

УДК 38.61.17

ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ГРУНТОВЫХ ВОД

Р.Х. Мусин, И.С. Нуриев

Аннотация

Характер и степень влияния используемых удобрений на состав и качество грунтовых вод определены по анализу гидрогеохимических и агрохимических условий Предволжского региона Республики Татарстан. Выявлено, что умеренное внесение удобрений не приводит к ухудшению качества грунтовых вод.

Ключевые слова: минеральные и органические удобрения, грунтовые воды, родники, загрязнение подземных вод.

Введение

В современном мире чрезвычайно значимыми являются проблемы качественного состояния окружающей среды, устойчивого развития, рационального природопользования [1]. Одной из причин, вызывающих эти проблемы, является практически повсеместное использование разнообразных ядохимикатов и удобрений. Наиболее востребованными удобрениями являются азотные, фосфорные и калийные. Их использование может сопровождаться эвтрофикацией водоемов и ухудшением качества грунтовых вод, при этом в подземные воды могут попадать азот, фосфор, калий, ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , PO_4^{3-} и др. [2]. Наиболее часто отмечаемым загрязнением подземных вод в сельскохозяйственных регионах является нитратное загрязнение, с вариациями содержаний нитратов в грунтовых водах в пределах 1–3800 мг/дм³ [3]. Интенсивность этого загрязнения определяется множеством факторов, которые можно объединить в две группы: агроклиматическую и геолого-гидрогеологическую. Первая группа включает такие факторы, как величины доз используемых удобрений, их состав и свойства, тип почв и их агрохимические свойства, годовая сумма атмосферных осадков и др. Основными факторами второй группы являются мощность зоны аэрации и состав слагающих её пород, состав водоёмещающих пород, а также химический состав и свойства природных подземных вод. Величины доз необходимых удобрений обычно определяются из расчета баланса гумуса и биогенных компонентов. В большинстве случаев считается, что загрязнение подземных вод проявляется лишь при использовании избыточного количества удобрений. При этом оценки необходимого количества удобрений и масштаба возможного загрязнения природных вод не всегда бывают однозначными. Обобщение обширного материала по районам интенсивного земледелия, проведенное Ф.И. Тютюновой [3], свидетельствует о том, что загрязнение подземных вод азотом удобрений и почв характерно для сельско-

хозяйственных регионов с высокогумусированными почвами, где дозы азотных удобрений (в пересчете на азот) составляют 100–500 кг/га на пахотных землях и 160–900 кг/га на лугах и пастбищах при степени вымывания азота в подземные воды в диапазоне 0.04–55%. Расчеты баланса гумуса по Республике Татарстан (РТ) показывают, что ежегодные его потери с каждого гектара посевных площадей в среднем составляют 1800 кг, для покрытия дефицита гумуса необходимо ежегодно вносить на пашню навоз в количестве 8 т/га [4]. Здесь же отмечается, что даже при меньшей интенсивности его внесения возможно проявление сверхпредельного загрязнения водоисточников нитратами. Таким образом, выявление характера и степени воздействия используемых удобрений на качество подземных вод представляет собой весьма актуальную задачу. При этом её корректное решение на данный момент возможно лишь на основе анализа экспериментальных (полевых) данных. Необходимость такого анализа во многом определяется тем, что грунтовые воды широко используются для хозяйственно-питьевого водообеспечения сельских населенных пунктов, а многие компоненты удобрений в составе подземных вод являются сильными токсикантами. Так, повышенные концентрации вышеупомянутых нитратов вызывают рак желудка и заболевания крови (метгемоглобинемия) [5].

Объекты и методы исследования

Объектом исследования явился Предволжский регион РТ, представляющий собой яркий пример интенсивного земледелия в средней полосе Европейской России. Он характеризуется хорошей геологической [6] и гидрогеологической ([7–9] и др.) изученностью, а также постоянным агротехническим и агрохимическим мониторингом, проводимым государственным центром агрохимической службы «Татарский». Данный регион имеет площадь порядка 10 тыс. км², численность населения здесь составляет около 185 тыс. человек, доля пашни в структуре земельных угодий – 60%, степень залесенности – 12.5% [9]. Для поддержания плодородия почв в регионе используют как минеральные (действующие активные вещества – фосфор, азот, калий), так и органические (навоз) удобрения ([4, 10, 11] и др.). С 1976 по 2004 гг. на посевные площади региона было внесено ~12 млн. т органических удобрений и ~0.24 млн. т действующего вещества минеральных удобрений, при этом наиболее активно они применялись в 1986–1995 гг. (табл. 1). Средняя интенсивность внесения удобрений за отмеченные 29 лет варьирует по административным районам Предволжья в следующих пределах: для минеральных – 11.8–20 кг/га·год; органических – 0.6–1.0 т/га·год.

Грунтовые воды в регионе приурочены к комплексу средне-верхнепермских, юрско-меловых и плиоцен-четвертичных отложений. Глубина залегания их уровня изменяется от первых метров в речных долинах до 30–40 м на основных водоразделах, пьезометрическая поверхность в сглаженной форме повторяет рельеф. Основным источником питания грунтовых вод является инфильтрация атмосферных осадков, а их разгрузка осуществляется эвапотранспирацией, многочисленными родниками эрозионного и контактового типов, субаквально в гидросеть и в отдельных случаях искусственным путем. При преобладании природных факторов в формировании подземных вод их минерализация составляет

Табл. 1

Территориально-временное распределение масс удобрений, внесенных на гектар пашни (по административным районам Предволжского региона)

Наименование районов	Общая площадь (км ²)	Площадь пашни (км ²)	Минеральные (кг действующего вещества) / органические (т)		
			1976–1985	1986–1995	1996–2004
Апастовский	1048	725	100 / 9.9	241 / 13	140 / 6.3
Буинский	1530	1077	141 / 7.2	234 / 9.4	204 / 5
Верхнеуслонский	1303	599	72 / 7	167 / 9	103 / 2.9
Дрожжановский	1030	731	107 / 7.5	259 / 12.6	127 / 9.4
Зеленодольский	731.6	480	170 / 11.2	264 / 14.3	101 / 3.4
Кайбицкий	995	582	– / –	– / –	113 / 3.7
Камско-Устьинский	1199	569	89 / 6.7	167 / 9.7	117 / 3.6
Тетюшский	1638	855	109 / 6.4	206 / 6.5	73 / 3.3

Примечание. Таблица составлена по данным центра агрохимической службы Татарстана, любезно предоставленным С.Ш. Нуриевым.

0.25–0.5 г/дм³, общая жесткость не превышает 7 ммоль/дм³, и они имеют в основном гидрокарбонатный магниевый-кальциевый состав. В случае же влияния на состав грунтовых вод техногенных факторов, что отмечается преимущественно в пределах и окрестностях населенных пунктов, минерализация вод может достигать 1–1.8 г/дм³, общая жесткость – 20–40 ммоль/дм³, а среди анионов часто преобладают нитраты и хлориды.

Взаимосвязь между внесением удобрений и качеством грунтовых вод определялась на основе анализа количества и типа использованных удобрений и особенностей состава грунтовых вод, массово опробованных в меженные периоды начала 2000-х годов. Было проведено гидрогеологическое районирование территории с выделением 24 водосборных бассейнов, которые представляют собой достаточно изолированные в балансовом отношении гидрогеодинамические системы с едиными условиями формирования подземных вод на уровне разреза, расположенного выше основных базисов дренирования. Границами этих бассейнов являлись крупные речные долины (зоны основной разгрузки) и основные поверхностные водоразделы, которые в регионе являются и водоразделами подземных вод верхней части разреза (рис. 1). Для каждого водосборного бассейна были рассчитаны параметры, отражающие количество и интенсивность внесения минеральных и органических удобрений, а также средние показатели состава грунтовых вод уржумских и северодвинско-вятских отложений. Данные отложения пользуются максимальным площадным распространением в регионе. Они представлены незакономерным чередованием карбонатно-терригенных пестроцветных образований с преобладающей мощностью отдельных латерально невыдержанных прослоев 0.5–3 м, при этом среднее соотношение в разрезах водопроницаемых и слабопроницаемых пород обычно составляет 1 : 1. Коэффициенты фильтрации водовмещающих пород (песчаники, известняки, доломиты) и образований зоны аэрации редко превышают 5 м/сут. Глинистые разности уржумско-вятских пород трещиноваты и не являются надежным фильтрационным и сорбционным барьером. При выявлении гидрогеохимических особенностей подземных вод использовались лишь

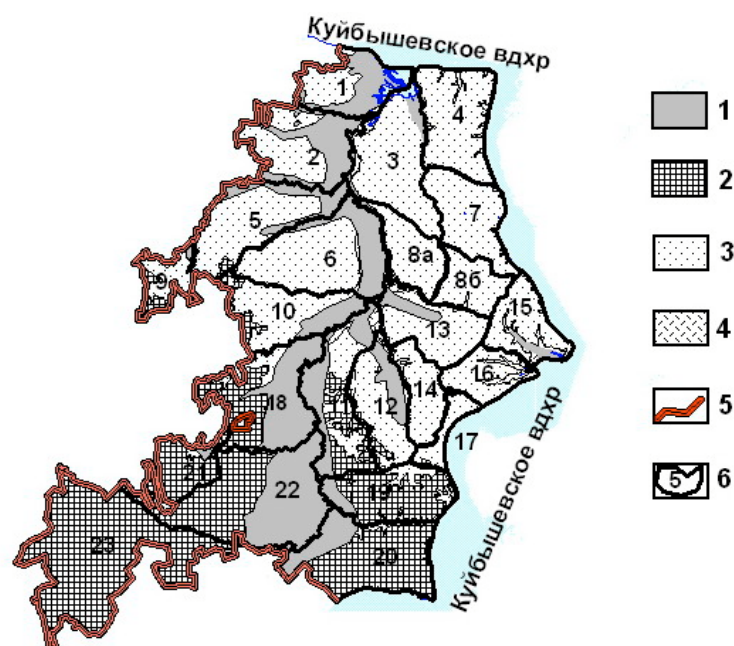


Рис. 1. Предволжский регион Татарстана. Приповерхностное развитие отложений: 1 – плиоцен-четвертичных, 2 – мезозойских, 3 – уржумско-вятских, 4 – казанских; 5 – граница РТ; 6 – контуры водосборных бассейнов и их номера

анализы родниковых вод, при этом все учтенные родники имеют нисходящий характер, и их водосборные площади представлены исключительно полевыми (посевными) участками, не испытывающими какого-либо техногенного воздействия, не считая возможного влияния сельскохозяйственных удобрений. В дальнейшем средние величины гидрогеохимических и агрохимических показателей водосборных бассейнов анализировались статистическими методами.

Результаты и их обсуждение

Составы подземных вод приповерхностных частей уржумских и северодвинско-вятских отложений довольно устойчивы в пределах региона. Отмечается лишь слабый тренд роста минерализации в южном направлении (рис. 2), обусловленный, по всей видимости, природными факторами. Рост минерализации грунтовых вод может быть связан с их частичным питанием водами, профильтровавшимися через мезозойские образования, а также влиянием почвенного слоя, мощность которого увеличивается в южном направлении с параллельным возрастанием роли черноземов. В поведении же параметров удобрений подобной согласованности не отмечается, а общий вид графиков свидетельствует о том, что вариации интенсивности внесения удобрений никак не отражаются на минерализации грунтовых вод.

Такой же результат получен по данным корреляционного анализа (табл. 2). Среди показателей химического состава подземных вод значимо коррелирует с параметрами, отражающими интенсивность внесения удобрений, лишь перманганатная окисляемость, при этом данный показатель пока нигде не превышает предельно-допустимых значений для вод питьевого качества.

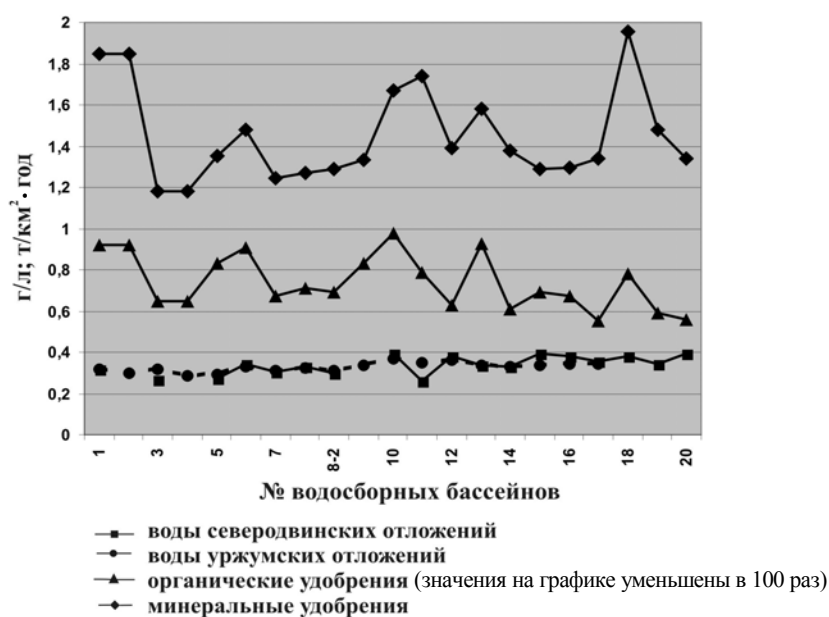


Рис. 2. Вариации по водосборным бассейнам Предволжского региона РТ минерализации грунтовых вод и интенсивности внесения удобрений

Табл. 2

Корреляционные связи показателей состава грунтовых вод с параметрами удобрений

Показатели состава грунтовых вод	Параметры удобрений			
	общая масса, внесенная за 29 лет (т/км ²)		интенсивность внесения (т/км ² в год)	
	минер.	орган.	минер.	орган.
Жесткость	0.15	0.04	0.13	-0.04
pH	-0.08	-0.17	-0.11	-0.29
Минерализация	0.06	-0.06	0.19	-0.09
HCO ₃ ⁻	0.15	0.04	0.23	-0.01
Cl ⁻	-0.09	-0.01	-0.01	0.11
SO ₄ ²⁻	-0.05	-0.11	-0.06	-0.19
NO ₃ ⁻	-0.19	-0.22	-0.01	-0.04
NO ₂ ⁻	-0.27	-0.27	-0.07	-0.18
Ca ²⁺	0.04	-0.09	0.04	-0.09
Mg ²⁺	0.14	0.15	0.10	0.06
(Na+K) ⁺	-0.12	-0.10	0.07	-0.08
NH ₄ ⁺	-0.03	-0.14	0.13	-0.09
SiO ₂	-0.01	-0.11	0.17	-0.03
Окисляемость	0.12	0.11	0.43	0.45

Примечание. Полужирным шрифтом выделены значимые коэффициенты парной корреляции.

Таким образом, умеренное использование удобрений в агропромышленном комплексе не приводит к изменению состава грунтовых вод и не оказывает заметного влияния на их качество.

Выводы

Сложившийся в Предволжском регионе тип земледелия и сельскохозяйственного производства с достаточно умеренным использованием минеральных и органических удобрений не оказывает негативного воздействия на состав и качество грунтовых вод, основной объем которых пока обладает питьевым качеством. Ситуация может измениться при доведении объема внесения органических удобрений до 8 т/га·год, что по оценкам специалистов агрохимической службы необходимо для поддержания плодородия почв на территории Татарстана.

Summary

R.H. Musin, I.S. Nuriev. The Influence of Agricultural Fertilizers on the Quality of Ground Water.

The type and degree of influence of fertilizers on the composition and quality of ground water are determined upon analysis of hydrogeochemical and agrochemical conditions of Predvolzhsky region of Tatarstan. It is revealed that moderate fertilization does not worsen the quality of ground water.

Key words: mineral and organic fertilizers, ground water, springs, underground water pollution.

Литература

1. Экология, охрана природы, экологическая безопасность / Под ред. А.Т. Никитина, С.А. Степанова. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 648 с.
2. *Питьева К.Е.* Гидрогеохимические аспекты охраны геологической среды. – М.: Наука, 1984. – 218 с.
3. *Тютюнова Ф.И.* Гидрогеохимия техногенеза. – М.: Наука, 1987. – 335 с.
4. *Нуриев С.Ш., Лукманов А.А., Нуриев И.С., Давлятишин И.Д.* Экологические аспекты применения органических и минеральных удобрений в компонентах биосферы лесостепной зоны Республики Татарстан // *Агрохимия и экология: история и современность: Материалы междунар. конф.: в 3 т.* – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2008. – Т. 3. – С. 65–69.
5. *Зекцер И.С.* Подземные воды как компонент окружающей среды. – М.: Науч. мир, 2001. – 328 с.
6. Сводная геологическая карта доплейстоценовых отложений Республики Татарстан масштаба 1:200 000. Пояснительная записка. – Казань: Арника, 1997. – 118 с.
7. Подземные воды Татарики / Под ред. М.Е. Королева. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1987. – 189 с.
8. *Нуриев И.С., Мусин Р.Х.* Ресурсы и условия формирования состава пресных подземных вод в Предволжском регионе Татарстана // *Водохозяйственные проблемы и рациональное природопользование: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 2 ч. / Под общ. ред. А.Я. Гаева, П.В. Пакратьева.* – Оренбург-Пермь, 2008. – Ч. 1. – С. 239–244.
9. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2005 г. / Науч. ред. Н.П. Торсуев. – Казань, 2006. – 494 с.

10. *Алиев Ш. А.* Агрохимическая характеристика почв Республики Татарстан и мероприятия по повышению ее плодородия. – Казань: Изд-во «Матбугат йорты», 2000. – 32 с.
11. *Гафаров Г.Я., Ахметшин З.З.* Органические удобрения – главный источник повышения плодородия почв // Агрехим. вестн. – 2000. – № 4. – С. 24–26

Поступила в редакцию
02.06.09

Мусин Рустам Хадиевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии Казанского государственного университета.

E-mail: rmusin@ksu.ru

Нурiev Ильдар Саяхович – ассистент кафедры общей геологии и гидрогеологии Казанского государственного университета.

E-mail: Ildar.Nuriev@ksu.ru