

ВЛИЯНИЕ ВОДОРАСТВОРИМОГО ФТОРА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ В ЗОНЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА

В статье представлены материалы по загрязнению почв водорастворимым фтором под влиянием промышленных выбросов ОАО «РУСАЛ Красноярск». Рассмотрена динамика количества фтора в пахотном слое чернозема обыкновенного и аккумулятивного горизонта пойменных почв по годам, сезонам года, расположению реперных участков и их удаленности от Красноярского алюминиевого завода.

Ключевые слова: экосистема, экологический мониторинг, загрязнение, почва, водорастворимый фтор.

G.A. Demidenko, D.O. Zhbanchikov

THE WATER-SOLUBLE FLUORINE INFLUENCE ON SOIL POLLUTION IN THE ZONE OF ALUMINIUM PLANT INDUSTRIAL EMISSIONS

The materials on the soil pollution by water-soluble fluorine under the influence of the PJSC "RUSAL Krasnoyarsk" industrial emissions are presented in the article. The fluorine amount dynamics in the arable layer of chernozem and accumulative horizon of inundated soils by years, year seasons, typical site disposition and their remoteness from Krasnoyarsk aluminium plant is considered.

Key words: ecosystem, environmental monitoring, pollution, soil, water-soluble fluorine.

Введение. Выбросы вредных и ядовитых веществ в процессе работы промышленных предприятий являются основными источниками загрязнения окружающей среды. В Красноярском крае такую опасность для населения и природы представляет Красноярский алюминиевый завод (ОАО «РУСАЛ Красноярск»). При производстве алюминия происходит выделение ряда загрязнителей, среди которых наиболее ядовитым является фтор. С 2000 по 2004 г. Красноярским алюминиевым заводом было выброшено в атмосферу от 1046 до 1860 т твердых фторидов и от 637 до 1023 т фтористого водорода и четырехфтористого кремния, что составляет 95 % от количества фторидов, выбрасываемых всеми промышленными предприятиями города [2].

На территории края, подверженной загрязнению при производстве алюминия, в первой половине 90-х годов сотрудниками ГЦАС «Красноярский», а также учеными Красноярского агроуниверситета, были проведены многочисленные исследования по загрязнению фтором окружающей среды [1, 3, 4, 5, 6, 2]. В 1997–1998 гг. П.И. Крупкиным при участии сотрудников ГЦАС «Красноярский» на исследуемой территории была создана «сеть» мониторинга почв.

Актуальность исследования заключается в экологической оценке состояния почв, прилегающих к территории «ОАО РУСАЛ Красноярск», поскольку эти почвы являются как объектами сельскохозяйственного использования для возделывания овощных и пропашных культур, так и территорией разведения крупного рогатого скота.

Цель исследований. Анализ мониторинга загрязнения почв фтором под влиянием промышленных выбросов «ОАО РУСАЛ Красноярск», поиск путей снижения уровня загрязнения и рационального использования загрязненных почв.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований является сеть мониторинга почв, состоящая из 9 реперных (стационарных) участков (РУ), разработанная П.И. Крупкиным. Исследования проводились в пахотном слое почв.

Точки для организации реперных (стационарных) участков подбирались на основе картограмм загрязнения территории водорастворимым фтором, составленных сотрудниками ГЦАС «Красноярский», на которой отображены разные уровни загрязнения. После маршрутного обследования зоны загрязнения было намечено 9 точек, в том числе 6 на черноземах и 3 на пойменных почвах. Размещение точек позволило для каждого типа почв охватить все разнообразие уровней загрязнения, от фонового (менее 5 мг фтора на 1 кг почвы, равное 0,5 ПДК) до очень высокого (более 50 мг фтора на 1 кг почвы, равное и более 5 ПДК). Расстояние намеченных точек от источника загрязнения составляло от 2 до 30 км.

На точках были подготовлены реперные участки (РУ), каждый из которых представляет ровную площадку с минимальной выраженностью микрорельефа размером от 0,65 (целинные участки) до 4,6 га. Все участки были «жестко привязаны» к местным предметам, определены их координаты.

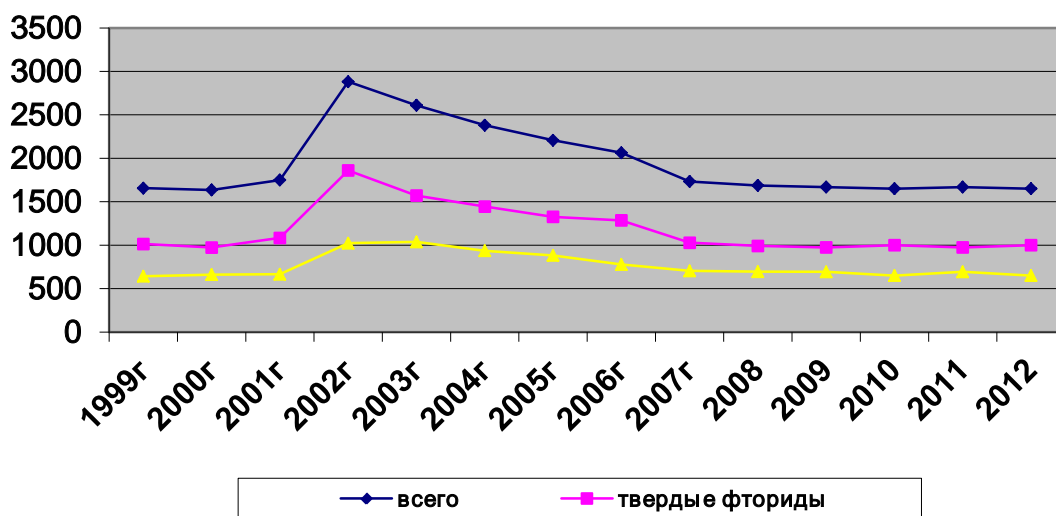
Результаты исследований и их обсуждение. Количество выбросов фторидов, по данным Енисейского межрегионального территориального управления технологического и экологического надзора, в разные годы было неодинаковым (табл. 1).

Таблица 1

Динамика количества фтора, выбрасываемого в результате производственной деятельности ОАО «РУСАЛ Красноярск»

Год	Фториды, т/год		
	Газообразные	Твердые	Всего
1999-2003	637-666	974-1084	1635-1767
2004	1023	1860	2883
2005	1038	1571	2609
2006	936	1445	2381
2007	882	1326	2208
2008	778	1286	2064
2009	704,4	1029,3	1733,7
2010	695,8	991,8	1687,6
2011	694	974,5	1668,6
2012	650	1000	1650

Для более наглядного представления о динамике промышленных выбросов был составлен график (рис.).



Динамика промышленных выбросов фтора по годам, т/год

Содержание водорастворимого фтора в пахотном слое почв (табл. 2.) было разнообразным на различных участках и изменялось от 1–5 до 75–85 мг/кг почвы, то есть от фонового до очень высокого уровня загрязнения, при слабой степени варьирования в пределах РУ. Закономерность здесь вполне определенная: чем ближе РУ к источнику загрязнения, тем выше содержание водорастворимого фтора в пахотном слое почв.

Загрязнение фтором пахотного слоя на каждом РУ было неодинаковым в различные годы и периоды года (весна и осень). В разные годы между началом и концом наблюдений количество водорастворимого фтора в пределах пахотного слоя по годам или увеличивалось или уменьшалось, но в небольшой степени. Даже при максимальном количестве промышленных выбросов эти изменения не превышают 10–20 %. Однако следует заметить, что количество водорастворимого фтора в начале (1997 г.) и конце (2012 г.) наблюде-

ний было близким на всех РУ. В промежуточные годы (годы между началом и концом наблюдений) количество водорастворимого фтора либо уменьшалось, либо увеличивалось, что связано в первую очередь с разным количеством промышленных выбросов.

Таблица 2

Динамика загрязнения пахотного слоя почв в зоне промышленных выбросов, мг/кг

Год				
1997-2001	2006	2007	2008	2012
<i>Черноземы пахотные</i>				
РУ-15, Красный пахарь (контроль)				
1,5-3,1	4,4	2,5	2,1	2,4
РУ-14, 9 км северо-восточнее ОАО «РУСАЛ Красноярск»				
9,8-13,7	15,3	12,8	17,8	22,8
47-66,7	63,5	52,7	50,3	67,7
РУ-23, 4 км западнее ОАО «РУСАЛ Красноярск»				
32,5-48,3	49,3	27,2	34,8	53,5
РУ-16, 3 км северо-восточнее ОАО «РУСАЛ Красноярск»				
68,3-74,5	60,2	49,1	45,3	74,8
РУ-19, 9,3 км северо-восточнее ОАО «РУСАЛ Красноярск»				
20,8-22,5	15,7	14,2	14	20,1
<i>Пойменные почвы</i>				
РУ-21, 18 км восточнее ОАО «РУСАЛ Красноярск»				
4,4-8,8	7	5	5,3	9,1
РУ-1, 10 км юго-восточнее ОАО «РУСАЛ Красноярск»				
7,3-8,6	7,7	5,4	5,2	7,8
РУ-20, 1,3 км восточнее ОАО «РУСАЛ Красноярск»				
70,5-80,7	89,9	50	65,4	74,6

К весне 2006 г. количество водорастворимого фтора в верхнем горизонте на всех РУ было существенно выше, чем в 1999–2001 гг., что связано с увеличением промышленных выбросов 2004–2005 гг. К осени 2006 г. количество водорастворимого фтора уменьшилось, очевидно, за счет его вымывания дождевыми водами в нижележащие горизонты.

К весне 2007 г. имело место дальнейшее уменьшение количества токсиканта за счет позднесенних дождей 2006 г. За лето 2007 г. оно увеличилось на всех РУ за счет подтягивания влаги, а с ней и фтора, в верхний слой почвы в засушливые периоды лета.

В разные периоды (весна-осень) 2008 г. количество водорастворимого фтора в пахотном слое было неодинаковым. Весной 2008 г. его количество значительно уменьшилось по сравнению с осенью 2007 г., за исключением РУ-23, размещенного не по розе ветров. Все эти уменьшения небольшие, в пределах 2–10 %, за исключением РУ-24 и РУ-16, размещенных строго по розе ветров на расстоянии 4 и 3 км от «РУСАЛ Красноярск». Здесь количество водорастворимого фтора уменьшилось на 29 и 20 %.

Обратный характер имела динамика водорастворимого фтора в течение лета 2008 г.: с мая по октябрь количество водорастворимого фтора в пахотном слое увеличилось на большинстве участков, вероятно, за счет увеличения производства алюминия и подтягивания фтора вместе с почвенным раствором из нижележащих горизонтов.

В 2009–2011 гг. наблюдения за динамикой качества водорастворимого фтора в почве под влиянием производственной деятельности ОАО «РУСАЛ Красноярск» не проводились.

Результаты определения количества токсиканта в середине мая 2012 г. свидетельствуют о его увеличении в пахотном слое практически на всех реперных участках. Особенно резкое увеличение имеет место на РУ-16 и РУ-24, расположенных всего в 3–4 км от завода по розе ветров под отавой многолетних трав.

Почти повсеместное (в пределах зоны загрязнения) увеличение водорастворимого фтора в пахотном слое почв может быть связано с его перемещением в верхний слой в относительно сухую осень 2011 г. За

летний период 2012 г. количество водорастворимого фтора на всех участках варьировалось в слабой степени: на отдельных участках имеются незначительные уменьшения или увеличения его количества.

На величину накопления водорастворимого фтора в почве под влиянием производственной деятельности ОАО «РУСАЛ Красноярск» влияет географическое положение РУ (в зависимости от розы ветров) и удаленность от предприятия (табл. 2). На расстоянии от 3 до 4 км на северо-восток наблюдается зона высокого влияния производственной деятельности ОАО «РУСАЛ Красноярск». В пахотном слое чернозема обыкновенного количество водорастворимого фтора составляет 67,7–74,8 мг/кг. Такое же высокое содержание водорастворимого фтора отмечается в верхнем слое пойменной почвы на расстоянии 1,3 км в восточном направлении (74,6 мг/кг). В 4 км западнее ОАО «РУСАЛ Красноярск» в пахотном слое чернозема обыкновенного количество водорастворимого фтора составляет 53,5 мг/кг, которое также является высоким, но ниже на 14,2 мг/кг, чем на РУ северо-восточного направления.

На расстоянии 9 км северо-восточнее ОАО «РУСАЛ Красноярск» в пахотном слое чернозема обыкновенного количество водорастворимого фтора составляет 21,1–22,8 мг/кг, то есть существенно снижается. В верхнем слое пойменных почв в 10 км юго-восточнее ОАО «РУСАЛ Красноярск» количество водорастворимого фтора составляет 7,8 мг/кг, а в 18 км восточнее оно находится на уровне 9,1 мг/кг. И даже этот показатель превышает контроль более чем в 4 раза.

Выводы

1. Степень загрязнения пахотного слоя фтором преимущественно зависит от расстояния между ОАО «РУСАЛ Красноярск» и реперными участками (чем больше расстояние, тем меньше загрязнение) и размещением РУ относительно розы ветров (по розе ветров объекты загрязняются сильнее).

2. Влияние количества промышленных выбросов на величины водорастворимого фтора в пахотном слое прямое, хотя не очень сильное. Последнее связано с направлением ветра в разные периоды, полосными дождями, свойствами почв и пр. По сезонам (весна-осень) 2006–2008 гг. количество водорастворимого фтора варьировало и зависело от погодных условий сезона (дожди, засуха и пр.). В 2012 г. количество водорастворимого фтора увеличилось в пахотном горизонте в связи с его перемещением снизу вверх.

3. Полученные результаты позволяют наметить примерные зоны с разным уровнем загрязнения пахотного слоя почв. Очень высокий уровень 50 мг/кг (=5 ПДК) наблюдается на расстоянии до 4 км от источника загрязнения, высокий уровень (2,5–5,0 ПДК) – на расстоянии 4–8 км, средний (1,5–2,5 ПДК) – 8–15 км, низкий (1,0–1,5 ПДК) – 15–18 км, допустимый (0,5–1,0 ПДК) – 18–25 км. Фоновое содержание (< 0,5 ПДК) более 25 км.

Литература

1. *Ерышова О.В.* Отчет «Загрязнения почв фтором и тяжелыми металлами в пригородной зоне г. Красноярска» // Фонды ГЦАС «Красноярский». – Красноярск: Б.и., 1992. – 110 с.
2. *Крупкин П.И.* Пути рационального использования почв, загрязненных фтором // *Агрохимия*. – 2005. – № 3. – С. 78–87.
3. *Крупкин П.И., Танделов Ю.П.* Техногенное загрязнение фтором почв в пригородной зоне г. Красноярска // *Сибир. экол. журн.* – 1998. – № 6. – С. 607–612.
4. Загрязнение почв и растительного покрова фтором в окрестностях Красноярска, Ачинска, Назарово / *Танделов Ю.П., Сысоева Н.В., Безикова О.А.* [др.] // Загрязнение почв и растений тяжелыми металлами и фтором. – Красноярск: Крайагропром, 1991. – С. 28–51.
5. *Танделов Ю.П.* Фтор в системе почва-растение. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 78 с.
6. *Танделов Ю.П.* Фтор в системе почва-растение. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 106 с.

