



УДК 556.3:502.63 (470.325)

ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ РОДНИКОВ В ЛАНДШАФТАХ НА СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ В ИХ ВОДАХ

Л.Л. Новых
Ю.В. Юдина
Г.А. Орехова

*Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет,
Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85
E-mail: novykh@bsu.edu.ru*

Проведено обследование родников Белгородской области, являющихся памятниками природы регионального значения. Осуществлена оценка загрязнения родниковых вод нитратами и влияния различных факторов на его уровень. Установлено, что для большинства изученных родников характерны низкие концентрации нитратов в воде, не превышающие ПДК. «Факторами риска» для появления нитратов в водах являются близкое размещение агроландшафтов и выходы родников на склонах балок.

Ключевые слова: памятники природы; нитраты; потенциометрический метод; высокое варьирование; типы местности.

Принятые сокращения: ПДК – предельно-допустимая концентрация; ООПТ – особо охраняемые природные территории; ТСК – техническое состояние каптажа; ССР – санитарное состояние родника; ССОП – санитарное состояние области питания; СТСР – санитарно-техническое состояние родника.

Введение

Одним из чудесных природных явлений на земле являются родники. Они имеют большое хозяйственное, научное, рекреационное и культурно-историческое значение. В то же время родники являются составными частями природных комплексов: они формируют целостность компонентов ландшафтов и участвуют в формировании многообразия видов в пределах биоценозов, слагающих ландшафт.

У многих жителей области сохраняется стойкое убеждение, что вода родников является чистой и полезной. Однако многочисленные публикации из разных регионов России свидетельствуют, что вода родников может быть загрязненной [1–4]. Занимаясь паспортизацией родников области, в ходе полевых исследований мы убедились в том, что многие родники находятся в населенных пунктах или рядом с сельскохозяйственными угодьями, т.е. области их питания могут быть загрязнены. Как известно, загрязнение природных вод может быть связано с биогенными или токсичными веществами. Основными химическими загрязнителями подземных вод являются макрокомпоненты, нефтепродукты, тяжелые металлы, нитраты и пестициды.

Среди большого массива родников Белгородской области наибольший интерес представляют родники, которые были отнесены к региональным памятникам природы. В первую очередь родники попадают в такой разряд в связи с ландшафтным значением. При выделении родников в качестве памятников природы ученые Московского государственного геологоразведочного университета [5] предлагают использовать 3 группы факторов:

- 1) решающие факторы: а) значительная научная ценность; б) историческое ценное или природное значение; в) важное экологическое значение;
- 2) основные факторы: г) уникальность, достопримечательность природного объекта; д) культурно-познавательная ценность;
- 3) дополнительные факторы: е) эстетическая привлекательность, живописность объекта; ж) рекреационно-оздоровительное значение объекта; з) пропагандистско-воспитательная ценность.

В своих предыдущих работах [6] мы рассматривали соответствие родников ряда районов области критериям памятников природы в целях оптимизации перечня охра-

няемых объектов. При этом следует обратить особое внимание на то, что ряд предлагаемых факторов прямо или опосредовано зависит от качества воды родников. К такому можно отнести важное экологическое значение родника и рекреационно-оздоровительное значение объекта. Таким образом, обоснованное включение родников в разряд памятников природы возможно лишь при учете качества их воды, поэтому наше внимание было обращено, в первую очередь, на родники-памятники природы.

Представленное исследование посвящено загрязнению родниковых вод нитратами. Известно, что такое загрязнение может быть обусловлено как природными, так и антропогенными причинами. В результате деятельности бактерий в водоемах аммонийные ионы могут переходить в нитрат-ионы. Также некоторое количество нитратов возникает при электрических разрядах – молниях [7]. Повышенное содержание нитратов в поверхностных водах ведет к зарастанию водных объектов, их «цветению». Этот процесс широко известен и носит название «эвтрофикация водоемов. Он опасен для водоемов, т.к. последующее разложение фитомассы растений ведет к израсходуванию кислорода в воде, что в некоторых случаях может привести к гибели фауны водоема. Согласно данным А.П. Белоусовой, И.К. Гавич, А.Б. Лисенкова и др [8], нитратное загрязнение связано преимущественно с сельскохозяйственной деятельностью, меньшее влияние оказывают промышленные и коммунальные отходы.

Как и многие другие химические вещества, нитраты оказывают на биоценозы двоякое воздействие: с одной стороны – это обязательный компонент питания растений, и все современное сельское хозяйство знает аббревиатуру NPK – азот, фосфор, калий. Азот входит в состав нуклеиновых кислот, содержится в хлорофилле, без которого немислим процесс фотосинтеза, входит в состав некоторых витаминов и других веществ [9]. С другой стороны, при существенном избытке нитратов в воде или пище возникает опасность для здоровья животных или человека.

По влиянию на здоровье человека различают первичную токсичность нитрат-иона; вторичную, связанную с образованием нитрит-иона и третичную, обусловленную образованием из нитритов и аминов нитрозаминов [7]. Сами нитраты относятся к умеренно-опасным веществам (III класс опасности), но под действием микрофлоры кишечника идет восстановление их в нитриты, которые во много раз токсичнее. Нитриты относятся к высокоопасным веществам – II класс опасности [10].

ПДК нитратов в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, согласно СанПиН 2.1.4.1175-02, составляет 45 мг/л [11]; ПДК в воде по санитарно-токсикологическому показателю вредности – 10 мг/л [12].

В Белгородской области в структуре земельного фонда высока доля пашни, в последние годы построены комплексы по откорму свиней, крупного рогатого скота, птицы, поэтому проблема загрязнения родниковых вод нитратами может быть актуальна. Однако кроме близости сельскохозяйственных угодий или коммунальных отходов к местам выходов родников на содержание нитратов в их водах могут влиять ландшафтные условия. Этот аспект практически не освещается в литературе. В связи с этим основное внимание при проведении исследований было уделено выявлению влияния положения родников в ландшафтах на содержание нитратов в их водах.

Целью нашего исследования было определение влияния различных факторов, в том числе ландшафтных условий участков размещения родников, на загрязнение их вод нитратами. В качестве объекта исследования была взята группа родников, которые являются памятниками природы регионального значения. В задачи исследования входило полевое обследование родников, обновление их паспортов, анализ характеристик источников, отбор проб воды, определение содержания нитратов, выявление влияния различных факторов на содержание нитратов в водах, составление картосхемы размещения изученных родников и уровня загрязнения их вод нитратами.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужили 109 родников, которые в 1991-1995 гг. были включены в список ООПТ регионального значения Белгородской области [13]. Краткую информацию об их особенностях можно найти на страницах книги «Родники



Белогорья» [14]. На рисунке 1 показано количество таких родников в районах области. Очевидно их неравномерное размещение: от полного отсутствия таких объектов в трех районах (Краснояржский, Новооскольский, Ракитянский) до 32 в Красногвардейском районе. В статье обсуждаются результаты по 103 родникам, т.к. из-за сухого лета из 6 родников не удалось отобрать пробы воды.

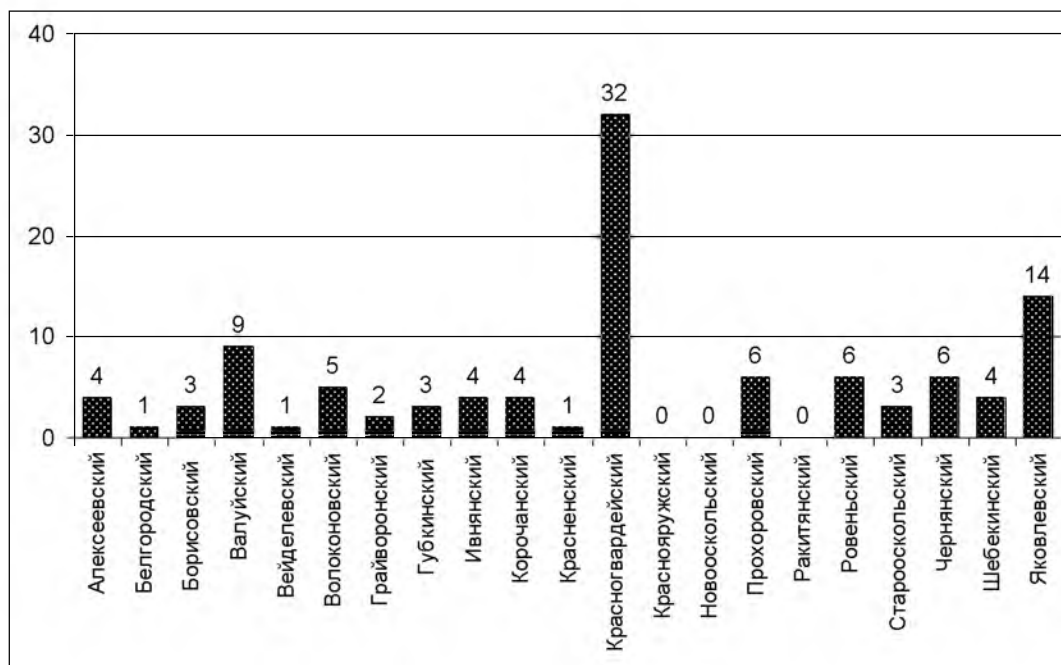


Рис. 1. Количество охраняемых родников в районах Белгородской области

Полевое обследование проводилось в 2010-2011 гг. В ходе повторных описаний определялся дебит родников, обновлялись паспорта и отмечались тенденции изменения родников с точки зрения благоустройства и санитарно-технического состояния (СТСР). Пробы воды отбирались в двукратной повторности в пластиковые бутылки из темного материала. Определение содержания нитратов проводилось потенциометрическим методом на приборе «Экотест-120» с применением ионоселективного электрода «Эком-NO₃» в день отбора проб по стандартной методике [15].

Статистическая обработка результатов включала в себя расчет главных статистических параметров, квантилей, оценки корреляционных зависимостей, однородности дисперсий и значимости различий между средними по критерию НСР.

Результаты и их обсуждение

Дебит родников различался в тысячи раз: от 0.01 л/с до 145 л/с («Исток реки Нежеголь» Шебекинский район). На рисунке 2 показано распределение родников по дебиту.

По данному показателю родники принадлежат к 4 категориям: малодобитные, незначительные, среднедебитные и высокодебитные. Лидируют незначительные и среднедебитные, т.е. у 58% исследованных родников дебит составляет от 0.1 до 10 л/с. Заметная доля родников с высоким дебитом (17%) связана с тем, что при выделении родников в качестве памятника природы часто обращают внимание на количество воды, которое дает родник.

На рисунке 3 представлены результаты оценки отдельных параметров санитарно-технического состояния исследованных родников. По СТСР лидируют родники с оценкой «удовлетворительно» – 44%, высока также доля родников с оценкой «неудовлетворительно» – 43%. Столь высокий процент родников с неудовлетворительным СТСР обусловлен техническим состоянием их каптажа, т.е. широким распространением родников, технически не обустроенных.

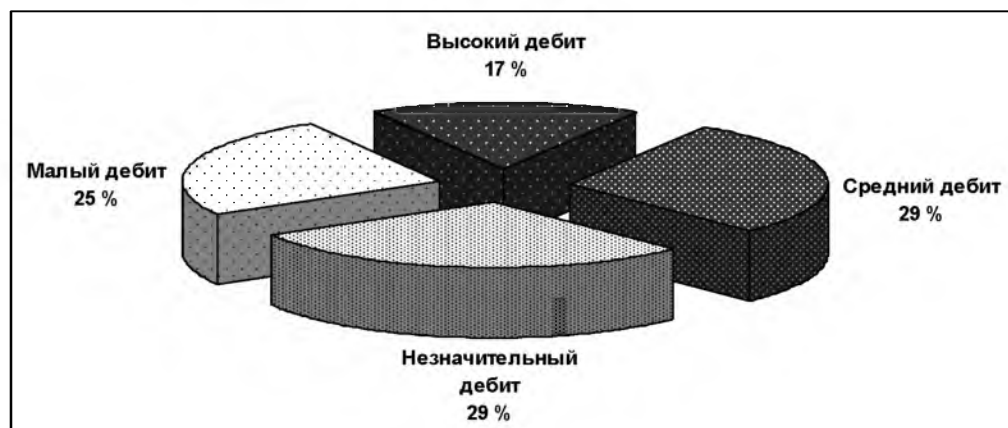


Рис. 2. Доля родников с различным уровнем дебита:
 1) высокий – более 10 л/с; 2) средний – от 1 до 10 л/с; 3) незначительный – от 0.1 до 1 л/с; 4) малый – от 0.01 до 0.1 л/с

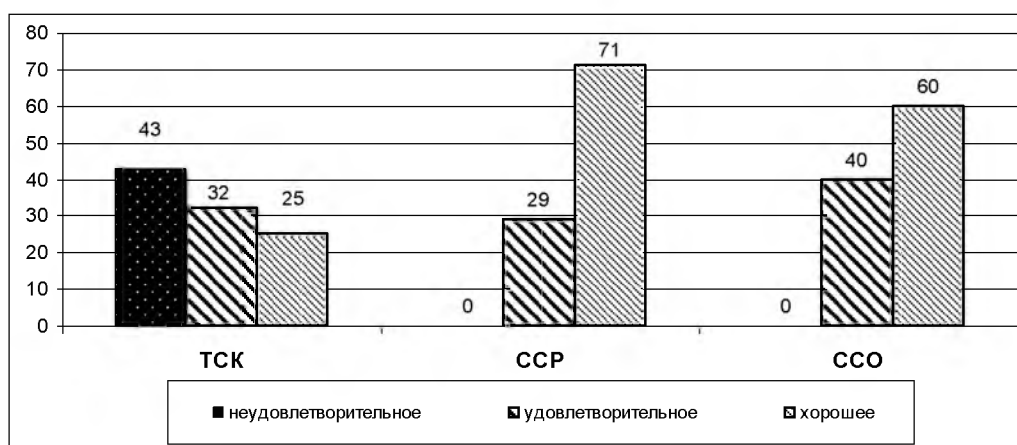


Рис. 3. Доля родников (в %) с различным уровнем оценки параметров их санитарно-технического состояния

В то же время по санитарному состоянию родников и областей их питания оценка «неудовлетворительно» не встречалась, преобладали родники с хорошей оценкой. Высокий процент родников с удовлетворительной итоговой оценкой связан, в первую очередь, с их расположением в населенных пунктах. В таких случаях родник не может иметь оценку ССО выше удовлетворительной, и повысить такую оценку невозможно.

Обращает на себя внимание тот факт, что 29% изученных родников имели удовлетворительную оценку санитарного состояния родника, что свидетельствует о низком уровне экологической культуры рекреантов, оставляющих после отдыха у родника многочисленные рекреационно-бытовые отходы.

Оценка обустройства родников по критериям, использованным при проведении областных конкурсов, показала, что 25% обследованных родников имеют неудовлетворительный уровень благоустройства, 27% – низкий, 32% – средний, 14% – высокий и 2% – очень высокий уровень благоустройства [16].

В таблице 1 приведены типы местности, характерные для Белгородской области, и показатели их пространственного распределения по районам, рассчитанные Ю.В. Юдиной. Наиболее распространенным типом местности, где обнаруживается выход грунтовых вод, является склоновый, занимающий почти половину территории области. Наиболее широко он представлен в Ровеньском районе. Самым «плоским» из районов является Вейделевский, а ландшафты речных долин наиболее типичны для Грайворонского района.



Таблица 1

Типы местности Белгородской области

Типы местности	Доля от площади области, %	Максимальное значение		Минимальное значение	
		Район	Доля от площади района %	Район	Доля от площади района %
Плакорный	29.46	Вейделевский	36.90	Старооскольский	18.95
Склоновый	48.39	Ровеньский	57.04	Ивнянский	40.07
Надпойменно-террасовый	7.92	Грайворонский	17.33	Красненский	2.40
Пойменный	13.31	Грайворонский	22.90	Красненский	6.87

Родники в Белгородской области чаще относятся к эрозионному типу, поэтому практически не встречаются на плакорах. В то же время они часто приурочены к склоновому, надпойменно-террасовому и пойменному типам местности.

На рисунке 4 представлена составленная нами картосхема содержания нитратов в водах охраняемых родников.

Ее анализ позволяет заключить, что воды большинства изученных родников не загрязнены нитратами: среднее содержание нитратов составляет 0.47 ПДК, а из 103 объектов превышение ПДК обнаружено у 11, в том числе у одного родника оно составляет более 2 ПДК. Таким является родник «Монастырский» в с. Стрелецкое Красногвардейского района: в его воде содержание нитратов достигало 118 мг/л. Доля охраняемых родников, в водах которых содержание нитратов превышало ПДК, составила 7% в Яковлевском районе, 11% в Валуйском, по 17 % в Прохоровском, Чернянском и Красногвардейском и по 33% в Ровеньском и Борисовском районах.

Минимум содержания нитратов – 0.8 мг/л – был отмечен в воде родника «Трошкина копанка», расположенного у южного берега пруда Лисенок в Грайворонском районе. На рисунке 5 показан внешний вид названных родников. У «Монастырского» родника обустройство лучше, колодец накрыт крышкой во избежание попадания мусора, однако концентрация нитратов значительно выше, что свидетельствует о нитратном загрязнении подземных вод.

Для анализа воздействия различных факторов на содержание нитратов в родниковых водах мы использовали квантильный способ представления данных, позволяющий дать в пределах одной таблицы данные для рядов с заметно различающимися объемами выборок (табл. 2). Квантиль – это такое значение случайной величины, меньше которого в совокупности содержится $y \cdot 100\%$ всего числа значений [17]. Значения y для вычисления квантилей зависят от объемов выборок, поэтому некоторые столбцы таблицы остаются незаполненными. Нами были найдены также главные статистические параметры для каждой анализируемой выборки (табл. 3).

Анализ представленных данных позволяет заключить, что обсуждаемый показатель характеризуется высоким и очень высоким варьированием, что затрудняет в ряде случаев его интерпретацию. По отношению к селитебным ландшафтам преобладает группа охраняемых родников, которые удалены от населенных пунктов более чем на 1 км – 42%. Вследствие высокого уровня распашки Белгородской области мы не обнаружили родников, которые были бы удалены от агроландшафтов на 1 км и более, чаще их максимальное удаление составляло сотни метров – 50%. В то же время для 21% исследованных родников сельскохозяйственные угодья располагаются непосредственно на их областях питания, подступая к роднику ближе, чем на 50 м, а иногда огороды находятся на расстоянии 5–10 м от родников.

Часто родники расположены в поймах рек – 57%; за ними следует группа родников, выходящих на склонах балок – 17%. По средним значениям концентраций нитратов в водах лидируют родники, находящиеся в непосредственной близости от агроландшафтов и на склонах балок. Менее ярко выражено превышение концентрации нитратов в водах родников, находящихся непосредственно в населенных пунктах.

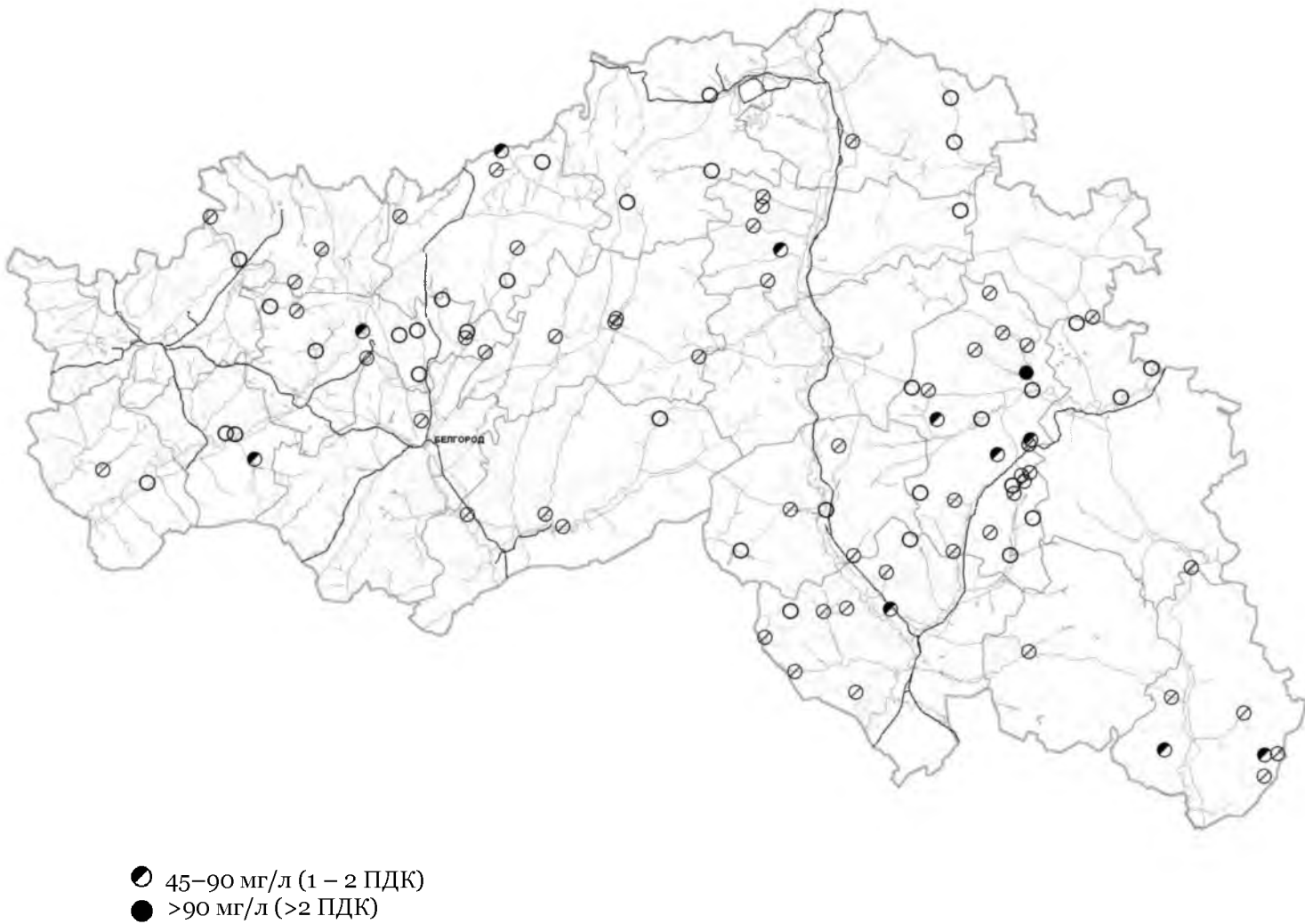


Рис. 4. Размещение охраняемых родников по территории Белгородской области и содержание нитратов в их водах



А – «Монастырский»
 Б – «Трошкина копанка»
 Рис. 5. Родники, характеризующиеся наиболее высокими (А) и самыми низкими (Б) значениями концентраций нитратов в воде

Таблица 2

Квантили концентрации нитратов в родниковых водах в зависимости от влияния различных факторов

Выборка	n	X _{min}	X(γ) для γ					X _{max}
			0.10	0.25	0.50	0.75	0.90	
Все данные	103	0.8	4.0	6.3	20.6	30.4	49.6	118.0
Близость населенных пунктов								
более 1 км	43	0.8	3.6	5.9	11.5	27.3	49.6	61.0
более 100 м	28	1.8	3.5	5.9	11.8	22.5	69.2	118.0
менее 100 м	14	4.0	-	8.7	19.2	33.0	-	54.8
в самом селе	18	1.1	-	15.5	21.9	34.7	-	83.0
Близость сельскохозяйственных угодий								
более 100 м	51	6.3	2.9	4.5	8.1	13.5	20.7	61.0
100 – 50 м	30	3.5	6.6	12.1	20.0	28.3	45.4	83.0
менее 50 м	22	0.8	-	21.8	34.1	50.5	-	118.0
Особенности ландшафтных условий								
поймы	59	0.8	3.6	5.4	11.7	22.2	35.6	118.0
днища балок	9	4.0	-	6.0	18.3	20.6	-	34.7
склоны террас	9	3.1	-	8.5	11.3	19.0	-	69.2
склоны балок	18	1.1	-	8.5	29.3	50.5	-	83.0
верховья и тальвеги балок	8	2.9	-	10.2	30.0	40.8	-	54.9

Таблица 3

Главные статистические параметры анализируемых выборок

Выборки	X ср.	Ошибка среднего S _x	Коэффициент вариации V. %
1	2	3	4
Все данные	21.1	2.0	95
Близость населенных пунктов:			
более 1 км	18.7	2.6	90
более 100 м	21.9	5.0	122
менее 100 м	21.4	3.9	69
в самом селе	25.4	4.5	75
Близость сельскохозяйственных угодий:			
более 100 м	11.5	1.5	96
100–50 м	25.4	3.3	70
менее 50 м	37.4	5.5	69
Особенности ландшафтных условий:			
поймы	17.8	2.6	110
днища балок	16.7	3.5	62



Окончани табл. 3

1	2	3	4
склоны террас	19.0	6.7	106
склоны балок	31.9	5.4	72
верховья и тальвеги балок	28.6	5.9	59

Две названные выборки выделяются и при анализе квантилей (табл. 2). Только у них верхний квартиль, отсекающий 75% наименьших значений, – $X(0,75)$ – превышает значение ПДК.

Мы попытались оценить, связаны ли между собой размер дебита родника и концентрация нитратов в его водах, т.к. мы предполагали, что более длительный контакт с водовмещающей породой при низком дебите должен сопровождаться повышением концентраций химических веществ в воде. Однако полученное значение коэффициента корреляции – 0.012 – показывает, что связь между этими показателями отсутствует.

Нами была проведена оценка значимости различий между средними для ряда рассмотренных выборок. В результате попарного сравнения установлено, что с вероятностью 95% можно утверждать, что содержание нитратов в водах родников, удаленных от сельхозугодий на расстояние более 100 м, достоверно ниже, чем в водах родников, находящихся на расстояниях 50-100 м или менее 50 м. В то же время достоверность различий между двумя последними группами не доказана.

Аналогично доказано, что концентрация нитратов в воде родников, выходящих на склонах балок, достоверно выше, чем в воде родников, находящихся на днищах балок. Мы связываем этот факт с тем, что склоны приближены к тем самым сельхозугодьям, о которых говорилось выше.

Становится понятным, почему вода родника «Монастырский» загрязнена нитратами наиболее сильно: он находится на влажной пойме, где грунтовые воды залегают близко. Вокруг, на расстоянии 10–50 м находятся интенсивно возделываемые огороды, на которых применяют и навоз, и минеральные удобрения, что способствует проникновению нитратов в близко находящиеся воды.

Заключение

Проведенное исследование показало, что большинство охраняемых родников Белгородской области – 66% – приурочено к ландшафтам речных долин – пойменно-му и надпойменно-террасовому типам местности и характеризуется отсутствием нитратного загрязнения. Факторами, способствующими увеличению концентрации нитратов в родниковых водах, являются близкое размещение агроландшафтов и выходы родников на склонах балок. В связи со значительным воздействием сельскохозяйственного производства на качество подземных вод необходимо совершенствование существующей методики оценки показателей санитарно-технического состояния родников [5], которая была разработана для условий города и не учитывает воздействия земледелия и животноводства на качество родниковых вод. В частности, оценка санитарного состояния области питания родника должна снижаться не только при размещении области питания на территории жилых (селитебных) массивов, но и при наличии интенсивно используемых агроландшафтов.

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 01.10.2011).
2. Кортунов Н. Отравы из родника. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://republic/cap/ru> (дата обращения 25.04.2006).
3. Родники в Самарской области сильно загрязнены. Телерадиокомпания «Орион» 29.04.2006. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www/orion-tv/ru> (дата обращения 25.10.2006).
4. Титова Н. Родниковая вода – пить или не пить? // Советская Чувашия. – 2003. –



12.апреля. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sovch.chuvashia.com> (дата обращения 26.04.2006).

5. Швец В.М., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Родники Москвы. – М.: Научный мир, 2002. – 160 с.

6. Новых Л.Л., Орехова Г.А. К вопросу о соответствии родников Краснояружского, Раки-тянского и Новооскольского районов критериям памятников природы регионального значения // Научные Ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. – 2010. – № 3 (74). – Вып. 10. – С. 123-131.

7. Нитраты. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.giepy.ru> (дата обращения 07.02.2010).

8. Экологическая гидрогеология: учебник для вузов / А.П. Белоусова, И.К. Гавич, А.Б. Лисенков и др. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 397 с.

9. Авдонин Н.С. Агрохимия. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 344 с.

10. Класс опасности. Материал из Википедии. – [Электронный ресурс]. – URL: wikipedia.org/wiki (дата обращения 15.11.2010).

11. СанПиН 2.1.4.1175-02. – [Электронный ресурс]. – URL: www.businessseco.ru (дата обращения 06.12.2009).

12. Протасов В.Ф. Экология, охрана природы: Законы, кодексы, Экологическая доктрина, Киотский протокол, нормативы, платежи, термины и понятия, экологическое право. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 380 с.

13. Особо охраняемые природные территории Белгородской области (Решение Исполкома Белгородского областного Совета народных депутатов от 30.08.1991 г. № 267 «О создании сети особо охраняемых природных территорий области»; Постановление Главы администрации Белгородской области от 31.10.1995 г. № 628 «О расширении сети особо охраняемых природных территорий области»). – Белгород: Комитет экологии и природных ресурсов Белгородской области, 1995. – 61 с.

14. Петин А.Н., Новых Л.Л. Родники Белогорья. – Белгород: КОНСТАНТА, 2009. – 220 с.

15. Методика количественного химического анализа вод и водных растворов на содержание нитрат-ионов потенциометрическим методом с помощью ионо-селективного электрода «Эком-NO₃». – М.: ООО НП «ЭКОНИКС», 1997. – 8 с.

16. Санитарно-техническое состояние охраняемых родников Белгородской области / Л.Л. Новых, Г.А. Орехова, Г.А. Колесникова и др. // Проблемы региональной экологии. – 2011. – № 2. – С. 115-119.

17. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 320 с.

THE IMPACT OF THE LOCATIONS OF THE SPRINGS ON THE LANDSCAPES ON THE CONTENT OF NITRATES IN THEIR WATERS

L.L. Novykh
Y.V. Yudina
G.A. Orekhova

*Belgorod State National Research
University,
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

E-mail: novykh@bsu.edu.ru

Survey of the springs of the Belgorod region, which are the monuments of nature of regional significance, was carried out. The assessment of the contamination of spring water with nitrates and influence of various factors on its level was made. It is established, that the majority of the studied springs are characterized by low concentration of nitrates in water, not exceeding the MPC. "Risk factors" for the occurrence of nitrate in the water are close placement of agro-landscapes and outputs of springs on the slopes of the beams.

Key words: natural monuments; nitrates; voltage method; high variation; types of terrain.