

# АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 333.2.003.12 (571.15)

Л.М. Татаринцев,  
В.Л. Татаринцев,  
Т.И. Пушкарёва



## ИЗМЕНЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СУХОЙ СТЕПИ ПРИ ОРОШЕНИИ

**Ключевые слова:** мелиоративное состояние, каштановые почвы, орошение, сухая степь, почвенно-физические показатели, процессы осолодения-выщелачивания, компенсация вредного воздействия, плотность почвы, плотность твёрдой фазы, водоудерживающая способность, содержание гумуса.

### Введение

Значительная часть территории Алтайского края по климатическим условиям является зоной неустойчивого земледелия с дефицитом осадков в течение вегетационного периода. Агротехническими приемами существенно не удается улучшить влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. Поэтому одним из важных факторов повышения устойчивости урожаев кормовых и овощных культур является орошение. В настоящее время известно, что практически нигде не достигается расчетная, предусмотренная проектом, эффективность оросительной мелиорации, в том числе по причине снижения почвенного плодородия.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования послужили каштановые почвы Новотроицкого опытно-производственного массива орошения, который создавался с целью оценки продуктивности сельскохозяйственных культур при орошении в условиях сухостепной зоны, проверки и отработки в производственных условиях комплекса водохозяйственных и

агротехнических мероприятий, обеспечивающих условия для нормального развития растений и получения высоких урожаев. **Цель исследования** – оценить изменение почвенно-мелиоративных характеристик орошаемого участка. Предметом наших исследований было мелиоративное состояние орошаемых земель. Мелиоративное состояние почв включает две составляющих – физическую и химическую, то есть совокупность физических и химических свойств и их показателей, определяющих эффективное плодородие почв или уровень урожая сельскохозяйственных культур.

Изучение физических и химических свойств проведено по общепринятым методическим руководствам [1, 2]. Помня, что мелиоративное состояние почв изменчиво в пространстве и динамично во времени, при исследованиях широко использовали математическую статистику [3]. При сравнении мелиоративного состояния орошаемых и неорошаемых объектов применялся сравнительно-аналитический метод [4].

### Результаты и их обсуждение

Новотроицкий массив орошения создан в 1985 г., общая площадь орошения составляла 7,2 тыс. га. Орошение осуществлялось обской водой, доставленной по Кулундинскому каналу. Анализ материалов таблицы 1 показывает, что поливная вода из реки Обь характеризуется как вода хорошего качества.

Качество оросительной воды по составу катионов

Годы отбора проб	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	ФАО	
	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> >0,7	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> >0,5	Na <sup>+</sup> <1	SAR>6	SAR*>6
1973 г.	0,39	0,42	2,58	1,0	1,8
1988 г. (июнь)	0,31	0,26	3,24	0,7	1,5
1988 г. (август)	0,41	0,34	2,47	0,9	1,8
2000 г.	0,35	0,37	2,87	0,9	2,0

\* Данные из технического проекта.

Обследование поливной воды из р. Оби проведено в 1988 г. (июнь и август) и в 2000 г. Как видно, поливная вода имеет низкую минерализацию (ниже 0,3 г/л). Показатель опасности осолонцевания по Будинову (1965)  $Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  меньше 0,7. Показатель магниевой солонцеватости  $Mg^{2+}/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  ниже 0,5. Показатель критического отношения суммы  $(Ca^{2+}+Mg^{2+})/Na^+$  по методу И.Н. Антипова-Каратаева, В.Н. Филипповой [5] больше 1,0 и выше 0,7 по И.Н. Угланову [6]. Показатель опасности осолонцевания SAR – 0,8-1,0, приведенный показатель SAR\* – 1,5-2,0, что намного меньше 6-8 единиц SAR, характеризующих опасность осолонцевания как низкую. Эквивалент соды ( $CO_3^{2-}+HCO_3^- - (Ca^{2+}+Mg^{2+})$ ), который для воды из р. Оби равен 0,18-0,32 мг-экв/л, что значительно ниже 1,25 мг-экв/л. Судя по основным показателям, поливная вода не может быть причиной осолонцевания и засоления почв. С поливной водой ежегодно в почву поступает 0,3-0,8 т/га солей, в том числе токсичных – 0,2-0,3 т/га. Для снижения влияния токсичных солей необходимо внесение кальцийсодержащего мелиоранта (не более 0,3 т/га).

Если учитывать мнение Е.А. Панковой, И.П. Айдарова, то поливная вода из р. Оби оказывается непригодной для орошения, т.к. содержит более 1 мг-экв/л иона  $HCO_3^-$  [7]. Обская вода способна разрушать минеральную часть почвы, пептизировать ил и выносить его в нижние горизонты. При этом возможны кольматация и снижение водопроницаемости почвы.

В пределах орошаемых севооборотов (№ 1-7) грунтовые воды встречаются на глубине от 5 до 10-12 м. Самая большая глубина залегания грунтовых вод наблюдается на севообороте № 2 (глубже 10 м). На севообороте № 3, наклоненном к северо-западу, грунтовые воды находятся на глубине 8-10 м. В эрозионных ложбинах, занятых лугово-каштановыми почвами, уровень грунтовых вод поднимается до 5-6 м. На территории севооборотов № 1 и 7 грунтовые воды залегают на глубине 7-10 м. На севообороте № 6 грунтовые воды поднимаются до 5-6 м. В разрезе № 34, заложенном в 100 м от магистрального канала,

грунтовые воды обнаружены на глубине 1,75 м. За время, пока описывали разрез и отбирали почвенные образцы для изучения химических свойств почв, уровень воды в разрезе поднялся на 0,3 м. До орошения на этом участке грунтовые воды были глубже 5 м (скв. № 1 и 2) (материалы почвенного обследования 1984 г.). Наблюдаемый подъем грунтовых вод в разрезе № 34 обусловлен инфильтрацией воды через дно канала, построенного на данном отрезке в насыпи.

В орошаемых глубоковскипающих почвах после 13 лет орошения количество солей увеличилось в 1,5-2,0 раза по всей 2-метровой толще (табл. 2). При орошении глубоководных, глубоководных и солончаковых почв в горизонтах, расположенных выше зоны аккумуляции солей, отмечается некоторое (в 1,2-1,4 раза) увеличение суммы солей. В то же время в зоне соленаккумуляции наблюдается уменьшение суммарного количества солей, что свидетельствует о наличии ирригационно-промывного водного режима и выносе солей за пределы 2-метровой толщи. В орошаемых почвах на фоне уменьшения общего запаса солей возрастает содержание токсичных солей, особенно хлоридов. При этом накопление хлора достигает порога токсичности (более 0,01%, или 0,3 мг-экв/100 г почвы) для среднесолевых сельскохозяйственных культур.

Из представленных в таблице 3 данных следует, что орошение в большей мере сказывается на изменении соотношения обменных Ca и Mg; уменьшается доля обменного Ca и повышается доля обменного Mg. Послойное сопоставление относительного содержания обменного Na указывает на его потерю в слое 0-20 см и накопление в слое 20-40 см, что характерно для процессов осолодения-рассолонцевания. Кроме того, в орошаемых, как, впрочем, и в неорошаемых почвах, возможна сезонная динамика обменного Na. Более глубокие слои, исходно обладающие солонцеватостью, при орошении теряют часть обменного Na с инфильтрационным потоком. В связи с потерей обменного Ca необходимо его возмещение путём внесения Ca-содержащих мелиорантов или органического вещества.

Таблица 2

Сумма солей в каштановых среднесуглинистых почвах Новотроицкого массива орошения (средние величины)\*, %

Горизонт	Глубина образца, см	Наименование почвы			
		глубоко-вскипающие	глубоко-засоленные	глубоко-солончаковатые	солончаковатые
A <sub>пах</sub>	0-21	0,08*	0,042	0,053	0,067
		0,08	0,071	0,069	0,08
B <sub>1</sub>	21-37	0,043	0,044	0,056	0,078
		0,077	0,08	0,064	0,078
B <sub>2</sub>	37-61	0,045	0,054	0,062	0,232
		0,079	0,078	0,078	0,096
B <sub>2к</sub>	61-87	0,044	0,062	0,205	0,456
		0,082	0,076	0,113	0,419
BC <sub>к</sub>	87-116	0,046	0,092	0,406	0,667
		0,082	0,098	0,297	0,298
C <sub>к</sub>	116-150	0,047	0,055	0,526	0,623
		0,072	0,098	0,344	0,306
C <sub>к</sub>	150-200	0,049	0,405	0,594	0,584
		0,076	0,276	0,45	0,526

\* Числитель – неорошаемые, знаменатель – орошаемые почвы.

Таблица 3

Обменные катионы в каштановых почвах Новотроицкого массива

Горизонт	Глубина образца, см	Мг-экв. на 100 г				% от ёмкости		
		Ca	Mg	Na	сумма	Ca	Mg	Na
Легкосуглинистые								
A <sub>пах</sub>	0-20	15,1*	4,1	0,4	19,6	77,6	2,04	2,0
	НСР <sub>05</sub>	13,7	9,1	0,4	23,2	59,0	39,2	1,8
B <sub>1</sub>	20-40	18,1	5,9	0,4	24,4	74,2	24,2	1,6
	НСР <sub>05</sub>	11	6,7	0,7	18,4	59,8	36,4	3,8
B <sub>2</sub>	40-60	7,4	4,7	0,7	12,8	57,8	36,7	5,5
	НСР <sub>05</sub>	8,7	3,8	0,3	12,8	68,0	29,7	2,3
Среднесуглинистые								
A <sub>пах</sub>	0-20	16,4	5,5	0,6	22,4	72,9	24,4	2,7
	НСР <sub>05</sub>	15,7	6,2	0,7	23,6	66,5	26,3	1,2
B <sub>1</sub>	20-40	16,8	3,6	0,6	21,0	80,0	17,1	2,9
	НСР <sub>05</sub>	15,1	7,3	0,8	23,2	65,1	31,5	3,4
B <sub>2</sub>	40-60	11,8	5,8	0,4	18,0	65,6	32,2	2,2
	НСР <sub>05</sub>	13,7	5,1	0,5	19,3	71,0	26,4	2,6

\* Числитель – неорошаемые, знаменатель – орошаемые почвы.

Под воздействием орошения через 13 лет в каштановых легкосуглинистых почвах среднее содержание гумуса в пахотном горизонте (0-20 см) уменьшилось с 3,3 до 2,4%, в среднесуглинистых почвах – с 4,0 до 3,3%. Такая же тенденция обнаружена в слое 20-40 см, где уменьшение гумуса в легкосуглинистых почвах составило 0,4%, в среднесуглинистых – 0,7%. В то же время в слое 40-60 см наблюдается незначительное увеличение содержания гумуса, которое в легкосуглинистых почвах составило 0,5%, в среднесуглинистых – 0,3%. Очевидно, что под влиянием обской воды гумус преобразуется в подвижные формы и мигрирует в глубь почвенного профиля [8]. Самой эф-

фективной мерой по сохранению устойчивого гумусного состояния в условиях орошения обской водой являются посевы многолетних трав, внесение органических удобрений.

Влияние орошения на гранулометрический состав неоднозначно. Важно подчеркнуть, что для выяснения влияния орошения на гранулометрический состав использование парных разрезов орошаемой и неорошаемой почв недостаточно, особенно на почвах с контрастным гранулометрическим составом. При этом необходимо применять статистико-математические методы обработки информации.

Микроагрегатный состав каштановых почв весьма устойчив к воздействию поливной воды. В условиях орошения обнаружена тенденция к увеличению количества истинных агрегатов, ярче выраженная в почвах среднесуглинистого класса, чем легкосуглинистого. Увеличение количества микроагрегатов в орошаемых почвах обусловлено появлением подвижного железа и гумусовых кислот, образующих железисто-гуминные комплексы, участвующие в цементации микроагрегатов. Количество микроагрегатов увеличивается на 3-5%. Незначительные темпы микроагрегирования объясняются высоким содержанием песчаных частиц и малым количеством глинистой плазмы, способствующей микроагрегированию.

Структурно-агрегатный состав каштановых почв показывает, что их потенциальное агрегирование невелико. В орошаемых почвах, с одной стороны, налицо деградация почвенной структуры: увеличение глыбистости, плотности агрегатов, снижение внутриагрегатной порозности. С другой стороны, отмечается повышение водо- и механиче-

ской прочности агрегатов. Деградация структуры связана с механическим воздействием на орошаемые почвы движителями тяжёлой сельскохозяйственной техники. Появление качественно новых признаков в почвенных агрегатах обусловлено изменением характера почвообразования на фоне орошения.

Орошение каштановых легкосуглинистых почв способствовало увеличению плотности почвы в слое 0-20 см на 0,17 г/см<sup>3</sup> и слое 20-40 см – на 0,09 г/см<sup>3</sup> (табл. 4). Ежегодный прирост величины плотности составил, соответственно, 0,013 и 0,007 г/см<sup>3</sup>. Увеличение плотности прослеживается на всю двухметровую толщу почвогрунта. Аналогичная ситуация складывается и в среднесуглинистых почвах, хотя абсолютное увеличение плотности несколько меньше: в слое 0-20 см – на 0,08 и слое 20-40 см – на 0,06 г/см<sup>3</sup>. Таким образом, плотность орошаемых почв вышла за пределы оптимальных значений для каштановых почв Кулундинской степи.

Таблица 4

Влияние орошения на физические свойства каштановых почв Новотроицкого массива орошения (средние данные)\*

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Плотность почвы	Плотность твёрдой фазы	Порозность, % объёма	
		г/см <sup>3</sup>		общая	аэрации
Легкосуглинистые					
A <sub>пах</sub>	0-20	1,41	2,59	45,9	29,9
	0-20	1,57	2,58	39,1	7,3
B <sub>1</sub>	20-40	1,49	2,61	42,7	27,3
	25-35	1,58	2,61	39,2	9,5
B <sub>2</sub>	40-70	1,56	2,64	40,9	23,4
	35-55	1,61	2,62	38,5	11,5
B <sub>2к</sub>	70-90	1,54	2,66	42,2	26,0
	55-90	1,56	2,63	40,7	19,3
BC <sub>к</sub>	90-133	1,56	2,68	41,8	21,4
	90-128	1,62	2,65	38,9	16,5
C <sub>к</sub>	133-200	1,60	2,67	40,1	–
	128-200	1,64	2,66	38,3	–
НСР <sub>05</sub>		0,09	0,05	4,0	4,3
Среднесуглинистые					
A <sub>пах</sub>	0-21	1,28	2,53	49,4	20,7
	0-22	1,36	2,55	46,7	15,6
B <sub>1</sub>	21-41	1,33	2,56	48,0	23,2
	22-37	1,39	2,57	45,9	18,0
B <sub>2</sub>	41-58	1,37	2,60	47,3	25,8
	37-61	1,45	2,59	44,0	18,4
B <sub>2к</sub>	58-85	1,43	2,65	46,0	25,5
	61-87	1,49	2,62	43,1	19,5
BC <sub>к</sub>	85-134	1,56	2,65	41,1	14,6
	87-116	1,51	2,63	42,6	16,2
C <sub>к</sub>	134-200	1,58	2,65	40,4	–
	116-200	1,61	2,67	39,7	–
НСР <sub>05</sub>		0,6	0,03	2,8	2,5

\* Числитель – неорошаемые, знаменатель – орошаемые почвы.

Водопроницаемость каштановых почв Новотроицкого массива (средние величины), мм/час при  $t = 10^{\circ}\text{C}$

Гранулометрический состав	Время наблюдений, мин.						
	30	60	120	180	240	300	360
Легкосуглинистые	<u>117,9*</u> 130,8	<u>108,8</u> 94,6	<u>93,3</u> 58,8	<u>87,1</u> 56,3	<u>80,4</u> 52,5	<u>79,2</u> 50,8	<u>79,2</u> 44,2
НСР <sub>05</sub>	12,5	12,5	13,3	13,3	13,3	11,7	11,7
Среднесуглинистые	<u>105,4</u> 117,5	<u>97,0</u> 110,5	<u>76,7</u> 53,3	<u>70,0</u> 48,3	<u>68,3</u> 42,5	<u>65,0</u> 35,8	<u>62,9</u> 33,3
НСР <sub>05</sub>	14,6	16,7	12,5	10,4	8,8	9,6	11,3

\* Числитель – неорошаемые, знаменатель – орошаемые почвы.

Судя по величине объёма пор аэрации, воздухообеспеченность в легкосуглинистых почвах перевалила за пределы критической величины (<15% объёма), в среднесуглинистых – уменьшилась до критической. По всему профилю обводнённость пор увеличилась в 1,5-2 раза по сравнению с неорошаемыми. В среднесуглинистых почвах обводнённость пор выросла на 3-5%. После 13 лет орошения каштановых легкосуглинистых почв водоудерживающая способность (при НВ) в 100-сантиметровом слое увеличилась на 25,5 мм, в среднесуглинистых – на 41 мм. Запасы продуктивной влаги увеличились, соответственно, на 10-41 мм.

Средние величины водопроницаемости орошаемых и неорошаемых почв представлены в таблице 5. Водопроницаемость орошаемых легкосуглинистых почв за первый час наблюдений уменьшилась в 1,15 раза, среднесуглинистых, наоборот, увеличилась в 1,14 раза. К шестому часу наблюдений водопроницаемость с поверхности легко- и среднесуглинистых почв понизилась, соответственно, в 1,8-1,9 раза.

#### Заключение

При орошении гидрокарбонатно-кальциевой водой из р. Оби с минерализацией менее 0,3 г/л развиваются процессы осолодения-выщелачивания. Под воздействием этих процессов гумус преобразуется в подвижные формы и мигрирует вглубь почвенного профиля, увеличивается количество истинных микроагрегатов, водопрочность агрегатов крупнее 0,25 мм, повышается их механическая водопрочность, возрастает плотность почвы, уменьшаются общая порозность и воздухоёмкость, возрастают обводнённость пор, общий запас продуктивной влаги, снижается водопроницаемость, указывающие на появление деградационных (или, точнее, несвойственных для данных природных условий) процессов в орошаемых почвах.

Для сохранения плодородия орошаемых почв требуется внесение кальцийсодержащего мелиоранта (не более 0,3 т/га гипса). Вынос элементов питания с урожаем и их потери в результате выщелачивания следует компенсировать путём внесения минеральных и органических удобрений, пересмотра структуры севооборотов, в которых доля многолетних трав должна составлять не менее 50% площади. Для сокращения потерь поливной воды дно каналов оборудовать противофильтрационным экраном, оросительная норма не должна превышать 2800-3200 м<sup>3</sup>/га, а поливные нормы дифференцировать с учётом водоудерживающей способности почв в слое 0-50 см.

#### Библиографический список

1. Аринушкина Е.А. Руководство по химическому анализу. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 379 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
4. Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении. – Новосибирск: Наука, 1971. – 91 с.
5. Антипов-Каратаев И.Н., Филиппова В.Н. Влияние длительного орошения на процессы почвообразования и плодородие почв степной зоны европейской части СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 205 с.
6. Угланов И.Н. Мелиорируемая толща почв юга Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1981. – 193 с.
7. Панкова Е.И., Айдаров И.П. Экологические требования к качеству оросительных вод // Почвоведение. – 1996. – № 7. – С. 78-87.
8. Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л., Пушкарёва Т.И. Каштановые почвы Кулундинской степи и их изменение при орошении / под ред. Л.М. Татаринцева. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002. – 117 с.

