелочной среды происходит восстановление нитратов в нитриты, приводящее к образованию метгемоглобина [9].

Наиболее благоприятные условия для восстановления нитратов существуют в кишечном тракте грудных детей, в силу чего повышенное содержание нитратов в питьевой воде вызывает появление метгемоглобинемии. Содержание 1 мг нитратов в 1 кг массы взрослого человека приводит к расслаблению мышц, расширению кровеносных сосудов, двухвалентное

железо в организме окисляется до трёхвалентного за счет кислорода нитратов, переходящих в нитриты. В этом случае и у взрослого человека образуется метгемоглобин, приводящий к тяжелому заболеванию. Смертельная доза нитратов – 20 г на 1 кг массы человека. В условиях нитратного токсикоза повышается риск мутаций отдельных клеток, что вызывает другие серьезные последствия [10].

Если до 60-х гг. XX в. основная опасность нитратов связывалась с образованием метгемоглобина, то в настоящий момент на первый план выходит другой аспект их действия. Нитраты рассматриваются в качестве одного из основных предшественников канцерогенных N-нитрозосоединений. В ряде стран установлена прямая корреляция между количеством применяемых азотных удобрений и смертностью от рака желудка. Хроническое воздействие нитратов угнетает некоторые стороны иммунного статуса [11].

Установлены жесткие предельно допустимые концентрации нитратов в питьевых водах в связи с их высокой токсичностью. Норма нитратов в воде в Российской Федерации составляет 45 мг на литр [12], в некоторых европейских государствах норма может быть увеличена до 50 мг на литр.

Содержание нитратов в поверхностных и подземных водах варьируется в

широких пределах в зависимости от геохимических условий, применения азотных удобрений, промышленных выбросов азотистых соединений, методов удаления отходов и продуктов жизнедеятельности человека (от 0 до 200 мг/л и более). В воде системы городского водоснабжения содержание нитратов обычно невысокое (до 10 мг/л). Большие концентрации нитратов обнаруживаются в грунтовых водах и, в частности, в колодезной воде [11].

В связи с переходом в Российскую Федерацию АР Крым и г. Севастополя появилась острая необходимость в восстановлении системы государственного контроля состояния качества воды, а также создание базы данных о состоянии подземных вод, их загрязненности [5].

Цель данного исследования – рассмотреть динамику варьирования концентраций нитрат-ионов в наиболее загрязненных родниках г. Севастополя.

**Материалы и методы.** На кафедре «Техносферная безопасность» Севастопольского государственного университета проводятся исследования на содержание нитрат-ионов в природных водах с 2013 г. Отбор проб производится из источников нецентрализованного водоснабжения г. Севастополя и его окрестностей, городов Бахчисарая, Ялты, Евпатории, а также ряда поселков городского типа в Бахчисарайском и Раздольницком районах [13].

Минимальный объем проб составляет 0,3 дм<sup>3</sup>, проводятся три параллельных измерения концентрации нитрат-ионов. В ряде мест ограничивались несколькими разовыми отборами проб. Для исследования динамики изменения концентрации во времени пробоотбор проводится один раз в две недели. Для измерения содержания нитратов применяется профессиональный портативный нитратомер Н-401, с допустимой относительной погрешностью 10%.

В ходе проведения исследования был произведен отбор разовых проб в 45 источниках. В результате была разработана карта загрязнения нитрат-ионами подземных вод Крыма [5].

Было установлено, что концентрация нитрат-ионов в подземных водах г. Севастополя колеблется в зависимости от ме-

стоположения родника и с течением времени. Для подробного изучения динамики изменения концентрации нитрат-ионов в подземной воде осуществляется мониторинг содержания нитратов в роднике в балке Сарандинакина (далее СР) и роднике на территории природного парка регионального значения «Максимова дача» (далее МДР).

**Результаты и их обсуждение.** В целом, на протяжении более четырех лет наблюдений концентрация нитратов в родниках СР и МДР стабильно превышает ПДК. Существенное снижение концентрации наблюдалось лишь в сентябре-октябре 2017 г.

Родник в балке Сарандинакина очень древний, выстоявший первую и вторую оборону Севастополя, находится в районе 5 км Балаклавского шоссе. Концентрация нитрат-ионов в пробах воды из данного родника превышает ПДК в среднем почти в два с половиной раза – 111,9 мг/л. Минимум был зафиксирован 10.09.17, когда концентрация нитрат-ионов была почти в полтора раза ниже ПДК и составляла 34,1 мг/л. Максимальное значение концентрации зарегистрировано 06.03.18 и соответствовало 166,2 мг/л, что превышает допустимые нормы в 3,7 раза (рис. 1).

Рассмотрим динамику изменения концентрации нитрат-ионов в роднике в балке Сарандинакина отдельно по годам.

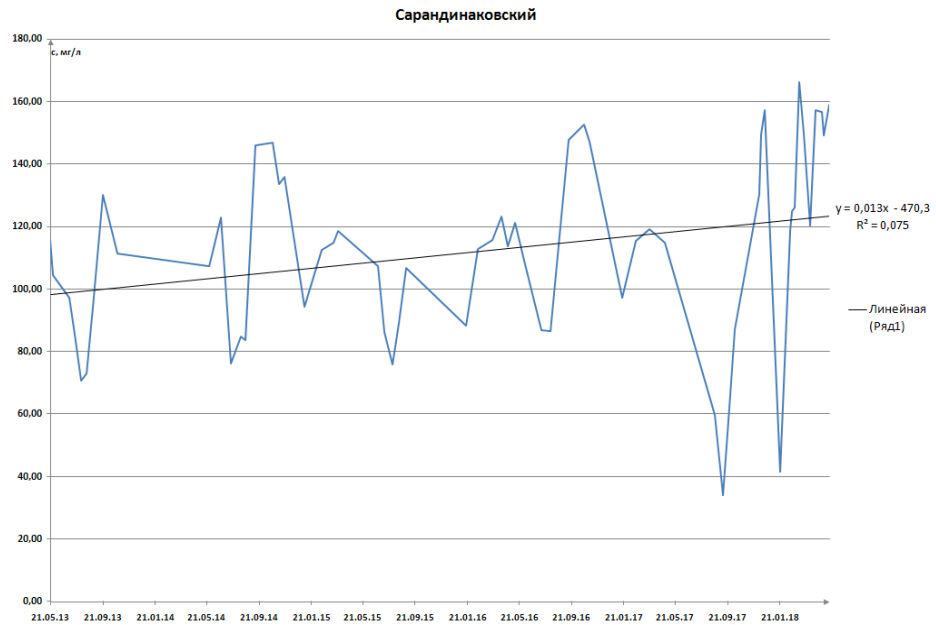
В 2013 г. среднее составляет 98 мг/л. В течение года концентрация нитратов относительно стабильна, а увеличение наблюдается в осенне-зимний период (рис. 2, а).

В 2014 г. среднее составляет 114,8 мг/л, что на 17% больше по сравнению с предыдущим годом (рис. 2, б).

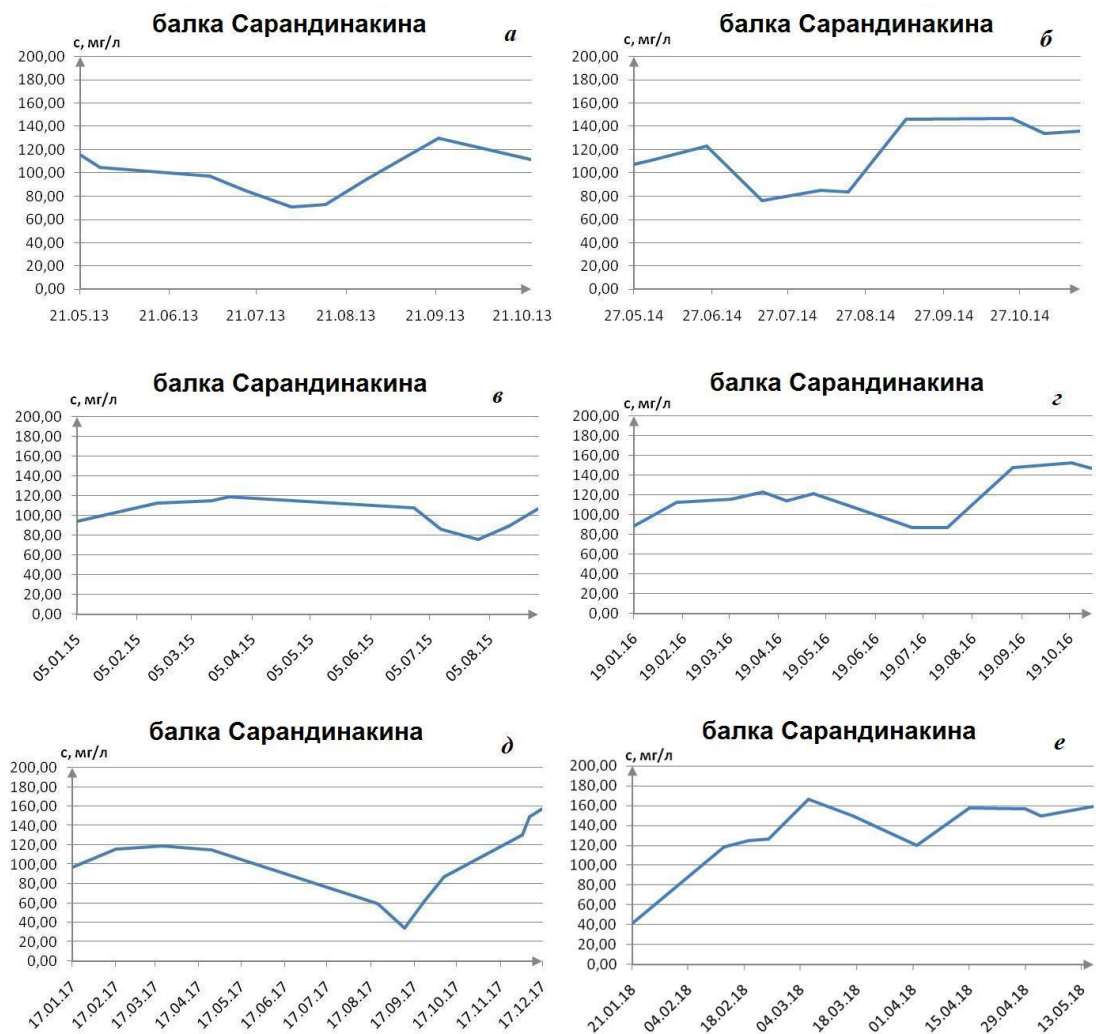
В 2015 г. среднее снова понижается до значения в 100,7 мг/л, на 14,1 мг/л. В 2015 г. показатели содержания нитрат-ионов наиболее стабильны за весь период наблюдения (рис. 2, в).

В 2016 г. средняя концентрация нитрат-ионов равна 116,9 мг/л и является максимальной среднегодовой за все время наблюдения, превышая среднюю концентрацию 2015 г. на 16% (рис. 2, г).

В 2017 г. средняя концентрация вновь понижается и составляет 113,6 мг/л (97,17% от среднегодовой концентрации за 2016 г.) (рис. 2, д).



**Рис. 1.** Динамика изменения концентрации нитрат-ионов в роднике в балке Сардиникина



**Рис. 2.** Изменение концентрации нитрат-ионов за 2013 (а), 2014 (б), 2015 (в), 2016 (г), 2017 (д), 2018 (е) гг. в роднике в балке Сардиникина

В 2018 г. в период проведения измерений (с января по май) наблюдается следующая ситуация: средняя концентрация за исследуемый период значительно возросла и составляет 133,64 мг/л (130,5 % от значений предыдущего года). Однако следует учитывать, что были охвачены только два времени года: зима и весна. Значения концентрации находятся на высоком уровне, содержание нитрат-ионов незначительно ниже ПДК наблюдалось лишь в январе (рис. 2, д).

Была проведена статистическая обработка экспериментальных данных анализа проб воды на содержание нитрат-ионов (табл. 1). Из табл. 1 видно, что ме-

диана и среднее арифметическое значений не совпадают, т.е. величины концентраций распределяются не по нормальному закону.

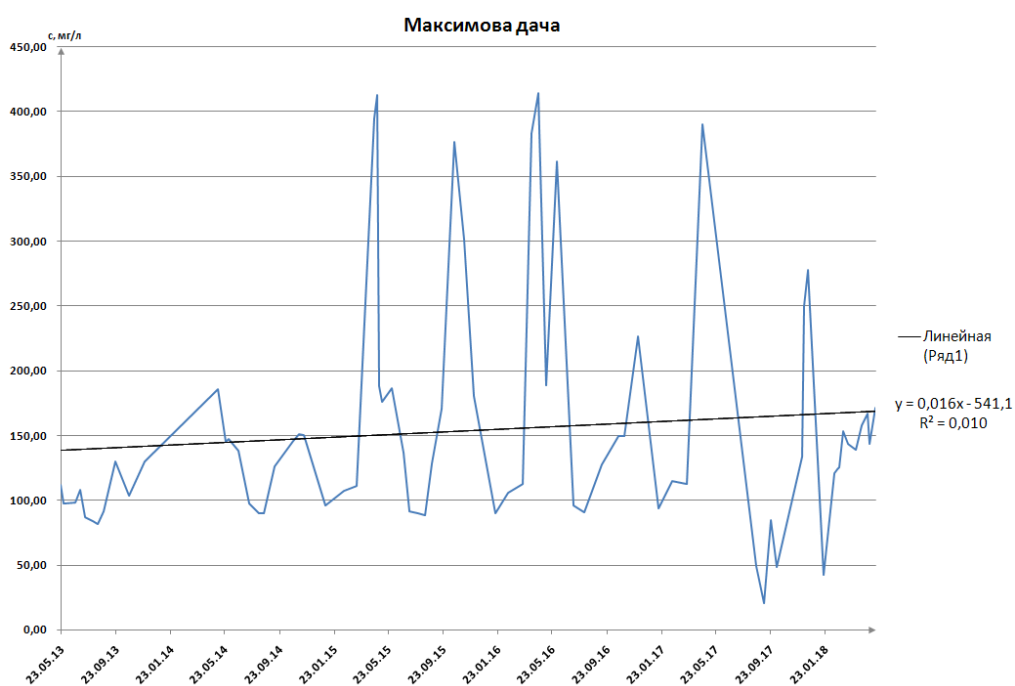
Если в анализируемом процессе присутствует существенный и неконтролируемый фактор, то в наблюдениях могут появиться аномальные значения, которые в значительной мере влияют на среднюю арифметическую, но при этом почти не затрагивают медиану. Экологические процессы очень сложны, поэтому неудивительно, что зачастую невозможно учесть все факторы, влияющие на состояние природного объекта в данный момент времени.

**Таблица 1.** Результаты статистической обработки экспериментальных данных анализа проб воды на содержание нитрат-ионов

Родник в балке Сарандинакина							
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	общее
Среднее	98,06	114,85	100,69	116,98	102,44	133,64	111,90
Дисперсия	345,65	627,56	194,01	498,08	1363,28	1119,683	868,6422
СКО	18,59	25,05	13,93	22,32	36,92	33,46166	29,47274
Медиана	97,30	116,85	106,90	114,70	114,75	149,30	114,28

Родник на «Максимовой даче» (МДР) более загрязнен – средняя концентрация превышает ПДК в 3,4 раза (154,04 мг/л). Максимум зарегистрирован 24.04.16 –

414,5 мг/л, что превышает ПДК приблизительно в девять раз. Минимум 10.09.17 – 20,7 мг/л, что ниже ПДК более чем в два раза (рис. 3).

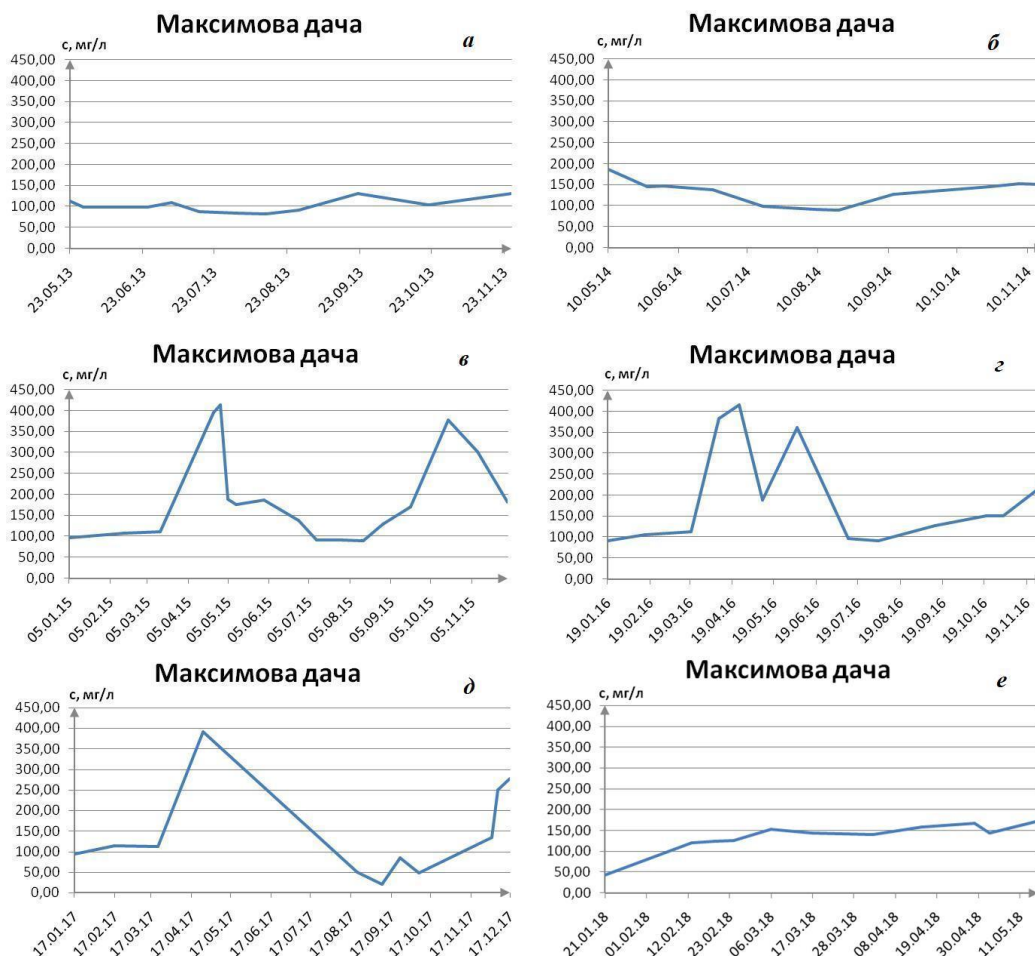


**Рис. 3.** Динамика изменения концентрации нитрат-ионов в роднике на территории природного парка регионального значения «Максимова дача»

Как и в Сарандиновском роднике, концентрация нитрат-ионов в МДР была рассмотрена отдельно за каждый год.

Среднегодовая концентрация за

2013 г. равна 102,2 мг/л, что является минимальным значением за весь период наблюдений (рис. 4, а).



**Рис. 4.** Изменение концентрации нитрат-ионов за 2013 (а), 2014 (б), 2015 (в), 2016 (г), 2017 (д), 2018 (е) годы в роднике на территории природного парка «Максимова дача»

За 2014 г. среднее значение концентрации нитрат-ионов составляет 133,5 мг/л, что превышает показатель предыдущего года на 30,6%. Минимум содержания нитрат-ионов зарегистрирован в летний период (рис. 4, б).

В 2015 г. среднегодовое значение повышается до 190,5 мг/л (142,7% от значений предыдущего года). Наблюдаются резкое увеличение концентрации в апреле и октябре-ноябре (рис. 4, в).

В 2016 г. средняя концентрация нитрат-ионов за год равна 192,2 мг/л и является максимальной за весь период наблюдений, превышая аналогичный показатель 2015 г. лишь на 0,9%. Значительное увеличение концентрации нит-

ратов в пробах приходится на период с апреля по июнь 2016 г. (рис. 4, г).

В 2017 г. среднегодовая концентрация снижается, составляя 74,6% от значений предыдущего года – 143,4 мг/л. Значительное увеличение концентрации прослеживается в апреле (390,6 мг/л). Другой пик приходится на декабрь 2017 г.: 08.12.17 – концентрация равна 250 мг/л; 17.12.17 – 277,7 мг/л. В то же время, в 2017 г. зафиксирован минимум показателя концентрации за все время наблюдений, а именно: 10.09.17 – 20,7 мг/л (рис. 4, д).

В 2018 г. средняя концентрация нитрат-ионов в роднике продолжает пони-

жаться и в итоге составила 135,48 мг/л, что ниже аналогичного показателя 2017 г. на 5,5%. Зимой концентрация нитрат-ионов ниже, чем в весенний период, когда содержание нитратов в родниковой воде относительно стабильно. К сожалению, трудно спрогнозировать, как изменится ситуация в будущем, поэтому приходится опираться лишь на данные, полученные за пять месяцев наблюдений

(рис. 4, е).

Также была проведена статистическая обработка экспериментальных данных анализа проб воды из МДР на содержание нитрат-ионов (табл. 2). Из табл. 2 видно, что медиана и среднее арифметическое значение не совпадают, т.е. величины концентраций нитрат-ионов в МДР распределяются не по нормальному закону.

**Таблица 2.** Результаты статистической обработки экспериментальных данных анализа проб воды на содержание нитрат-ионов

«Максимова дача»							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	общее
Среднее	102,18	133,54	190,54	192,21	143,43	135,48	154,04
Дисперсия	259,83	812,76	11652,41	12874,05	11917,89	1122,03	8128,6
СКО	16,12	28,51	107,95	113,46	109,17	33,49	90,16
Медиана	98,25	145,50	170,90	149,55	112,90	143,50	129,37

**Закключение.** Приведенные выше графики иллюстрируют устойчивую тенденцию к увеличению концентраций нитрат-ионов в роднике на Максимовой даче и Сарандиновском роднике. Причем в мае 2015 г. [13] концентрация нитрат-ионов в роднике на Максимовой даче превысила предельно допустимую в девять раз. Общую тенденцию к увеличению содержания нитратов в подземных водах в черте города можно связать со многими причинами, главной из которых является увеличение численности населения г. Севастополя и количества туристов, посещающих город в курортный период.

Сезонная динамика концентраций в исследуемых родниках наблюдалась следующая – рост содержания нитрат-ионов приходится на весенний и летний периоды. Это подтверждает предположения, согласно которым увеличение нитратов в подземных водах связано с количеством людей, постоянно или временно проживающих на водосборной территории родников.

Как показывают результаты исследования, источники загрязнения подземных вод г. Севастополя коммунально-бытовые, в первую очередь это несанкционированные свалки и неправильно оборудованные канализационные стоки.

Можно предложить следующие меры по снижению концентрации нитрат-

ионов:

- необходим ремонт и модернизация канализационных систем, чтобы избежать утечек сточных вод;

- проведение оперативного контроля и ликвидация несанкционированных свалок;

- для своевременного принятия мер по контролю загрязненности подземных вод чрезвычайно необходимо проведение государственного мониторинга.

Для информирования населения о качестве подземных вод необходимо своевременное поступление данных мониторинга в межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Крым и городу федерального значения Севастополю.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и города Севастополь в рамках научного проекта № 18-45-920032 р\_а.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ родников г. Перми. Муниципальное управление по экологии и природопользованию г. Перми 2004. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ecology.permregion.ru> (дата

обращения: 09.02.2018).

2. *Кортунов Н.* Отравы из родника. [Электронный ресурс]. URL: <http://gerpublic/cap/ru> (дата обращения: 09.02.2018).

3. *Родники* в Самарской области сильно загрязнены. Телерадиокомпания «Орион» 29.04.2006. [Электронный ресурс]. URL: <http://www/orion-tv/ru> (дата обращения: 08.02.2018).

4. *Титова Н.* Родниковая вода – пить или не пить? // Советская Чувашия. 2003. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sovch.chuvashia.com> (дата обращения: 09.02.2018).

5. *Мониторинг* загрязненности нитрат-ионами подземных вод территории городов Севастополь и Бахчисарай / И.И. Косинова, Г.А. Сигора, Л.А. Ничкова [и др.] // Геология. 2016. № 3. С. 123–127.

6. *Рождественская Т.А., Пузанов А.В., Горбачев И.В.* Нитраты и нитриты в поверхностных и подземных водах Алтая // Мир науки, культуры, образования. 2008. № 2 (9). С. 19–22.

7. *Лешкович М.А., Зуев В.Н.* Показатели содержания нитратов в колодезной воде некоторых населенных пунктов Столинского района // Экология на современном этапе развития общества: ма-

териалы Междунар. науч.-практ. конф. РИО БарГУ. 2014. С. 126–129.

8. *Нитраты* в колодезной воде Владивостока / Е.А. Аверина, И.А. Андаякова, С.В. Зарецкая [и др.] // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2013. 2-3 (52). С. 28–29.

9. *Berlin M.* Nitrat- och bälteriaker. Nitratdag i alnarp, 1973. P. 93–102.

10. *Брилинг И.Д.* Нитратное загрязнение подземных вод удобрениями. М., 1985, 49 с.; 10, 11.

11. *Стожаров А.Н.* Медицинская экология: учеб. пособие / А.Н. Стожаров. Минск: Выш. шк., 2007. 368 с.

12. *Санитарные правила* "Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. СанПиН 2.1.4.1175-02". 2002. 17 с.

13. *Сигора Г.А.* Анализ нитратного загрязнения подземных вод г. Севастополя // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: материалы четвертой науч.-практ. конф. (г. Петрозаводск, 30 сентября – 2 октября 2015 г.). Воронеж: ООО «Издательство «Научная книга», 2015. С. 119–122.

## CHANGES OF POLLUTION BY NITRATE-IONS OF SPRINGS OF SEVASTOPOL CITY

G.A. Sigora, T.V. Lyashko, L.A. Nychkova, T.Yu. Khomenko

Sevastopol State University,  
Russian Federation, Sevastopol, Universitetskaya St., 33

The dynamics of the change in the concentration of nitrate ions in the springs of Sevastopol in five years is analyzed. The maximum allowable concentrations in some springs are on average exceeded by two or three times. The tendency to increase the level of contamination of springs by nitrates is revealed. Seasonal changes in concentrations are considered. The paper presents the results of statistical processing of experimental data from the analysis of water samples for the content of nitrate ions from a spring in the Sarandinakin girder and a spring in the territory of the "Maksimov Dacha" regional value park. The causes of pollution have been identified and measures have been proposed to reduce the level of nitrate ions.

**Keywords:** pollution, concentration, dynamics, nitrate ions, spring, monitoring, measures.