

УДК 631.41:631.445.4:633.18

ХАРАКТЕРИСТИКА УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЮЖНЫХ АВТОМОРФНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПОД КУЛЬТУРУ РИСА

В. Г. ВИТЯЗЕВ, И. С. КАУРИЧЕВ, А. РАБИЙ

(Кафедра почвоведения)

Орошение черноземов является мощным фактором вмешательства человека в «жизнь» почвы. И если распашка, а также внесение удобрений обычными способами касается главным образом верхних горизонтов, то орошение (особенно при возделывании риса, когда почва затапливается) затрагивает более глубокие почвенные слои. Смена аэробных условий анаэробными при периодическом затоплении приводит к существенному изменению характера и направленности биологических, химических, биохимических и физико-химических процессов в почвах. При изучении орошаемых почв основное внимание обычно уделяется их солевому и водному режимам. В последние годы появились работы, в которых дается анализ превращения органических веществ при возделывании риса, динамики ОВП, изменения вещественного состава затапливаемых почв [1, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 15].

При возделывании риса могут происходить глубокие изменения морфологических и химических свойств почв. Изменение морфологии связано в первую очередь с проведением планировки почвенного покрова, что ведет в одном случае к увеличению мощности гумусового профиля, в другом — к его уменьшению, а иногда и к полному исчезновению.

При использовании целинных почв под рисовые поля, как известно, выравняется микрорельеф и из верхних горизонтов образуется пахотный слой. Через 5—10 лет пахотный и подпахотные слои становятся статистически однородными по содержанию гумуса, но некоторые морфологические признаки сохраняются. Верхние горизонты почв, длительное время используемых в сельскохозяйственных целях и расположенных на выровненных участках рельефа, не требующих планировок местности, при возделывании риса мало изменяются. Однако отмечаются различия в свойствах лежащих ниже горизонтов затапливаемых и незатапливаемых почв в результате изменения водного режима.

При затоплении почв для возделывания риса существенно изменяются темп и направленность окислительно-восстановительных процессов. Интенсивно развиваются также восстановительные процессы, которые в значительной степени зависят от генетических параметров исходных почв и прежде всего от содержания органического вещества и его качественного состава. Развитие восстановительных процессов во время затопления почвы приводит к «расшатыванию» ее минеральной части, что может способствовать как миграции, так и накоплению продуктов разрушения. В периоды аэрации благодаря высокой температуре и близкому уровню залегания грунтовых вод развиваются интенсивные восходящие токи, в результате чего возможна гидрогенная аккумуляция полуторных окислов и других соединений в почвах пойменных долин, лиманов и других пониженных элементов рельефа.

Э. А. Корнблум [8] считает, что вторичные изменения глинистой фазы при резких колебаниях окислительно-восстановительных условий в затапливаемых почвах могут привести к деградационно-аградационным изменениям унаследованных глинистых минералов, что сопровождается образованием структурных пакетов нонтронитового, глауконит-

тового и хлоритового типов. Свидетельством распада алюмосиликатного комплекса как первичных, так и вторичных минералов может служить некоторое обогащение почвенного раствора и грунтовых вод кремниесилой, алюминием, что, по мнению Г. М. Майнашевой [13], указывает на разрушение минеральной части почв.

На юге Украины благоприятные климатические условия и возможность использования пресных вод Дуная позволяют возделывать рис на черноземных почвах автоморфного ряда. Минерализация этих вод незначительна и в течение года изменяется в пределах от 230 до 400 мг/л [14]. В них содержится повышенное количество питательных веществ (N_2O_5 — 7—8 мг/л; P_2O_5 — 0,500 мг/л), насыщенность кислотом приближается к норме, буферность хорошая [16].

Проведенные исследования [4, 5, 6, 13, 15] позволяют предположить, что твердая фаза почв в посевах риса при их затоплении изменяется и это может сказаться на размере удельной поверхности. В целях выяснения данного вопроса, прогноза характера и определения значений трансформации удельной поверхности почв при их затоплении для возделывания риса нами исследовались черноземы южные (колхоз «Дружба» Килийского района Одесской области). Было заложено 2 разреза. На незатапливаемой почве (разр. 6) длительное время выращиваются районированные сельскохозяйственные культуры: пшеница, кукуруза, подсолнечник и др. Другая почва (разр. 5) 4 года назад стала использоваться под культуру риса. Поскольку общий рельеф весьма ровный, при формировании чехов широких работ по планировке местности не проводилось.

Общая характеристика исследуемых почв

Исследуемые почвы по механическому составу относятся к тяжело-суглинистым. Нижние горизонты (70 см и глубже) суглинистые, содержат ~40 % физической глины (табл. 1). Вниз по профилю содержание ила как в автоморфной, так и в затапливаемой почве постепенно уменьшается. По механическому составу рассматриваемые почвы существенно не различаются. Потеря от обработки HCl в верхних горизонтах (0—40 см) составляет 4—5 %, в нижних она постепенно увеличивается, причем в орошаемой почве этот показатель несколько меньше, что связано с промыванием профиля почвы. Это подтверждается и результатами химического анализа почв (табл. 2). CO_2 карбонатов в неорошаемой почве обнаруживается с глубины 30 см, а в орошаемой — с 50 см.

В незатапливаемой почве в слое 70—80 см содержится 11,37 % карбонатов ($CaCO_3$), а в затапливаемой — 9,35 %. На глубине 90—100 см в затапливаемой почве количество карбонатов выше, чем в автоморфной. Следовательно, при затоплении черноземной почвы глубина залегания карбонатного горизонта на 10—15 см ниже исходной.

Исследуемые черноземы относятся к малогумусным. В верхних горизонтах содержится 3,0—3,5 % гумуса, причем его содержание в затапливаемой почве несколько выше. Верхние горизонты почвы характеризуются слабощелочной реакцией почвенного раствора, в нижних pH_{H_2O} составляет 8,2. Емкость поглощения сравнительно невысокая для черноземов — около 37 мг·экв на 100 г. При периодическом затоплении в почвенно-поглощающем комплексе верхних горизонтов чернозема появляется обменный натрий, правда, в небольшом количестве — 0,08—0,16 мг·экв на 100 г. Однако наблюдается довольно четкая тенденция к накоплению натрия, поэтому необходимо контролировать его содержание и вовремя проводить профилактические мероприятия, предупреждающие осолонцевание почв.

Результаты валового анализа почв свидетельствуют о незначительной трансформации их химического состава (табл. 3). В пахотном и

Механический состав черноземов южных тяжелосуглинистых на лессовидных суглинках

Глубина, см	Потеря от обработки 0,05 н. НСl, %	Гигро-скопиче-ская влаж-ность, %	Содержание частиц, мм, в % от массы почвы						
			1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,01
			Разрез 5, 4-летние посевы риса						
0—10	4,4	2,82	0,2	0,9	42,8	8,8	9,6	33,3	51,7
10—20	4,2	2,76	0,2	0,2	42,1	9,8	10,4	33,1	53,3
30—40	4,2	2,59	—	5,5	38,2	10,0	9,1	33,0	52,1
50—60	10,8	2,43	—	2,7	37,7	9,6	9,6	29,6	48,8
60—80	17,8	2,22	—	0,2	30,7	8,5	8,4	26,4	43,3
90—100	20,8	2,51	—	0,9	38,9	8,3	7,0	24,1	39,4
Разрез 6, пшеница									
0—10	4,4	2,79	—	3,6	38,7	9,2	10,0	34,1	53,3
10—20	4,4	2,64	—	1,1	41,2	10,7	9,1	33,5	53,3
30—40	5,0	2,65	—	4,8	37,9	9,2	10,3	32,8	52,3
50—60	14,2	2,32	—	0,3	37,7	9,3	9,1	29,4	47,8
70—80	17,4	2,12	—	3,1	36,7	7,8	8,6	26,4	42,8
90—100	23,6	1,89	—	0,7	34,8	8,1	7,5	25,3	40,9

подпахотном горизонте затопляемой почвы содержится несколько меньше Fe_2O_3 , чем в автоморфной почве, и отмечается аккумуляция железа в горизонте АВ на глубине 35—40 см. В почвах при их периодическом затоплении уменьшается содержание марганца и серы и в относительно небольшом количестве накапливается кальций.

Таким образом, четырехлетнее затопление черноземных почв для возделывания риса не приводит к заметному изменению их механического и химического составов, а также физико-химических показателей. В литературе отмечается, что дельтовые почвы районов традиционного рисосеяния также мало изменяются даже при длительной культуре риса [10, 17, 18].

Таблица 2

Химические и физико-химические свойства черноземов южных

Глубина, см	pH_{H_2O}	Гумус, %	Обменные катионы, мг-экв на 100 г			$CaCO_3$	CO_2
			Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+		
Разрез 5, 4-летние посевы риса							
0—10	7,2	3,53	23,0	7,0	0,08	—	—
10—20	7,3	3,28	23,0	6,0	0,10	—	—
30—40	7,4	3,02	24,0	4,0	0,16	—	—
50—60	8,1	1,82	31,0	4,0	—	6,49	2,86
70—80	8,1	1,29	30,0	4,0	—	9,35	4,12
90—100	8,2	—	28,0	4,8	—	16,25	7,16
Разрез 6, пшеница							
0—10	7,8	3,22	26,0	6,0	0,04	—	—
10—20	7,7	3,02	26,0	6,4	—	—	—
30—40	8,0	2,89	32,0	4,8	—	0,41	0,18
50—60	8,1	1,75	32,0	5,0	—	6,90	3,04
70—80	8,3	1,20	29,6	6,4	—	11,37	5,01
90—100	8,2	—	28,0	5,6	—	14,62	6,44

Валовой состав почв (% на прокаленную навеску; данные Г. М. Майнашевой [13])

Горизонт и глубина, см	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O
Чернозем южный, 4-летние посевы риса											
А _п , 0—25	75,21	13,71	4,82	0,67	0,05	1,64	1,54	0,27	0,16	1,54	0,68
А ₁ , 25—30	73,38	13,34	4,78	0,67	0,09	3,26	1,80	0,39	0,18	1,53	0,67
АВ, 32—37	70,44	13,31	6,57	0,67	0,11	4,53	2,18	0,32	0,18	1,39	0,65
В ₁ , 50—60	68,48	13,06	4,87	0,68	0,07	6,99	1,66	0,22	0,17	1,42	0,68
В _к , 100—110	68,76	13,08	4,92	0,68	0,08	7,43	3,10	0,28	0,15	1,42	0,66
С, 200—210	68,79	12,97	4,87	0,68	0,07	6,09	3,28	0,53	0,14	1,41	0,96
Чернозем южный											
А _п , 0—20	74,35	13,46	5,30	0,67	0,11	0,50	1,99	0,71	0,16	1,65	0,67
А ₁ , 25—30	72,83	13,53	5,24	0,72	0,11	2,00	1,80	0,50	0,11	1,62	0,67
АВ, 35—40	73,15	13,66	5,10	0,72	0,11	1,50	1,80	0,50	0,16	1,57	0,65
В ₁ , 50—60	69,12	12,99	4,91	0,68	0,08	6,51	2,39	0,55	0,18	1,42	0,66
В _к , 75—85	68,81	13,22	4,91	0,68	0,08	5,65	2,37	0,59	0,18	1,42	0,78
С, 200—210	68,19	12,91	4,86	0,68	0,08	5,31	3,11	0,55	0,14	1,41	0,99

Удельная поверхность и адсорбционные свойства почвы

Удельную поверхность определяли в 3-кратной повторности по методике, изложенной в работе А. Д. Воронина и В. Г. Витязева [3]. Удельная поверхность южных черноземов в верхнем полуметровом слое ~100 м²/г. Ниже 50 см общая поверхность уменьшилась до 70 м²/г (табл. 4). Существенных различий по удельной поверхности автоморфной и затопливаемой почв не наблюдалось. Следовательно, периодическое затопление почвы в течение четырех лет не привело к существенному изменению поверхности почвенных частиц.

Изменения значений удельных поверхностей можно было ожидать вследствие трансформации минералогического состава почв. Однако вряд ли 4-летнее затопление может вызвать значительные минералогические изменения твердой фазы почв. При исследовании химико-минералогического состава илистых фракций на примере лугово-черноземных почв рисовых полей и нераспаханных участков также не было выявлено каких-либо изменений в содержании глинистых минералов в почвах при возделывании риса, при затоплении почв пресными водами Кубани [9].

В верхних горизонтах обеих почв внутренняя поверхность несколько больше внешней, в нижних — наоборот. Такой характер их соотношения обусловлен, видимо, наличием в нижних горизонтах карбонатов. Это подтверждается и при рассмотрении характера изменений удельной поверхности в черноземно-луговой почве [2]. В работе [3] также отмечается заметное уменьшение доли внутренней поверхности в карбонатных горизонтах чернозема обыкновенного.

Проведенный корреляционный анализ зависимости значений полной удельной поверхности черноземов от таких показателей, как содержание ила, гумуса и емкость поглощения, свидетельствует о весьма тесной связи данных признаков. Коэффициент корреляции между удельной поверхностью черноземов и содержанием ила, гумуса и емкостью поглощения составляет соответственно +0,96**; +0,94** и +0,91**. Поэтому любое изменение этих свойств сразу отразилось бы на значении удельной поверхности почвы, что хорошо видно по профильному изменению всех этих показателей, в том числе и удельной поверхности (табл. 5). Причем удельная поверхность верхних горизонтов черноземов (до глубины 40 см) в вариантах с затоплением и без него практически

Т а б л и ц а 4

Удельная поверхность и качество поверхности черноземов южных

Горизонт и глубина, см	Удельная поверхность, м ² /г			(E ₁ -E _L), ккал/моль воды
	общая	внешняя	внутренняя	
Разрез 5, 4-летние посевы риса				
A _п , 0—25	101	48	53	1,26
A ₁ , 25—32	96	44	52	1,26
AB, 32—39	100	48	52	1,12
B ₁ , 39—65	91	49	42	1,14
B _к , 65—105	73	40	33	1,07
Разрез 6, пшеница				
A _п , 0—20	101	43	58	1,27
A ₁ , 25—30	101	46	55	1,27
AB, 35—40	101	51	50	1,21
B ₁ , 50—60	91	46	45	1,24
B _к , 75—85	73	38	35	1,17
C, 110—120	68	38	30	1,20

слое 0—10 см, в последующем они здесь ослабляются и усиливаются в слое 10—20 см, т. е. зона максимального восстановления опускается вниз по профилю. Авторы считают, что характер изменения ОВ-потен-

одинаковая, в то время как вниз по профилю различия становятся более заметными и достоверными.

Особенностью затапливаемого чернозема является четкое обособление подпахотного горизонта на глубине 25—32 см, где значение удельной поверхности достоверно отличается от такового в выше- и нижележащих горизонтах. Тенденция уменьшения удельной поверхности, видимо, связана с более выраженным процессом глееобразования на этой глубине. Как свидетельствуют наши исследования [7], глеевые процессы способствуют уменьшению активной поверхности почв. В. Г. Ларешин и И. С. Кауричев [11] отмечают, что гумусовый горизонт почв солонцового комплекса значительно дифференцирован по интенсивности проявления восстановительных процессов при затоплении. В первый год эти процессы максимально развиты в

Т а б л и ц а 5

Статистические параметры, характеризующие общую удельную поверхность черноземов южных

Горизонт и глубина, см	Общая удельная поверхность, м ² /г	Разность средних удельных поверхностей, м ² /г	σ	m	m _d	t _d
Разрез 5, 4-летние посевы риса						
A _п , 0—25	101,82		0,90	0,52		
A ₁ , 25—32	96,40	5,42**	1,11	0,64	0,83	6,53
AB, 32—39	100,14	3,74*	0,78	0,45	0,79	4,73
B ₁ , 39—65	91,10	9,04***	1,06	0,61	0,76	11,89
B _к , 65—105	73,34	17,76***	0,88	0,51	0,79	22,48
Разрез 6, пшеница						
A _п , 0—20	101,18		0,54	0,31		
A ₁ , 25—30	101,62	0,44	1,11	0,64	0,71	0,62
AB, 35—40	101,54	0,08	0,99	0,57	0,85	0,09
B ₁ , 50—60	91,62	9,92***	0,65	0,38	0,68	14,58
B _к , 75—85	72,98	18,64***	1,13	0,65	0,75	24,85
C, 110—120	68,12	4,86**	0,79	0,45	0,79	6,15

П р и м е ч а н и е. Одной, двумя и тремя звездочками обозначена достоверность разницы с вероятностью соответственно >0,95; >0,99 и >0,999.

Плотность поверхностного заряда черноземов южных

Глубина, см	Общая удельная поверхность, м ² /г		Емкость поглощения, мг·экв на 100 г		Плотность поверхностного заряда, 10 ⁻³ мг·экв/м ²	
	разрезы					
	5	6	5	6	5	6
0—10	98	102	29,52	34,03	3,01	3,34
10—20	103	98	31,57	35,67	3,06	3,64
30—40	101	104	30,90	34,44	3,05	3,31
50—60	90	88	27,88	29,11	3,09	3,30
70—80	83	82	23,37	24,19	2,82	2,95
90—100	69	69	21,32	22,55	3,09	3,26

циала по слоям гумусового горизонта свидетельствует о процессах деградации почв рисовых полей.

Чистая дифференциальная теплота десорбции паров воды в исследованных вариантах почв составляет 1,07—1,27 ккал/моль. Отмечается тенденция уменьшения этого показателя в нижних горизонтах затопляемой почвы по сравнению с автоморфной.

Плотность поверхностного заряда в исследованных почвах также близка и мало меняется по профилю, составляя 2,95—3,64 мг·экв/м² (табл. 6).

При использовании черноземов южных под рис в течение 4 лет поверхность почвенных частиц существенно не менялась. То же можно сказать и о качестве поверхности твердой фазы почв, оцениваемом по чистой теплоте десорбции паров воды и плотности поверхностного заряда. С. П. Позняк [15], изучая свойства орошаемых южных черноземов Правобережья Украины, указывает, что ни 4-летнее, ни 17-летнее орошение не приводит к достоверным изменениям содержания гумуса в пахотном горизонте. Вместе с тем в литературе отмечается, что при орошении органическая часть почвы как количественно, так и качественно изменяется быстрее, чем силикатная ее составляющая. Изменения вещественного состава и свойств почв под влиянием орошения менее заметны и могут проявиться, видимо, через десятки лет. Как показано выше, химические, физико-химические свойства орошаемого чернозема не претерпели больших изменений, и поэтому величина и свойства поверхности почвенных частиц остались прежними.

Заключение

Удельная поверхность черноземов южных Придунайской провинции ~100 м²/г, вниз по профилю она уменьшается до 70 м²/г. Периодическое 4-летнее затопление черноземов пресными водами, используемых под культуру риса, не оказывает существенного влияния на этот показатель. И только при систематическом затоплении его значение в подпахотном горизонте уменьшалось на 5,0 м²/г. В результате затопления в нижних горизонтах уменьшается чистая дифференциальная теплота десорбции паров воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барановская В. А., Азовцев В. И. Состав гумуса староорошаемых почв Заволжья. — Почвоведение, 1973, № 10, с. 43—48. — 2. Витязев В. Г., Рабий А. Удельная поверхность луговых почв Тамбовской области. — Почвоведение, 1978, № 4, с. 63—69. — 3. Воронин А. Д., Витязев В. Г. К оценке величины внешней и внутренней удельных поверхностей твердой фазы почв. — Почвоведение, 1971, № 10, с. 50—70. — 4. Горшкова Е. И. Изменение органического вещества сухостепных и степных почв под влиянием культуры риса. — Автореф. канд. дис. М., 1972. — 5. Кауричев И. С., Ларешин В. Г. Водный и солевой режи-

мы почв солонцового комплекса Сарпинской низменности при культуре затопляемого риса. — Изв. ТСХА, 1969, вып. 4, с. 161—174. — 6. Кауричев И. С., Ларешин В. Г. Изменение некоторых свойств почв солонцового комплекса при возделывании риса. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 5, с. 73—82. — 7. Кауричев И. С., Витязев В. Г., Рабий А. М. Влияние оглеения на удельную поверхность почв и пород. — Изв. ТСХА, 1979, № 4, с. 83—93. — 8. Корнблюм Э. А. Оливизация почв и ее минералогические типы. — IV Всесоюз. делегатский съезд почвоведов. Тез. докл., кн. III, Алма-Ата, 1970. — 9. Корнблюм Э. А., Дементьева Т. Г. Химико-минералогические особенности почв рисовых полей древней дельты Кубани. — Бюлл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1975, вып. IX, с. 90—128. — 10. Корнблюм Э. А., Любимова И. Н. Условия и механизм деградации почв рисовых полей. — Почвоведение, 1973, № 8, с. 96—106. — 11. Ларешин В. Г., Кауричев И. С. Окислительно-восстановительный режим почв солонцового комплекса под культурой затопляемого риса в Сарпинской низменности. — Изв. ТСХА, 1969, вып. 6, с. 91—104. — 12. Ларешин В. Г., Кауричев И. С. Окислительно-восстановительное состояние поливных и почвенно-грунтовых вод рисовых полей в Сарпинской низменности. — Изв. ТСХА, 1970, вып. 3, с. 127—133. — 13. Майнашева Г. М. Изменение свойств черноземов под влиянием культуры риса. — Автореф. канд. дис. М., 1975. — 14. Майстренко Ю. Г., Алмазов А. М., Денисова А. И. Особенности гидрохимического режима причерноморских рек Украинской ССР и их лиманов и его изменения при зарегулировании речного стока. — Тез. докл. 11-й конф. по Дунаю. Киев, 1967, с. 104—108. — 15. Позняк С. П. Изменение свойств южных черноземов Правобережья Украины под влиянием орошения. — Автореф. канд. дис. Одесса, 1974. — 16. Теодореску-Леонте Р., Стойна Т. Сравнительные данные по гидрохимии Дуная, рыбоводных водоемов в дельте Дуная и их водоснабжающих каналов. — Тез. докл. 11-й конф. по Дунаю. Киев, 1967, с. 155. — 17. Higgins G. M. — African Soils, 1964, vol. IX, N 2. — 18. Thorp J. — Geography of the soils of China. Hanking, 1936.

Статья поступила 8 октября 1979 г.

SUMMARY

Southern chernozems of Pridunaisky region are characterized by specific surface $\sim 100 \text{ h}^2/\text{g}$; down by the profile the surface is decreased up to $70 \text{ m}^2/\text{g}$. Periodical flooding of the chernozems with fresh water during 4 years for rice cultivation does not produce any significant effect on the specific surface. Specific surface of the sub-surface layer decreases only under regular flooding of the chernozems (almost by $5,0 \text{ m}^2/\text{g}$). Under flooding of the soils, net differential desorption heat of water vapours in lower layers is reduced.