

Таким образом, систематическое внесение ОГСВ в почву способствует повышению почвенного плодородия за счет изменения кислотно-основных свойств почвы, ее фосфорно-калийного режима и гумусированности в слое не только 0-20 см, но и 20-40 см.

Оптимизация гумусового состояния, агроэкологических и биологических свойств пахотного слоя почвы способствовала повышению продуктивности звена севооборота овес – люпин. Она возростала в прямой зависимости от суммарных доз ОГСВ, согласно уровням известкования, на 17,5-57,1 % (табл. 4). При этом следует отметить, что при дозах ОГСВ 180-720 т/га наибольший уровень продуктивности звена получен при минимальной дозе известкования, равной 3 т/га. Дальнейшее ее увеличение, снижая доступность растениям подвижных форм фосфора и калия, снижает уровень суммарной продуктивности звена севооборота.

Выводы. 1. Выявлено положительное влияние длительного последствия ОГСВ на азотный режим почвы. С ростом доз осадка со 180 до 1440 т/га содержание минерального азота в почве повышалось до 19-23 и 60-79 % согласно дозам ОГСВ 180 и 1440 т/га. 2. Установлено также влияние длительного последствия ОГСВ на биологическую активность почвы. 3. Улучшение агроэкологических и биологических свойств почвы способствовало повышению продуктивности звена севооборота овес – люпин на 17,5-57,1 %.

Литература

1. Захаренко А.В. Использование органогенных бытовых и промыш-

ленных бытовых отходов в современном земледелии // Материалы международного симпозиума «Экологические и технологические вопросы производства и использования органических и органоминеральных удобрений на основе осадков городских сточных вод и твердых бытовых отходов». – Владимир, 2004. – С. 3-5.

2. Копчик Г.Н. Современные подходы к ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами (обзор литературы) // Почвоведение. – 2014. – № 7. – С. 851-868.

3. Касатиков В.А., Черников В.А., Раскатов В.А. и др. Агроэкологические и технологические аспекты использования осадков городских сточных вод в качестве удобрения // Материалы международного симпозиума «Экологические и технологические вопросы производства и использования органических и органоминеральных удобрений на основе осадков городских сточных вод и твердых бытовых отходов». – Владимир, 2004. – С. 29-39.

4. Касатиков В.А., Раскатов В.А., Шабардина Н.П. Влияние микробиологических деструкторов лигнинсодержащих отходов на агроэкологические свойства компоста на основе осадка сточных вод и опилок // Доклады МСХА. – 2010. – Вып. 283. – С.806-811.

5. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. – М., 2010. – 311с.

6. Сюняев Н. К., Тютюнькова М. В., Слипец А. А. Анализ опыта почвенного пути утилизации осадков сточных вод // ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2008. – 108 с.

7. Карякина С.Д., Карякин А.В., Касатиков В.А. Агроэкологическая эффективность аэробного компостирования осадков сточных вод при производстве органических удобрений // Проблемы агрохимии и экологии. – 2014. – №7. – С.15-18.

8. Благодатский С.А., Благодатская Е.В., Горбенко А.А., Паников Н.С. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве // Почвоведение. – 1987. – №4. – С.71-81.

9. Звягинцев Д.Г. Биология почв. Учеб. пособие. – М.: Изд. МГУ, 2005. – 445 с.

10. Шарков И.Н. Абсорбционный метод определения эмиссии CO₂ из почв. //Методы исследования органического вещества почв. – Владимир, 2005. – 401 с.

INFLUENCE OF URBAN WASTEWATER SEDIMENTATION ON AGROBIOLOGICAL INDICATORS OF SODDY-PODZOLY SANDY SOIL AND CROP PRODUCTIVITY IN THE CROP ROTATION LINK

V.A. Kasatikov¹, N.P. Shabardina¹, V.A. Raskatov²

¹All-Russian Scientific Research Institute of Organic Fertilizers – a branch of Upper Volga Federal Agrarian Research Center, Pryanishnikovaul. 2, 601390 Vyatkin, Russia, e-mail: kasv47@yandex.ru;

²RSAU-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya ul 49, 127550 Moscow, Russia, e-mail: raskatovv@list.ru

The article presents the research results obtained in the long-term experience of the Geographic Network of Experiments with Fertilizers to study agrobiological changes occurring in sod-podzolic sandy loam soil under the influence of urban wastewater precipitation

Key words: agrochemicals, waste, agrocenosis, trace element composition., soil, trace element composition

УДК 631.4

DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.11

ВЛИЯНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ВЫБРОСОВ АСТРАХАНСКОГО ГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СОДЕРЖАНИЕ СОЛЕЙ И КИСЛОТНОСТЬ В ПОЧВАХ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ

А.М. Гребенников, д.с.-х.н., Федеральный исследовательский центр
"Почвенный институт им. В.В. Докучаева"

119017, г. Москва, Пыжевский пер. 7, стр. 2, gream1956@gmail.com

Рассмотрено влияние серосодержащих выбросов (диоксида серы, сероводорода и элементной серы) на почвенный покров (почвенные образования на переветренных песках и соровые солончаки). Установлено, что воздействие серосодержащих выбросов Астраханского газового комплекса (АГК) на прилегающие почвы выразилось в их значительном подкислении и увеличении содержания сульфатов, вплоть до засоления. Это необходимо учитывать при использовании территорий, прилегающих к подобным объектам, в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: серосодержащие выбросы, подкисление почв, сульфатное засоление, почвенные образования, соровые солончаки.

Для цитирования: Гребенников А.М. Влияние серосодержащих выбросов Астраханского газового комплекса на содержание солей и кислотность в почвах прилегающей территории // Плодородие. – 2022. – №1. – С. 42-45.

DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.11.

От промышленных предприятий в окружающую среду соединения серы в основном могут поступать в виде сернистого ангидрида, сероводорода и элементной серы. Сероводород в атмосфере обычно окисляется до сернистого ангидрида. Сернистый ангидрид, поступая в атмосферу, достаточно быстро трансформируется до серной кислоты, выпадающей на поверхность почвы с осадками или в результате сухого осаждения. Прямое действие диоксида серы приводит к отмиранию отдельных органов растений, ухудшению роста и урожайности, а также качества сельскохозяйственной продукции. Наиболее сильно сернистый ангидрид воздействует на процессы, протекающие в листьях [4].

В больших концентрациях сероводород вызывает повреждения листьев, дефолиацию, угнетение роста, что связано с ингибированием цитохромоксидазы [10]. Однако в малых дозах сероводород способен заметно ускорить рост растений [11].

Помимо прямого воздействия диоксид серы, сероводород и образующиеся при их окислении кислоты могут оказывать и косвенное воздействие на живые организмы через почву. Накопление этих веществ и продуктов их трансформации в почве может приводить к ухудшению почвенного плодородия, засолению почв, гибели полезной микрофлоры, нарушению роста растений, отравлению корневых систем и нарушению минерального питания [9].

Роль серы в жизни растений трудно переоценить. По физиологическому значению в жизни растений среди элементов минерального питания сера занимает третье место после азота и фосфора [8]. Она входит в состав цистина, цистеина, метионина и всех без исключения запасных и конституционных белков. Сера в растительном организме выполняет роль регулятора определенного уровня окислительно-восстановительного потенциала. Велика её роль в таких важнейших процессах в жизни растений, как дыхание, фотосинтез и первичная ассимиляция азота, а также в образовании растительных масел, ферментов, гормонов, антибиотиков и ряда макроэргических компонентов. Сера повышает устойчивость растений к засухе, высоким и низким температурам и улучшает использование растением основных элементов питания. Дефицит серы тормозит восстановление и ассимиляцию азота растениями [8].

Сера также необходима микроорганизмам и животным. В микробной клетке на её долю приходится около 1% сухого вещества биомассы [6]. Отсутствие или дефицит серы в рационе птицы и свиней отрицательно сказывается на росте молодняка и снижает продуктивность взрослых животных. Нежелателен также и избыток неорганической серы. У свиней и птицы наблюдаются задержка роста, заболевание рахитом, гастронтеритом [3]. Негативное влияние сульфат-иона на растения, абиотическую и биотическую часть почвы может проявляться при очень высоком его содержании, вызывающем засоление почвы. Пороговое значение содержания солей, начиная с которого они могут оказывать негативное влияние на почву и растительность, зависит от химизма засоления [1].

Цель настоящей работы – оценить влияние серосодержащих выбросов Астраханского газового комплекса (АГК) на кислотность почв прилегающей территории и содержание в них сульфатов и сульфидов.

Методика. Территория района исследования расположена в пределах песчаного массива Батпайсагыр. Мощ-

ность мелкозернистых светло-желтых песчаных отложений варьировала в пределах нескольких метров [7].

Абсолютными доминантами в почвенном покрове района исследования являются примитивные песчаные почвы (почвенные образования на перевейных песках), профиль которых очень слабо дифференцирован. Эти образования приурочены к подвижным, слабо- и полужакрепленным пескам и представлены как самостоятельными контурами, так и комплексами с сорowymi солончаками, занимающими понижения рельефа с близким залеганием сильноминерализованных почвенно-грунтовых вод, которые часто вскрываются на глубине 0,5-1,0 м, а иногда выходят на поверхность. Территория, прилегающая к АГК, используется под пастбища для овец.

Для оценки влияния серосодержащих выбросов АГК на почвенный покров в сентябре 2009 г. проводилось почвенное обследование, в процессе которого по фиксированным глубинам 0-5, 20-25, 35-40 и 55-60 см отбирали образцы в местах, удаленных от границ АГК на 50-100 м в почвах без видимых нарушений и включений элементной серы. Участок, отстоящий от АГК на 30 км, был взят в качестве фонового, поскольку при таком удалении значимое влияние на него серных выбросов этого предприятия исключено.

В отобранных образцах определяли рН водной вытяжки, содержание сульфидов титриметрическим методом, количества плотного остатка в водной вытяжке, содержания в ней бикарбонатов, хлоридов и сульфатов, согласно ГОСТ 26423-85, ГОСТ 26424-85, ГОСТ 26425-85 и ГОСТ 26426-85.

Для оценки достоверности различий между почвами, расположенными вблизи АГК и на фоновом участке, по уровню исследуемых свойств использовали: непараметрический метод Краскела-Валлиса, t-критерий Стьюдента для случая неравных дисперсий сравниваемых последовательностей и F-критерий Фишера [2]. При этом считалось, что различия между последовательностями исследуемого свойства существуют, если это подтверждается применением не менее двух критериев.

Результаты и их обсуждение. Результаты определения значений рН водной вытяжки и содержания солей в исследуемых почвах приведены в таблице.

Из таблицы следует, что в почвах, удаленных от границ АГК на расстояние 50-100 м, в пределах верхних 5 см отмечается очень сильноокислая реакция [5], тогда как на фоновом участке эти почвы в слое 0-5 см характеризовались среднещелочной реакцией. Однако уже на последующей глубине исследования и ниже, почвы, расположенные на расстоянии 50-100 м от АГК и на фоновом участке имели примерно одинаковую реакцию, соответствующую сильнощелочному диапазону.

Таким образом, воздействие серных выбросов АГК приводило к подкислению верхнего почвенного слоя мощностью 5 см до уровня очень сильноокислой реакции, тогда как, судя по фоновому участку, до воздействия АГК этот слой обладал среднещелочной реакцией. При этом по реакции почвы на глубине 0-5 см обнаруживали максимально возможные отличия от почв на следующей глубине отбора образцов (20-25 см): реакция почв на верхней глубине была очень сильноокислая, на нижней – очень сильнощелочная. Одной из причин такого резкого контраста по кислотности можно считать низкую буферность исследуемых почв, связанную с их песчаным гранулометрическим составом, низким

содержанием гумуса, гидрокарбонатов и глинистых частиц. В таких условиях даже относительно небольшие количества кислоты, поступающей в почву, спо-

собны очень сильно увеличить ее актуальную кислотность, при этом следует ожидать появления резких границ в профиле по pH почв.

Средние значения pH водной вытяжки и содержание солей в исследуемых почвах (\pm ошибка среднего)

№ п/п	Глубина взятия об- разцов, см	pH	Содержание солей, мг/кг				
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Плотный остаток, мг/кг	S ²⁻
1	0-5	4,2 \pm 0,23	-	380 \pm 90,1	763 \pm 68,0	2260 \pm 425	0,50 \pm 0,06
	20-25	8,7 \pm 0,06	-	322 \pm 50,2	542 \pm 72,1	1943 \pm 321	0,54 \pm 0,05
	35-40	8,7 \pm 0,07	-	127 \pm 20,3	233 \pm 56,1	981 \pm 401	0,48 \pm 0,04
	55-60	8,5 \pm 0,10	34 \pm 5,2	109 \pm 12,4	403 \pm 44,1	880 \pm 208	0,56 \pm 0,04
2	0-5	3,6 \pm 1,05	-	953 \pm 113	13045 \pm 582	24073 \pm 1125	0,33 \pm 0,02
	20-25	9,0 \pm 0,09	-	870 \pm 98	11978 \pm 670	21070 \pm 1015	0,42 \pm 0,04
	35-40	8,9 \pm 0,06	-	560 \pm 45	5970 \pm 129	9870 \pm 269	0,38 \pm 0,02
	55-60	8,8 \pm 0,11	129,2 \pm 8,8	376 \pm 29	4567 \pm 112	7765 \pm 107	0,35 \pm 0,07
3	0-5	8,3 \pm 0,04	133 \pm 4,8	190 \pm 75	573 \pm 5	933 \pm 174	0,11 \pm 0,01
	20-25	8,5 \pm 0,03	130 \pm 10,0	179 \pm 89	435 \pm 15	718 \pm 122	0,11 \pm 0,01
	35-40	8,6 \pm 0,02	167 \pm 9	130 \pm 56	366 \pm 20	899 \pm 97	0,24 \pm 0,05
	55-60	8,7 \pm 0,06	102 \pm 21,1	89 \pm 14	210 \pm 12	567 \pm 23	0,20 \pm 0,02
4	0-5	8,1 \pm 0,05	163 \pm 1,8	1130 \pm 61	2297 \pm 48	5413 \pm 149	0,13 \pm 0,01
	20-25	8,6 \pm 0,01	202 \pm 23	766 \pm 45	1872 \pm 68	4432 \pm 135	0,16 \pm 0,01
	35-40	8,5 \pm 0,03	180 \pm 32	708 \pm 89	1679 \pm 96	4005 \pm 189	0,18 \pm 0,02
	55-60	8,5 \pm 0,03	234 \pm 48	654 \pm 79	1628 \pm 88	3764 \pm 205	0,15 \pm 0,02

Примечание. 1 – примитивные песчаные почвы, расположенные на расстоянии 50 – 100 м от АГК; 2 – солончаки, расположенные на расстоянии 50-100 м от АГК; 3 – примитивные песчаные почвы фонового участка, расположенного в 30 км от АГК; 4 – солончаки фонового участка.

В профиле почвенных образований на перевеянных песках, расположенных в 50-100 м от АГК, наиболее высоким было содержание сульфатов, значительно меньше содержалось хлоридов и в верхней полуметровой толще отсутствовали бикарбонаты. Общее содержание солей в слое 0-25 см соответствовало слабой степени засоленности по хлоридно-сульфатному типу, тогда как на глубине 35-40 см и ниже почвы не были засоленными [1]. По содержанию сульфатов солончаки значительно превышали почвенные образования на перевеянных песках – в 11,3-25,6 раза. Количество хлоридов в солончаках по соответствующим глубинам опробования было в 2,5-4,4 раза выше по сравнению с примитивными песчаными почвами. В целом плотный остаток водной вытяжки в солончаках примерно на порядок был выше по сравнению с почвенными образованиями на перевеянных песках. Степень засоления в слое 0-40 см солончаков, расположенных вблизи АГК, следует оценивать как очень сильную, а на глубине 55-60 см как сильную по сульфатному типу. Солончак на фоновом участке содержал по профилю значительно меньше сульфатов по сравнению с рассмотренными аналогичными почвами, расположенными вблизи АГК (в 2,8-5,7 раз). При этом наиболее резкие различия по содержанию сульфатов были приурочены к поверхности почв. По содержанию хлоридов в профиле различия между солончаковыми почвами были менее выраженными, часто несущественными и разнонаправленными. Плотный остаток солончака, расположенного вблизи АГК, по сравнению с этой почвой на фоновом участке, был в 2,1-4,4 раза выше. Солончаки фонового участка в основном соответствовали средней степени засоления по хлоридно-сульфатному типу.

Примитивные песчаные почвы, расположенные вблизи АГК, содержали значительно больше солей, особенно в слое 0-25 см, по сравнению с аналогичными почвами фонового участка. Так в первых по отношению к последним плотный остаток был в 2,4-2,7 раза выше.

Таким образом, серосодержащие выбросы АГК приводили к возрастанию содержания сульфатов в почвах, изменению химизма и увеличению степени засоления почв.

Содержание сульфидов в профиле почв, расположенных в 50-100 м от АГК, не изменялось, в рамках какой-либо выраженной тенденции, с глубиной. Различия по содержанию этих веществ на исследуемых глубинах в профиле как почвенных образований на перевеянных песках, так и сортовых солончаков не были статистически значимыми. При этом в сортовых солончаках по сравнению с почвенными образованиями на перевеянных песках сульфидов содержалось меньше, но статистического подтверждения этот факт не получил. В профилях аналогичных почв фоновых участков в большинстве случаев также не обнаружено отличий по содержанию сульфидов на различных глубинах.

Близкое расположение к АГК не приводило к появлению локальных аккумуляций сульфидов в почвенном профиле. С учетом этого и относительной однородности распределения сульфидов по исследуемым глубинам в почвах, подверженных воздействию АГК, при проявлении тех же тенденций на фоновых участках, можно заключить, что влияние АГК на содержание сульфидов в почве несущественно.

Заключение. Осаждение на поверхность ненарушенных почв серосодержащих газов и, возможно, очень мелких, визуально не обнаруживаемых частиц серы, приводит к сильному подкислению поверхности почвенных образований на перевеянных песках и к существенному увеличению содержания в них сульфатионов. При этом поверхностный слой с увеличением концентрации сульфатов оказывается более мощным, по сравнению с подкисленным слоем, что, по видимому, связано с выносом по принципу электронефталности вниз по профилю сульфатов, образующих водорастворимые соли в соединениях с большинством катионов, встречаемых в почве. Очень низкая буферность почвенных образований на перевеянных песках и солончаков приводила к резкому уменьшению pH верхнего слоя почв до очень сильнокислой реакции среды, тогда как pH нижележащего слоя соответствовал сильнощелочному диапазону как на почвах, расположенных в 50-100 м от АГК, так и на фоновом участке. При этом поверхностный слой на фоновом участке характеризовался среднещелочной реакцией. Если поч-

венные образования на фоновом участке были не засолены, то слой 0-25 см аналогичных почв, расположенных вблизи АГК, в связи с увеличением содержания сульфатов характеризовался слабой степенью засоления. Увеличение содержания сульфатов в солончаках, расположенных в 50-100 м от АГК, привело к их очень сильному и сильному сульфатному засолению на исследуемых глубинах, тогда как на фоновом участке солончаки соответствовали хлоридно-сульфатному типу засоления преимущественно средней степени.

Не установлено влияния АГК на содержание сульфидов в почве, что, возможно, вызвано относительно быстрой их трансформацией в сульфаты в условиях преобладания окислительных процессов в почвах района расположения АГК и недолгим их существованием в почвах.

Необходимо отметить, что наиболее сильное негативное влияние сернистых поллютантов на плодородие почв было вызвано их сильным подкислением, что очень неожиданно для природных условий района исследования, и поэтому накладывает особенно жесткие требования к проведению почвенного мониторинга.

Литература

1. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов // Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – 1972. – Вып. 5. – С. 36-40.
2. Благовещенский Ю.Н., Самсонова В.П., Дмитриев Е.А. Непараметрические методы в почвенных исследованиях. – М.: Наука, 1987. – 96 с.
3. Косолапов В. М., Чуйков В. А., Худякова Х. К., Косолапова В. Г. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа. – М.: ООО «Угрешская типография», 2019. – 272 с.
4. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1979. – 278 с.
5. Смирнов П.М., Петербургский А.В. Агрохимия. – М.: Колос, 1975. – 512 с.
6. Стейниер Р., Эдельберг Э., Ингрэм Дж. Мир микробов. Т.1. – М.: Мир, 1979. – 320 с.
7. Трушковский А.А. Почвенные образования на эоловых песках Прикаспийской низменности между реками Волгой и Уралом // Генезис и классификация полупустынных почв. – М., 1966. – С.167-221.
8. Шеуджен А.Х. Биогеохимия. – Майкоп.: ГУРИПП «Адыгея», 2003. – 1028 с.
9. Щербатюк А.П. Растения как индикаторы состояния урбанизированных экосистем. // Вестник ЗабГУ. – 2013. – № 2. – С. 56-60.
10. Hancock J.T., Whiteman M. Hydrogen sulfide and cell signaling: Team player or referee? // Plant Physiol. Biochem. 2014. V. 78. P. 37-42.
11. Rennenberg H. The fate excess of sulfur in higher plants // Annu. Rev. Plant Physiol. 1984. V. 35. P. 121-153.

THE INFLUENCE OF SULFUR-CONTAINING EMISSIONS OF THE ASTRAKHAN GAS COMPLEX ON THE SALT CONTENT AND ACIDITY IN THE SOILS OF THE ADJACENT TERRITORY

A.M. Grebennikov, VNS., SNS., doctor of agricultural Sciences, Federal research center "V. V. Dokuchaev Soil Institute", 119017, Moscow, Pyzhevsky lane 7, p. 2, e-mail address: gream1956@gmail.com

The article considers the influence of sulfur-containing emissions (sulfur dioxide, hydrogen sulfide and elemental sulfur) on the soil cover (soil formations on sifted sands and salt marshes). It was found that the impact of sulfur-containing AGC emissions on adjacent soils was expressed in their significant acidification and an increase in the content of sulfates up to salinization. This should be taken into account when using the territories adjacent to such objects in agricultural production.

Key words: sulfur-containing emissions, soil acidification, sulfate salinization, soil formations, salt marshes.