

Член-корреспондент АН СССР В. А. КОВДА, Е. М. САМОЙЛОВА,
В. К. БУГАЕВСКИЙ

МИГРАЦИЯ СОЛЕЙ В ЛУГОВЫХ ПОЧВАХ СОДОВОГО ЗАСОЛЕНИЯ

Изучение законов передвижения солей в почвах имеет большое теоретическое и практическое значение, особенно при развитии орошаемого земледелия. Исследование миграции веществ в луговых почвах Тамбовской обл. позволило установить ряд новых закономерностей в перемещении и аккумуляции солей в условиях содового засоления.

В качестве объекта исследования был выбран один из слабодренированных водоразделов в Токаревском районе Тамбовской обл. Изучался ряд геохимически сопряженных почв, расположенных по рельефу следующим образом: на водоразделе черноземно-луговая незасоленная распаханная почва; на склоне солонцовой западины — черноземно-луговая слабосолончаковатая почва; в солонцовой западине — содовый мелкий солонец; на повышении, окружающем колочную западину, — черноземно-луговая слабосолончаковатая почва; в колочной западине — солодь. Все почвы развиты на лессовидной глине. Уровень грунтовых вод, по данным шестилетних исследований, не опускается ниже 2—2,5 м; весной в колочной западине вода стоит на поверхности, в черноземно-луговых почвах — на глубине 60—100 см, в солонце — на глубине 160—180 см.

Важнейшим фактором миграции в изучаемом ландшафте являются почвенно-грунтовые воды. При движении их от водораздела к водосборным

Таблица 1
Состав почвенных растворов и лизиметрических вод (л. в.) *

Почва	Горизонт	Глубина, см	рН	Сумма солей, г/л	Содержание ионов, мг-экв. %							
					CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Солонец	A ₁ A ₂	0—6	7,8	1,25	0,0	29,1	52,7	18,2	18,0	10,5	65,7	5,8
	B ₁	7—15	8,3	2,88	1,0	55,2	37,4	6,4	6,5	7,3	85,5	0,7
	B ₂	35—45	9,2	4,78	10,5	72,8	15,6	1,1	3,3	6,3	90,0	0,4
	BC	100—110	9,0	2,00	10,0	70,0	9,2	10,8	4,8	6,4	87,2	1,6
Черноземно-луговая	A ₁	0—10	8,5	1,80	6,0	70,8	16,2	7,0	14,3	17,0	68,6	0,1
		30—40	8,6	2,92	3,6	30,7	63,6	2,1	8,0	18,5	73,4	0,1
	BC	100—110	8,2	0,63	8,0	62,5	15,9	13,6	11,0	28,8	59,0	0,2
Солодь	A ₁	0—10	6,4	0,50	0,0	21,2	54,8	24,0	40,8	36,2	22,0	1,0
	A ₂	15—25	6,8	0,26	0,0	13,8	44,2	42,0	38,1	21,4	40,0	0,5
	B ₁	35—45	7,0	0,28	0,0	17,0	42,5	40,5	35,2	27,7	37,0	0,3
	B ₂	100—110	7,6	0,43	0,0	58,0	14,6	27,4	39,2	27,2	33,2	0,4
Солонец (л.в.)	B ₁	17	8,5	1,25	6,5	86,8	5,5	1,2	6,4	16,7	76,6	0,3
Черноземно-луговая (л.в.)	A ₁	17	8,3	1,17	4,5	93,3	1,3	0,9	10,0	20,1	69,8	0,1
		31	8,3	0,80	1,2	91,1	6,2	1,5	14,5	20,5	66,9	0,1
	AB	71	8,1	0,81	0,0	98,2	0,5	1,3	11,8	29,8	58,3	0,1
Солодь (л.в.)	A ₁	12	6,7	0,21	0,0	74,3	17,4	8,3	31,0	23,6	42,8	2,6
	A ₂	26	7,0	0,31	0,0	67,1	27,9	5,0	22,8	23,2	53,5	0,5
	B ₁	50	8,0	0,76	0,0	84,0	12,0	4,0	46,0	17,9	36,0	0,1

* Среднее из результатов анализа 7—8 образцов (почвенные растворы) или 3 образцов (лизиметрические воды).

депрессиям они постепенно концентрируются вследствие испарения и меняют свой состав. Концентрация возрастает от 0,5—0,7 г/л на водоразделе до 1—1,5 г/л в солонцовой западине. Всюду воды гидрокарбонатные, в катионной части — на водоразделе $Mg > Ca \geq Na$, а в солонцовой западине практически чисто натриевые. Таким образом, по мере движения вниз по уклону местности почвенно-грунтовые воды все более обогащаются содой, теряют Ca и Mg , выпадающие в форме карбонатов, а

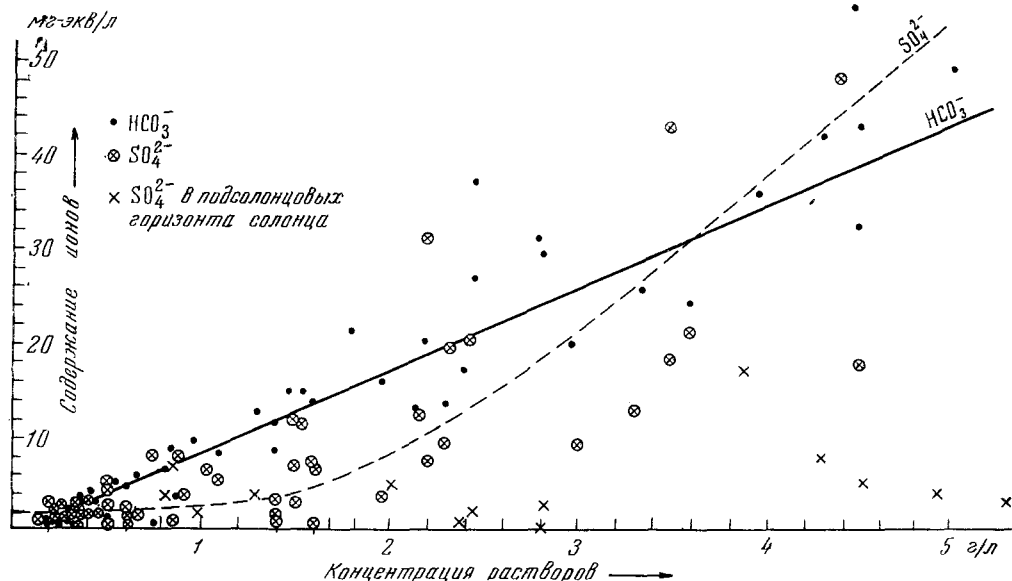


Рис. 1. Зависимость содержания HCO_3^- и SO_4^{2-} от концентрации почвенных растворов

также обедняются SO_4^{2-} , который в небольшом количестве присутствует в почвенно-грунтовых водах водоразделов и практически отсутствует в водах солонцовой западины.

Совершенно иначе изменяются почвенно-грунтовые воды при подъеме их вверх по почвенному профилю с капиллярной каймой. Этот процесс наглядно проследить в солонце, обладающем непромывным водным режимом. Вся толща глубже 30 см здесь формируется почти исключительно под влиянием восходящих капиллярных растворов. При движении почвенного раствора * вверх по профилю солонца происходит увеличение содержания в нем SO_4^{2-} , Ca^{2+} и Mg^{2+} (табл. 1). Метаморфизация вод в этом случае носит характер, прямо противоположный наблюдавшемуся при движении вод вниз по уклону местности. При этом абсолютная и относительная (% к общему количеству анионов) концентрация сульфатов в почвенном растворе подсолонцовых горизонтов всегда выше, чем в почвенно-грунтовых водах, но она не является однозначной функцией концентрации почвенного раствора (рис. 1). Очевидно, что причиной «осульфачивания» почвенного раствора здесь являются, прежде всего, обменные реакции: Na^+ почвенного раствора входит в поглощающий комплекс, а вытесненные им Ca^{2+} и Mg^{2+} связываются гидрокарбонатным ионом и выпадают в осадок. Многократное повторение цикла приводит к постепенному снижению содержания HCO_3^- и увеличению содержания SO_4^{2-} . Вследствие этих реакций подсолонцовые горизонты солонца содержат более 40% обменного Na и 20% карбонатов щелочных земель.

* Почвенный раствор вытеснялся этиловым спиртом.

Верхние горизонты солонца периодически промываются атмосферными осадками. В ворончатые лизиметры, установленные под солонцовым горизонтом на глубине 17 см, регулярно поступали лизиметрические воды. Сопоставление состава лизиметрических, гравитационных вод и почвенного раствора, в формировании которого участвует также капиллярная влага, показало, что они заметно отличаются друг от друга. Главное различие состоит в том, что лизиметрические воды относительно обогащены HCO_3^- и обеднены SO_4^{2-} . Если в составе почвенного раствора на долю сульфатов приходится до 30—40% всех солей, то в лизиметрических водах, собранных из того же солонцового горизонта, сульфатам принадлежит не более 5—6%. Эти различия в составе лизиметрических вод и почвенных растворов обусловлены различиями в их концентрации. Почвенные растворы солонцового горизонта, как правило, более концентрированы, чем лизиметрические воды, причем содержание солей в них в большинстве случаев превышает 2 г/л, а именно по достижении этой величины начинает проявляться ускоренное накопление SO_4^{2-} в почвенном растворе (рис. 1). Однако не только разница в концентрации определяет различный состав почвенного раствора и лизиметрических вод. И в тех случаях, когда концентрации этих природных вод близки, лизиметрические воды все же значительно беднее сульфатами (рис. 2). По-видимому, следует признать, что состав гравитационной нисходящей воды существенно иной по сравнению с составом капиллярной влаги. Поэтому с нисходящим током гравитационной влаги из почвенного профиля преимущественно выносятся гидрокарбонаты, сода, а сульфаты, Na_2SO_4 , удерживаются в составе почвы.

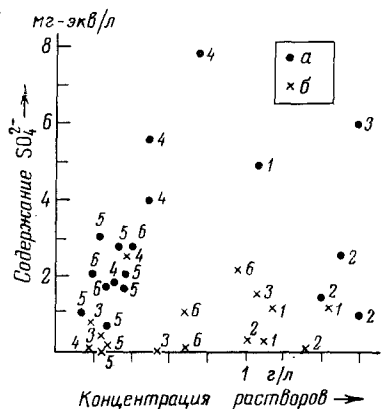


Рис. 2. Содержание SO_4^{2-} в почвенных растворах (а) и лизиметрических водах (б). 1 — солонец, В₁; 2 — черноземно-луговая почва, А₁ 0—10 см; 3 — то же, 30—40 см; 4 — солодь А₁; 5 — солодь А₂; 6 — солодь В₁

Известно, что при восходящем движении с капиллярной каймой сода движется медленнее, чем хлориды и сульфаты. Если наша интерпретация полученного материала верна, можно сделать вывод о прямо противоположном поведении соды при движении в токе гравитационной воды. В почвах, содержащих обменный Na, обогащенность лизиметрических вод содой может быть связана с процессами диссоциации этого катиона. Гравитационная вода, быстро перемещающаяся в крупных порах, образует более разбавленные растворы по сравнению с растворами капиллярных промежутков. Но по мере разбавления растворов возрастает степень диссоциации поглощенного натрия (²). Появление Na в растворе приводит к образованию соды. Однако не только этот процесс обуславливает появление соды, так как ее повышенное содержание наблюдается в лизиметрических водах черноземно-луговых почв и солоди, в которых количество обменного Na ничтожно. По-видимому, образование соды широко распространено в поверхностных горизонтах изученных почв вследствие выветривания минералов (¹). Отсюда сода поступает с нисходящим током в нижние горизонты почвы и почвенно-грунтовые воды.

В отличие от солонца черноземно-луговая почва формируется под переманным воздействием капиллярной каймы грунтовых вод и нисходящего тока атмосферных осадков. Несмотря на это, общие закономерности изменения почвенного раствора по профилю остаются теми же. Как и в солонце, по мере движения вверх по профилю почвы содовый состав почвенного раствора сменяется содово-сульфатным. Это превращение в черноземно-

луговой почве не объяснимо обменными реакциями, так как в ней почти не содержится обменного натрия.

В тех случаях, когда концентрация почвенного раствора в черноземно-луговых почвах превышает 2 г/л, увеличение содержания сульфатов в нем связано с ростом общей концентрации почвенного раствора. Наиболее высокое содержание сульфатов — до 60% и более от суммы анионов — наблюдается в горизонте максимального соленакопления (30—40 см), где концентрация почвенного раствора достигает 3,5—4 г/л.

В то же время, как показал анализ лизиметрических вод, в черноземно-луговой почве еще в большей степени, чем в солонце, выражены различия между составом почвенного раствора и составом гравитационных лизиметрических вод. В почвенном растворе черноземно-луговой почвы сульфаты преобладают, а в лизиметрических водах их содержание не превышает нескольких процентов от суммы солей. Эти различия ярко проявляются не только в том случае, когда концентрация почвенного раствора намного превышает концентрацию лизиметрических вод, поступающих из того же горизонта, но и тогда, когда концентрации этих природных вод близки (рис. 2) между собой. В черноземно-луговых почвах еще более определен преимущественный вынос NaHCO_3 по сравнению с Na_2SO_4 нисходящим током влаги.

Почвенный профиль солоди формируется под преобладающим влиянием нисходящих растворов. Состав почвенного раствора трех верхних почвенных горизонтов практически не обнаруживает связи с составом почвенно-грунтовых вод. Он обладает сходством с раствором дерново-подзолистых почв и характеризуется низкой концентрацией (0,2—0,7 г/л), слабкокислой реакцией, в нем присутствуют анионы органического вещества. Характерно, что несмотря на преобладание HCO_3^- в составе поверхностных и почвенно-грунтовых вод, в почвенном растворе верхних горизонтов большую роль играют Cl^- и SO_4^{2-} . В лизиметрических же водах солоди, как и в других почвах, преобладает гидрокарбонатный ион, причем концентрация лизиметрических вод и почвенных растворов одинаковы. Различия в составе лизиметрических вод и почвенных растворов при равенстве их концентраций обусловлены, очевидно, несходством состава растворов, образуемых гравитационной и капиллярной влагой. С нисходящим током влаги HCO_3^- уходит из верхних горизонтов, а сульфатный ион удерживается в них, что и определяет возрастание содержания сульфатов в почвенном растворе этих горизонтов.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
3 VIII 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. А. Ковда, С. В. Быстров, Тр. Комиссии по ирригации, в. 6, Изд. АН СССР, 1936. ² Д. С. Орлов, А. А. Зубайди, Вестн. Моск. ун-в., сер. биологии и почвовед., № 1, 113 (1966).