

Из портфеля редакции

УДК 631.416.3:546.16(571.1)

Влияние орошения на подвижность фтора в почвах Барабинской равнины

Ю. В. ЕРМОЛОВ

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630099 Новосибирск, ул. Советская, 18*

АННОТАЦИЯ

Установлено, что орошение слабоминерализованными щелочными водами может приводить к значительному увеличению концентраций водорастворимого фтора (до уровня ПДК) в пахотном горизонте почв Барабинской равнины.

ВВЕДЕНИЕ

Почвы большей части Барабинской равнины находятся в зоне недостаточного увлажнения и нуждаются в орошении. Однако условия их мелиоративного освоения относятся к категории сложных [1]. Сложность заключается в том, что почвенный покров здесь отличается пространственной неоднородностью, которая обусловлена следующими региональными особенностями территории: гривным характером рельефа, пестротой почвообразующих пород, высокой минерализацией грунтовых и поверхностных вод. В пределах одной мелиоративной системы могут находиться участки с избыточным и с недостаточным увлажнением. Ситуацию усугубляет частое преобладание в солевом составе грунтовых и поверхностных вод гидрокарбоната натрия и соды [2]. В результате орошения щелочными водами происходят изменения физико-химических свойств почвы, выражающиеся в осолонцевании и осолончаковании. Отрицательное влияние этих процессов на

плодородие хорошо известно: в профиле почвы накапливаются легкорастворимые соли и существенно меняются окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные условия. С этими условиями тесно связана подвижность многих химических элементов, к числу которых относится фтор.

Поведение фтора сильно зависит от реакции среды и некоторых других физико-химических свойств почвы, которые могут изменяться при орошении. Поступление этого элемента в растительность и грунтовые воды тесно связано с его концентрацией в почвенном растворе. Выяснить, как влияет орошение на эту концентрацию – основная цель нашего исследования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

На орошаемом овощном участке АО Ульяновское (Барабинский район Новосибирской области), расположенном на склоне гривы, был заложен ряд почвенных разрезов. Почва

Содержание фтора в почвах, их некоторые физико-химические показатели

№ разреза, название почвы	Глубина, см	Фтор, мг/кг почвы		рН _{водн.}	СаСО ₃ , %
		водорастворимый	валовой		
№ 188. Чернозем выщелоченный неорошаемый	0–22	0,37	242	6,41	Не обн.
	22–29	0,29	225	6,52	»
	29–47	0,13	298	6,33	»
	47–75	0,15	282	6,43	»
№ 25. Чернозем выщелоченный, орошаемый	0–20	7,98	274	7,92	0,63
	30–40	0,83	310	7,13	Не обн.
	50–60	0,67	336	7,28	»
	90–100	4,75	334	7,93	8,53
№ 41. Черноземно-луговая солончаковатая, орошаемая	0–20	10,90	Не опр.	8,00	0,42
	30–40	5,80	»	8,00	0,11
	50–60	7,98	»	8,45	13,66
	80–90	19,00	»	8,30	16,44
	105–120	29,40	»	7,75	10,03
	130–140	51,30	»	8,05	9,36
№ 40. Черноземно-луговая солончаковатая, орошаемая	0–20	7,30	»	8,00	0,11
	29–39	7,50	»	8,38	0,11
	50–60	5,90	»	8,44	14,94
	90–100	18,60	»	8,43	13,02
	170–180	29,45	»	8,50	6,41

на вершине гривы (разрезы № 188 и 25) — чернозем выщелоченный, почва на нижней части склона гривы (разрезы № 40, 41) — черноземно-луговая солончаковатая. Разрезы № 25, 40, 41 заложены на орошаемых овощных полях, разрез № 188 — на неорошаемом участке (в качестве фонового). Орошение проводилось водами оз. Песчаное в течение 30 лет. В почвенных образцах были определены следующие показатели: рН водн., содержание карбонатов кальция, катионно-анионный состав и электропроводность водной вытяжки, валовое содержание и водорастворимая форма фтора. В воде оз. Песчаное определены электропроводность, содержание катионов Са²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, и анионов F⁻, а также величина рН.

РЕЗУЛЬТАТЫ
И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сопоставление физико-химических свойств почв (табл. 1) свидетельствует о том, что под влиянием орошения в профиле автоморфной почвы (разрез № 25) по сравнению с контролем (разрез № 188) произошло значительное подщелачивание, в среднем на 1,5–2,0 единицы рН. Особенно оно заметно в верхней части профиля и поэтому несомненно связано с влиянием на почву щелочных оросительных вод. Неблагоприятное действие орошения также выразилось в увеличении концентрации легкорастворимых солей, на что указывает изменение электропроводности и ионный состав во-

Т а б л и ц а 2

Ионный состав и электропроводность водных вытяжек из почв

№ разреза	Глубина, см	Электропроводность, мСм/м	Na ⁺	K ⁺	Са ²⁺	Mg ²⁺	NCO ₃ ⁻	Cl	SO ₄ ²⁻
40	0–20	20,00	1,988	0,084	0,509	0,164	1,340	0,600	0,880
	29–39	19,00	1,227	0,027	0,479	0,107	1,180	0,270	0,500
	50–60	30,00	1,479	0,020	0,254	0,082	1,020	0,310	0,530
	90–100	27,00	1,533	0,010	0,594	0,123	1,090	0,330	0,970
	170–180	27,00	1,335	0,010	0,594	0,247	0,980	0,440	0,960
25	0–20	22,00	0,870	0,020	0,479	0,060	1,160	0,260	0,350
	30–40	11,00	0,544	0,020	0,207	0,070	0,450	0,220	0,520
	50–60	17,00	0,522	0,010	0,659	0,090	0,340	0,140	1,130
188	90–100	23,50	0,196	0,01	1,796	0,123	0,660	0,300	1,060
	0–22	7,10	0,043	0,020	0,269	0,070	0,280	0,090	0,290
	22–29	6,50	0,043	0,010	0,235	0,090	0,260	0,070	0,280
	29–47	5,30	0,040	0,026	0,210	0,070	0,210	0,080	0,240
	47–75	4,30	0,043	0,031	0,135	0,082	0,140	0,070	0,210

Т а б л и ц а 3
Физико-химические свойства воды из оз. Песчаное

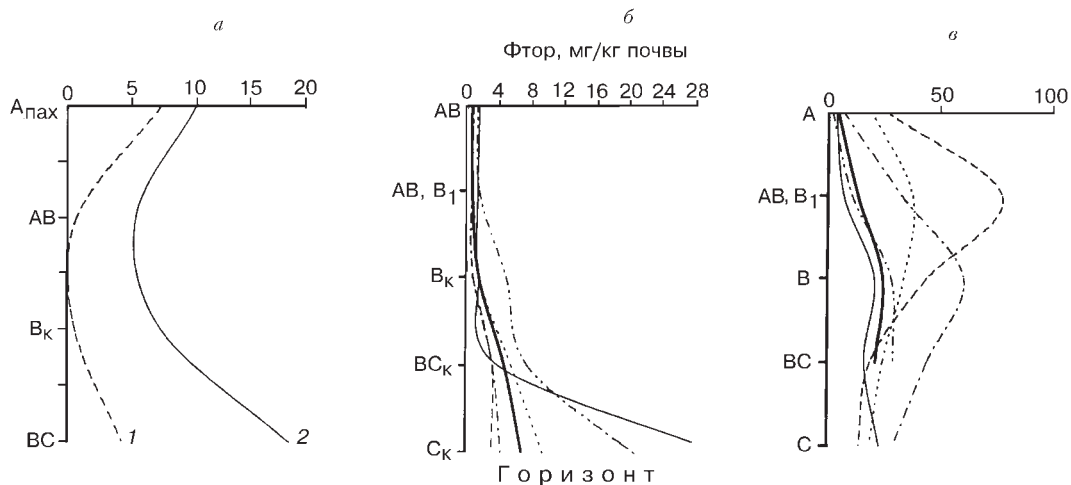
Электропроводность, мСм/м	рН	Концентрация, мг/л				
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	F ⁻
230	8,17	52	28	300	13	0,4

дной вытяжки. (табл. 2) Обращает на себя внимание то, что в верхней части профиля совершенно изменились соотношения катионов и анионов. Отношение Na/Ca расширилось от 0,16–0,19 до 1,8–2,6. Среди анионов многократно возросла доля НСО_3^- . Содержание сульфатов и хлоридов также увеличилось относительно неорошаемой почвы. Общая минерализация водной вытяжки из пахотного горизонта автоморфной орошаемой почвы возросла по сравнению с неорошаемой в 4 раза. Этот рост обусловлен главным образом накоплением гидрокарбоната натрия. Он сопровождается повышением рН, что можно рассматривать как начало процесса осолонцевания пахотного горизонта.

Полученные данные не покажутся неожиданными, если сопоставить их с физико-химическими свойствами поливных вод (табл. 3). Интересно, что в результате орошения в пахотном горизонте автоморфной почвы (разрез № 25 — чернозем выщелоченный) произошло увеличение содержания водорастворимого фтора до концентраций (8 мг/кг почвы), граничащих с предельно допустимой (рисунок, а). Для автоморфных

почв Барабинской равнины, как показано нашими исследованиями [3], такие концентрации в верхней части профиля совершенно не характерны. Обычно они не превышают 1 мг/кг почвы (см. рисунок, б). Поэтому влияние орошения здесь не вызывает сомнения. Но возникает вопрос, является ли отмеченный факт следствием высокого содержания фтора в поливных водах или увеличение подвижности фтора в почве произошло из-за изменения ее физико-химических свойств. Общее содержание фтора в почвах невелико — 250–350 мг/кг и различается на орошаемом и неорошаемом участках незначительно (см. табл. 1). Для Барабы, по нашим данным, среднее содержание фтора в поверхностных водах составляет 0,33 мг/л. Концентрация фтора в воде оз. Песчаное — 0,40 мг/л. При поливных нормах в 2000 м³/га в год и периоде орошения 30 лет водой было привнесено около 8 мг фтора на 1 кг почвы.

Известно, что содержание водорастворимого фтора в почве контролируется величиной рН. Максимум абсорбции фтора почвами наблюдается в диапазоне рН 6,0–6,5. С ростом рН происходят замещение фторид-иона, свя-



Распределение водорастворимого фтора по профилю почв. а — орошаемые почвы (1 — р. № 25, 2 — р. № 41), б — автоморфные почвы, в — гидроморфные почвы.

занного с аморфными полуторными гидроокислами и глинистыми минералами, гидроксил-ионом, и повышение концентрации фтора в почвенном растворе. Как показали исследования [3], критическое значение $pH_{\text{водн.}}$, когда концентрации водорастворимого фтора достигают ПДК, для почв Барабы равно 8,3. В результате орошения исследуемого участка величина pH сильно сдвинулась в щелочную сторону, поэтому способность абсорбировать фтор у почвы резко снизилась и поступивший с водами фтор остался в растворимом состоянии. Возможно, из почвенного поглощающего комплекса (ППК) в растворимое состояние перешло некоторое количество обменно-связанного фтора. Этому способствуют потеря структуры и увеличение дисперсности илистых частиц почвы при замещении кальция натрием в почвенном поглощающем комплексе.

Полугидроморфные орошаемые почвы, расположенные в нижней части склона гривы (разрезы № 40, 41), испытывают воздействие не только оросительных, но и минерализованных грунтовых вод. Действительно, и величина pH , и распределение легкорастворимых солей в профиле говорят о контакте этих вод с почвой. Содержание водорастворимого фтора здесь сначала несколько убывает вниз по профилю, затем снова нарастает (см. рисунок, *a*). Такое распределение водорастворимого фтора не характерно для почв полугидроморфного ряда [3]. В профиле неорошаемых засоленных полугидроморфных и гидроморфных почв обычно наблюдается один максимум накопления водорастворимого фтора, совпадающий с

горизонтом максимальной аккумуляции легкорастворимых солей (см. рисунок, *b*). При орошении произошло накопление фтора в верхней части профиля. Появление щелочных грунтовых вод в орошаемой толще привело к увеличению концентраций водорастворимого фтора во всем профиле черноземно-луговой почвы. Как отражается это на качестве сельскохозяйственной продукции, пока не установлено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что орошение слабоминерализованными щелочными водами может приводить к значительному увеличению концентраций водорастворимого фтора в авто- и полугидроморфных почвах Барабинской равнины, что необходимо учитывать при изучении почвенного покрова, при оценке техно- и агрогенного воздействия на почву. Увеличение растворимости соединений фтора в почве от щелочных оросительных вод потенциально опасно избыточным накоплением этого элемента в сельскохозяйственной продукции и питьевой воде.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Н. Угланов, Мелиорируемая толща почв и пород юга Западной Сибири, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1981.
2. Н. И. Базилевич, Геохимия почв содового засоления, М., Наука, 1965.
3. Ю. В. Ермолов, *Агрохимия*, 1999, 1, 86–89.

Influence of Irrigation on Fluorine Mobility in Barabinsk Plain Soils

YU. V. ERMOLOV

It has been established that irrigation with weakly mineralized alkaline waters may result in a considerable increase of concentrations of water-soluble fluorine (to the maximal permissible concentration level) in the arable horizon of the Barabinsk plain.