

## ПРИРОДА ЩЕЛОЧНОСТИ В НЕКОТОРЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ\*

О. В. Лопухина<sup>1</sup>, Е. И. Панкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова

<sup>2</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева

Известно, что на территории Волгоградской обл. широкое распространение имеют солонцы и солонцеватые почвы, которые обычно относятся к категории щелочных почв (Szabolcs, 1989).

Целью работы является изучение природы щелочности в некоторых почвах Волгоградской обл.: целинных автоморфных солонцах, целинных гидроморфных (луговых) засоленных почвах и орошаемых каштановых почвах Приволжской возвышенности.

Исследования проводились на юге области, на территории опытно-производственного хозяйства Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия (ВНИИОЗ). Опытное хозяйство расположено в зоне светло-каштановых почв, примерно в 30 км от Волгограда, на правом берегу Волги, на территории южных отрогов Приволжской возвышенности. Рядом находится Береславское водохранилище, воды которого используются для орошения полей.

Выбор объекта исследования, описание опорных разрезов и отбор образцов проведены Е.И. Панковой и А.Ф. Новиковой при участии сотрудников ВНИИОЗ А.С. Морозовой и Л.А. Казаковой. Общие сведения о природных условиях опытного хозяйства взяты из публикаций института (Казакова, 1991). Большую помощь при проведении полевых работ оказал директор института ВолжНИОЗ И.П. Кружилин.

Для изучения природы щелочности в почвах выбраны три опорных разреза, характеризующих структуру почвенного покрова изучаемой территории: 1) солонец целинный автоморфный, суглинистый, солончаковый (разр. 2); 2) орошаемая пахотная (бывшая светло-каштановая солонцеватая) почва с признаками вторичного гидроморфизма (разр. 1); 3) луговая сильнозасоленная почва (луговой солончак) (разр. 3).

*Обсуждение результатов исследования.* Морфологические и химические особенности изучаемых почв свидетельствуют о том, что почвы сильно различаются по свойствам и относятся к трем разным типам, широко развитым в почвенном покрове исследуемой территории.

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ-ГФЕН (проект №06-04-39022).

**Разр. 2** – солонец глубокостолбчатый автоморфный. Разрез заложен на берегу Береславского водохранилища, у обрыва высотой 8–10 м над зеркалом водохранилища. Целинный участок. Растительность представлена злаками и черной полынью.

A, 0–23 см Влажный, серо-каштановый, при подсыхании слабо белесоватый, средний суглинок, комковато-порошистый, встречаются корни растений, слабо вскипает от HCl, переход в следующий горизонт четко виден по изменению структуры.

B, солонц, Свежий, темно-каштановый, тяжелый суглинок-глина, 23–33 см столбчатая структура, по структурным отдельностям глянцеватость, переход постепенный по появлению карбонатных пятен, в нижней части горизонта слабое потрескивание от HCl.

B карб., 33–55 см Свежий, каштановый с белыми карбонатными пятнами, глинистый, столбчато-ореховатой структуры, переход в следующий горизонт постепенный.

B2, 55–90 см Сухой, каштановый с яркими белыми прожилками гипса и легкорастворимых солей, плотный тяжелый суглинок, глыбисто-ореховатой структуры, бурно вскипает от HCl, переход четкий по окраске.

BC, 90–110 см Сухой, бурый, суглинистый, ореховатый, мелкопористый с отдельными белесыми пятнами карбонатов и прожилками гипса и легкорастворимых солей, вскипает, переход постепенный по влажности.

Cg, 110–200 см Влажный, бурый с железистыми пятнами и включением гипсовых конкреций – кристаллических роз ( $d=2-3$  см), при подсыхании выступает налет солей, тяжелый суглинок, вскипает.

Уровень грунтовых вод находится глубже 6 м, однако близость водохранилища определяет достаточно высокий уровень капиллярной каймы (около 1 м от поверхности почвы).

Данные анализов водных вытяжек (табл. 1) свидетельствуют о том, что почва относится к категории солончаковой, т. е. токсичные соли выявляются уже в верхнем тридцатисантиметровом слое (хлорид-ион присутствует в токсичном количестве). Только верхний осолоделый горизонт (0–23 см) лишен токсичных солей. С глубины 23 см содержание солей резко увеличивается до уровня среднего засоления, а с глубины 33 см – до уровня среднего и сильного засоления. До глубины 55 см засоление хлоридно-натриевое с присутствием следов соды в двух горизонтах: солонцовом (23–33 см) и подсолонцовом (33–55 см). Факт наличия соды следует из соотношения  $\Sigma_{\text{общ}} > \text{Ca} + \text{Mg}$  (в ммоль экв/100г) (Базилевич, Панкова, 1968; Панкова, Воробьева, 2006). В этих горизонтах доля обменного натрия, оп-

ределенная по методу Пфеффера в модификации Молодцова и Игнатовой, достигает 40%. Ниже по профилю почвы состав солей резко меняется. Засоление становится сульфатно-натриевым (по токсичным солям) на фоне слабой загипсованности горизонтов до глубины 110 см. В слое 110–150 см содержание гипса резко возрастает, определяя высокое содержание солей. Таким образом, оценивая особенности засоления автоморфного солонца, следует подчеркнуть четко выраженную двучленность солевого профиля: верх (до 50 см) – хлоридный со следами соды, которая присутствует в не токсичном очень малом количестве, нижняя часть профиля характеризуется высоким сульфатным засолением с гипсом.

**Разр. 1** характеризует орошаемую почву, расположенную на плакоре, на том же уровне, что и разр. 2., заложен в 1 км от водохранилища. Территория орошается 7 лет. Разрез расположен вблизи накопителя воды для поли-

**Таблица 1.** Состав солей в изученных почвах по данным анализа водной вытяжки 1:5

№	Глубина, см	Сумма солей, %		$\Sigma_{\text{общ}}$	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
		1	2							
2	0–23	0,06	0,05	0,67	0,03	0,08	0,05	0,22	0,59	0,02
	23–33	0,20	0,19	0,68	1,74	0,32	0,07	0,13	2,83	0,01
	33–55	0,44	0,43	0,84	4,02	1,56	0,15	0,12	6,35	0,00
	55–90	1,07	0,88	0,63	4,71	11,12	2,87	1,90	11,30	0,03
	90–110	1,12	0,96	0,56	4,62	11,80	2,40	2,05	12,39	0,03
	110–150	1,61	0,96	0,49	0,59	22,04	10,47	3,53	10,87	0,05
1	150–200	1,30	1,08	0,68	1,89	16,28	3,27	1,93	14,35	0,03
	0–17	0,08	0,01	0,62	0,03	0,56	0,90	0,10	0,08	0,06
	17–33	0,09	0,01	0,51	0,03	0,64	0,97	–	0,09	0,06
	33–60	0,06	0,04	0,60	0,04	0,28	0,50	0,45	0,08	0,03
	60–100	0,93	0,06	0,41	0,05	13,16	13,00	0,70	0,17	0,04
	100–140	0,64	0,04	0,32	0,02	8,92	9,15	0,52	0,10	0,05
3	140–170	0,37	0,05	0,32	0,03	4,88	5,22	0,60	0,09	0,04
	0–2	0,36	0,26	2,76	0,51	1,04	0,25	–	3,96	0,11
	2–10	0,54	0,43	3,02	0,69	2,72	0,12	0,33	6,20	0,15
	10–35	0,84	0,74	3,37	1,37	6,32	0,42	0,43	10,65	0,09
	35–60	0,49	0,41	2,64	1,12	2,68	0,32	0,40	5,70	0,03
	60–90	0,16	0,13	1,06	0,20	0,56	0,07	0,25	1,74	0,03
90–100	0,13	0,10	1,02	0,22	0,40	0,10	0,02	1,42	0,03	
	C поверх-ности	3,06	2,90	8,02	5,09	26,00	0,47	0,13	43,48	0,13

Примечание. 1 – общее содержание солей, 2 – общее содержание токсичных солей, вычисляемое по уравнению  $(\text{Na} + \text{Mg})/15$ .

ва, в верхней части орошаемого поля. Вероятно, поверхность поля на данном участке была сильно изменена планировкой. Суглинок, покрывающий поверхность Приволжской возвышенности, практически срезан и обнажились более древние песчаные отложения, которые и стали почвообразующей породой для орошаемой почвы, что отчетливо выявилось при морфологическом описании разр. 1.

А пах, 0–17 см Влажный, серо-каштановый, супесчаный, непрочнокомковатый, бурно вскипает от HCl, переход очень четкий по плотности.

AB (старопах), 17–33 см Свежий, серовато-каштановый, легкосуглинистый, комковато-глыбистый, очень плотный, проходят отдельные вертикальные трещины, заметны тонкие корни, выделяются отдельные карбонатные пятна. Бурно вскипает. Переход резкий, словно отрезанный ножом.

В, 33–60 см Свежий, табачного цвета, супесчаный, очень плотный, структурные отдельности призмовидные, непрочные, на изломе блестят, встречаются карбонатные конкреции, переход в следующий горизонт четкий по цвету и структуре.

BC, 60–100 см Свежий (наиболее сухой в профиле), палево-белесый с обильными мучнистыми выделениями карбонатов, крупные каменистые новообразования (типа шохов), конкреции очень плотные, обильные выделения солей или гипса, структура непрочнокомковато-призмовидная, супесчаный, бурно вскипает. Переход четкий.

С, 100–140 см Влажноватый, палево-сизоватый с ржавыми и белыми солевыми пятнами карбонатов и гипса, супесчаный, переход постепенный.

Сзс, 140–170 см Влажный, зеленовато-палевый с обильными ржавыми крупными пятнами, супесчаный, виден мелкокристаллический гипс, бурно вскипает.

Почва – пахотная орошаемая, агрокаштановая, возможно солонцеватая, супесчаная, карбонатная, с глубины 60 см гипсоносная, вторично полугидроморфная.

Почва орошалась водой Береславского водохранилища. Оценка качества оросительной воды, взятой из Береславского водохранилища, свидетельствует о хорошем ее качестве (табл. 2).

Данные анализа водной вытяжки свидетельствуют о том, что почва не засолена; верхняя часть профиля до глубины 60 см содержит менее 0,1% легкорастворимых солей. На глубине 60 см сумма солей резко увеличивается до 0,6-0,9%, но при этом сумма токсичных солей остается низкой – ниже токсичного уровня.

**Таблица 2.** Химический состав воды из Береславского водохранилища (проба взята в октябре 1996 г.) и грунтовой воды из разр. 3, ммоль экв/л

Объект, глубина	pH	Щ <sub>общ</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Сумма солей, г/л	SAR
Водохранилище, с поверхности	7,9	3,1	3,4	4,2	3,0	3,1	4,8	0,3	0,73	2,7
Разр. 3, 70 см	8,5	11,8	9,5	24,6	4,3	5,5	34,8	0,3	3,20	18,0

Повышение содержания солей связано с появлением гипса, частично переходящего в водную вытяжку. Наличие гипса подтверждается данными водной вытяжки, содержащей 5–13 ммоль экв/100г сульфат-ионов и ионов кальция. При этом отмечается очень низкое содержание натрия, свидетельствующее об отсутствии в почве токсичных солей. Состав солей водной вытяжки в верхнем полуметре гидрокарбонатно-кальциевый, а глубже – сульфатно-кальциевый. По-видимому, в настоящее время эти почвы не подвержены процессам засоления и осолонцевания.

Особое место среди характеризуемых почв занимают луговые сильнозасоленные почвы (разр. 3). **Разр. 3** расположен около пос. Водный, в песчаной балке. До орошения, начатого в окрестностях балки в 1967 г., здесь выделялись лугово-каштановые незасоленные почвы. В настоящее время балка является своего рода природной дренажной, собирающей сток с окружающей территории. Это зона устойчивого засоления почв. Вдоль берега балки растут камыши. В долине балки выделяется повышенная обсохшая поверхность, лишенная растительности и покрытая коркой солей, с полынно-солянковой растительностью. Разрез заложен на границе поверхности, заросшей камышом, и голой поверхностью. Почва сильно увлажнена с поверхности; с глубины 90 см – вода. Грунтовая вода из данного разреза характеризуется минерализацией около 3 г/л, по составу солей она относится к сульфатно-натриевой со следами соды (табл. 2).

Наилок, 0–2 см Сырой, буровато-палевый, песчаный, пронизан корнями, переход в следующий горизонт постепенный.

А, 2–35 см Сырой, серый, легкий суглинок-супесь, непрочнокомковатой структуры, без признаков солонцеватости, слабое вскипание, переход по цвету.

В, 35–60 см Мокрый, серо-коричневый со слабой сизоватостью, легкий суглинок, мелкокомковатый, слабое вскипание, переход постепенный.

С, 60–90 см Мокрый, светло-коричневый, супесчаный, бесструктурный, слабо вскипает.

Сg, > 90 см Мокрый, светло-серый с признаками оглеения, супесчаный, бесструктурный.

Почва – луговая засоленная на аллювиальном песке. Содержит токсичные соли во всех горизонтах. Максимум солей (0,7%) выявлен на глубине 10-35 см, далее количество солей снижается и достигает минимума (0,1%) вблизи уровня грунтовых вод. Почва имеет содовое засоление всего профиля, на что указывает соотношение  $\text{Щ}_{\text{общ}} \gg \text{Ca} + \text{Mg}$ . По анионам засоление сульфатно-содовое, преобладающий катион – натрий. В составе обменных оснований доля натрия достигает 53–90%.

Сопоставляя солонцы автоморфные и луговые засоленные щелочные почвы, следует отметить некоторые различия в происхождении щелочности. Подтверждается известный факт (Гедройц, 1955), что в автоморфных солонцах повышенная щелочность связана с обменным натрием, который в результате обменных реакций дает увеличение щелочности и приводит к появлению следов соды в период интенсивного увлажнения почв. Этот процесс может проявляться в образцах при получении водной вытяжки, тогда как в почвенных растворах сода может отсутствовать (Воробьева, 1995; Воробьева, Панкова, 1995). В луговых засоленных щелочных почвах природа щелочности определяется постоянным присутствием соды в почвенном растворе или грунтовой воде. Генезис соды, в данном случае, можно объяснить притоком щелочных растворов с окружающих территорий в геохимически подчиненные ландшафты.

Остановимся более подробно на показателях щелочности почв: pH суспензий (1:5) и водных вытяжек, общей щелочности и отдельных ее видах. Уровень pH суспензий менее подвержен случайным колебаниям и рассматривается нами, как основной при характеристике щелочности, pH водной вытяжки – как вспомогательный (Воробьева, 1995). Общую, карбонатную, органическую и боратную щелочность определяли методом прямого и обратного потенциометрического титрования (Воробьева, Замана 1984).

Солонец (разр. 2) характеризуется значениями pH суспензии, превышающими 9 (значения pH водной вытяжки 8,5–8,7), что свидетельствует о его принадлежности к почвам щелочного ряда (табл. 3). Однако общая щелочность по данным водной вытяжки невысокая, изменяется от 0,5 до 1,0 ммоль(-)/100 г и достигает максимальных значений в солонцовом (23–33 см) и подсолонцовом (33–55 см) горизонтах – 0,7 и 1,0 ммоль(-)/100 г соответственно. При этом в двух верхних горизонтах отмечается очень низкий процент карбонатной щелочности и преобладание органической щелочности, и только в подсолонцовом карбонатном горизонте (33–55 см) наблюдается увеличение доли карбонатной щелочности от общей щелочности.

Пахотная орошаемая почва (разр. 1) имеет pH суспензии 8,1–8,8 (pH водной вытяжки 7,0–7,8). Общая щелочность низкая (0,3–0,6 ммоль(-)/100г). Данная почва относится к нещелочным почвам. Слабые щелочные свойства выражены практически только в гор. В (33–60 см). Общая щелочность

Таблица 3. Щелочность почв

№ разре-за	Глубина, см	pH (1:5)		Щ <sub>общ</sub>	Щ <sub>карб</sub>	Щ <sub>орг</sub>
		суспензии	вытяжки			
2	0-23	9,17	8,27	0,67	<u>0,20</u> 29,9	<u>0,47</u> 70,1
	23-33	9,22	8,52	0,70	<u>0,20</u> 28,0	<u>0,45</u> 64,2
	33-55	9,56	8,72	0,96	<u>0,52</u> 54,2	<u>0,35</u> 36,6
	55-90	9,48	8,09	0,60	<u>0,21</u> 35,0	<u>0,34</u> 56,7
	90-110	9,45	8,15	0,56	<u>0,23</u> 40,1	<u>0,33</u> 58,9
	110-150	8,58	7,66	0,49	<u>0,21</u> 42,8	<u>0,27</u> 55,1
	150-200	9,15	8,28	0,58	<u>0,27</u> 46,5	<u>0,29</u> 50,0
	1	0-17	8,43	7,75	0,63	0
17-33		8,39	7,76	0,60	0	<u>0,60</u> 100
33-60		8,81	7,78	0,60	<u>0,28</u> 46,6	<u>0,27</u> 45,0
60-100		8,20	7,12	0,28	<u>0,25</u> 89,3	<u>0,03</u> 10,7
100-140		8,12	7,00	0,30	<u>0,25</u> 83,3	<u>0,05</u> 16,6
3	0-2	10,22	9,05	2,76	<u>1,30</u> 47,1	<u>0,79</u> 28,6
	2-10	10,62	9,95	3,02	<u>1,44</u> 47,6	<u>0,94</u> 31,1
	10-35	10,54	9,90	3,37	<u>1,63</u> 48,3	<u>0,99</u> 29,3
	35-60	10,60	9,89	2,64	<u>1,98</u> 75,0	<u>0,45</u> 17,0
	60-90	10,21	9,63	1,06	<u>0,71</u> 67,0	<u>0,25</u> 23,6
	90-100	9,87	8,73	1,28	<u>1,06</u> 82,7	<u>0,14</u> 10,9
	Солевая корка	С поверхности	10,50	10,39	8,02	<u>6,46</u> 80,5

Примечание. Боратная щелочность не приводится, т.к. ее содержание очень низкое.

по всему профилю ниже токсичного уровня. Компонентный состав щелочности резко изменяется в слое 60–140 см. В верхней части профиля явно преобладает органическая щелочность, а с глубины 60 см преобладающей становится карбонатная щелочность.

Отличительной особенностью луговой почвы (разр. 3) является очень высокие значения рН суспензии (9,9–10,6) и водной вытяжки (8,7–10,0) и общей щелочности всего почвенного профиля (1,1–3,4 ммоль(-)/100 г). Общая щелочность образца солевой корки, взятой вблизи разр. 3, достигает 8 ммоль(-)/100 г. Эта почва несомненно относится к почвам щелочного ряда, причем в компонентном составе явно преобладает карбонатная щелочность. Органическая щелочность составляет менее 30% от общей щелочности.

Из табл. 3 видно, что общая щелочность исследованных почв имеет сложную структуру. В состав щелочности всех исследованных горизонтов входит карбонатная и органическая щелочность. В нескольких горизонтах в следовых количествах (сопоставимых с ошибкой эксперимента 1–2%) обнаруживалась боратная щелочность.

В солонце во всех горизонтах, за исключением солонцового, в котором на долю карбонатной щелочности приходится 54%, преобладает щелочность, обусловленная присутствием анионов органических кислот. Этот факт для автоморфных солонцов Волгоградской обл. ранее описан Любимовой и др. (2004). Вниз по профилю почв ее доля убывает с 70 до 50%.

В двух верхних горизонтах пахотной орошаемой почвы разр. 1 вся щелочность связана с анионами органических кислот. В третьем, наиболее щелочном гор. В (33–60 см) вклад органической и карбонатной щелочности примерно одинаков, но при этом общая щелочность ниже токсичного уровня.

Другое соотношение карбонатной и органической щелочности наблюдается в луговой почве (разр. 3). Здесь щелочность на 47–83% связана с карбонатными ионами, а органическая щелочность не превышает 31% от общей щелочности.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На юге Волгоградской обл. изучены две категории щелочных почв: солонцы автоморфные и луговые засоленные. Первые имеют господствующее развитие в зоне светло-каштановых почв; вторые распространены на значительно меньшей площади и представлены почвами гидроморфного ряда.

2. Солонец автоморфный и луговая засоленная почва резко различаются по показателям щелочности (рН суспензии и  $\Sigma_{\text{общ}}$ ). Солонец автоморфный имеет рН суспензии, превышающий 9, и невысокую (ниже токсичного уровня) общую щелочность (0,5–1,0 ммоль(-)/100г почвы), луговая засо-

ленная почва имеет рН суспензии, превышающий 10, и высокие значения  $\Sigma_{\text{общ}}$  (1,4–3,4 ммоль(-)/100 г почвы).

3. Основными компонентами, определяющими природу щелочности изученных почв, являются карбонатные ионы и анионы органических кислот. Солонец автоморфный и луговая засоленная щелочные почвы различаются по соотношению этих щелочных компонентов. В солонце автоморфном в большинстве горизонтов, за исключением солонцового, преобладает органическая щелочность, которая в верхних горизонтах достигает 60–70% от общей. Другое соотношение карбонатной и органической щелочности наблюдается в луговой почве. Здесь щелочность на 47–83% связана с карбонатными ионами, а органическая щелочность не превышает 31%.

4. По соотношению карбонатной щелочности с суммой Са и Mg в водной вытяжке можно утверждать, что сода в солонце практически отсутствует, в то время как в луговой почве повышенная щелочность определяется наличием соды.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Базилевич Н.И., Панкова Е.И.* Опыт Классификации почв по засолению // Почвоведение. 1968. № 11. 91 с.
- Воробьева Л.А.* Теория и методы химического анализа. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995.
- Воробьева Л.А., Замана С.П.* Природа щелочности почв и методы ее определения // Почвоведение. 1984. № 5. С. 134–139.
- Воробьева Л.А., Панкова Е.И.* Природа щелочности и диагностика щелочных почв аридных и семиаридных территорий // Почвоведение. 1995. №1. С. 108–114.
- Гедройц К.К.* Химический анализ почв. Избр. соч. М. Сельхозиздат, 1955. Т. 2. С. 37
- Казакова Л.А.* Комплексная мелиорация орошаемых солонцовых почв сухостепной зоны Волгоградской области: Автореф. дис. ... к.б.н. Волгоград, 1991. 18 с.
- Любимова И.Н., Горобец А.В., Грачев В.А., Никитина Н.С.* Природа щелочности целинных и агрогенно-измененных почв солонцового комплекса Волгоградской области // Почвоведение. 2004. № 11. С. 1325–1334.
- Панкова Е.И., Воробьева Л.А. и др.* Диагностика и критерии оценки засоления почв // Засоленные почвы России. М.: ИКЦ "Академкнига", 2006. С. 6–48.
- Szabolcs I.* Salt-affected soils. Pr.in the U.S. by CRC Press Ins., 1989. 274 p.