

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

УДК 631.43

Н. В. ГРОШЕВАЯ, А. Я. АЧКАНОВ, Е. Д. ОСЕННЯЯ

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ
РИСОВЫХ ПОЛЕЙ В ДЕЛЬТЕ р. КУБАНИ

Для наиболее распространенных почв зоны рисосеяния Кубани (лугово-черноземовидные, перегнойно-глеевые, лугово-болотные, аллювиально-луговые) изучены прочностные свойства в зависимости от влажности. Эта зависимость для почв разного механического состава подчиняется уравнению гиперболы общего вида:

$$Y = a + bX + \frac{d}{X}$$

Коэффициент корреляции равен 0,908—1,000. Наименьшим сопротивлением почвы обладают при обработке на разрыв.

Развитие рисосеяния и освоение под эту культуру новых площадей с преобладанием гидроморфных почв требуют детального изучения их свойств для обоснования оптимальных параметров многих технологических процессов возделывания риса. Обычно почвы рисовых полей характеризуются значительной плотностью, глыбистостью и связанной с этим повышенной затратой энергии на их обработку. Знание физико-химических свойств и их изменений от влажности позволяет выбрать оптимальные диапазоны увлажнения для обработки почвы. Физико-механические параметры почв нужны также для конструирования двигателей тракторов и рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Изучение физико-механических свойств почв в СССР выполнялось в подавляющем большинстве для неорошаемых земель [3, 5, 7, 9]. Учитывая специфику рисового поля, можно предположить, что физико-механические свойства пахотного горизонта почв этих полей будут отличаться от свойств аналогичных почв суходольных пространств.

В районе дельты р. Кубани ведутся большие работы по освоению новых площадей под рис. Это повышает актуальность исследования почв данного региона и выявления их особенностей.

В земледельческой механике приходится решать задачи преимущественно по разрушению скелета почвы. Мнения о характере развития деформации крошения при обработке почвообрабатывающими органами разноречивы [2, 13, 15, 10, 5 и др.].

Прочностные свойства связанных грунтов чрезвычайно динамичны и зависят от многих факторов: механического и минералогического состава, содержания органического вещества, молекулярного взаимодействия и цементации почвенных частиц минеральными и органическими коллоидами, тиксотропности и ползучести, порозности, структурности, распространения корней растений и т. д. [12, 14].

Нами проведено изучение всех прочностных свойств почв: предела прочности на сдвиг (срез), сцепления, внутреннего трения, предела прочности на сжатие, предела прочности на разрыв.

Для изучения взяты наиболее распространенные почвы рисовых полей Кубани: лугово-черноземовидная глинистая (экспериментальное хозяйство ВНИИРиса Красноармейского р-на), перегнойно-глеевая глинистая (совхоз «Сладковский»), лугово-болотная тяжелоглинистая (совхоз «Черноерковский»), аллювиально-луговая легкосуглинистая (совхоз «Ордынский»). Последние три почвы распространены в молодой плавневой зоне дельты в пределах Приазовских плавней (Славянский р-н). Название почв приведено согласно классификации Блажного [8].

На основании материалов почвенных съемок и полевого изучения морфологии выбраны точки отбора образцов, в которых почвы имеют типичное строение профиля, не деформированное при строительстве рисовых систем. На всех участках рис возделывался не менее 7 лет. Образцы почв отбирали после уборки риса перед зяблевой вспашкой.

Изучение сопротивления почвы сдвигу проводили на приборе ПСГ Гидропроекта при нагрузках 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 кг/см².

В поле при помощи ножа и лопаты вырезали монолиты размером 24×16×10 см, которые с предохранением от уплотнения и деформации укладывали в ящики и доставляли в лабораторию. (После возделывания риса с затоплением пахотный слой почвы приобретает плотное бесструктурное сложение. Это позволяет легко отобрать и сохранить монолиты.) В лаборатории монолиты разрезали на блоки 8×8×5 см. Отбраковывали блоки, в которых обнаруживались крупные корни, черворойны или другие аномалии в сложении. Для того чтобы охватить диапазон влажности, в котором обычно производится обработка почвы на рисовых полях, одна часть выделенных для исследования блоков увлажнялась, другая подсушивалась до заданной влажности, а третья группа имела естественную влажность. Для глинистых почв относительную влажность выше 100% получали путем замешивания образцов почв, растертых с водой до пастообразной консистенции с размером частиц < 1 мм. Таковую консистенцию почва имеет при обработке рисовых чеков, залитых водой.

Для определения сопротивления почв сдвигу из блоков вырезали образцы гильзами, прилагаемыми к прибору (высота 35, диаметр 71 мм), не менее чем в 3-кратной повторности. Переувлажненную почву для каждого значения влажности в пастообразном состоянии закладывали в гильзы шпателем.

Коэффициент внутреннего трения (почва о почву) и величину сцепления вычисляли по формулам Кулона:

$$f = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\tau_2 - \tau_1}{N_2 - N_1}; \quad c = \tau_1 - N_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ кг/см}^2,$$

где f — коэффициент внутреннего трения, φ — угол внутреннего трения, τ — величина сдвигающего усилия, N — вертикальные нагрузки, c — сцепление.

В силу того что образцы естественной структуры обладают микротрещиноватостью, надежные результаты при прямых испытаниях почв на растяжение и сжатие получить трудно. Эти показатели можно определить по теории предельных напряженных состояний Мора, которая применима к почвогрунтам [1, 3, 6] по результатам сдвиговых испытаний. Для этого, зная угол внутреннего трения, в координатах $N\tau$ строится положение огибающей (рис. 1), для чего на оси ординат откладывается OE — величина сцепления, проводится прямая FD под углом φ и вписываются круги 1 и 2. Диаметр круга 1 — величина предельного напряжения чистого разрыва (k_1), а круга 2 — величина предельного напряжения чистого сжатия (k_2).

Изучаемые почвы имеют в основном глинистый пылевато-иловатый механический состав (табл. 1). Аллювиально-луговые почвы по механическому составу являются легкими крупнопылевато-песчаными суглинками. Наиболее тяжелым механическим составом обладают лугово-бо-

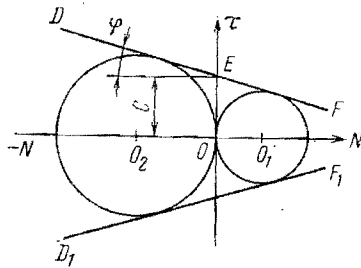


Рис. 1. Схема графического соотношения показателей испытания почв на растяжение и сжатие

Обозначения см. в тексте

лотные почвы. Различия в механическом составе обуславливают различия в изменении сопротивления сдвигу и сцепления в зависимости от влажности (табл. 2, рис. 2).

По данным табл. 2 выведены зависимости сопротивления сдвигу, внутреннего трения и сцепления от изменения влажности, которые подчиняются уравнению гиперболы общего вида:

$$Y = a + bX + \frac{d}{X},$$

где a , b , d — эмпирические коэффициенты, X — влажность почвы. Зависимости предельного напряжения разрыва и сжатия от изменения влажности подчиняются уравнению гиперболы того же вида. Параметры уравнений были вычислены по значениям предельного напряжения разрыва и сжатия, полученным графически согласно теории предельных напряженных состояний Мора. Значения сцепления и угла внутреннего трения почв рассчитаны из уравнений зависимости этих величин от влажности.

Коэффициент корреляции r (табл. 3), характеризующий тесноту связи между прочностными характеристиками почв и влажностью, очень высокий (главным образом 0,908—1,000). На рис. 2 приведены кривые прочностных свойств почв в зависимости от влажности, вычисленные по уравнениям, параметры которых даны в табл. 3.

Решающее влияние на сопротивление почв сдвигу оказывает их механический состав. У глинистых почв сопротивление сдвигу пахотного слоя при влажности нижнего предела пластичности достигает 1,0—1,7 кг/см² (рис. 2, А, Б, В), у суглинков лишь 0,7—0,8 кг/см² (рис. 2, В).

Таблица 1

Механический состав почв под рисом в дельте р. Кубани (по Н. А. Качинскому)

Почва	Глубина, см	Содержание фракций, %; размер частиц, мм						
		1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,01
Лугово-черноземовидная	0—10	—	9,4	21,6	12,2	17,8	39,3	69,3
	10—20	—	6,6	21,5	10,7	20,6	40,6	71,9
Перегноино-глеевая	0—10	—	10,5	18,2	10,4	20,1	40,8	71,3
	10—20	—	10,5	18,4	9,1	21,2	40,8	71,1
Лугово-болотная	0—10	—	3,4	11,0	8,2	25,4	52,0	85,6
	10—20	—	0,3	13,8	5,7	25,4	54,8	85,9
Аллювиально-луговая	0—10	14,4	45,3	17,2	3,7	8,7	10,7	23,1
	10—20	1,2	65,4	11,0	5,0	6,8	10,6	22,4

Таблица 2

Показатели сдвига почв рисовых полей в дельте р. Кубани при различной влажности

Почва	Глубина, см	Объемный вес, г/см ³	Влажность, %		Сопротивление сдвигу, кг/см ² **	Сцепление, кг/см ²	Коэффициент внутреннего трения		
			абсолютная	относительная*					
Лугово-черноземовидная	0—10	1,55	19,1	51,7	1,85	1,27	0,58		
		1,56	22,7	61,1	1,57	1,12	0,45		
		1,40	26,5	71,5	1,15	0,72	0,43		
		1,34	31,4	84,8	0,72	0,47	0,25		
		1,28	34,5	93,2	0,55	0,35	0,22		
		1,24	37,4	101,0	0,40	0,20	0,20		
	10—20	1,27	40,0	108,0	0,15	0,10	0,05		
		1,50	25,5	78,0	1,84	1,30	0,54		
		1,45	27,3	83,5	1,50	1,00	0,50		
		1,40	30,0	91,7	1,15	0,65	0,50		
		1,38	32,7	100,0	0,57	0,36	0,21		
		1,28	40,5	123,7	0,20	0,15	0,05		
		Перегноино-глиевая	0—10	1,33	22,5	53,0	1,96	1,30	0,66
				1,30	23,6	55,6	1,80	1,20	0,60
1,20	30,0			70,7	1,25	0,80	0,45		
1,13	32,4			76,2	0,92	0,42	0,50		
1,30	37,4			88,0	0,70	0,40	0,30		
1,13	42,5			100,0	0,45	0,25	0,20		
10—20	1,12		47,7	112,0	0,22	0,12	0,10		
	1,37		30,0	81,6	1,75	1,27	0,48		
	1,37		30,6	83,2	1,90	1,35	0,55		
	1,33		32,5	88,4	1,26	1,00	0,26		
	1,33		32,5	88,4	1,26	1,00	0,26		
	1,31		35,0	95,2	0,97	0,67	0,30		
	1,29		36,8	100,0	0,77	0,57	0,20		
	1,20		40,6	110,2	0,55	0,35	0,20		
Лугово-болотная	0—10	1,14	47,3	128,5	0,25	0,20	0,05		
		1,60	21,8	52,3	2,25	1,50	0,75		
		1,57	25,5	61,2	1,70	1,10	0,60		
		1,45	31,6	75,7	0,98	0,62	0,36		
		1,40	36,9	88,4	0,57	0,37	0,20		
		1,36	37,6	90,2	0,42	0,34	0,08		
	10—20	1,30	41,7	100,0	0,26	0,19	0,07		
		1,20	48,0	115,2	0,15	0,10	0,05		
		1,67	21,0	54,5	2,25	2,00	0,25		
		1,60	24,0	62,3	1,82	1,55	0,27		
		1,53	29,5	76,7	1,32	1,04	0,28		
		1,45	33,0	85,7	0,90	0,65	0,25		
		1,40	36,4	94,5	0,60	0,50	0,10		
		1,29	38,5	100,0	0,57	0,30	0,27		
Аллювиально-луговая	0—10	1,20	47,0	122,0	0,20	0,12	0,08		
		1,30	13,8	37,7	1,58	0,80	0,78		
		1,24	18,6	50,8	1,10	0,45	0,65		
		1,26	21,5	58,7	0,88	0,30	0,58		
		1,26	26,9	73,5	0,68	0,24	0,44		
		1,25	31,6	86,3	0,67	0,21	0,46		
	10—20	1,20	33,9	92,7	0,72	0,22	0,50		
		1,08	36,6	100,0	0,70	0,20	0,50		
		1,60	8,7	25,5	1,50	0,75	0,75		
		1,57	11,4	33,4	1,55	0,65	0,90		
		1,64	15,4	45,2	1,10	0,35	0,75		
		1,61	17,7	51,8	0,90	0,30	0,60		
		1,56	24,6	72,2	0,60	0,20	0,40		
		1,34	34,1	100,0	0,50	0,10	0,40		

* Относительная влажность определена отношением влаги в данный момент к количеству воды, насыщающей почву до ее общей влагоемкости (А. Ф. Вадонина, З. А. Корчагина, 1973).

** Сопротивление сдвигу приведено при нормальной нагрузке 1 кг/см².

Сопrotивление сдвигу лугово-черноземовидной и перегнойно-глеевой почв в слое 10—20 см с уменьшением влажности возрастает значительно быстрее, чем в слое 0—10 см. Это объясняется большим увеличением объемного веса в нижележащем слое (табл. 4)?

В лугово-болотной почве резких различий в увеличении объемного веса по горизонтам нет, поэтому близки и значения сопротивлений сдвигу при уменьшении влажности по слоям 0—10 и 10—20 см. В аллювиально-луговой почве сопротивление сдвигу в слое 0—10 см больше, чем в слое 10—20 см, за счет большего содержания фракций пыли и ила (табл. 1). Сопrotивление сдвигу аллювиально-луговой почвы в отличие от глинистых при увеличении влажности не стремится к нулю (рис. 2, Г). Это

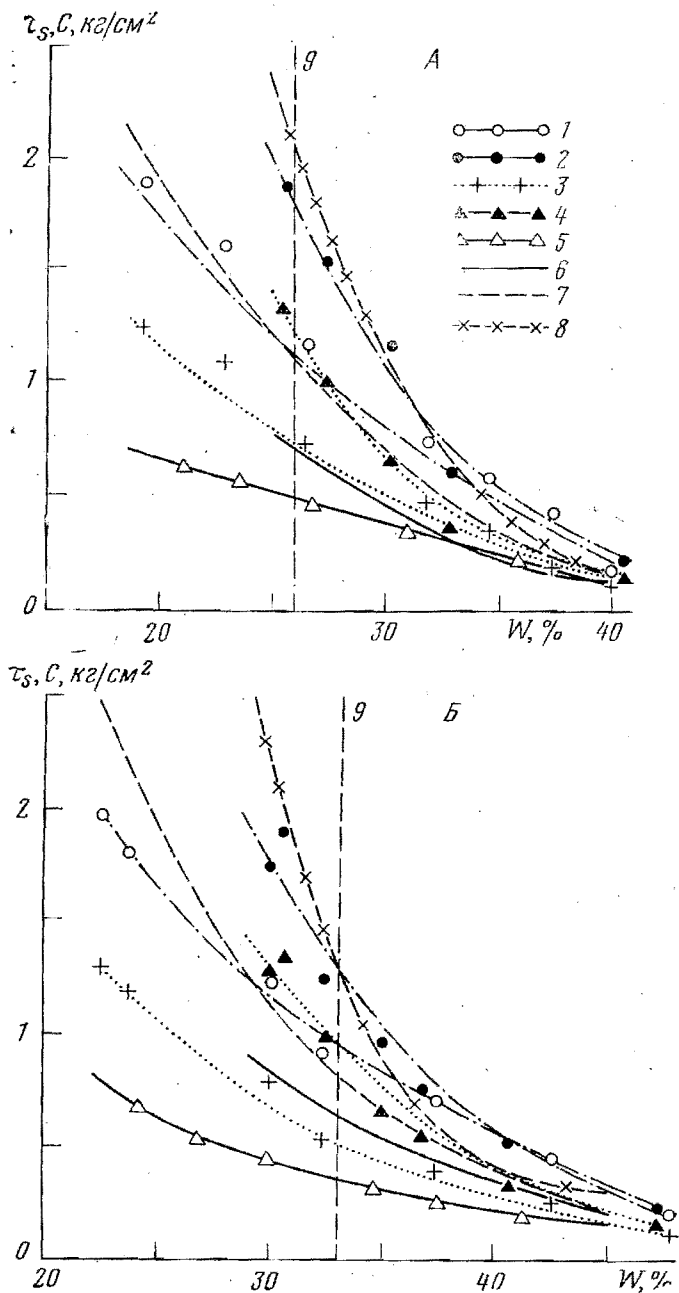


Рис. 2 (А, Б)

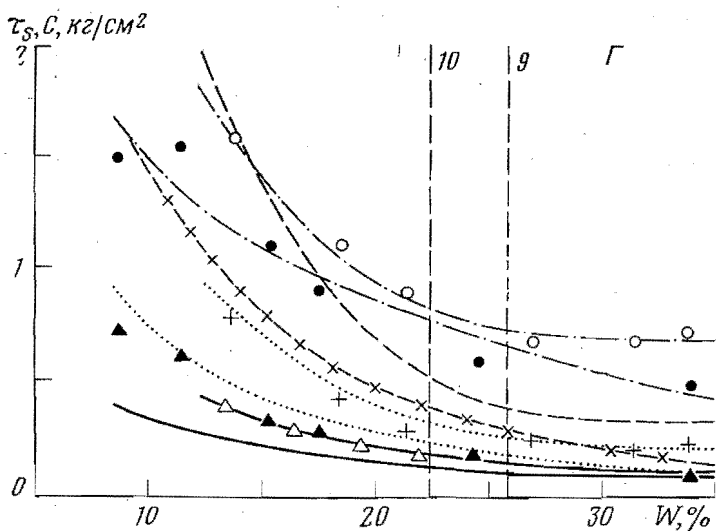
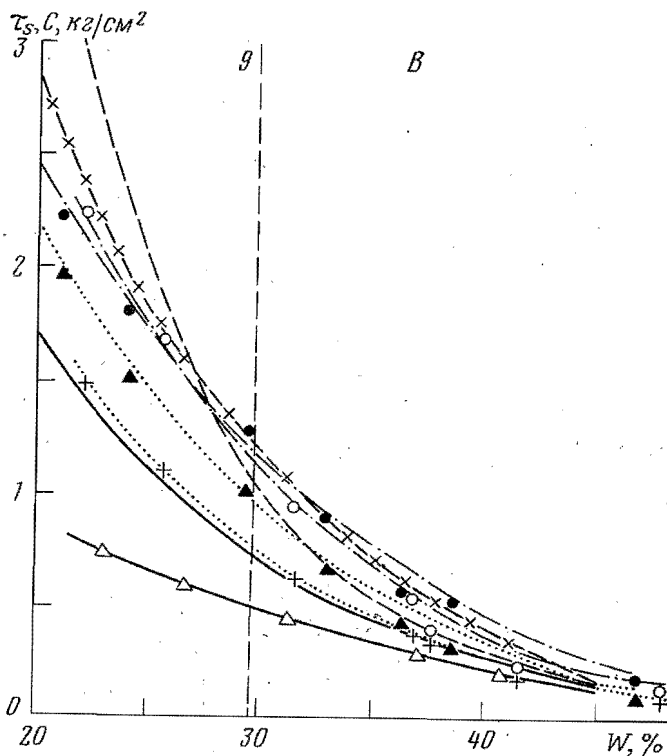


Рис. 2. Зависимость прочностных свойств почв рисовых полей от изменения влажности (W)

Почвы: А — лугово-черноземовидная, Б — перегнойно-глеявая, В — лугово-болотная, Г — аллювиально-луговая. 1, 2 — сопротивление почвы сдвигу τ , 3, 4 — сцепление (c), 5, 6 — предельное напряжение разрыва (k_1), 7, 8 — предельное напряжение сжатия (k_2), 9, 10 — нижний предел пластичности (1, 3, 5, 7, 9 для слоя 0—10 см; 2, 4, 6, 8, 10 для слоя 10—20 см)

Таблица 3

Зависимость прочностных свойств почв рисовых полей в дельте р. Кубани от изменения влажности

Почва	Глубина, см	Прочностные характеристики	Эмпирические коэффициенты			Коэффициент корреляции, r
			a	b	d	
Лугово-черноземовидная	0—10	τ	0,071	-0,022	41,110	0,977
		c	-0,194	-0,012	31,780	0,964
		f	0,625	-0,018	5,330	0,989
		k ₁	0,019	-0,024	2,485	0,999
		k ₂	-2,222	0,009	79,576	0,999
	10—20	τ	-7,570	0,074	192,360	0,984
		c	-8,919	0,107	190,620	0,984
		f	1,242	-0,032	3,440	0,947
		k ₁	-2,353	0,021	65,151	0,999
		k ₂	-12,594	0,137	287,430	0,979
Перегнойно-глеявая	0—10	τ	-0,060	-0,010	62,760	0,998
		c	-1,848	0,013	64,420	0,986
		f	1,196	-0,022	9,150	0,985
		k ₁	-0,496	0,001	27,219	0,998
		k ₂	-5,451	0,050	152,640	0,993
	10—20	τ	-7,716	0,065	223,010	0,962
		c	-5,850	0,051	168,180	0,965
		f	-1,607	0,012	51,880	0,908
		k ₁	-0,704	-0,005	50,578	1,001
		k ₂	-31,369	0,374	669,240	1,068
Лугово-болотная	0—10	τ	-3,298	0,023	111,250	0,998
		c	-2,267	0,017	74,500	1,000
		f	-1,028	0,006	36,710	0,985
		k ₁	0,235	-0,011	17,143	0,999
		k ₂	-9,507	0,105	222,330	0,990
	10—20	τ	-0,959	-0,009	71,540	0,996
		c	-2,097	0,009	82,350	0,995
		f	1,167	-0,018	39,090	0,741
		k ₁	-1,935	0,012	67,811	0,998
		k ₂	-2,520	0,008	103,600	0,999
Аллювиально-луговая	0—10	τ	-1,758	0,038	39,090	1,000
		c	-1,432	0,026	25,890	1,000
		f	-0,311	0,012	13,050	0,966
		k ₁	0,225	0,003	7,544	1,000
		k ₂	-5,407	0,099	81,095	0,999
	10—20	τ	0,862	-0,019	8,000	0,960
		c	-0,106	-0,001	8,000	0,985
		f	0,972	-0,019	0,170	0,885
		k ₁	-0,012	-0,0004	3,460	1,000
		k ₂	-0,668	0,006	20,479	1,000

Таблица 4

Изменение объемного веса почв рисовых полей в дельте р. Кубани при высыхании

Почва	Глубина, см	Влажность, %		Объемный вес, г/см ³		Увеличение объемного веса, %
		начальная	конечная	начальный	конечный	
Лугово-черноземовидная	0—10	40,0	26,5	1,27	1,40	10,2
	10—20	40,5	25,5	1,28	1,50	17,2
Перегнойно-глеявая	0—10	47,7	30,0	1,12	1,20	7,1
	10—20	47,3	30,0	1,14	1,37	20,2
Лугово-болотная	0—10	48,0	21,8	1,20	1,60	33,0
	10—20	47,0	21,8	1,20	1,64	36,6
Аллювиально-луговая	0—10	33,9	13,8	1,20	1,30	8,3
	10—20	34,1	13,8	1,34	1,61	20,1

связано с высокими значениями коэффициента внутреннего трения, обусловленного значительным содержанием песка. Сцепление исследованных почв изменяется в той же закономерности, что и сопротивление сдвигу.

В глинистых почвах при влажности порядка 40—45% значения прочностных свойств сближаются и составляют незначительную величину (0,1—0,3 кг/см²). С уменьшением влажности различия становятся все более значительными и прочностные свойства по величине их значений располагаются в следующий ряд: чистое предельное напряжение разрыва — сцепление — сопротивление сдвигу при нормальной нагрузке 1 кг/см² — чистое предельное напряжение сжатия.

В связи с этим становится понятной целесообразность использования почвообрабатывающих машин, основанных на принципе отрыва пласта.

Тот же вывод справедлив и для суглинистых аллювиально-луговых почв (рис. 2, Г). Для этих разновидностей предельное напряжение разрыва при влажности 10% невелико (0,3—0,6 кг/см²). Меняется лишь соотношение между предельным напряжением сжатия и сопротивлением сдвигу. Сопротивление сдвигу имеет большие величины за счет значительного коэффициента внутреннего трения.

Очевидно, что на затраты энергии при обработке кроме прочностных свойств почв влияют и другие факторы, но на основании полученных данных можно судить о диапазоне влажности, оптимальной для обработки почв. Если принять условие $\tau = 1,0$ кг/см² за верхнее допустимое значение, при котором затраты энергии будут еще не слишком велики, то вероятно, что для глинистых почв нижним пределом, с которого целесообразно вести обработку почв, будет влажность 27—33%. При уменьшении влажности лишь на 6—8% сопротивление сдвигу увеличивается вдвое. Верхний предел будет ограничиваться проходимостью двигателей тракторов. По-видимому, разработка двигателей, способных проходить по переувлажненному полю, позволит обрабатывать почву при минимальных затратах энергии. В этом смысле весьма перспективным будет способ обработки почвы по залитому рисовому полю.

Выводы

1. Глинистые разновидности почв рисовых полей в дельте р. Кубани обладают высокими значениями прочностных свойств. При влажности нижнего предела пластичности сопротивление сдвигу при нормальной нагрузке 1,0 кг/см² достигает 1,7 кг/см².

2. Зависимость прочностных характеристик почв от изменения влажности подчиняется при достаточно высоком коэффициенте корреляции (0,908—1,000) уравнению гиперболы общего вида:

$$Y = a + bX + \frac{d}{X}.$$

3. Для глинистых почв нижним пределом, с которого целесообразно вести обработку, будет влажность 27—33%.

4. Наименьшим сопротивлением почвы обладают при обработке на разрыв.

Литература

1. *Акройд Г.* Лабораторные испытания грунтов. Авторансиздат, 1959.
2. *Байнер Р.* Основы сельскохозяйственной техники. Сельхозиздат, 1959.
3. *Бахтин П. У., Николаева И. Н., Волоцкая В. И.* Физико-механические свойства дерново-подзолистой почвы Центральной машиноиспытательной станции Солнечногорского р-на Московской обл. Почвоведение, 1967, № 7.
4. *Бахтин П. У.* Современный уровень исследования физико-механических и технологических свойств почв в СССР. В сб.: Актуальные проблемы почвоведения. «Знание», 1968.
5. *Бахтин П. У.* Исследования физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР. «Колос», 1969.
6. *Бахтин П. У.* Физико-механические и технологические свойства почв. «Знание», 1971.

7. Бахтин П. У. Физико-механические и технологические свойства дерново-подзолистой почвы при ее длительном и интенсивном использовании. Изв. ТСХА, вып. 6, 1974.
8. Блажний Е. С. Почвы дельты реки Кубани и прилегающих пространств. Краснодар, 1971.
9. Бурлаков А. А. Физико-механические и технологические свойства светло-серых и коричнево-серых лесных почв Татарской АССР. Автореф. дис. Казань, 1971.
10. Виленский Д. Г. Агрегация почв, ее теория и практическое приложение. Изд. АН СССР, 1945.
11. Гольдштейн М. Н. Механические свойства грунтов. Госстройиздат, 1952.
12. Гуменский Б. М. Основы физикохимии глинистых грунтов и их использование в строительстве. М.—Л., 1965.
13. Зеленин А. Н. Физические основы резания грунтов. Изд. АН СССР, 1950.
14. Минервина Е. Е. Некоторые вопросы устойчивости откосов каналов в трещиноватых (агрегатных) глинистых грунтах. Автореф. дис. Тбилиси, 1953.
15. Синеоков Г. Н. Деформации, возникающие в почве под действием клина. Тр. ВИСХОМ, вып. 33. Машгиз, 1962.
16. Терцаги К. Теория механики грунтов. Госстройиздат, 1961.

Всесоюзный НИИРиса ВАСХНИЛ

Дата поступления
8.VI.1976 г.

N. V. GROSHEVAYA, A. YA. ACHKANOV, E. D. OSENNAYA

SOME PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF PADDY FIELD SOILS IN THE DELTA OF THE KUBAN-RIVER

Physico-mechanical properties of different most widely distributed soils (meadow-chnozemic, humus-gley, meadow-boggy and alluvial-meadow) in the Kuban-River rice-growing zone. have been studied depending on moisture content. For soils with different texture this dependence obeys the hyperbolic equation of the general type:

$$Y = a + bX + \frac{d}{X}$$

The correlation coefficient is 0,908—1000.