

Ф.А.МУМИНОВ

ПОГОДА, КЛИМАТ И ХЛОПЧАТНИК



ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1991

М 90

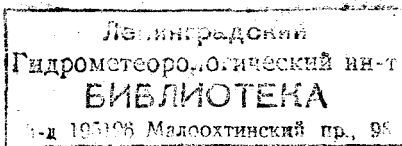
Рецензент: д-р геогр. наук Н. С. Орловский

Обобщены результаты многолетних исследований автора и публикации в области агрометеорологии хлопчатника. Рассмотрено влияние гидрометеорологических факторов на темпы развития и продуктивность различных сортов хлопчатника. Предложены методы расчета урожайности хлопчатника для отдельных полей, областей и республик. Определены показатели для оценки динамики накопления целлюлозы хлопка-сырца различных сортов и термических условий формирования коробочек хлопчатника. Обоснованы оптимальные сроки сева, даты начала и окончания дефолиации и ее эффективность и др.

Предназначена для работников сельского хозяйства, агрометеорологов, студентов и преподавателей институтов и техникумов сельскохозяйственного и гидрометеорологического профиля.

The monograph "Weather, climate and cotton" by F. A. Muminov generalizes the 25-year research studies of the author and publications on cotton agrometeorology. The effects of hydrometeorological factors on the rates of vegetation and productivity of different cotton varieties are considered. Calculation methods are proposed for the cotton yield of different fields, areas and cotton-seeding republics. The indices are defined for the estimation of accumulation dynamics of raw-cotton cellulose and thermal conditions for the formation of cotton-balls maturation. Optimal dates for seeding, defoliation beginning and completion and defoliation effectiveness, etc. are founded.

The monograph will prove of value to agriculturists, agricultural meteorologists, students and teachers of agricultural and hydrometeorological institutes and technical secondary schools.



М 3702030000-033
069 (02)-91 43-91

© Муминов Ф. А., 1991 г.

ISBN 5-286-00630-2

ПРЕДИСЛОВИЕ

Хлопчатник — ведущая техническая культура, которая имеет большое значение в экономике Советского Союза. Основные посевы этой ценнейшей культуры сосредоточены в республиках Средней Азии, дающей более 85 % валового сбора хлопка-сырца в Советском Союзе, причем около 60 % приходится на долю Узбекистана — основной хлопковой базы страны. В настоящее время одной из главных задач, стоящих перед хлопководами, является повышение урожайности и улучшение качества волокна хлопка-сырца. Решение этой задачи возможно при внедрении в производство новых высокопродуктивных сортов, эффективном использовании природных ресурсов, в том числе климатических факторов и погодных условий конкретного года, при выращивании хлопчатника и его уборке.

В монографии обобщены результаты 25-летних исследований автора и его публикации по агрометеорологии хлопчатника. В ней изложены вопросы о влиянии агро- и гидрометеорологических факторов на рост и развитие хлопчатника, на темпы накопления, созревания элементов продуктивности и на урожай хлопка-сырца. Рассмотрены методы долгосрочного агрометеорологического прогноза средней областной урожайности хлопчатника, основанные на статистическом анализе зависимости урожайности от производственных, биометрических и агрометеорологических факторов.

Автором были проанализированы и обобщены результаты комплексных полевых опытов на агрометеорологической станции Бозсу за период 1959—1980 гг., материалы стандартных и тематических наблюдений за хлопчатником на агрометеорологических станциях и госсортоучастках, данные экспедиционных исследований, выполненных автором совместно с сотрудниками отдела агрометеорологии САНИГМИ, которым автор выражает глубокую благодарность.

Появлению монографии способствовало многолетнее сотрудничество автора с А. К. Абдуллаевым, Х. Абдуллаевым, Н. С. Коноваловой, Н. И. Осиповой, О. Н. Рейзвих, В. О. Усмановым, с которыми был выполнен ряд совместных работ. Большую помощь при подготовке рукописи к печати оказали Н. И. Исайкина, Н. К. Ким, Ш. М. Ташкентбаева, С. Халикова, О. Н. Храмова, за что автор выражает им благодарность.

Автор считает своим приятным долгом выразить благодарность д-ру геогр. наук Н. С. Орловскому за просмотр рукописи и ценные советы по ее улучшению.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Величина	Обозначение	Единица
Суммарная радиация	Q	Дж/м ²
Поглощенная суммарная радиация полем	Q_0	Дж/м ²
Поглощенная суммарная радиация хлопчатником	Q_x	Дж/м ²
Радиационный баланс	R	Дж/м ²
Радиационный баланс хлопчатника	R_x	Дж/м ²
Затраты тепла на суммарное испарение	LE	Дж/м ²
Турбулентный теплообмен	P	Дж/м ²
Суммарное испарение	E	мм
Запасы продуктивной влаги	W	мм
Расходы продуктивной влаги	ΔW	мм
Средняя суточная температура воздуха	t	°C
Эффективная температура воздуха	$T_{эф}$	°C
Сумма осадков	u	мм
Количество нижней облачности	Z	балл
Дефицит насыщения водяного пара	d	гПа
Хозяйственный урожай хлопка-сырца	U_x	ц/га
Доморозный урожай хлопка-сырца	U_d	ц/га
Надземная масса хлопчатника	M	кг/м ² , ц/га
Вес хлопка-сырца в одной коробочке	m	г
Комплексный коэффициент возможного сохранения всходов	K	безразмерная
Коэффициент хозяйственной эффективности урожая	$K_{хоз}$	безразмерная
Продолжительность межфазного периода	n	дни
Число бутонов	n_b	шт.
Число коробочек	n_k	шт.
Число раскрывшихся коробочек	n_p	шт.
Число созревших коробочек	n_c	шт.
Число симподиальных ветвей	$n_{св}$	шт.
Высота главного стебля на дату цветения	h_c	см
Высота главного стебля на дату раскрытия коробочек	h_p	см
Площадь листовой поверхности на дату цветения	L_c	тыс. м ² /га
Максимальная площадь листовой поверхности	$L_{макс}$	тыс. м ² /га

ГЛАВА 1. АРЕАЛ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ХЛОПЧАТНИКА И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХЛОПКОВОДЧЕСКИХ РАЙОНОВ СССР

1.1. Арелл возделывания хлопчатника

Хлопчатник возделывается во многих странах мира с древнейших времен. Археологические находки дают основание считать родиной хлопчатника Индию: при раскопках древнейшего города Мохенджодара в долине реки Инд были обнаружены кусочки ткани из хлопка. Это свидетельствует о том, что еще 3 тыс. лет до н. э. на территории Индии использовали хлопчатник. Подтверждение этому можно найти и в работах древнегреческого историка Геродота (V в. до н. э.), отмечавшего, что индусы еще в V в. до н. э. носили одежду из хлопковых волокон. Позднее, по мнению многих ученых, из Индии хлопчатник распространился на запад и стал возделываться в Иране и Турции. Проник хлопчатник в Китай и другие страны Азии.

В Америке центром зарождения культуры хлопчатника в древности можно назвать Перу, Мексику и Гватемалу. Древние индейцы выращивали хлопчатник задолго до прихода европейцев в эти страны.

На территории республик Средней Азии и в Закавказье хлопчатник также является одной из древнейших культур. Народы Средней Азии уже в начале нашей эры не только возделывали хлопчатник, но и были знакомы с использованием его волокна. Археологические раскопки, проведенные в древнем городище Топрак-Кала, основанном в I—V вв. н. э., привлекли внимание ученых тем, что среди находок были обнаружены семена хлопчатника и обрывки хлопчатобумажных тканей. Следовательно, можно полагать, что хорезмийцы много веков назад были знакомы с возделыванием хлопчатника и обработкой волокна хлопка-сырца.

В древности хлопчатник возделывался на небольших участках, часто как декоративное и садовое растение. Волокно производилось в малом количестве, поскольку оно отделялось от семян вручную или с помощью примитивных приспособлений. Поэтому ткани и изделия из хлопка были предметами роскоши и соответственно не были доступны для бедных слоев населения.

Хлопководство в основном начало развиваться в XVII—XVIII вв. В XVIII в. и особенно в начале XIX в., когда были изобретены волокно-отделительные машины, возделывание хлопчатника и производство хлопчатобумажных тканей и других

изделий из него становится ведущей отраслью экономики в Индии, Китае, Египте, США и других странах мира. Дальнейшее увеличение производства хлопка-сырца и текстильных тканей из него последовало за изобретением прядильной машины, механического ткацкого станка и другой техники для переработки продукции хлопчатника.

Хлопчатник — универсальное растение. Все его части являются ценным сырьем для промышленности и могут быть полностью использованы для нужд народного хозяйства. На их основе можно получать более 1000 различных продуктов, необходимых и полезных человеку [106].

Самое ценное у хлопчатника — это волокно. Основная масса хлопка-волокна служит необходимым сырьем для текстильной промышленности. Хлопковое волокно идет также для производства специальных технических тканей, брезента, целлулоида, фильтров и т. д. Хлопок не только одевает человека, но и кормит. Самым ценным продуктом переработки семян хлопчатника является масло, которое составляет более 50 % общей стоимости продуктов, используемых в продовольственных и технических целях. Рафинированное хлопковое масло обладает очень высокими пищевыми качествами и в нашей стране, в особенности в Узбекистане, находит широкое применение в кулинарии и консервной промышленности. Остающийся после отделения масла хлопковый жмых и шрот — богатый белками корм для животных. Из хлопкового пуха (линта) изготавливают искусственный шелк, искусственную кожу, фото- и киноленту, небьющееся стекло, пластмассы, лаки, медицинскую вату и десятки других изделий.

Если в начале 60-х годов хлопчатник возделывался в 50 странах, то в начале 80-х годов его начали культивировать в 82 странах, на всех континентах (табл. 1.1). Посевы хлопчатника занимают около 33 млн. га, что составляет более 40 % площади, отведенных под прядильные культуры [124]. Наибольшая площадь под посевами хлопчатника находится в Азии и Океании, второе место занимает Северная и Центральная Америка, затем следует Африка, Южная Америка и Европа. По данным работ [71, 130], основными производителями хлопчатника являются Китай, США, СССР, Индия, Пакистан, Бразилия, Турция, Египет, Мексика, Австралия и Судан. На долю этих стран приходится более 80 % мирового производства хлопка-сырца. Однако за последнюю четверть века производство хлопка-сырца росло медленно, в основном за счет повышения урожайности, поскольку посевные площади в эти годы практически не увеличивались.

В последние годы на состояние мирового производства хлопка-сырца значительное влияние оказывает интенсивное развитие хлопководства в Китайской Народной Республике. По производству хлопкового волокна Китай занимает теперь первое место в мире. В 1985 г. здесь было произведено 4147 тыс. т хлопкового волокна, что составляет более 25 % мирового производства (табл. 1.2 и 1.3).

Хлопководческие государства мира

Азия

1. СССР
2. Корея
3. Турция
4. Китай
5. Сирия
6. Ирак
7. Иран
8. Афганистан
9. Израиль
10. Пакистан
11. Бангладеш
12. Бирма
13. Лаос
14. НДРГ
15. ЙАР
16. Индия
17. Таиланд
18. Кампучия
19. Вьетнам
20. Шри Ланка
21. Индонезия

Европа

22. Румыния
23. Италия
24. Югославия
25. Испания
26. Болгария
27. Албания
28. Греция

Африка

29. Марокко
30. Алжир
31. Египет (АРЕ)
32. Мали
33. Нигер
34. Чад
35. Сенегал
36. Судан
37. Гамбия
38. Буркина-Фасо
39. Бенин
40. Нигерия
41. Сомали
42. Кот д'Ивуар
43. Гана

44. Того
45. Камерун
46. Центральноафриканская Республика
47. Эфиопия
48. Заир
49. Уганда
50. Кения
51. Бурунди
52. Танзания
53. Ангола
54. Замбия
55. Малави
56. Зимбабве
57. Ботсвана
58. Мозамбик
59. Мадагаскар
60. Свазиленд
61. Южно-Африканская Республика

Америка

Северная и Центральная Америка

62. США
63. Мексика
64. Куба
65. Гаити
66. Доминиканская Республика
67. Гватемала
68. Сальвадор
69. Гондурас
70. Никарагуа
71. Коста-Рика

Южная Америка

72. Венесуэла
73. Колумбия
74. Эквадор
75. Перу
76. Бразилия
77. Боливия
78. Парагвай
79. Аргентина
80. Уругвай

Другие страны

81. Австралия
82. Океания

Советский Союз по производству хлопка-волокна занимает второе-третье место в мире и шестое место в расчете на душу населения после Греции, Сирии, Пакистана, Турции и США

Таблица 1.2

Производство хлопкового волокна в СССР и некоторых зарубежных странах
(данные ЦСУ СССР)

Страна	Всего, тыс. т		В расчете на душу населения, кг	
	1985 г.	1986 г.	1985 г.	1986 г.
СССР	2782	2647	10,0	9,4
Китай	4147	3470	4,0	3,3
США	2947	2286	12,3	9,5
Аргентина	165	105	5,4	3,4
Бразилия	926	810	6,8	5,8
Гватемала	67	41	8,4	5,0
Греция	181	165	18,2	16,6
Египет	460	431	9,5	8,8
Индия	1400	1524	1,9	2,0
Мексика	196	169	2,5	2,1
Пакистан	1150	1176	12,0	11,9
Сирия	180	147	17,5	13,9
Судан	196	147	9,1	6,6
Турция	517	479	10,5	9,5

(табл. 1.2). По площади посева хлопчатника первое место принадлежит Индии, однако по производству хлопкового волокна Индия занимает четвертое место в мире.

На долю наиболее ценных тонковолокнистых сортов хлопчатника в мировом производстве хлопкового волокна приходится

Таблица 1.3

Производство хлопкового волокна в странах мира в сезоне 1987-1988 г.

Страна	Произведено хлопка- волокна, тыс. т	Площадь посева, тыс. га	Урожай- ность, кг/га	Экспорт хлопка, тыс. т	Импорт хлопка, тыс. т	Потреб- ление хлопка, тыс. т
СССР	2507	3485	719	589	174	2180
Китай	3815	4803	785	327	1	4055
США	2800	4050	691	1526	2	1635
Индия	1657	7506	221	22	87	1716
Пакистан	1308	2470	530	698	1	664
Бразилия	741	2252	329	65	50	698
Турция	523	600	872	60	50	474
Египет	394	412	908	167	40	283
Мексика	236	242	980	87	4	136
Австралия	218	170	1282	210		23
Судан	187	414	452	196		25
Греция	160	202	792	35	50	180
Сирия	130	129	1008	54		75
Зимбабве	120	265	453	65		

менее 20 %. Эти сорта хлопчатника возделываются во многих странах мира, прежде всего в Египте, Судане, Северной Бразилии, Нигерии, США (штат Аризона). В Советском Союзе тонковолокнистый хлопчатник занимает около 13 % всей посевной площади, возделывается в основном в южных районах Узбекистана, Туркмении и Таджикистана.

Мировое производство хлопкового волокна в последние годы увеличилось в связи с повышением цен на хлопок, официальной политикой правительств ряда стран, направленной на стимулирование возделывания хлопчатника [71].

1.2. Производство хлопка-сырца в СССР

Культура возделывания хлопчатника в нашей стране имеет многовековую историю. Согласно новейшим исследованиям, в Средней Азии хлопчатник возделывается с VII—VI вв. до н. э. Сведения о хлопчатнике и выделке тканей из хлопка в Средней Азии и Азербайджане имеются во многих исторических архивных материалах, главным образом в восточных рукописях, согласно которым в X в. большой известностью пользовались шелковые и хлопковые ткани, выработанные в Ташкенте, Бухаре, Самарканде, Мерве (Мары). Однако в результате нашествия монгольских завоевателей в начале XIII в. хлопководство в Средней Азии приходит в упадок, хотя в ограниченных размерах хлопчатник продолжали выращивать.

После продолжительного периода упадка оживление хлопководства в Средней Азии началось только в XVIII в. В XIX в. производство хлопка-сырца начинает увеличиваться, особенно после присоединения Средней Азии к России. Во второй половине XIX в. как в Средней Азии, так и в Закавказье посевы хлопчатника постепенно расширялись и валовые сборы хлопка-сырца увеличивались.

В 80-х годах прошлого века посевные площади под хлопчатником составляли 60—70 тыс. га, при этом валовый сбор был 40—50 тыс. т хлопка-сырца. Несмотря на увеличение производства хлопка-сырца, потребность текстильной промышленности России удовлетворялась главным образом за счет хлопкового волокна, привезенного из-за границы — из Америки, Египта и Ирана. Перед первой мировой войной доля импорта хлопкового волокна составляла более 40 % общей потребности в нем. В 1913 г. посевы хлопчатника занимали около 700 тыс. га, а производство хлопкового волокна менее чем наполовину удовлетворяло внутренний спрос. В годы первой мировой войны хлопководство пришло в упадок, усугубившийся во время гражданской войны в Туркестане и в Закавказье.

В 20-е годы были решены вопросы организации и создания материально-технической базы хлопководства, что позволило собрать в 1928 г. 790 тыс. т хлопка-сырца, т. е. больше, чем

в 1913 г., когда валовый сбор его составил 744 тыс. т. За годы первой и второй пятилеток потребности народного хозяйства Советского Союза в волокне стали полностью удовлетворяться за счет собственного производства. Успешное решение вопросов организации семеноводства, выведение новых сортов и их районирование, дальнейшее преобразование сельского хозяйства, раз-

Таблица 1.4

Производство хлопка-сырца в СССР

Год	Посевная площадь, тыс. га		Валовый сбор, тыс. т		Урожайность, ц/га	
	всего	в т. ч. тонковолокнистого	всего	в т. ч. тонковолокнистого	средняя	в т. ч. тонковолокнистого
1913	702		744		10,8	
1928	971		789		8,1	
1940	2076	179,0	2237	166,0	10,8	10,8
1950	2316		3539		15,3	
1960	2192	191,1	4289	315,8	19,6	15,3
1970	2746	266,2	6890	624,3	25,1	24,7
1971—1975	2810	285,4	7667	655,7	27,3	23,1
1976—1980	3043	348,3	8547	794,0	28,1	22,7
1981—1985	3243	443,4	8314	1087,7	25,6	24,6
1985	3320	481,0	8755	1141,4	26,4	23,8
1986	3441	498,0	8233	1190,6	23,7	23,9
1987	3524	487,0	8089	1182,3	22,7	24,3
1988	3421	545,3	8994	1332,8	26,3	24,5

витие научных исследований и другие мероприятия в области хлопководства содействовали быстрому росту и развитию этой отрасли, и уже в 1940 г. производство в СССР хлопка-сырца достигло более 2,2 млн. т (табл. 1.4).

С 1930-х годов в южных районах Средней Азии и Азербайджана впервые в СССР начали возделывать тонковолокнистые сорта хлопчатника. Были ввезены и испытаны египетские и американо-египетские сорта, которые оказались низкоурожайными или очень позднеспелыми. За короткое время были выведены советскими селекционерами новые ценные тонковолокнистые сорта хлопчатника, хорошо культивируемые в условиях резко континентального климата Средней Азии. К 1940 г. посевы хлопчатника тонковолокнистых сортов занимали около 9 % общей площади (см. табл. 1.4).

В годы Великой Отечественной войны площади посевов и урожайность хлопчатника уменьшились. К концу войны валовый сбор хлопка-сырца снизился почти в два раза; так, в 1945 г. было собрано 1,16 млн. т хлопка-сырца при урожайности 9,6 ц/га. В послевоенный период был принят ряд мер по восстановлению хлопководства в СССР.

В 1960 г. посевная площадь хлопчатника увеличилась до 2192 тыс. га, валовое производство хлопка-сырца составило 4289 тыс. т., урожайность 19,6 ц/га.

За 25 лет (с 1960 г.) производство хлопка-сырца в СССР резко возросло в основном за счет расширения площади посевов и только в некоторой степени за счет повышения урожайности. В 1988 г. под посевами хлопчатника было занято 3421 тыс. га, с которых было собрано 8994 тыс. т хлопка-сырца, в том числе 1332,8 тыс. т тонковолокнистых сортов (см. табл. 1.4).

Начиная с 60-х годов хлопок-сырец производится в Узбекистане, Таджикистане, Туркменистане, Азербайджане, Чимкентской области Казахской ССР и Ошской области Киргизской ССР.

Таблица 1.5

Производство хлопкового волокна по союзным республикам

Территория	Валовый сбор, тыс. т					Урожайность, ц/га				
	в среднем за год			1985 г.	1986 г.	в среднем за год			1985 г.	1986 г.
	1971—1975	1976—1980	1981—1985			1971—1975	1976—1980	1981—1985		
СССР	2474	2612	2453	2782	2647	8,8	8,6	7,6	8,4	7,6
в том числе:										
Узбекская ССР	1580	1620	1509	1728	1616	9,2	8,9	7,8	8,7	7,9
Казахская ССР	103	97	93	99	109	8,9	8,3	7,2	7,6	8,5
Азербайджанская ССР	147	203	212	258	265	7,2	8,8	7,2	8,7	8,8
Киргизская ССР	68	65	26	18	21	9,2	8,9	5,8	6,3	7,1
Таджикская ССР	262	289	278	291	289	9,9	9,8	9,0	9,3	9,2
Туркменская ССР	314	338	335	388	347	7,2	6,7	6,3	6,9	5,3

Наглядное представление о динамике производства хлопкового волокна в Советском Союзе можно получить по данным табл. 1.5. За годы 8—10-й пятилеток заметный рост производства хлопка-волокна отмечался только в Азербайджане, где средний годовой уровень в 1985—1986 гг. превышал показатели 1971—1975 гг. на 77 %. Производство хлопка-волокна в целом по Советскому Союзу росло только за счет увеличения посевной площади, которая в 1988 г. была больше, чем в 1965 г., на 40 %.

Средняя урожайность хлопчатника по волокну в Узбекистане за последние 20—25 лет изменялась в весьма широких пределах: от 13,7 до 2,7 ц/га. Урожайность хлопчатника в 70-х годах была высокой, особенно в Хорезмской и Сурхандарьинской областях, где она превышала 13,0 ц/га. В последующие годы отмечалось уменьшение урожайности, особенно это было заметно в Кашкадарьинской, Джизакской областях и ККАССР. Резкое снижение урожайности хлопчатника по волокну отмечалось в 1981—1985 гг. в Казахстане и Киргизии. Более стабильны урожайность и про-

изводство хлопка-сырца в Таджикистане (табл. 1.6), где урожайность за период 1981—1986 гг. составляла 9—10 ц/га.

В последние годы отмечались не только уменьшение урожая хлопка-сырца, в том числе хлопкового волокна, но также ухудшение качества сырья. Поэтому во всех хлопководческих республиках Советского Союза интенсивно принимаются меры для повышения урожайности хлопчатника, которое осуществляется путем замены старых сортов новыми высокоурожайными, внедрения

Таблица 1.6

Производство хлопка-сырца в Таджикской ССР

Год	Посевная площадь, тыс. га		Урожайность, ц/га		Валовый сбор, тыс. т	
	всего	в т. ч. тонковолокнистого	в среднем	в т. ч. тонковолокнистого	всего	в т. ч. тонковолокнистого
1940	106,1	41,3	16,2	14,5	172,4	57,5
1950	126,0	48,0	22,9	20,1	289,0	96,5
1960	172,4	72,3	23,2	22,7	399,4	129,9
1965	228,0	79,9	26,7	27,5	609,5	219,8
1970	254,0	84,2	28,6	30,9	726,6	260,1
1975	271,5	78,8	30,8	30,2	836,0	240,1
1980	308,5	97,3	32,8	32,4	1010,7	315,4
1981	305,7	95,3	30,4	30,7	929,4	292,5
1982	307,8	100,9	29,5	30,9	907,9	311,8
1983	306,8	105,4	28,7	26,4	880,4	278,2
1984	308,0	97,0	30,3	29,4	932,0	285,0
1985	311,4	88,4	30,0	31,5	935,0	278,0
1986	308,4	98,1	29,9	31,5	921,4	308,6
1987	322,9	91,3	26,9	30,3	871,7	276,4
1988	320,3	107,4	30,1	31,4	963,6	327,8

севооборотов, активной борьбы с болезнями хлопчатника, рационального размещения сортов по территории, более эффективного использования почвенно-климатических ресурсов хлопководческих районов и т. д.

1.3. Климат хлопководческих районов

Хлопководческие районы Советского Союза расположены на территории бассейна Аральского моря и Кура-Араксинской низменности Азербайджанской ССР (рис. 1.1). Посевные массивы хлопчатника, как видно из рис. 1.1, сконцентрированы преимущественно вблизи водных артерий, в предгорьях, горных и межгорных долинах, т. е. в районах, наиболее обеспеченных водой для орошения. Последнее и определило в основном те исторически сложившиеся и достаточно обособленные в территориальном и почвенно-климатическом отношении хлопководческие районы СССР.

Для климата хлопководческих районов Советского Союза характерны засушливость, обилие тепла и света, континентальность,

которая выражается в межгодовой и внутригодовой изменчивости климатических величин.

Зона хлопководства характеризуется самыми большими в СССР значениями продолжительности солнечного сияния, которая за год в Средней Азии и Южном Казахстане равняется 2500—3000 ч и несколько меньше (2200—2800 ч) — в Азербайд-

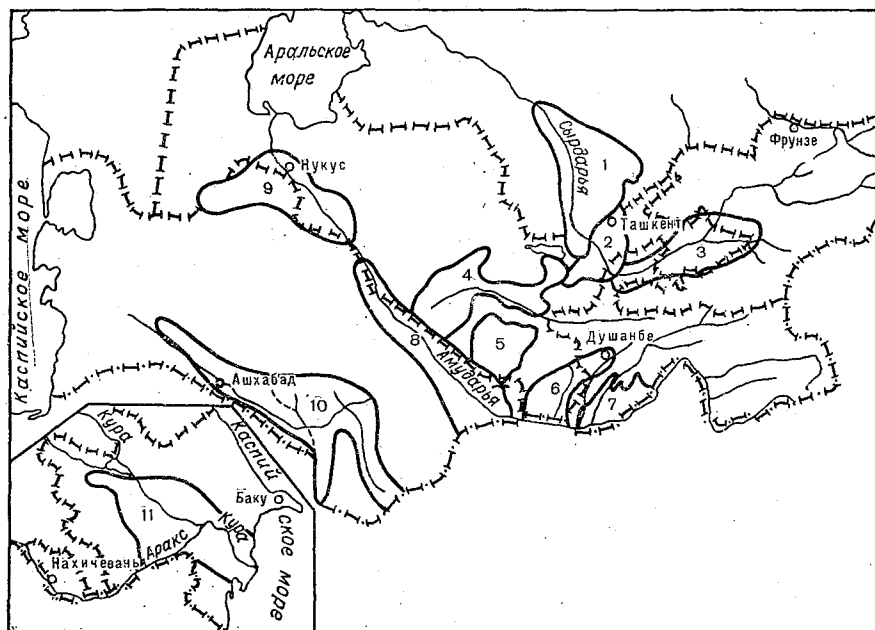


Рис. 1.1. Районы хлопководства Советского Союза.

1 — Араль-Туркестанский район; 2 — Ташкент-Янгнерский район; 3 — Ферганская долина; 4 — долина Зеравшана; 5 — долина Кашкадарьи; 6 — долина Сурхандарьи; 7 — Юго-Западный Таджикистан; 8 — долина среднего течения Амударьи; 9 — долина нижнего течения Амударьи; 10 — Южная Туркмения; 11 — Кура-Араксинская долина.

жане. В зимнее время вследствие повышенной облачности число часов солнечного сияния составляет менее половины возможного, летом оно достигает 90 % теоретически возможного значения.

Годовые суммы суммарной радиации на горизонтальную поверхность изменяются в среднеазиатской зоне от 120—130 ккал/см² (5025—5445 МДж/м²) на севере до 160—170 ккал/см² (6700—7120 МДж/м²) на юге. Суммарные потоки радиации в Азербайджане составляют 122—134 ккал/см² в год (5110—5610 МДж/м²), т. е. они довольно близки к значениям потоков радиации на севере среднеазиатской зоны хлопководства.

В Азербайджане на летние месяцы приходится 67—78 % годовых значений суммарной радиации. Из поступающей на хлопковые поля радиации 20—25 % отражается от деятельной поверх-

ности, остальная поглощенная часть расходуется на испарение и нагревание почвы и воздуха. В Средней Азии сумма фотосинтетически активной радиации (ФАР) возрастает в направлении с севера на юг от 2400 до 3600 МДж/м² за вегетационный период. Следовательно, в хлопководческих районах количество поступающей солнечной энергии довольно значительно, что создает здесь благоприятные условия для возделывания хлопчатника и других теплолюбивых сельскохозяйственных культур.

Другим наиболее важным фактором формирования климата является циркуляция атмосферы. В циркуляции атмосферы над Средней Азией и югом Казахстана участвуют арктические, умеренные и тропические воздушные массы. Для районов хлопководства в холодное полугодие характерно преобладание континентальных воздушных масс и особенно интенсивное развитие циклонической деятельности. Это придает погоде зимнего полугодия очень неустойчивый характер: зима обычно дождливая и часто холодная.

В теплое полугодие над сильно прогретыми пустынными пространствами Туранской низменности образуется область пониженного давления. Притекающие сюда воздушные массы попадают под энергичное воздействие сильно нагретой поверхности: происходят интенсивные процессы их трансформации. Это приводит к формированию теплого и сухого туранского континентального тропического воздуха. Под влиянием трансформации циклонические процессы становятся настолько малозаметными, что проявляются только в виде незначительных изменений температуры и образования небольшой облачности; устанавливается относительно спокойная, жаркая и сухая погода. В течение жаркого сухого лета с его большими термическими ресурсами успешно развиваются и плодоносят многие ценные южные теплолюбивые растения, а также широко практикуются повторные посевы сельскохозяйственных культур.

Самым холодным месяцем является январь. Средняя температура воздуха в январе изменяется от $-7 \dots -8^{\circ}\text{C}$ в северной части среднеазиатской зоны хлопководства до $2-3^{\circ}\text{C}$ — в южных ее районах. Минимальные температуры могут опускаться до -31°C на юге и до -40°C в северных районах (табл. 1.7). В Азербайджане средняя месячная температура в январе составляет $1,1-2,5^{\circ}\text{C}$, минимальные температуры воздуха опускаются до $-16 \dots -26^{\circ}\text{C}$, а средняя годовая температура воздуха равна $13-14^{\circ}\text{C}$.

Средняя температура в июле, самом жарком месяце, колеблется от 25°C на севере Средней Азии и Казахстана и до 32°C — на юге. В районах возделывания хлопчатника в Азербайджане июльская температура воздуха составляет $25-27^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум достигает $39-40^{\circ}\text{C}$, а в среднеазиатской зоне максимальные значения температуры воздуха достигают 50°C (Шурчи, Термез), что является абсолютным максимумом в Советском Союзе.

Таблица 1.7

Характеристика температурного режима воздуха хлопководческих районов

Хлопководческий район	Температура воздуха, °С				
	средняя годовая	средняя за январь	средняя за июль	максимальная	минимальная

Средняя Азия, Южный Казахстан

Арысь-Туркестанский	10,5... 13,7	—7,4... —0,9	25,3... 28,8	43... 47	—40... —30
Ташкент-Янгиерский	12,3... 14,2	—2,9... —0,6	25,7... 28,8	43... 47	—35... —28
Ферганская долина	11,2... 14,3	—4,1... —0,9	24,7... 29,3	39... 46	—31... —22
Долина Зеравшана	12,9... 15,1	—1,5... 0,3	26,0... 29,6	45... 48	—35... —24
Долина Кашкадарьи	14,9... 16,2	—0,1... 2,3	28,4... 31,6	47... 50	—29... —26
Долина Сурхандарьи	14,3... 18,1	0,4... 3,3	27,5... 32,3	43... 50	—29... —23
Юго-Западный Таджикистан	14,7... 17,2	0,3... 2,1	26,4... 31,4	44... 48	—31... —22
Долина среднего течения Амударьи	15,1... 18,0	0,1... 3,4	28,6... 32,2	45... 49	—27... —22
Низовья Амударьи	9,8... 13,8	—7,0... —3,3	25,4... 29,9	44... 47	—35... —28
Южная Туркмения	15,4... 17,2	0,5... 3,3	28,1... 32,3	46... 48	—31... —24

Азербайджанская ССР

51 Кура-Араксинская низменность	12,9... 14,5	1,1... 2,5	24,8... 27,3	40... 43	—26... —16
---------------------------------	--------------	------------	--------------	----------	------------

В летнее время изредка возможно кратковременное похолодание, связанное с вторжением холодных воздушных масс и сопровождаемое ливнями, грозами.

Важную роль в формировании режима естественного увлажнения в Средней Азии и Южного Казахстана играют атмосферные осадки (табл. 1.8). На равнинах среднее годовое количество их составляет 80—200 мм, в предгорных районах оно увеличивается, достигая 500 мм и более. Большая часть годовой суммы осадков (30—50 %) выпадает весной, на зимние месяцы приходится около 30—35 %, осенние осадки составляют 15—20 % годовой суммы. В летние месяцы на большей части среднеазиатской зоны хлопководства выпадает всего 5—10 % годовой суммы осадков, а в южных районах 2—3 %. Такое внутригодовое распределение осадков объясняется интенсивным развитием циклонической деятельности в холодное полугодие, особенно в марте—апреле (наиболее дождливые месяцы), а летом — развитием термической депрессии. Межгодовая изменчивость осадков очень велика: во влажные годы их количество в 1,5—2,0 раза превышает средние многолетние суммы, в сухие годы их количество уменьшается в 3—4 раза. Особенно велика изменчивость осадков в засушливый теплый период: возможны годы с полным отсутствием дождей в этот период, и, наоборот, за несколько дней может выпасть годовая норма осадков.

Среднее годовое количество осадков в хлопководческих районах Азербайджана составляет 240—440 мм. Большая часть (50—75 % годовой нормы) их приходится на теплый период (апрель—октябрь). Такой режим распределения осадков в сочетании с относительно высокой температурой воздуха в период вегетации обуславливает в хлопководческих районах Азербайджана более высокие значения влажности воздуха, чем в таковых районах Средней Азии и Казахстана.

В среднеазиатской хлопководческой зоне низкая влажность воздуха в сочетании с высокой температурой определяет высокую испаряемость. Вся эта зона относится к районам максимальной в СССР испаряемости. Годовые значения испаряемости на хлопковых плантациях изменяются от 900 мм на севере до 1500 мм на юге. Оптимальные условия водообеспеченности посевов формируются, когда фактическое испарение с хлопковых полей совпадает с испаряемостью.

Несмотря на общность физико-географических и почвенно-климатических условий, внутри каждого хлопководческого района создаются определенные различия по степени благоприятности условий для возделывания различных по скороспелости сортов хлопчатника.

Благоприятные условия для развития хлопчатника начинаются с момента устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ весной. Осенью при переходе средней суточной температуры воздуха через тот же предел вегетация хлопчатника практически заканчивается. Период же активной ве-

353961

Таблица 1.8

Характеристика условий увлажнения хлопководческих районов

Хлопководческий район	Количество выпавших осадков							Запасы влаги (мм) в слое почвы 0—100 см весной*	Количество лет с осадками за сутки **, %	
	за год	по месяцам				за период с температурой			10 мм	20 мм
		XI—III	IV—X	III—IV	X—XI	5—15 °C (весной)	15—5 °C (осенью)			
Арысь-Туркестанский	194—517	126—326	68—191	56—165	26—89	32—123	12—55	130—220	60—80	20—40
Ташкент-Янгирский	268—380	167—249	100—135	86—125	46—63	87—122	34—53	180—300	60—80	20—40
Ферганская долина	109—511	65—288	44—223	29—160	21—107	19—77	15—67	80—230	25—35	8—12
Долина реки Зеравшан	113—357	77—242	36—115	46—121	11—60	34—92	8—47	170—210	40—60	10—20
Долина р. Кашкадарьи	229—535	167—362	62—173	88—181	26—91	84—162	32—102	120—180	40—60	10—20
Долина р. Сурхандарьи	128—595	96—369	32—226	47—229	10—72	42—324	20—81	90—240	20—25	0—5
Юго-Западный Таджикистан	160—614	117—388	43—226	61—229	16—75	69—305	22—101	190—220	20—25	0—5
Долина среднего течения Амударьи	116—172	78—132	38—40	48—66	11—17	36—38	10—26	220—270	40—60	10—20
Низовья Амударьи	79—90	46—53	29—43	26—31	9—12	14—20	5—6	210—250	10—15	0
Южная Туркмения	139—241	92—188	45—82	59—98	15—26	49—92	15—20	130—190	30—40	5—15
Кура-Араксинская низменность	246—444	67—182	114—299	56—104	62—105	50—85	45—75	120—220	54—100	8—69

* На дату перехода температуры воздуха через 10 °C.

** Имеются в виду осадки, вызывающие образование почвенной корки различной интенсивности.

Таблица 1.9

Ресурсы тепла за вегетационный период хлопчатника

Период со средней суточной температурой воздуха								Сумма эффективных температур выше 10 °C
выше 10 °C				выше 15 °C				
дата начала	дата конца	число дней	сумма положительных температур, °C	дата начала	дата конца	число дней	сумма положительных температур, °C	

Арысь-Туркестанский район

30 III—2 IV 18—23 X 199—205 4070—4420 20—25 IV 28 IX—3 X 160—165 3530—3920 2040—2370

Ташкент-Янгиерский район

22—28 III 25 X—1 XI 211—223 4330—4740 13—18 IV 3—11 X 167—177 3780—4220 2210—2540

Ферганская долина

23—1 IV 21 X—1 XI 202—222 3870—4800 11—23 IV 1—11 X 161—178 3260—4210 1960—2560

Долина Зеравшана

23—30 III 27—28 X 211—217 4160—4590 12—22 IV 4—7 X 165—177 3580—4080 2140—2410

Долина Кашкадарьи

18—24 III	3—5 XI	226—229	4780—5090	12—15 IV	13—15 X	180—185	4210—4550	2500—2780
-----------	--------	---------	-----------	----------	---------	---------	-----------	-----------

Долина Сурхандарьи

9—23 III	7—16 XI	228—251	4590—5630	3—15 IV	8—22 X	175—201	3930—5010	2290—3110
----------	---------	---------	-----------	---------	--------	---------	-----------	-----------

Юго-Западный Таджикистан

10—13 III	11—17 XI	244—249	5160—5470	6—9 IV	17—23 X	186—197	4540—4860	2720—3030
-----------	----------	---------	-----------	--------	---------	---------	-----------	-----------

Долина среднего течения Амударьи

11—19 III	2—12 XI	227—245	5040—5450	2—8 IV	12—19 X	186—199	4230—4900	2740—2990
-----------	---------	---------	-----------	--------	---------	---------	-----------	-----------

Низовья Амударьи

3—10 IV	17—20 X	189—199	3750—4310	19—27 IV	25 IX—2 X	150—165	3320—3840	1900—2310
---------	---------	---------	-----------	----------	-----------	---------	-----------	-----------

Южная Туркмения

16—20 III	7—11 XI	233—238	5040—5410	8—12 IV	16—21 X	190—193	4500—4890	2680—3070
-----------	---------	---------	-----------	---------	---------	---------	-----------	-----------

Кура-Араксинская низменность

1—7 IV	6—18 XI	215—225	4200—4730	25—29 IV	19—22 X	173—180	3000—3500 *	2040—2520
--------	---------	---------	-----------	----------	---------	---------	-------------	-----------

гетации хлопчатника ограничивается датами перехода средней суточной температуры воздуха весной (в сторону повышения) и осенью (в сторону понижения) через 15°C (табл. 1.9).

Термические ресурсы вегетационного периода хлопчатника в районах его возделывания характеризуются суммами активных и эффективных температур воздуха за период между датами перехода температуры воздуха весной и осенью через 10°C . Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 10°C весной в хлопководческих районах происходит в среднем в конце 1-й декады марта — в середине 1-й декады апреля. Наиболее поздний переход температуры через 10°C , а вместе с тем и наиболее позднее начало вегетационного периода отмечается в 1-й декаде апреля в низовьях Амударьи и в Арысь-Туркестанском районе. Соответственно для этих районов характерны наименьшие суммы эффективных температур за вегетацию ($1900\text{—}2370^{\circ}\text{C}$), что позволяет здесь выращивать, как правило, только скороспелые сорта хлопчатника.

В Кура-Араксинской низменности Азербайджанской ССР средние многолетние даты перехода температуры через 10°C приходятся также на 1-ю декаду апреля (табл. 1.9). Однако здесь термические ресурсы несколько больше, чем в северных районах среднеазиатской зоны, что позволяет возделывать районированные для этой республики скороспелые и среднеспелые сорта хлопчатника.

В конце 3-й декады марта отмечается начало вегетационного периода в Ташкент-Янгиерском районе, Ферганской долине и долине Зеравшана. Наиболее раннее начало периода вегетации (и позднее его окончание) наблюдается в долине Кашкадарьи и в южной Туркмении. В этих районах суммы эффективных температур (выше 10°C) за период вегетации составляют $2290\text{—}3110^{\circ}\text{C}$, что определяет возможность выращивания здесь наиболее теплолюбивых советских тонковолокнистых сортов хлопчатника.

К неблагоприятным явлениям погоды, ограничивающим использование ресурсов тепла растениями, относятся поздние весенние и ранние осенние заморозки в воздухе и в растительной среде. Они не только уменьшают тепловые ресурсы, но и сокращают продолжительность безморозного периода, что ухудшает качество и уменьшает урожай хлопка-сырца. Средняя многолетняя продолжительность безморозного периода для хлопководческих районов Средней Азии представлена в табл. 1.10.

Поздние весенние заморозки, особенно заморозки на поверхности почвы ($-0,5\text{...}-1,0^{\circ}\text{C}$), вызывают гибель появившихся всходов хлопчатника, что приводит к изреженности посевов, а в отдельные годы и к пересеву хлопчатника на больших площадях.

Возделывание хлопчатника невозможно без искусственного орошения, так как количество выпадающих осадков в хлопководческих районах недостаточно для удовлетворения потребности

Таблица 1.10

Продолжительность безморозного периода и даты весенних заморозков различной интенсивности

Хлопководческий район	Безморозный период в воздухе			Интенсивность заморозков в воздухе			Последний заморозок на поверхности почвы (дата)
	дата начала	дата конца	число дней	0 °C	-2 °C	-4 °C	
Арысь-Туркестанский	6—14 IV	1—16 X	169—192				20—26 IV
Ташкент-Янгийерский	20—26 III	19 X—6 XI	207—230	23 III—2 IV	8—23 III	19 II—13 III	8—17 IV
Ферганская долина	16—26 III	27 X—7 XI	216—236	18—26 III	6—21 III	24 II—18 III	25 III—6 IV
Долина Зеравшана	24—30 III	24—25 X	209—215	23 III—3 IV	16—20 III	3—10 III	7—10 IV
Долина Кашкадарьи	22—23 III	29 X—3 XI	220—226	24—26 III	10—13 III	2 III	2—5 IV
Долина Сурхандарьи	10—22 III	11—18 XI	234—253	14—21 III	3—6 III	1 III	20—30 III
Юго-Западный Таджикистан	8—12 III	11—25 XI	243—262	13—14 III	23—27 II	8—16 II	21—27 III
Долина среднего течения Амударьи	10—19 III	1—5 XI	224—240	13—19 III	3—9 III	21—27 II	22—28 III
Низовье Амударьи	2—10 IV	12 IX—23 X	156—205	3—10 IV	24 III—2 IV	14—23 III	9—21 IV
Южная Туркмения	12—20 III	29 X—12 XI	223—245	15—22 III	5—12 III	23 II—2 III	25—30 III
Кура-Араксинская низменность	18—28 III	20—29 XI	243—255	4—19 IV	3 II—6 IV	3 II—28 II	30 III—11 IV

этой культуры во влаге в течение вегетационного периода. Исключение составляет весенний период, когда во многих хлопководческих районах создаются условия естественного увлажнения, благоприятные для получения всходов хлопчатника. Этому способствует наличие запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы и выпадение достаточного количества осадков для получения всходов хлопчатника без дополнительных (подпитывающих) поливов. Наиболее неблагоприятные условия в это время складываются в Ферганской долине Сурхандарьи, где запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к моменту сева хлопчатника могут опускаться до 80—90 мм. Несколько выше запасы (нижний предел 120—130 мм влаги) в это время в Кура-Араксинской низменности, в Арысь-Туркестанском районе, в долине Кашкадарьи и в Южной Туркмении. В этих районах весенние осадки невелики, хотя в отдельные годы они могут составлять 80—120 мм. В южных же хлопководческих районах Средней Азии выпадающих осадков вообще недостаточно для получения всходов по естественному увлажнению. С другой стороны, интенсивные осадки, выпадающие здесь в короткие промежутки времени, носят ливневой характер, затрудняют проведение предпосевных и посевных работ, способствуют образованию почвенной корки различной интенсивности (см. табл. 1.8). Почвенная корка затрудняет появление всходов, которые в этих случаях запаздывают, посевы иногда изреживаются, причем изреживание тем больше, чем интенсивнее осадки и чем плотнее и толще почвенная корка. Для разрушения почвенной корки необходимо проведение дополнительных агротехнических мероприятий, что повышает себестоимость продукции хлопчатника.

Одним из наиболее опасных для хлопчатника метеорологических явлений в летний период по праву считаются суховеи (засухи). В период формирования урожая хлопчатника суховеи могут вызвать сильное опадение плодозлементов. Интенсивный и продолжительный суховей может привести к полной гибели растений.

Суховеи наблюдаются почти ежегодно (80—100 % лет), но их продолжительность изменяется в различных районах возделывания хлопчатника. Несколько меньшее, но все же значительное число дней с суховеями наблюдается в долинах Кашкадарьи и Сурхандарьи и в Юго-Западном Таджикистане. Реже всего суховеи отмечаются в Ферганской долине (табл. 1.11). Наибольшее число дней с суховеями отмечается в Южной Туркмении, где бывает от 30 до 66 таких дней, достигая в отдельные годы 112.

Таблица 1.11

Среднее число дней и вероятность лет с суховеями в хлопководческих районах Средней Азии и Казахстана

Хлопководческий район	Среднее число дней по месяцам						Число дней за теплый период			Вероятность, %
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	среднее	наибольшее	наименьшее	
Арысь-Туркестанский	0	0	2—4	4—6	2—3	0	6—8	17—25	0	85—95
Ташкент-Янгиерский	0	0	1—4	2—7	1—4	0	3—15	16—41	0—4	80—100
Ферганская долина	0	0	0—4	0—8	0—5	0	0—18	1—46	0—4	16—100
Долина Зеравшана	0	0—1	1—6	2—9	0—3	0	3—18	8—44	0—3	82—100
Долина Кашкадарьи	0	0—1	3—9	6—15	3—9	0	12—34	32—84	0—1	89—100
Долина Сурхандарьи	0	0—3	1—13	3—21	1—10	0—1	5—48	19—85	0—11	84—100
Юго-Западный Таджикистан	0	0—1	4—10	7—20	2—13	0—1	13—45	45—103	0—14	90—100
Долина среднего течения Амударьи	0	1	6—7	7—12	4—5	0	18—26	47—54	5—9	100
Низовья Амударьи	0	1	1—4	2—5	1—2	0	4—12	14—35	0	86—100
Южная Туркмения	0	1—4	6—17	12—25	8—17	1—3	30—66	61—112	10—37	100

ГЛАВА 2. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ХЛОПЧАТНИКА

По своей сути, исследования влияния агрометеорологических условий на темпы развития хлопчатника сводятся к оценке влияния отдельных факторов или комплекса факторов внешней среды, определяющих продолжительность межфазных периодов развития различных по скороспелости его сортов. При решении этой задачи часто выявляется роль основных факторов, таких, как температура воздуха (почвы) и влажность почвы. Особое внимание при этом уделяется нахождению прямых эмпирических связей между скоростью развития растений и агрометеорологическими факторами. Результаты этих исследований позволили к началу 80-тых годов разработать основные методы агрометеорологических прогнозов, которые изложены в «Руководстве по агрометеорологическим прогнозам» [100, 101] и успешно используются в настоящее время в практике агрометеорологического обеспечения хлопководства.

В период жизненного цикла растения хлопчатника проходят несколько фенологических фаз. Каждая фаза развития характеризуется качественными и количественными изменениями в состоянии растений, образованием новых органов и определяется рядом морфометрических признаков.

У хлопчатника наблюдаются следующие фазы развития [72]: 1) прорастание семян, 2) всходы, 3) образование настоящих листьев, 4) бутонизация, 5) цветение, 6) раскрытие первых коробочек, 7) созревание первых коробочек, 8) прекращение вегетации.

От фазы прорастания семян до наступления фазы бутонизации растения хлопчатника растут и развиваются. Вступление же хлопчатника в фазу бутонизации знаменует собой начало репродуктивного периода. С этого момента у хлопчатника идут процессы образования бутонов, затем в период цветения и плодообразования на кусте хлопчатника одновременно можно наблюдать бутоны, цветы, завязи, коробочки, а затем раскрывшиеся и созревшие коробочки.

Основными материалами для разработки количественных показателей влияния агрометеорологических условий на развитие различных сортов хлопчатника явились результаты многолетних экспериментально-полевых исследований и тематических наблюдений, проведенных на некоторых агро- и гидрометеорологических станциях хлопководческих республик Советского Союза. Кроме того, были использованы данные многолетних наблюдений над состоянием хлопчатника и агрометеорологическими условиями на

полях колхозов, совхозов и госсортоучастков. Эти наблюдения проводились на гидрометеостанциях в различных хлопководческих районах.

2.1. Прорастание семян и появление всходов

После сева прорастание семян хлопчатника в почве начинается с роста корешка, затем подсемядольного колена. Корешок выходит из семени, раздвигая кожуру на узком микропилярном конце, и быстро углубляется в почву. Гипокотиль (широкий конец корешка) в процессе роста выгибается и этим изгибом пробивает слой почвы. Выходя на дневную поверхность почвы, дуга подсемядольного колена извлекает набухшие и начавшие рост семядоли из кожуры, выносит их из верхнего слоя почвы и постепенно выпрямляется. Развернувшиеся семядольные листья проростка на свету быстро зеленеют.

Своевременное появление всходов хлопчатника относится к главным факторам среди многих других, которые необходимы для получения высоких и стабильных урожаев хлопка-сырца.

Для получения всходов в оптимальные сроки необходимо наличие благоприятных условий для прорастания семян. Многие факторы, такие, как качество посевного материала, подготовленность почвы к посеву, температура, влажность, кислород, углекислый газ и содержание в почве рН, влияют на скорость и дружность (одновременность) появления всходов. Появление дружных здоровых всходов зависит не только от темпов прорастания семян, но и от состояния верхних слоев почвы, через которые проходят проростки семян.

Следовательно, получение полноценных всходов определяется комплексом взаимосвязанных факторов. Основными агрометеорологическими факторами, определяющими скорость развития растений в период сев—появление всходов, являются влажность почвы, температура воздуха и верхнего слоя почвы.

Для определения потребности в тепле хлопчатника, как и любой другой сельскохозяйственной культуры, необходимо знать нижний предел температуры, при котором начинается развитие растений. Знание нижнего предела позволяет рассчитать сумму эффективных температур, необходимых для завершения определенных фаз развития. В литературных источниках приводятся различные данные относительно температуры прорастания семян хлопчатника. Большинство исследователей считают, что при наличии влаги в почве семена хлопчатника прорастают при средней суточной температуре воздуха не ниже 10—12 °С. Полевые опыты, проводимые на АГМС Бозсу начиная с 20-тых годов, также подтверждают, что прорастание семян хлопчатника происходит при температуре воздуха выше 10 °С. Хорошие дружные и жизнеспособные всходы появляются в те годы, когда средние суточные температуры воздуха в период сев—всходы изменяются в пределах 16—18 °С. Самый короткий период сев—появление всходов хлоп-

чатника обычно составляет 6—8 дней и наблюдается при средней суточной температуре воздуха 25—26 °С.

Первая попытка разработать способ оценки влияния температуры на скорость развития хлопчатника была выполнена Г. С. Зайцевым в конце 20-тых годов [29]. Для решения этого вопроса Г. С. Зайцев впервые применил метод различных сроков сева. На базе материалов полевых наблюдений им было установлено, что скорость прохождения хлопчатником отдельных фаз (по Г. С. Зайцеву — изофаз) зависит от температуры воздуха. Чуть позже появились почти одновременно работы И. Г. Мирошниченко [53] и Т. Д. Лысенко [45]. Они предложили уравнения связи, позволяющие определить продолжительность периода развития в зависимости от средних температур этого периода. А. А. Скворцовым и Л. Н. Бабушкиным [109] был предложен более приемлемый способ, согласно которому связь между средней скоростью развития хлопчатника за конкретный межфазный период и средней температурой этого периода выражается следующей формулой:

$$\frac{1}{n} = \frac{t_{\text{ср}} - B}{A}, \quad (2.1)$$

где $\frac{1}{n}$ — средняя скорость развития растения, т. е. часть периода развития, проходимая им за один день (n — продолжительность периода); $t_{\text{ср}}$ — средняя температура периода, °С; B — нижний предел температуры, при которой начинается развитие, т. е. нижний предел эффективных температур; A — сумма эффективных температур (°С), необходимая для прохождения рассматриваемого периода развития растения.

Авторами работы [109] была установлена связь между скоростью развития хлопчатника и средней температурой воздуха для различных межфазных периодов, в том числе для периода сев—всходы. На основе найденных ими нижних пределов температуры были рассчитаны суммы эффективных температур воздуха, необходимые для прохождения отдельных фаз и всего периода развития (сев—созревание) с учетом скороспелости возделываемых сортов хлопчатника.

Этот метод в дальнейшем широко распространился в практике агрометеорологии. На его основе были разработаны агрометеорологические показатели скорости развития для многих других культур (овощные, бахчевые, плодовые и т. д.). Этот метод применяется и в настоящее время для решения аналогичных задач не только в нашей стране, но и за рубежом. Так, например, Г. А. Констабл [129] исследовал влияние температуры на раннюю стадию развития хлопчатника на основе полевых экспериментальных наблюдений в течение трех лет (1972—1974 гг.). Им был собран значительный материал по срокам сева (десять сроков, с интервалом в неделю начиная со 2-й декады сентября). На

основе этого материала путем регрессионного анализа была установлена связь скорости прорастания семян хлопчатника с температурой. Было определено, что развитие хлопчатника в условиях Австралии в период сев — появление листьев прекращается при средней температуре ниже $11,4^{\circ}\text{C}$. Это же значение температуры было получено и графическим методом, предложенным Л. Н. Бабушкиным [16], т. е. значение нижнего предела температуры было найдено по графику ее связи со скоростью прорастания семян путем линейной интерполяции.

При достаточных запасах влаги в почве, по данным Л. Н. Бабушкина [16], для прохождения периода сев — всходы необходима сумма эффективных температур воздуха, равная 84°C при нижнем ее пределе 10°C . Эта сумма температур была установлена независимо от скороспелости возделываемых сортов хлопчатника в Узбекистане в 30-е годы. В последующем Л. Н. Бабушкиным были получены новые более точные агрометеорологические показатели темпов развития различных по скороспелости сортов хлопчатника, которые возделывались в 40-х и в начале 50-х годов [17].

Позднее вопросам влияния гидротермических условий окружающей среды на продолжительность периода сев — всходы занимались И. Г. Сабина [103], М. В. Мухамеджанов и А. З. Закиров [69, 70], В. В. Карнаухова [39], Н. С. Орловский [79, 80], Ф. А. Муминов, А. К. Абдуллаев и Н. И. Осипова [51].

По данным наблюдений в 1953—1958 гг. на агро- и гидрометстанциях, расположенных в Узбекистане, И. Г. Сабина [103] изучала закономерности, связывающие изменение продолжительности периода сев — всходы хлопчатника с температурой и запасами продуктивной влаги в почве. При изменении запасов влаги в слое почвы 0—5 см от 6 до 11 мм за период сев — всходы ею была установлена следующая зависимость:

$$n = \frac{295,0}{t^{1,85}}, \text{ или } \lg n = 2,4698 - 1,85 \lg t, \quad (2.2)$$

$$r = -0,75 \pm 0,03,$$

где n — число дней за период сев — всходы; t — средняя суточная температура воздуха. Число случаев, использованных при расчете уравнения, составляло 110. Было получено, что при нижнем пределе температуры 10°C сумма эффективных температур за период сев — всходы составляет 100°C .

Влияние запасов продуктивной влаги в слое почвы 0—5 см на продолжительность периода сев — всходы также количественно было установлено И. Г. Сабининой [103]. При этом зависимости продолжительности периода сев — всходы от запасов влаги устанавливались для различных градаций температуры воздуха. Полученные зависимости представлены в табл. 2.1. Наглядное представление о зависимости продолжительности периода сев — всходы от двух факторов — влажности почвы и температуры

Таблица 2.1

Зависимость продолжительности периода сев—всходы n (дни) от средних за период запасов влаги в слое почвы 0—5 см W при различных градациях средней суточной температуры воздуха за этот период (по И. Г. Сабининой)

Температура, °С	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Ошибка коэффициента корреляции	Число случаев	Номер уравнения
14—15	$n = \frac{93,3}{W^{0,76}}$	—0,70	$\pm 0,08$	18	(2.3)
16—17	$n = \frac{83,1}{W^{0,85}}$	—0,70	$\pm 0,06$	30	(2.4)
18—19	$n = \frac{117,0}{W^{1,15}}$	—0,80	$\pm 0,07$	24	(2.5)
20—25	$n = \frac{57,6}{W^{0,85}}$	—0,76	$\pm 0,07$	16	(2.6)

воздуха — можно получить по рис. 2.1. Была также разработана шкала оценки степени благоприятности агрометеорологических условий для прорастания семян и появления всходов хлопчатника (табл. 2.2).

И. Г. Сабинина и М. М. Котышева [105] отмечают, что задержка появления всходов на почвах разного типа начинается при следующих значениях влажности: 15 % (тяжелосуглинистая почва), 13—14 % (среднесуглинистая) и 11 % (легкосуглини-

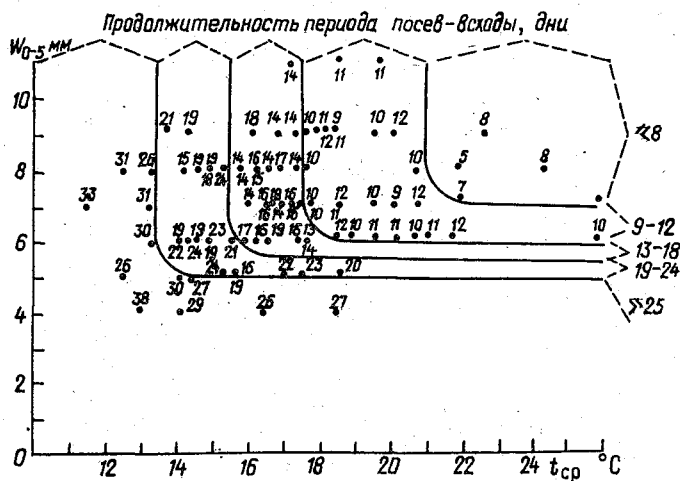


Рис. 2.1. Зависимость продолжительности периода сев—всходы хлопчатника (цифры у точек — дни) от температуры воздуха $t_{ср}$ и увлажнения почвы W_{0-5} в слое 0—5 см.

стая). Если перевести эти значения в миллиметры продуктивной влаги, то для слоя почвы 0—5 см (глубина заделки семян) они равны примерно 5 мм. Аналогичная ситуация наблюдается на посевах при наличии почвенной корки или в случае посева на засоленной, предварительно плохо промытой почве. По данным Г. А. Констабла [129], проводившего в Австралии опыты по

Таблица 2.2

Оценка агрометеорологических условий за период сев—всходы хлопчатника
(по И. Г. Сабининой)

Средняя температура воздуха, °С	Средние запасы продуктивной влаги (мм) в слое почвы 0—5 см	Продолжительность периода, дни	Оценка агрометеусловий, баллы
≥21,1	≥7,0	≤8	5
17,6—21,0	≥6,0	9—12	4
15,6—17,5	≥5,5	13—18	3
13,6—15,5	≥5,5	19—24	2
≥13,6	5,4—5,0	≥25	1
≤13,5	Любое значение	≥25	1
Любое значение	≤5		

сеvu хлопчатника в различные сроки, при достаточной влажности почвы темпы развития хлопчатника зависят главным образом от температуры, а при низких запасах влаги независимо от температуры процесс прорастания семян идет медленно.

В 60-е годы и особенно начиная с 1971 г. в производство интенсивно внедрялись новые высокоурожайные и устойчивые к болезням среднеспелые и тонковолокнистые сорта хлопчатника. Например, сорта хлопчатника ташкентской группы в довольно короткий срок были интенсивно размножены и площадь под ними достигла в 1975 г. более 1,5 млн. га. Внедрение сортов ташкентской группы позволило резко снизить заболеваемость хлопчатника вилтом и увеличить урожай.

В связи с широким внедрением в производство новых сортов и значительным улучшением технологии возделывания хлопчатника возникла необходимость разработки агрометеорологических показателей условий развития, роста и формирования урожая новых сортов хлопчатника с целью обеспечения оперативного обслуживания хлопководства Советского Союза. В 70-х годах в отделе агрометеорологии САНИГМИ им. В. А. Бугаева проводились специальные исследования с целью разработки методики объективной оценки и прогноза условий роста, развития и формирования урожая хлопчатника с учетом новых районированных сортов. В первую очередь следовало уточнить существующие показатели темпов развития хлопчатника и получить таковые для новых районированных его сортов.

Впервые разработки в этом направлении для сортов ташкентской группы были выполнены в 1970—1971 гг. [75]. В 1972—

1975 гг. исследования по выявлению зависимостей скорости развития хлопчатника от агрометеорологических условий за отдельные межфазные периоды были продолжены в отделе агрометеорологии САНИГМИ не только для сортов ташкентской группы, но также и для других сортов.

Статистический анализ материалов экспериментальных и экспедиционных исследований, а также данных тематических и ре-

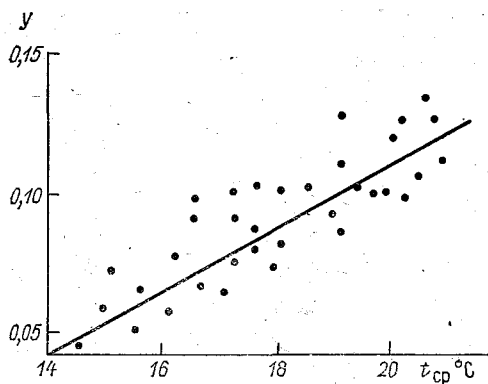


Рис. 2.2. Связь скорости развития Y хлопчатника сорта С-4727 со средней температурой воздуха t_{cp} за период сев—всходы.

жимных агрометеорологических наблюдений на гидрометстанциях хлопководческих республик Советского Союза за 1961—1974 гг. позволил установить зависимости между скоростью развития некоторых основных сортов хлопчатника и температурой воздуха за отдельные периоды их развития с учетом влажности почвы.

Первоначально были построены графические зависимости между скоростью развития хлопчатника $Y = \frac{1}{n}$ и средней температурой воздуха t_{cp} за период сев—всходы (рис. 2.2). Затем методом наименьших квадратов были найдены уравнения связи, которые имеют следующий вид:

для скороспелого сорта С-4727

$$Y = 0,01t_{cp} - 0,0909, \quad (2.7)$$

$$r = 0,82 \pm 0,04, \quad S_y = \pm 0,0045;$$

для среднеспелых сортов
Ташкент-1

$$Y = 0,0099t_{cp} - 0,098, \quad (2.8)$$

$$r = 0,82 \pm 0,047, \quad S_y = \pm 0,0148;$$

Ташкент-2

$$Y = 0,01150t_{cp} - 0,1850, \quad (2.9)$$

$$r = 0,86 \pm 0,041, \quad S_y = \pm 0,0194;$$

$$Y = 0,0130t_{\text{ср}} - 0,1520, \quad (2.10)$$

$$r = 0,87 \pm 0,037, \quad S_y = \pm 0,0169;$$

для среднеспелых сортов 153-Ф, 149-Ф, 152-Ф, 159-Ф, 141-Ф и 133

$$Y = 0,0061t_{\text{ср}} - 0,0288, \quad (2.11)$$

$$r = 0,65 \pm 0,057, \quad S_y = \pm 0,0178.$$

Проверка уравнений показала, что для сортов ташкентской группы из 97 случаев (с хорошей влажностью почвы) в 95 % отклонение рассчитанной продолжительности периода сев—всходы от наблюдаемой не превышало ± 2 дня. В 5 % случаев отклонение превышало ± 3 дня, что было обусловлено наличием почвенной корки.

По уравнениям (2.7)—(2.11) были рассчитаны суммы эффективных температур воздуха (выше 10°C) для периода сев—всходы при достаточной обеспеченности растений влагой. Для скороспелого сорта сумма эффективных температур составляла 95°C , а для всех среднеспелых сортов она равнялась 100°C . Аналогичной была сумма температур и для позднеспелых сортов хлопчатника (С-6030, 5904-И и др.). Следовательно, на продолжительность рассматриваемого периода сортовые особенности хлопчатника практически не влияют (имеющиеся расхождения по существу находились в пределах ошибок наблюдений или не имели практического значения).

По сообщению Г. В. Бадиной [19], сортовые отличия в продолжительности периода сев—всходы не проявляются и у некоторых бобовых растений (гороха, бобов, фасоли). Такая же картина наблюдается у яровой пшеницы, ячменя, кукурузы и других культур [126].

Анализ материалов наблюдений показывает, что нередко в северных хлопководческих районах посевы хлопчатника страдают от медленного прогревания почвы, а в южных районах — от ухудшения влагообеспеченности в весенний период за счет интенсивного испарения влаги с верхних слоев почвы.

По нашим данным, продолжительность периода сев—всходы n в зависимости от средней суточной температуры воздуха за период $t_{\text{ср}}$ для посевов с опущенными семенами при запасах влаги в слое почвы 0—5 см за этот период 6—10 мм изменяется следующим образом:

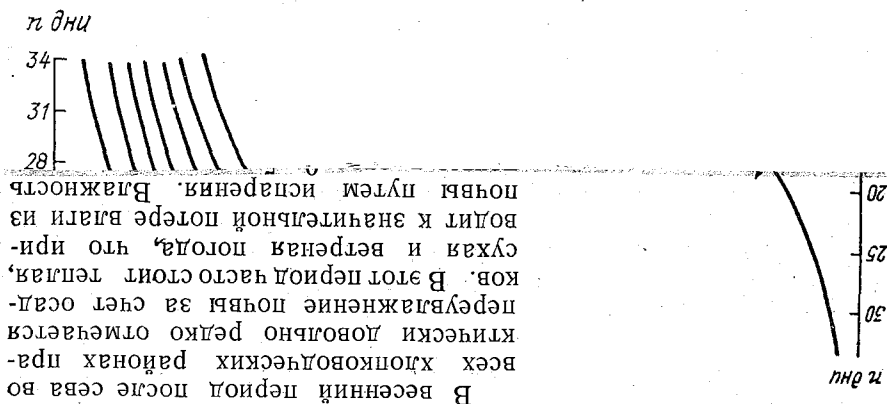
$t_{\text{ср}}$	13	14	15	16	17	18	20
n	30	25	20	16	14	12	10

На рис. 2.3 графически изображены отрезками гиперболы связи числа дней периода сев—всходы со средней суточной темпе-

где ежегодно возможно образование сильной почвенной корки. Иются в районах, прилегающих к среднему течению Сырдарьи, лет. Наименее благоприятные условия для хлопчатника отмечаются в Таджикистане, где образование корки возможно 2—5 раз в 10 лет. На втором месте стоят равнинные и низкогорные районы Ферганской долины, Сырдарьи и отчасти Южного Казахстана. На втором месте стоят равнинные и низкогорные корки отмечаются в районах низовьев Амударьи. Почвенная корка образуется редко возможности для образования почвенной корки в весенний период отмечается во всех хлопководческих районах. Согласно исследованию Л. Н. Бабушкина [18], наиболее редкая возможность для образования почвенной корки в весенний период отмечается во всех хлопководческих районах. Поэтому образование корки — чрезвычайная остротность и слабая особенность — чрезвычайная остротность и слабая особенность образования почвенной корки. Основная причина этой особенности — чрезвычайная остротность и слабая особенность образования почвенной корки. Основная причина этой особенности — чрезвычайная остротность и слабая особенность образования почвенной корки.

тивных температур от 100 до 205 °C и соответственно к увеличению продолжительности периода сев—всходы в 2 раза при одной и той же средней температуре воздуха.

Увеличение продолжительности периода сев—всходы отмечается также при обильных осадках вследствие уменьшения притока солнечной радиации к посевам за счет увеличения облачности и снижения средних температур воздуха. Осадки в весенний период, если они выпадают периодически и в умеренном ко-



В весенний период после сева во всех хлопководческих районах пражически довольно редко отмечается переувлажнение почвы за счет осадков. В этот период часто стоит теплая, сухая и ветреная погода, что приводит к значительной потере влаги из почвы путем испарения. Влажность

Следует также отметить, что в отдельные годы в течение периода сев—всходы почвенная корка может образовываться несколько раз. Поэтому колхозы и совхозы должны заблаговременно, до начала посевной компании подготовить все необходимые средства, чтобы после выпадения значительных осадков (более 10 мм в сутки) своевременно приступить к разрушению почвенной корки. Разрушение почвенной корки в момент наступления физической спелости почвы, т. е. до ее затвердения,

Таблица 2.4

Изменение толщины почвенной корки в зависимости от технологии подготовки почвы и способа сева

Дата сева	Толщина почвенной корки (мм) по вариантам опыта			
	ровное поле, сев с междурядьями, см		сев хлопчатника по	
	60 см	90 см	гребням	грядам
15—16 IV 1970 г.	18,2	17,2	11,0	11,2
14 IV 1971 г.	18,2	17,7	10,0	9,7
20 IV 1972 г.	29,2	28,6	10,5	10,4

приводит к значительному ослаблению вредного действия корки на появление всходов.

В настоящее время для борьбы с почвенной коркой предложено много агрономических методов, в которых учитываются современные знания о почвенной корке и появлении всходов. Отметим некоторые из них. При образовании почвенной корки до появления всходов ее разрушают легкими боронами или вращающимися мотыгами. Большое значение при борьбе с коркообразованием имеет мульчирование почвы, которое предохраняет поверхность от быстрого высыхания и сохраняет ее увлажненной. Одним из методов, предотвращающих образование корки, является изменение геометрии поверхности почвы, например, сев хлопчатника на заранее подготовленные гребни и грядки.

Для подтверждения сказанного приводится табл. 2.4, которая составлена по материалам С. Н. Рыжова, В. П. Кондратюка и Ю. А. Погосова [102]. Как видно из табл. 2.4, толщина почвенной корки зависит от рельефа поверхности почвы: на ровном поле она почти в 2 раза больше, чем на грядках и гребнях. Аналогичная картина создается также и при сопоставлении значений массы и особенно мощности (плотности) почвенной корки на различных по геометрии поверхностях. Сев хлопчатника по гребням сильно влияет на степень коркообразования и значительно уменьшает вредное действие корки на темпы появления всходов. Гребневая поверхность почвы не только уменьшает процесс коркообразования, но и благоприятно влияет на гидротермический режим почвы. В связи с этим к настоящему времени проблеме

исследования технологии возделывания сельскохозяйственных культур и в частности хлопчатника по грядкам и гребням уделено достаточно много внимания. В ряде работ [102, 117] дается обзор литературных источников, характеризуются достоинства и недостатки проведенных исследований. Так, например, в работе [102] отмечается, что в Средней Азии до последнего времени вопросам возделывания сельскохозяйственных культур, особенно хлопчатника, на грядках и гребнях уделялось сравнительно мало внимания. В то же время, согласно исследованиям многих авторов, при севе хлопчатника по грядкам и гребням наблюдается повышение урожайности за счет улучшения теплового, воздушного, водного режима, микробиологических условий, структуры пахотного слоя почвы и режима питания хлопчатника.

По данным А. К. Кашкарова и Т. З. Файзиева [42], возделывание хлопчатника на гребнях позволяет поддерживать почву в рыхлом состоянии. Они считают, что при таком способе сева почвы лучше прогреваются, ускоряется рост и развитие хлопчатника, урожайность повышается на 3—4 ц/га. Преимущества сева хлопчатника на грядках и гребнях перед обычным севом показаны и в монографии [102]. Авторы монографии по данным полевых опытов изучали влияние различных способов подготовки почвы и сева не только на сложение ее пахотного слоя и урожайность хлопчатника, но и на другие факторы: гидротермический режим почвы, скорость развития хлопчатника и т. д. Согласно приведенным данным, при одинаковых сроках сева температура почвы на грядках и гребнях выше, чем на ровном поле, особенно это заметно в дневные часы. В результате на ровном поле отмечалось отставание в развитии хлопчатника в сравнении с его развитием на гребнях.

Например, за период сев—всходы это отставание, по данным опытов 1970—1973 гг., составляло от 2 до 8 дней. Аналогичные результаты получены и в работе И. Т. Турапова, Р. Р. Авезова и Б. Х. Касимова [117], где большое внимание уделено физическому обоснованию феномена повышения температуры, улучшения влаго- и теплообмена в почве при севе хлопчатника на гребнях. К сожалению, вывод авторов о повышении на 2,5—3 °C средней суточной температуры почвы под гребневой поверхностью на глубине залегания семян (5—10 см) по сравнению с температурой почвы на ровном поле не подтвержден материалами наблюдений.

На скорость прорастания семян сельскохозяйственных культур определенное влияние оказывает глубина заделки семян. Согласно исследованиям Ю. И. Чиркова [121], сумма эффективных температур воздуха, необходимая для прохождения периода сев—всходы, возрастает в среднем на 7 °C при увеличении глубины заделки на 1 см (заданная глубина заделки семян кукурузы равна 4 см). Аналогичная зависимость характерна и для посевов хлопчатника. В настоящее время для луговых и лугово-болотных, медленно прогреваемых почв, рекомендована за-

делка семян хлопчатника на глубину 3—4 см, а для всех остальных земель — на глубину 4—5 см.

Теперь уделим еще некоторое внимание вопросу влияния на скорость развития хлопчатника качества посевного материала и плотности пахотного горизонта почвы. Выше уже указывалось, что скорость прорастания семян зависит от качества посевного материала и подготовленности почвы к посеву.

Всхожесть семян хлопчатника должна быть выше 88 %. Семена должны быть сортированными по крупности и протравленными соответствующими препаратами. В полевых условиях только семена высокой всхожести дают нормальные всходы и обеспечивают заданную густоту посевов. Семена низкой всхожести прорастают медленно и неравномерно, всходы в этом случае задерживаются и бывают изреженными.

Для многих почв известна оптимальная плотность пахотного слоя. Например, по данным Р. Курвантаева и Ж. Икрамова [44], оптимальная плотность пахотного слоя типичного серозема и незасоленной луговой почвы находится в пределах 1,1—1,3 г/см³, а светлого серозема — в пределах 1,2—1,4 г/см³ и т. д. При увеличении плотности верхнего слоя почвы до 1,6 г/см³ скорость прорастания семян снижается. Поэтому наряду с другими факторами внешней среды плотность почвы пахотного слоя учитывается при моделировании роста и развития посевов хлопчатника, в том числе при описании периода прорастания семян и появления всходов [131].

Таким образом, темпы развития хлопчатника в период сев—появление всходов зависят от комплекса взаимосвязанных факторов: биологических, почвенных и агрометеорологических. Основными факторами, определяющими степень благоприятности агрометеорологических условий для развития хлопчатника в этот период, являются влажность почвы и температура.

Приведенные выше агрометеорологические показатели развития хлопчатника позволяют провести оценку агрометеорологических (сложившихся и ожидаемых) условий развития хлопчатника за период сев—всходы. Для облегчения этой работы составлена табл. 2.5, данные которой применимы для оценки условий развития хлопчатника в период сев—всходы.

Известно, что при длительном нахождении семян в почве появившиеся растения обычно бывают слабыми, хилыми и легко поражаются болезнями. Кроме того, всходы получают изреженными, вследствие чего возникает необходимость подсевов и в некоторых случаях пересевов. Полноценные всходы появляются в тех случаях, когда семена хлопчатника лежат в почве менее 25 дней.

Поэтому агрометеорологические условия, приводящие к появлению всходов через 26 дней и более, являются неблагоприятными для прорастания семян хлопчатника и оцениваются 2 баллами. Если продолжительность периода сев—всходы составляет 20—25 дней, то условия для появления всходов можно считать

Продолжительность периода сев—всходы хлопчатника в зависимости от температуры воздуха и запасов продуктивной влаги в слое почвы 0—5 см на дату сева

Запасы продуктивной влаги, мм	Сумма эффективных температур, °C	Продолжительность периода (дни) при средней за период температуре воздуха, °C											
		25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
8	100	7	7	8	8	9	10	11	12	13 (14)	15 (17)	17 (20)	20 (25)
7	115	8	8	9	10	10	11	13	14	14 (16)	17 (19)	20 (23)	23 (29)
6	125	8	9	10	10	11	12	14	15	16 (18)	19 (21)	22 (25)	25 (31)
5	145	10	10	11	12	13	14	16	18	19 (21)	22 (24)	25 (29)	29 (36)
4	160	11	11	12	13	15	16	18	20	21 (23)	24 (27)	28 (32)	32 (40)
3	180	12	13	14	15	16	18	20	22	24 (26)	27 (30)	31 (36)	36 (45)
2	205	14	15	16	17	19	20	23	25	27 (29)	31 (34)	36 (41)	41 (51)

Примечание. Без скобок приведены значения продолжительности периода сев—всходы, рассчитанные по средней декадной температуре воздуха с учетом поправки на ее суточный ход, а в скобках — без учета этой поправки.

удовлетворительными (оценка 3 балла). Хорошими условиями (4 балла) для появления всходов можно считать такие, при которых всходы появляются через 14—19 дней, а если продолжительность периода менее 14 дней, то условия считаются очень хорошими (5 баллов).

При расчете (прогнозе) появления всходов хлопчатника необходимая сумма эффективных температур, определенная с учетом

Таблица 2.6

Перевод средних декадных температур в суммы эффективных температур за декаду при нижнем пределе эффективных температур, равном 10 °C

Градусы	Десятые доли градуса									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
5	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6
6	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9
7	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13
8	14	14	14	15	15	16	16	16	17	17
9	17	18	18	19	19	19	20	20	21	21
10	22	22	22	23	23	24	24	25	25	25
11	26	27	28	28	29	30	31	32	33	34
12	35	36	37	38	39	40	40	41	42	43
13	43	44	45	45	46	47	48	48	49	50
14	50	51	52	52	53	54	55	55	56	57
15	58	59	60	61	62	63	64	65	66	66
16	67	68	69	69	70	71	72	73	73	74
17	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82
18	82	83	84	85	86	86	88	89	90	90
19	91	92	93	93	94	95	96	97	98	99

влажности почвы, подсчитывается по ожидаемой по прогнозу средней декадной температуре воздуха с поправкой (если температура ниже 19 °C) на ее суточный ход по данным табл. 2.6. Здесь уместно отметить, что суммы температур, приведенные в табл. 2.6, являются достаточно надежными и могут быть использованы при проведении соответствующих расчетов по всей территории Средней Азии, поскольку они получены на основании материалов восьмисрочных наблюдений гидрометстанций (982 декад), расположенных в сельскохозяйственных районах Узбекистана, Туркмении, Таджикистана и Киргизии.

Таким образом, приведенные показатели позволяют рассчитать дату появления всходов на основе следующих данных:

- 1) даты сева,
- 2) запасов влаги в слое почвы 0—5 см в день сева,
- 3) средних многолетних декадных значений температуры воздуха,

4) ожидаемых по прогнозу средних декадных температур воздуха.

Процесс составления прогноза изложен в работах [51, 101]. Прогнозы составляются для наиболее распространенных в конкретном районе сортов хлопчатника и для нескольких сроков сева с учетом пересевов. При составлении прогноза следует учесть, кроме температуры воздуха и влажности почвы, те условия, которые влияют на темпы прорастания семян хлопчатника и могут привести к ошибкам в расчетах.

2.2. Выбор оптимальных сроков сева хлопчатника

Результаты многолетних научных исследований и передовой опыт колхозов и совхозов показывают, что от сроков сева зависит начало массового цветения и раскрытия первых коробочек хлопчатника, степень благоприятности условий осеннего периода для уборки урожая и, конечно, валовой урожай, особенно доля заморозного сбора урожая хлопка-сырца [5, 70, 80]. Сроки сева сказываются также и на эффективности агротехнических мероприятий: борьбе с сорной растительностью, вредителями и болезнями, на эффективности использования удобрений и дефолиантов. Выбор тех или иных сроков сева представляет определенную возможность возделывать хлопчатник в условиях различной продолжительности светлого времени суток, различных температур и влажности почвы и воздуха.

Оптимальные сроки сева хлопчатника зависят от большого числа разнообразных факторов (биологических, почвенных, хозяйственных, метеорологических и др.), которые следует принимать во внимание при их выборе. Одними из ведущих агрометеорологических факторов, определяющих оптимальность сроков сева хлопчатника, являются температура воздуха и влажность почвы, а также их благоприятные сочетания, влияют на этот выбор и поздние весенние заморозки [39, 40, 62], которые относятся к опасным явлениям погоды.

Результаты анализа агрометеорологических условий весеннего периода показывают, что лучшие сроки сева хлопчатника наступают после десяти дней, в которые средняя суточная температура воздуха удерживалась в пределах 12—14 °С. Эти сроки обычно совпадают с началом периода интенсивного нарастания температуры, что обеспечивает получение дружных и здоровых всходов на 15—20-й день после сева. К началу этого периода во многих хлопководческих районах почва обычно сохраняет достаточную влажность, если она хорошо и своевременно обработана до начала сева. Это дает основание считать, что для хлопчатника с опушенными семенами в условиях Средней Азии оптимальным является срок сева, совпадающий с датой устойчивого перехода температуры воздуха весной через +12 °С.

Для выращивания высокого урожая хлопчатника недостаточно получить дружные полноценные всходы, важно еще сохранить их

от вредного действия заморозков. Поздние весенние заморозки, особенно заморозки на поверхности почвы ($-0,5 \dots -2,0^{\circ}\text{C}$), вызывают гибель появившихся всходов хлопчатника, что приводит к изреженности посевов и влечет за собой пересевы на больших площадях. Поэтому сев хлопчатника следует проводить в сроки, при которых вероятность повреждения всходов заморозками должна быть наименьшей — не более 1—2 раз в 10 лет. Такими сроками для сева хлопчатника в хлопководческих районах Средней Азии и юга Казахстана являются даты устойчивого перехода температуры воздуха через 12°C [62].

В Азербайджане, как правило, всходы хлопчатника весенними заморозками не повреждаются, поскольку во всех хлопководческих районах республики заморозки прекращаются раньше, чем появляются всходы. Так, в 95 % лет заморозки прекращаются 21 февраля — 8 марта, а хлопчатник обычно сеют после устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 10°C , который происходит позже [9].

Вопросу выбора оптимальных сроков сева хлопчатника посвящается значительное число исследований, из которых следует отметить работы В. В. Карнаухова [39] и Н. С. Орловского [79, 80]. Эти авторы пришли к заключению, что сев хлопчатника следует начинать через 7—10 дней после устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C . В этом случае вероятность повреждения всходов поздними весенними заморозками составляет менее 20 %. В. В. Карнаухова предложила также комплексный показатель, с помощью которого можно определить наиболее вероятные сроки сева хлопчатника, всходы которого не подвергаются губительному действию поздних весенних заморозков. В дальнейшем этот комплексный показатель в нашей совместной работе [61] был использован при разработке рекомендаций по выбору оптимальных сроков сева хлопчатника. Этот комплексный показатель K , согласно выводам в работе [39], рассчитывается следующим образом. Если дата появления всходов совпадает с самой поздней датой прекращения заморозков, то $K=1$. Если же дата появления всходов хлопчатника совпадает с наиболее ранней датой прекращения заморозков, то $K=0$. Для промежуточных дат появления всходов хлопчатника K рассчитывается как отношение числа дней от ранней даты прекращения заморозка до даты появления всходов к числу дней от ранней до поздней даты прекращения заморозка. Значение K рассчитывается в долях единицы.

В табл. 2.7 приведены данные о средних многолетних оптимальных сроках сева хлопчатника в различных хлопководческих районах Средней Азии и юга Казахстана и соответствующих им сроках появления всходов.

Кроме того, в табл. 2.7 приводятся даты прекращения последних весенних заморозков с вероятностью 80 и 90 % и соответствующие значения коэффициентов сохранения всходов хлопчатника с той же вероятностью.

Таблица 2.7

**Агроклиматическая характеристика периода сев—всходы хлопчатника
по станциям хлопководческих районов**

Метеостанция	Срок сева при $t_{cp}=12^{\circ}C$	Дата появления всходов	Дата прекращения заморозков с ве- роятностью, %		Значения показателя K с вероятностью, %	
			90	80	90	80
Арысь-Туркестанский район,						
Туркестан	8 IV	27 IV	1 V	25 IV	0,91	1,06
Арысь	7 IV	28 IV	24 IV	18 IV	1,09	1,26
Учакты	8 IV	28 IV	24 IV	18 IV	1,07	1,18
Ташкент-Янгиерский район						
Акалтын	5 IV	25 IV	30 IV	22 IV	0,88	1,02
Бозсу	6 IV	25 IV	5 V	26 IV	0,78	0,89
Джизак	3 IV	23 IV	23 IV	17 IV	1,00	1,14
Каунчи	3 IV	24 IV	26 IV	20 IV	0,96	1,10
Сырдарья	6 IV	25 IV	30 IV	24 IV	0,90	1,02
Янгиер	30 III	19 IV	18 IV	12 IV	1,02	1,17
Пахтаарал	6 IV	24 IV	1 V	24 IV	0,86	1,00
Ферганская долина						
Андижан	1 IV	21 IV	13 IV	7 IV	1,17	1,35
Пайтуг	1 IV	20 IV	12 IV	6 IV	1,15	1,30
Джалалабад	8 IV	26 IV	19 IV	10 IV	1,10	1,27
Джарбулак	1 IV	20 IV	19 IV	13 IV	1,02	1,17
Исфара	4 IV	25 IV	17 IV	12 IV	1,20	1,37
Кассансай	8 IV	28 IV	24 IV	17 IV	1,07	1,23
Коканд	30 III	18 IV	28 IV	22 IV	0,79	0,90
Ленинабад	31 III	21 IV	15 IV	10 IV	1,14	1,30
Ленинджол	3 IV	24 IV	14 IV	8 IV	1,23	1,42
Наманган	30 III	19 IV	13 IV	8 IV	1,16	1,33
Ош	10 IV	30 IV	21 IV	15 IV	1,18	1,34
Пап	30 III	18 IV	12 IV	7 IV	1,13	1,28
Узген	11 IV	2 V	3 V	23 IV	0,99	1,13
Федченко	2 IV	21 IV	22 IV	16 IV	0,98	1,12
Фергана	31 III	20 IV	23 IV	17 IV	0,93	1,08
Долина Зеравшана						
Бухара	31 III	19 IV	25 IV	20 IV	0,86	0,97
Каракуль	30 III	18 IV	24 IV	18 IV	0,88	1,00
Навои	2 IV	22 IV	26 IV	20 IV	0,92	1,04
Наримановская	7 IV	27 IV	23 IV	17 IV	1,09	1,26
Самарканд	7 IV	27 IV	25 IV	20 IV	1,05	1,19
Долина Кашкадарьи						
Гузар	28 III	17 IV	17 IV	10 IV	1,00	1,16
Карши	31 III	19 IV	26 IV	19 IV	0,88	1,00
Китаб	3 IV	23 IV	21 IV	15 IV	1,04	1,17
Шерабад	19 III	9 IV	3 IV	28 III	1,12	1,27
Шурчи	25 III	14 IV	9 IV	2 IV	1,10	1,27

Метеостанция	Срок сева при $t_{cp} = 12^{\circ}C$	Дата появления всходов	Дата прекращения заморозков с ве- роятностью, %		Значения показателя K с вероятностью, %	
			90	80	90	80

Долина Сурхандарьи

Денау	25 III	14 IV	11 IV	5 IV	1,06	1,20
Душанбе	3 IV	24 IV	18 IV	11 IV	1,12	1,29
Орджоникидзе- абад	3 IV	23 IV	20 IV	14 IV	1,06	1,20
Термез	19 III	9 IV	8 IV	2 IV	1,02	1,15
Шахринау	3 IV	24 IV	14 IV	10 IV	1,24	1,39

Юго-Западный Таджикистан

Дангара	31 III	21 IV	15 IV	9 IV	1,13	1,30
Куляб	23 III	13 IV	10 IV	4 IV	1,06	1,20
Курган-Тюбе	23 III	13 IV	8 IV	2 IV	1,11	1,27
Нижний Пяндж	18 III	10 IV	4 IV	31 III	1,19	1,35
Пархар	20 III	10 IV	7 IV	2 IV	1,08	1,24
Шаартуз	20 III	10 IV	9 IV	3 IV	1,02	1,15
Яван	23 III	13 IV	11 IV	4 IV	1,04	1,19

Долина среднего течения Амударьи

Дарган-Ата	3 IV	22 IV	26 IV	21 IV	0,90	1,06
Чарджоу	27 III	16 IV	9 IV	5 IV	1,21	1,38
Дейнау	28 III	17 IV	18 IV	13 IV	0,98	1,10
Керки	21 III	10 IV	6 IV	1 IV	1,10	1,25
Чаршанга	16 III	5 IV	3 IV	28 III	1,04	1,21

Низовья Амударьи

Кунград	17 IV	6 V	25 IV	22 IV	1,39	1,56
Куля-Ургенч	11 IV	30 IV	26 IV	20 IV	1,09	1,26
Ленинск	11 IV	30 IV	24 IV	20 IV	1,18	1,33
Нукус	13 IV	1 V	1 V	26 IV	1,00	1,17
Ташауз	8 IV	27 IV	21 IV	18 IV	1,21	1,36
Ургенч	8 IV	27 IV	22 IV	18 IV	1,14	1,27
Хива	7 IV	26 IV	17 IV	15 IV	1,25	1,32
Чимбай	15 IV	5 V	3 V	29 IV	1,06	1,20

Южная Туркмения

Ашхабад	25 III	16 IV	10 IV	5 IV	1,16	1,33
Байрам-Али	28 III	16 IV	17 IV	10 IV	0,98	1,10
Бахарден	1 IV	20 IV	13 IV	7 IV	1,15	1,32
Иолотань	28 III	17 IV	17 IV	11 IV	1,00	1,14
Каахка	28 III	18 IV	6 IV	31 III	1,37	1,60
Серахс	26 III	15 IV	31 III	26 III	1,36	1,56
Тахта-Базар	27 III	16 IV	16 IV	8 IV	1,00	1,15
Теджен	25 III	14 IV	11 IV	5 IV	1,07	1,24

Даты устойчивого перехода температуры воздуха через 12°C сильно изменяются по территории Средней Азии в зависимости от географического положения хлопководческого района (см. рис. 1.1). Но и в пределах одного хлопководческого района сроки сева и соответствующие им даты появления всходов также колеблются в определенных пределах.

Так, в Ташкент-Янгиерском районе оптимальные сроки сева приходятся на 1-ю пятидневку апреля, а время появления всходов — на 5-ю пятидневку. При этом наиболее ранний срок сева отмечен в Янгиере (30 марта) и соответственно там наиболее ранняя дата всходов — 19 апреля, причем всходы, как правило, не подвержены губительному действию поздних весенних заморозков, так как показатель K (коэффициент сохранения всходов) здесь больше единицы. Наиболее подвержены повреждению заморозками всходы хлопчатника в районах Бозсу, Пахтаарала, Акалтына и Сырдарьи, хотя даты перехода температуры воздуха через 12°C здесь наиболее поздние (5—6 апреля).

В Ферганской долине даты устойчивого перехода температуры воздуха через 12°C распределяются следующим образом. В восточной ее части и по ее внутренним склонам они приходятся на 1-ю декаду апреля. Наиболее поздние сроки сева отмечаются на северных внешних склонах, т. е. в основном в хлопководческих районах, расположенных в Ошской области Киргизской ССР (Ош, Узген). Наиболее ранние по температурным условиям сроки сева возможны в центральной части Ферганской долины, хотя здесь достаточно велика степень повреждения всходов заморозками, так как K равен 0,80 и 0,90.

Долину р. Зеравшан можно условно разделить на северную и южную части по линии Бухара—Мубарек. В северной части даты перехода температуры воздуха через 12°C приходятся на 1-ю декаду апреля, а в южной части — на 3-ю декаду марта. Соответственно этим срокам сева всходы появляются в течение 3-й декады апреля, причем коэффициент сохранения всходов близок к единице.

В долине р. Кашкадарьи устойчивый переход температуры воздуха через 12°C наблюдается в 3-й декаде марта, за исключением предгорий, где на высоте 600—900 м над ур. м. переход температуры через 12°C происходит в начале 1-й декады апреля (3 апреля). Появление всходов хлопчатника соответственно получается растянутым в течение периода конец 1-й декады — середина 3-й декады апреля. Коэффициент сохранения всходов при этих сроках сева близок к единице и превышает ее, так как вероятность повреждения всходов хлопчатника поздними весенними заморозками здесь мала.

В долине р. Сурхандарьи при тех же сроках сева и появления всходов они вообще не подвержены действию заморозков, так как коэффициент сохранения всходов больше единицы.

В хлопководческих районах Юго-Западного Таджикистана даты устойчивого перехода температуры воздуха через 12°C при-

ходятся на 3-ю декаду марта, а появление всходов, соответствующее срокам сева в эти даты, отмечается во 2-й декаде апреля, при этом с большой степенью вероятности можно сказать, что всходы не подвержены здесь губительному действию поздних весенних заморозков.

В 3-й декаде марта переход температуры через 12°C осуществляется и в долине среднего течения Амударьи, за исключением самой северной части этого хлопководческого района (Дарган-Ата), где даты перехода через 12°C смещаются на начало 1-й декады апреля. При сроках сева, совпадающих с этими датами, всходы появляются в первой половине апреля и лишь на севере — в начале 3-й декады апреля. Вероятность повреждения всходов хлопчатника заморозками здесь незначительна.

В низовьях Амударьи период, в который наблюдается устойчивый переход температуры воздуха через 12°C , более растянут по времени, чем в других хлопководческих районах.

В северной части низовий Амударьи, до условной линии раздела Куня-Ургенч—Ленинск, переход через 12°C осуществляется во 2-й декаде апреля, а в южной — в 1-й декаде апреля. Соответственно этим датам достаточно растянут и период появления всходов, причем в северной части района их появление приходится на начало мая — самое позднее появление всходов в хлопководческих районах Средней Азии. Однако благодаря такому позднему появлению всходы хлопчатника здесь не повреждаются весенними заморозками.

В противоположность низовьям Амударьи, в Южной Туркмении очень короткий период, в который наблюдается устойчивый переход температуры воздуха через 12°C — он весь укладывается в последнюю пятидневку марта. Всходы хлопчатника соответственно появляются также в течение одной пятидневки (14—20 апреля). Однако за счет раннего появления всходов хлопчатника увеличивается вероятность их повреждения поздними весенними заморозками. Коэффициент сохранения всходов снижается до 0,73.

Следует отметить, что при сроке сева хлопчатника, совпадающем с датой устойчивого перехода температуры воздуха весной через 12°C , ни в одном хлопководческом районе не наблюдается неблагоприятных условий для появления всходов хлопчатника, т. е. продолжительность периода сев—всходы не превышает 25 дней. Такие условия для появления всходов наблюдаются в Ферганской долине на склонах западной экспозиции (Ленинджол, Джалалабад); в предгорьях Зеравшанского хребта и отрогах Кугитанга; по большей части территории Юго-Западного Таджикистана; по левому берегу Амударьи, в среднем ее течении; почти по всей территории Южной Туркмении.

Хорошие условия для появления всходов наблюдаются во многих районах Ферганской долины, в ее центральной части (Насреддинбек) эти условия переходят даже в очень хорошие (продолжительность периода менее 14 дней). Хорошие условия

наблюдаются также в долинах рек Зеравшана, Кашкадарьи и Сурхандарьи (до высоты 750 м над ур. м.); в Юго-Западном Таджикистане при продвижении вниз по долине (Пяндж), в низовьях Амударьи и по правому ее берегу в долине среднего течения; в северной части южной Туркмении (Мары, Байрам-Али).

Современный уровень оснащенности техникой колхозов и совхозов позволяет провести сев хлопчатника высококачественно за

Таблица 2.8

Число рабочих дней* за период между датами устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 12 и 15 °С

Хлопководческий район	Дата перехода температуры воздуха через		Число дней между датами перехода температур через 12 и 15 °С	
	12 °С	15 °С	общее	рабочих
Арысь-Туркестанский	7—8 IV	20—22 IV	13—14	11—12
Ташкент-Янгнерский	30 III—6 IV	12—20 IV	12—14	10—13
Ферганская долина	30 III—11 IV	12—27 IV	11—16	10—15
Долина Зеравшана	30 III—7 IV	10—22 IV	11—15	11—13
Долина Кашкадарьи	19 III—3 IV	4—15 IV	12—15	11—13
Долина Сурхандарьи	19 III—3 IV	3—15 IV	12—15	7—14
Юго-Западный Таджикистан	18—23 III	1—9 IV	14—17	9—14
Долина среднего течения Амударьи	16 III—3 IV	31 III—13 IV	11—15	11—14
Низовья Амударьи	27 III—17 IV	8—28 IV	10—12	10—12
Южная Туркмения	25 III—1 IV	8—12 IV	11—15	10—13

* С точки зрения их благоприятности для проведения сева хлопчатника.

8—10 дней. Если рассмотреть с этой точки зрения число дней между датами устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 12 и 15 °С, то этот период оказывается наиболее благоприятным для проведения сева хлопчатника опущенными семенами. Продолжительность периода между датами перехода через 12 и 15 °С изменяется в пределах от 10 до 17 дней (табл. 2.8), из них 9—15 дней будут благоприятными для проведения сева хлопчатника. Разумеется, в различные годы даты перехода температуры через 12 и 15 °С будут изменяться из-за погодных условий весны.

Сев хлопчатника оголенными семенами следует проводить с момента устойчивого перехода средней суточной температуры через 14—15 °С. И в этом случае число благоприятных для сева дней бывает различным от года к году. Поэтому целесообразно корректировать прогнозирование дат перехода температуры через 12 и 15 °С, а также других агроклиматических характеристик весеннего периода с учетом метеорологических условий текущего года.

Для условий Азербайджана оптимальным периодом для сева хлопчатника можно принять промежуток времени между датами устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 10 и 12 °С. Число дней между датами перехода температуры через 10 и 12 °С изменяется очень мало и составляет в среднем 8—10 (табл. 2.9).

Средние многолетние агроклиматические характеристики периода сев—всходы хлопчатника, полученные на основе вышеизложенных материалов, представлены в табл. 2.10.

На основании рассчитанных количественных показателей и оценок агроклиматических условий периода сев—всходы можно дать следующие рекомендации по выбору оптимальных сроков сева хлопчатника по хлопководческим районам Советского Союза.

Арысь-Туркестанский район. Термические ресурсы этого района позволяют провести сев хлопчатника во 2-й пятидневке апреля, что обеспечит появление всходов через 17—20 дней. В этом случае вероятность повреждения всходов заморозками составляет менее 10 %.

Ташкент-Янгиерский район. Сев хлопчатника в 1-й декаде апреля обеспечивает появление полноценных всходов через 20 дней, при этом вероятность повреждения всходов заморозками равна 10—20 %, т. е. 1—2 года из 10 лет. Для уменьшения вероятности повреждения всходов заморозками сев хлопчатника можно проводить несколько позднее — в начале 2-й декады апреля.

Ферганская долина. Сев хлопчатника целесообразно проводить в 1-й декаде апреля, в этом случае всходы хлопчатника появляются в среднем через 20—23 дня и вероятность сохранения их от повреждения заморозками составляет 90—100 %.

Долина Зеравшана. В среднем многолетнем благоприятные условия для получения всходов хлопчатника через 18—20 дней создаются при его севе в 1-й декаде апреля. В этом случае вероятность повреждения всходов заморозками не превышает 10—20 %. Если сев провести в начале 2-й декады, то вероятность повреждения всходов заморозками будет менее 10 %.

Долина Кашкадарьи. Сев в конце 3-й декады марта — начале апреля обеспечивает появление всходов хлопчатника через 20 дней с 90 %-й вероятностью их сохранения.

Долина Сурхандарьи. В этой долине благоприятные условия для проведения сева создаются в 3-й декаде марта, за исключением верхней части долины (район Денау), где сев следует проводить со 2-й пятидневки апреля. При этом всходы хлопчатника поздними весенними заморозками на поверхности почвы повреждаются очень редко.

Юго-Западный Таджикистан. Сев хлопчатника можно начинать в конце 2-й декады марта — в южной части района и в начале 3-й декады марта — по остальной части района. Всходы хлопчатника, появляющиеся через 20—22 дня после

Даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 10 и 12 °С и даты наступления
весенних заморозков в Азербайджанской ССР

Станция	Дата перехода температуры воздуха через						Дата поздних заморозков			Число дней между средними датами перехода температур через 10 и 12 °С
	10 °С			12 °С			средняя	ранняя	поздняя	
	средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя				
Геокчай	2 IV	17 III	18 IV	11 IV	27 III	25 IV	18 III	8 II	16 IV	9
Кюрдамир	3 IV	17 III	18 IV	11 IV	23 III	23 IV	19 III	17 II	5 IV	8
Джафархан	3 IV	16 III	18 IV	12 IV	28 III	27 IV	22 III	3 III	17 IV	9
Ждановск	1 IV	17 III	18 IV	11 IV	24 III	24 IV	23 III	8 III	17 IV	10
Имишлы	2 IV	15 III	19 IV	11 IV	27 III	24 IV	25 III	17 III	9 IV	9
Пушкино	3 IV	16 III	20 IV	12 IV	28 III	27 IV	22 III	8 II	18 IV	9
Шамхор	6 IV	14 III	22 IV	16 IV	27 III	30 IV	22 III	7 II	24 IV	10
Кировабад	5 IV	14 III	22 IV	14 IV	27 III	27 IV	28 III	3 III	17 IV	9
Мир-Башир	4 IV	17 III	18 IV	13 IV	27 III	27 IV	21 III	12 II	9 IV	9
Агдам	7 IV	17 III	23 IV	15 IV	27 III	30 IV	25 III	14 II	17 IV	8

Агроклиматические характеристики периода сев-

Хлопководческий район	Срок сева при $t=12^{\circ}\text{C}$	Дата появления всходов
Арысь-Туркестанский	7 IV—8 IV	24 IV—28 IV
Ташкент-Янгирский	30 III—6 IV	19 IV—25 IV
Ферганская долина	30 III—11 IV	18 IV—2 V
Долина Зеравшана	30 III—7 IV	18 IV—27 IV
Долина Кашкадарьи	19 III—3 IV	9 IV—23 IV
Долина Сурхандарьи	19 III—3 IV	9 IV—24 IV
Юго-Западный Таджи- кистан	10 III—31 III	10 IV—21 IV
Долина среднего тече- ния Амударьи	16 III—3 IV	5 IV—22 IV
Низовья Амударьи	27 III—17 IV	16 IV—6 V
Южная Туркмения	25 III—1 IV	14 IV—20 IV
Кура-Араксинская низменность	11—16 IV	1—10 V

Таблица 2.10

-всходы хлопчатника по хлопководческим районам

Дата прекращения заморозков различной вероятности, %		Коэффициент K различной вероятности, %	
90	80	90	80
24 IV—1 V	18 IV—25 IV	0,91—1,09	1,06—1,26
18 IV—5 V	12 IV—26 IV	0,78—1,02	0,89—1,17
12 IV—3 V	6 IV—23 IV	0,79—1,23	0,90—1,42
23 IV—26 IV	17 IV—20 IV	0,86—1,09	0,97—1,26
3 IV—26 IV	28 III—19 IV	0,88—1,12	1,00—1,27
8 IV—20 IV	2 IV—14 IV	1,02—1,24	1,15—1,39
4 IV—15 IV	31 III—9 IV	1,02—1,19	1,15—1,35
3 IV—26 IV	28 III—21 IV	0,90—1,10	1,06—1,25
19 IV—3 V	5 IV—29 IV	1,00—1,39	1,17—1,56
31 III—17 IV	26 III—11 IV	0,98—1,37	1,11—1,60
1—11 IV	27 III—6 IV	>1,0	>1,0

сева, могут быть повреждены заморозками не более 1 раза в 10 лет.

Долина среднего течения Амударьи. В этом районе сев хлопчатника рекомендуется проводить начиная с 3-й декады марта, поскольку агроклиматические условия при этом сроке сева позволяют получить полноценные всходы хлопчатника с 90 % -й вероятностью сохранения всходов от повреждения поздними весенними заморозками.

Низовья Амударьи. Сев хлопчатника рекомендуется проводить в более поздние сроки — во 2-й декаде апреля, так как термические ресурсы этого района не обеспечивают появления полноценных всходов при более ранних сроках сева, за исключением района гидрометстанции Чарджоу. Всходы хлопчатника, появляющиеся в конце апреля — начале мая, обычно не повреждаются весенними заморозками, которые прекращаются в среднем многолетнем до их появления.

Южная Туркмения. Термические ресурсы этого района позволяют провести посевы хлопчатника 25 марта — 1 апреля с появлением всходов через 15—20 дней. При этом сохранемость всходов от действия поздних весенних заморозков на поверхности почвы составляет 90—100 %.

Кура-Араксинская низменность. Благоприятным периодом для сева хлопчатника следует считать промежуток времени от устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 10 °С (1—7 апреля) до ее перехода через 12 °С (11—16 апреля). Оптимальные условия для сева начинаются со 2-й декады апреля. В этом случае всходы появляются через 15—20 дней.

Приведенные выше средние многолетние агроклиматические показатели периода сев—всходы и рекомендации по выбору оптимальных сроков сева хлопчатника разработаны для условий достаточной влагообеспеченности посевов. Однако не во всех районах и не каждый год наблюдается оптимальное сочетание температуры и влажности почвы. Запасы влаги в день сева и в последующие дни не всегда бывают достаточными для нормального развития хлопчатника в период сев—всходы. Все эти факторы ведут к необходимости улучшения системы выбора сроков сева хлопчатника, т. е. в практической деятельности хозяйства нельзя ориентироваться только на средние сроки сева — выбирать их надо в зависимости от агрометеорологических условий конкретного года.

Для оперативного обслуживания хлопководства необходимо разрабатывать конкретные заблаговременные рекомендации по оптимальным срокам сева хлопчатника в текущем году. Понятно, что такие рекомендации могут быть даны только на основе использования долгосрочных прогнозов метеорологических условий весеннего периода.

Расчет оптимальных сроков сева хлопчатника для районов с достаточной влагообеспеченностью сводится к оценке ожидае-

мого термического режима периода сев—всходы. В районах с недостаточным увлажнением надо еще учитывать и влажность верхнего слоя почвы. В этих целях в 1986 г. специалистами РГИВЦ Минсельхоза УзССР, САНИГМИ им. В. А. Бугаева, СоюзНИХИ и Минсельхоза УзССР были разработаны «Рекомендации по выбору рациональных сроков сева хлопчатника для областей Узбекистана», которые были утверждены Минсельхозом УзССР и разосланы во все хлопководческие хозяйства Узбекистана.

В основу рекомендаций положен вероятностный метод принятия решения при выборе сроков сева хлопчатника, что является первой попыткой использования данного способа в практике хлопководства Узбекистана. При этом в качестве благоприятных сроков сева приняты наиболее ранние даты, которые обеспечивают с вероятностью 70 % набор требуемых сумм эффективных температур воздуха за 20 дней и менее и получение с той же вероятностью всходов, которые не повреждаются поздними весенними заморозками более чем в 80 % лет [65, 66].

При оптимальной влажности почвы для получения всходов необходимы суммы эффективных температур с момента сева, равные 100 °С, а для созревания около 40 % коробочек у среднеспелых сортов хлопчатника эти суммы должны составлять 2000 °С.

Расчеты сроков сева проведены для районов действия основных гидрометстанций Узбекистана, имеющих ряд метеорологических наблюдений 50 лет. Расчеты были выполнены на ЭВМ и их результаты представлены в табл. 2.11, где в качестве примера приведены расчеты с использованием данных гидрометстанции Каунчи.

В соответствии с представленными в табл. 2.11 данными, при оптимальном увлажнении для получения нормальных всходов и созревания урожая сев хлопчатника должен заканчиваться к 4, 10 и 15 апреля. Наиболее ранней благоприятной датой для сева является 4 апреля. В этом случае продолжительность периода сев—всходы составляет 21 день при 70 %-й вероятности получения всходов к 25 апреля, а продолжительность периода сев—созревание 40 % коробочек к 15 сентября с той же вероятностью равна 164 дням.

При фактических запасах продуктивной влаги в почве, не соответствующих оптимальным, применяется следующий вариант выбора рациональных дат сева хлопчатника (табл. 2.12). Рассмотрим его на следующем примере: измерение влажности почвы, проведенное 8 апреля, показало, что запасы влаги в слое почвы 0—5 см составляют 6 мм. При севе в этот день имеем возможность получения массовых всходов (при наборе сумм эффективных температур 125 °С) с уровнем вероятности не ниже 70 % в течение 23 дней. Следует отметить, что вероятность получения всходов не более чем через 15 дней при этом сроке сева составляет 50 %.

Таблица 2.11

Расчетные сроки сева и созревания коробочек хлопчатника при оптимальной влажности почвы. Гидрометстанция Каунчи

Период сева	Вероятность появления всходов и продолжительность периода посев—всходы на дату				Вероятность созревания 40 % коробочек и продолжительность периода сев—созревание на дату		
	15 IV	20 IV	25 IV	30 IV	5 IX	10 IX	15 IX
25 III—30 III	0,1	0,4	0,7	0,9	0,4	0,6	0,8
	16	21	26	31	159	164	169
31 III—4 IV	0,1	0,3	0,7	0,9	0,4	0,5	0,7
	11	16	21	26	154	159	164
5 IV—10 IV		0,1	0,5	0,8	0,3	0,5	0,7
		10	15	20	148	153	158
11 IV—15 IV			0,2	0,7	0,2	0,4	0,6
			10	15	143	148	153
16 IV—20 IV				0,3	0,1	0,3	0,5
				10	138	143	148

Примечания: 1. Здесь 1-я строка — вероятность (доли ед.) появления всходов (созревания коробочек); 2-я строка — продолжительность (дни) соответствующих периодов. 2. Курсивом выделены результаты расчетов, уровень надежности которых не менее 70 %.

Дальнейшее внедрение данного метода и улучшение качества принимаемых решений по выбору сроков сева хлопчатника возможно при выполнении следующих условий:

— полном включении гидрометстанций и агрометпостов Узбгидромета и ведомственных постов Минсельхоза УзССР в проведение наблюдений за влажностью почвы в весенний период;

Таблица 2.12

Расчетные даты сева хлопчатника при различных условиях увлажнения почвы. Гидрометстанция Каунчи

Запасы продуктивной влаги в слое почвы		Сумма эффективных температур, °C	Продолжительность периода сев—всходы (вероятность 70 %), начиная с даты				
0—5 см на дату сева	6—10 см за период сев—всходы		3 IV	8 IV	13 IV	18 IV	23 IV
8	10	100	22	20	17	15	14
7	9	115	25	22	19	17	16
6	8	125		23	21	19	17
5	7	145			23	21	19
4	6	160				22	20

Зона полива

— организации маршрутных наблюдений всеми гидромет-станциями и постами, что позволит увеличить число наблюдений с учетом типа почв, глубины залегания грунтовых вод, способа сева, направления рядков и других факторов;

— улучшении качества и увеличении количества прогнози-руемых метеорологических величин (прогноз запасов влаги в почве, дат устойчивого перехода температуры через 12 и 15 °C и долгосрочный прогноз сроков наступления последних весенних заморозков);

— активном включении самих потребителей информации в организацию наблюдений, их обработку, что является залогом успешного проведения работ по определению оптимальных сроков сева;

— организации сборов и передачи этой информации в хозяй-ства от гидрометстанций и постов через диспетчерскую службу.

2.3. Период появления первых десяти настоящих листьев

Для периода разворачивания первых десяти настоящих листьев хлопчатника характерна большая изменчивость условий погоды. Прохладная с осадками погода часто сменяется теплой, сухой и даже жаркой. Поэтому целесообразно установить общие закономерности, характеризующие связь скорости развития хлопчатника и продолжительности периода всходы — появление очередных на-стоящих листьев с основными агрометеорологическими факторами. Оценка агрометеорологических условий этого периода важна еще и потому, что ко времени разворачивания второго-третьего листа проводится букетировка (прореживание) посевов, а при разворачи-вании пятого-седьмого листьев на растениях начинают формиро-ваться первые бутоны. В это время также проводятся междурядные обработки с внесением удобрений, борьба с почвенной коркой, уничтожение сорной растительности и т. д. Своевременное прове-дение этих мероприятий способствует сохранению влаги, повыше-нию плодородия почвы, правильному использованию растениями питательных веществ, что несомненно положительно сказывается на состоянии и развитии хлопчатника.

Начиная с 60-х годов на АГМС Бозсу проводились специаль-ные наблюдения на опытных посевах хлопчатника сорта 108-Ф с целью разработки методики оценки влияния условий погоды на темпы появления первых настоящих листьев хлопчатника [2, 39]. В дальнейшем аналогичные изыскания выполнялись и для других сортов [77]. При выполнении этих исследований привлекались также данные тематических и режимных наблюдений на гидро-метстанциях республик Средней Азии.

Результаты наблюдений показали, что темпы формирования очередных листьев хлопчатника при условии достаточной обеспе-ченности растений влагой и питанием зависят от температуры этого

периода. При благоприятном сочетании всех факторов 1-й настоящий лист хлопчатника появляется через 9—10 дней после всходов, последующие листья вначале появляются в среднем через каждые 4—5 дней и в дальнейшем через 3—4 дня.

На основе материалов экспериментальных наблюдений за появлением первых настоящих листьев на опытных участках АГМС Бозсу за 1970—1972 гг. составлена табл. 2.13, где представлены

Таблица 2.13

Суммы эффективных температур воздуха выше 10 °С (СЭТ), накопившиеся ко дню появления очередных листьев хлопчатника. АГМС Бозсу, 1970—1972 гг.

Сорт хлопчатника	Дата	СЭТ от даты сева (а) и всходов (б) до появления листа									
		1-го	2-го	3-го	4-го	5-го	6-го	7-го	8-го	9-го	10-го
Ташкент-1	а	206	255	327	379	442	487	536	578	634	673
	б	108	154	219	259	333	379	428	470	526	565
Ташкент-2	а	199	241	319	358	429	470	517	568	621	668
	б	107	156	212	265	337	378	415	475	528	575
Ташкент-3	а	207	242	311	356	432	469	520	569	624	678
	б	108	152	212	257	333	370	422	470	524	579
В среднем	а	204	246	317	364	434	475	524	571	626	673
	б	108	154	214	260	334	376	422	472	526	571

фактические суммы эффективных температур воздуха (выше 10 °С), накопившиеся на дату появления очередного листа хлопчатника ташкентских сортов, считая от даты посева и всходов.

Суммы эффективных температур воздуха, обеспечивающие появление очередного листа хлопчатника для сортов Ташкент-1, Ташкент-2 и Ташкент-3, близки между собой, отклонение от средних их значений не превышает 15 °С. Это позволило в дальнейшем при статистической обработке объединить материалы экспериментальных, тематических и режимных наблюдений по этим сортам и получить единое уравнение связи. Установленная связь между появлением первых десяти настоящих листьев хлопчатника ташкентских сортов Y и суммой эффективных температур воздуха (выше 10 °С) X характеризуется коэффициентом корреляции $r = 0,97 \pm 0,018$ и уравнением регрессии

$$Y = 0,0184X + 0,88. \quad (2.12)$$

Установлена также связь между продолжительностью периода всходы — появление очередного листа хлопчатника и средней температурой воздуха за соответствующий период. В табл. 2.14 приводятся рассчитанные по уравнению (2.12) суммы эффективных температур воздуха, необходимые для появления очередных листьев хлопчатника.

Интересно проследить, как изменяются суммы эффективных температур в зависимости от сорта хлопчатника. Такую сравни-

тельную оценку можно провести только для появления 1, 2, 3 и 5-го листьев (табл. 2.15), так как на гидрометстанциях даты появления 2, 4, 6-го и последующих листьев не регистрируются. Из при-

Таблица 2.14

Суммы эффективных температур воздуха выше 10 °С (СЭТ) за период всходы—появление очередных листьев хлопчатника

Фаза развития ¹	СЭТ, необходимые для появления листа									
	1-го	2-го	3-го	4-го	5-го	6-го	7-го	8-го	9-го	10-го
Группа ташкентских сортов										
Всходы	102	156	210	265	320	374	428	482	537	591
Появление предыдущего листа		54	54	55	55	54	54	54	55	54
Сорт 108-Ф										
Всходы	95	130	195	235	300	360	410	480	520	560
Появление предыдущего листа		35	65	40	65	60	50	70	40	40

¹ От которой ведется отсчет.

веденных данных видно, что появление 1, 2 и 5-го листьев у среднеспелых сортов хлопчатника ташкентской группы, сортов 108-Ф, С-4880 и тонковолокнистого сорта Термез-14 отмечается практически при одинаковых значениях сумм эффективных температур

Таблица 2.15

Суммы эффективных температур воздуха выше 10 °С (СЭТ) за период всходы—появление настоящих листьев хлопчатника различных сортов

Сорт	СЭТ от даты всходов до появления листа		
	1-го	3-го	5-го
Ташкентская группа	102	210	320
108-Ф	95	195	300
175-Ф	115	266	378
С-4880	105	190	305
Термез-14	102	207	317

воздуха, за исключением сорта 175-Ф, для которого требуется несколько большая сумма эффективных температур. Эта особенность прослеживается также и при последующих фазах развития.

После образования 7—8-го настоящих листьев на хлопчатнике начинают формироваться первые бутоны и плодовые (симподиальные) ветви, т. е. растения вступают в фазу бутонизации. Внешним признаком, по которому определяется эта фаза, служит появление в пазухе листа первого бутона в виде маленькой пирамидки высо-

той около 3 мм. Фаза бутонизации для среднеспелых сортов хлопчатника обычно наступает в момент разворачивания 7-го настоящего листа. Однако дата наступления этой фазы часто регистрируется с опозданием, поскольку наблюдатели в большинстве случаев замечают бутон, когда его размеры превышают уже 3 мм. В результате опоздание фиксируемой фазы бутонизации по сравнению с фактической датой ее наступления составляет 2—3 дня и более.

В период всходы — бутонизация хлопчатника прохладная погода с интенсивными осадками часто сменяется теплой, сухой и даже жаркой. Средние суточные температуры воздуха в течение этого периода лежат в пределах 17—27 °С. Повышение средней суточной температуры воздуха до 28—29 °С и более отрицательно сказывается на темпах развития хлопчатника, особенно в тех случаях, когда высокая температура сопровождается низкой влажностью воздуха (воздушная засуха). В этот период на развитие и состояние растений оказывают влияние ливневые осадки, град, сильный ветер и заморозки. Ливневые дожди уплотняют почву и приводят к образованию на посевах почвенной корки, вызывают развитие корневой гнили на взошедших растениях, что замедляет рост и развитие хлопчатника, а в дальнейшем сказывается и на сроках наступления последующих фаз развития. Одновременно с ливневыми осадками иногда, а в отдельных районах зачастую, выпадает град, который наносит растениям значительные механические повреждения. Особенно опасно выпадение града в период всходы — появление 2—4-го настоящего листа, так как оно приводит к полной гибели всходов. Механические повреждения хлопчатника отмечаются также при сильных ветрах и пыльных бурях. В неблагоприятных условиях погоды не могут проявиться полностью потенциальные биологические свойства растений, что ведет к снижению их продуктивности.

Роль метеорологических условий в развитии хлопчатника за период посев — бутонизация достаточно подробно освещена в работах советских и зарубежных авторов. Рядом исследователей установлены суммы эффективных температур воздуха выше 10 °С, накапливающиеся за период посев — бутонизация для отдельных сортов или группы сортов, близких по скороспелости. Так, например, Л. Н. Бабушкин [16] приводит следующие суммы эффективных температур за период посев — бутонизация: для очень скороспелых сортов они составляют 485 °С и для остальных сортов 500 °С. Им же разработана методика оценки благоприятности погодных условий весеннего периода для роста и развития хлопчатника [14]. Аналогичная разработка выполнена Н. С. Орловским [79, 80], который дал подробную агроклиматическую характеристику климатических ресурсов применительно к тонковолокнистым сортам хлопчатника для зоны Каракумского канала. Рассмотрены зависимости продолжительности периода всходы — бутонизация от средней суточной температуры воздуха за этот период для тонковолокнистого хлопчатника сорта 2ИЗ.

Согласно нашим исследованиям, зависимость скорости развития хлопчатника от температуры за период посев — бутонизация при достаточной влагообеспеченности посевов носит прямолинейный характер и описывается следующими уравнениями:

для скороспелого сорта С-4727

$$Y = 0,0012t - 0,0016, \quad (2.13)$$

$$r = 0,84 \pm 0,031, \quad S_y = \pm 0,0033;$$

для сортов ташкентской группы

$$Y = 0,0020t - 0,0201, \quad (2.14)$$

$$r = 0,81 \pm 0,043, \quad S_y = \pm 0,0019;$$

для среднеспелых сортов 153-Ф, 149-Ф, 159-Ф, 138-Ф, 141-Ф, 133

$$Y = 0,0014t - 0,0102, \quad (2.15)$$

$$r = 0,84 \pm 0,029, \quad S_y = \pm 0,0095,$$

где Y — скорость развития хлопчатника, $1/n$; t — средняя суточная температура воздуха за период посев — бутонизация, °С.

На основе уравнений (2.13) — (2.15) были рассчитаны суммы эффективных температур воздуха (выше 10 °С) за период посев — бутонизация. Аналогичные данные были получены нами и для хлопчатника тонковолокнистых сортов Термез-14, С-6030 и С-6037. Согласно полученным данным, при нижнем пределе эффективных температур 10 °С за период посев — бутонизация для сортов ташкентской группы и сортов С-4727 и 108-Ф необходима сумма эффективных температур 500 °С, для тонковолокнистых сортов Термез-14, С-6030 и С-6037 — в среднем 525 °С, а для группы сортов 149-Ф, 159-Ф, 138-Ф, 141-Ф, 133 необходима несколько большая сумма температур, равная 580 °С. Следовательно, суммы эффективных температур воздуха за период всходы — бутонизация составляют соответственно 400, 425 и 480 °С.

По данным Л. Н. Бабушкина [17], потребная сумма температур за этот период заключена в пределах от 370 °С — для очень скороспелых сортов до 440 °С — для очень позднеспелых сортов.

Для установления зависимости продолжительности межфазного периода от средней суточной температуры воздуха в агрометеорологии широко применяется уравнение (2.1). Применительно к периоду всходы — бутонизация хлопчатника среднеспелых сортов (Ташкент-1, 108-Ф) это уравнение имеет вид $n = 400/(t - 10)$.

Из графика (рис. 2.5) видно, что группировка точек соответствует рассчитанной кривой и подтверждает устойчивость установленной суммы эффективных температур как количественного агрометеорологического показателя для периода всходы — бутонизация хлопчатника.

Наряду с термическими условиями на продолжительность периода всходы — бутонизация может влиять увлажнение почвы. Однако выявить четкую зависимость продолжительности периода всходы — бутонизация от влагообеспеченности растений за этот же период на основе данных гидрометстанций и даже на материалах специальных экспериментальных исследований, проведенных на опытных полях АГМС Бозсу, не удалось [54, 55].

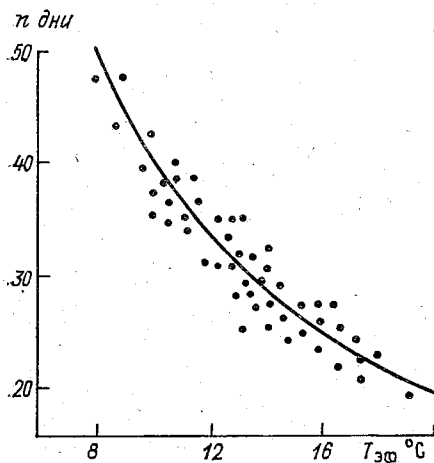


Рис. 2.5. Зависимость продолжительности периода всходы—бутонизация n от средней за этот период эффективной температуры воздуха $T_{эф}$.

Отклонения фактической продолжительности периода всходы — бутонизация от рассчитанной по температуре воздуха для большинства гидрометстанций неустойчивы по знаку, т. е. для одних и тех же гидрометстанций фактическая продолжительность периода оказывается в одних случаях больше, а в других — меньше расчетной. Наши попытки объяснить это явление влиянием почвенных условий не дали положительных результатов. Несмотря на это, обеспеченность расчетов продолжительности периода всходы — бутонизация по температуре воздуха достаточно высокая. Например, для сортов ташкентской группы обеспеченность расчетов с ошибкой ± 3 дня составляет 91 %.

На темпы развития и состояние хлопчатника в описываемый период могут влиять и другие метеорологические факторы и опасные явления. Так, одним из неблагоприятных факторов, отрицательно сказывающимся на состоянии растений в весенний период, являются сильные ветры. В районах хлопкосеяния они наносят колоссальный урон посевам хлопчатника и других сельскохозяйственных культур: выдувают и засыпают посевы, иссушают верхние слои почвы, оголяют корневую систему и высушивают ее, наносят механические повреждения молодым растениям.

Сильные ветры (15 м/с и более) наблюдаются практически во всех районах хлопководства. При этом сильные ветры в различных физико-географических условиях сопровождаются определенными сопутствующими явлениями, обусловленными особенностями подстилающей поверхности [74, 98]. В Туркмении и равнинной части Узбекистана, а также в предгорной части Таджикистана сильные ветры сопровождаются пыльными бурями, а в долинах Таджикистана — дождями и т. д.

По количеству дней с сильным ветром Средняя Азия относится к наиболее штормовым районам южной части Советского Союза. В Арысь-Туркестанском районе наибольшее число дней с силь-

ным ветром (15 м/с и более) наблюдается на гидрометстанции Туркестан, а с пыльными бурями — на гидрометстанции Кызылкум. Наиболее часто сильный ветер и пыльные бури отмечаются весной и в начале лета (апрель—июнь) [74]. В Ташкент-Янгийском районе наибольшее число дней с сильным ветром в период посев — образование первых десяти настоящих листьев отмечается в районе станций Тойтепа (6,9 дня), Сырдарья (5,7 дня) и Каунчи (4,3 дня). В остальных зонах хлопководства этого района число дней с сильным ветром значительно меньше [74].

По данным Н. С. Орловского [79], среднее число дней с сильным ветром (15 м/с и более) за период всходы — бутонизация хлопчатника изменяется в южных хлопководческих районах Туркмении в пределах от 0,6 (Байрам-Али) до 5,4 (Теджен). В долине Зеравшана наибольшее число дней с сильным ветром с апреля по июнь отмечается в районе станций Навои (5 дней) и Каракуль (3 дня). В долине Кашкадарьи наибольшее число дней с сильным ветром в весенний период (апрель—июнь) отмечается в районе гидрометстанций Карши (21 день), Гузар (20 дней), Шерабад (14 дней) и Шурчи (16 дней). В Карши и Гузаре максимальные скорости ветра достигают соответственно 45 и 35 м/с. В этом районе ежегодно в течение вегетационного периода наблюдаются также пыльные бури. Наиболее часто они возникают в районах, близких к пустынным пространствам.

В долине Сурхандарьи сильные ветры часто отмечаются в районе станции Термез. Здесь за апрель—июнь число дней с сильным ветром (15 м/с и более) составляет 17, а за вегетационный период (апрель—октябрь) оно достигает 38 [74]. Кроме того, в Термезе во время прохождения «афганца» возникают пыльные бури, которые подчас засыпают песком хлопковые поля или сносят с них верхний слой почвы.

В хлопководческих районах Юго-Западного Таджикистана чаще всего сильные ветры и пыльные бури отмечаются в Кулябе. Здесь число дней с сильным ветром в среднем за апрель—июнь равно 2,5, а с пыльной бурей 3,3.

В Кура-Араксинской низменности Азербайджанской ССР наибольшее число дней с сильным ветром наблюдается в районе станций Кюрдамир и Мир-Башир [9]. В этих районах за апрель—июнь число дней с сильным ветром в среднем многолетнем равно 6,7 и 5,5 соответственно.

Сильные ветры в период вегетации наблюдаются во всех хлопководческих районах Ферганской долины, причем к востоку число дней с сильным ветром сокращается. Наибольшее число дней с сильным ветром наблюдается в Коканде, а наименьшее — в Андижане. В Коканде за год бывает 40 дней с сильным ветром, из них половина наблюдается в весеннее время, в период сев — появление всходов и образование настоящих листьев хлопчатника. В это время отмечается выдувание посевов, в результате чего возникает необходимость их пересева, а иногда и повторного пересева. Это ведет к сокращению продолжительности вегетационного периода

и, следовательно, к снижению общего и доморозного высококачественного урожая. В равнинной части Ферганской долины наблюдаются также пыльные бури. Наибольшее число дней с пыльными бурями (20) за год отмечается в районе Коканда, наименьшее (4) — в Андижане.

Экспериментальные исследования Х. Ходжиметова [120] показывают, что степень повреждения посевов хлопчатника в Ферганской долине сильными ветрами зависит от типа почвы: при одной и той же скорости воздушного потока посевы хлопчатника, особенно в молодом возрасте (от всходов до 3—4-го настоящего листа) повреждаются и гибнут на легких почвах в 2—3 раза интенсивнее, чем на тяжелых. Это объясняется тем, что посевы хлопчатника на легких почвах подвергаются не только иссушающему воздействию ветра, но и механическому повреждению мелкими почвенными частицами, а при ураганных ветрах (25—30 м/с) полностью выдуваются или засыпаются.

Анализ десятилетних материалов наблюдений за эрозионно опасными сильными ветрами и пыльными бурями по пяти гидрометстанциям Ферганской долины показал наличие довольно тесной связи между территориальной распространенностью сильных ветров и степенью повреждаемости хлопчатника. Выявлены зоны повреждаемости хлопчатника сильными ветрами и разработана шкала для определения степени ветровой эрозии: слабая — посевы повреждены на 25 % площади, средняя — на 50 % площади и сильная — на 75 % площади и более [120].

К другим опасным явлениям погоды относятся ливневые дожди с градом, наиболее часто отмечаемые в хлопководческих районах Ферганской, Гиссарской, Сурхандарьинской и Вахшской долин. Около 35 % общего числа дней с градом приходится на дни с градобитиями. С апреля по июнь, когда создаются условия для выпадения крупного града, градобития составляют 46 % случаев с градом. Максимум числа градобитий приходится на май [74]. В Арысь-Туркестанском районе и в Кура-Араксинской низменности Азербайджанской ССР выпадение ливневых дождей с градом и градобития наблюдаются редко.

Степень повреждения посевов хлопчатника градом зависит от фазы развития, состояния растений и интенсивности градобития. Согласно [46—48], минимальный ущерб от града отмечается в фазе бутонизации хлопчатника, а максимальный — в период появления входов и раскрытия коробочек.

Таким образом, при оценке агрометеорологических условий периода всходы — бутонизация необходимо учитывать и неблагоприятные метеорологические явления, отрицательное воздействие которых проявляется и на последующих этапах развития растений.

2.4. Репродуктивный период

Этот период развития хлопчатника начинается с фазы бутонизации и заканчивается фазой созревания первых коробочек. В те-

чение этого периода происходит дальнейший рост вегетативных элементов, интенсивное накопление симподиальных ветвей и образование на них коробочек — основы будущего хлопка-сырца, а также цветение и раскрытие первых коробочек. Поэтому весь репродуктивный период развития хлопчатника может быть разбит на три отдельных подпериода: 1) бутонизация — цветение, 2) цветение — раскрытие первых коробочек, 3) раскрытие — созревание первых коробочек.

Темпы развития хлопчатника в период бутонизация — созревание первых коробочек зависят в первую очередь от температуры воздуха. Кроме температуры в этот период определенное влияние на скорость развития растений оказывает и увлажнение почвы. Однако существенным влияние влагообеспеченности растений на темпы развития становится в основном после наступления фазы цветения. Поэтому в основу оценки агрометеорологических условий этого периода обычно берут количественные показатели, связывающие темпы развития хлопчатника с факторами теплообеспеченности [16, 50, 51, 57, 101].

В межфазный период бутонизация — цветение скорость развития хлопчатника в основном определяется температурным режимом, что подтверждается данными о продолжительности этого периода при различных запасах продуктивной влаги и температуре воздуха (табл. 2.16). Так, для среднеспелого сорта хлопчатника 108-Ф при средней температуре воздуха 24,9—25,9 °C продолжительность периода варьирует в пределах 30—35 дней, тогда как запасы влаги в слое почвы 0—50 см изменяются от 50 до 79 мм.

Приведенные материалы очень показательны, поскольку они получены на опытных полях АГМС Бозсу, где в течение 1959—1965 гг. хлопчатник возделывался на трех участках, различающихся по режиму орошения [54]. При первом варианте опыта (участок 1) поливы проводились по схеме 0—2—0, т. е. в течение вегетационного периода хлопчатник поливался всего два раза: первый полив проводился при наступлении фазы цветения, а второй — через 30 дней после первого. При втором варианте (участок 2) поливы проводились по схеме 1—4—1, т. е. первый полив проводился при наступлении фазы бутонизации, второй — в фазу цветения, третий, четвертый и пятый — с интервалом примерно через 15 дней после второго, а шестой полив проводился при наступлении фазы раскрытия первых коробочек. При третьем варианте опыта (участок 3) поливы проводились в сроки, когда запасы продуктивной влаги составляли около 70 % наименьшей влагоемкости, т. е. на этом участке полив хлопчатника проводился по «потребностям» растений.

В течение трех лет (1962—1964 гг.) был включен еще четвертый вариант опыта (участок 4) с целью проверки диагностирования сроков полива по температуре воздуха [94]. В последующие годы опыты проводились по иной программе [54, 57].

Из приведенных данных видно, что только в 1961 и 1964 гг. отмечалась некоторая тенденция к более раннему началу цве-

Таблица 2.16

Агрометеорологические характеристики репродуктивного периода развития хлопчатника сорта 108-Ф. АГМС Бозсу

Год	Номер участка	Бутонизация—цветение				Цветение—раскрытие первых коробочек			
		запасы влаги (мм) в слое почвы, см		средняя температура воздуха, °C	продолжительность периода, дни	запасы влаги (мм) в слое почвы, см		средняя температура воздуха, °C	продолжительность периода, дни
		0—50	0—100			0—50	0—100		
1959	1	56	122	24,9	31	52	114	25,3	53
	2	60	132	24,9	31	58	119	25,2	58
	3	79	159	25,3	34	67	143	24,8	65
1960	1	48	114	27,2	30	55	116	24,0	57
	2	52	122	27,2	29	57	113	23,9	62
	3	73	156	27,2	30	72	148	23,3	70
1961	1	52	122	25,2	30	58	109	26,2	57
	2	58	129	25,4	33	64	136	25,9	61
	3	74	157	25,4	32	68	141	25,2	68
1962	1	50	100	25,4	31	46	86	25,8	53
	2	61	136	25,6	32	63	115	25,8	58
	3	73	153	25,6	33	70	145	25,2	69
1963	1	47	105	27,0	30	55	114	23,6	58
	2	65	145	26,8	31	68	134	23,8	60
	3	75	157	26,6	32	67	136	23,7	59
	4	69	147	27,1	32	—	—	23,6	57
1964	1	50	116	25,9	31	56	106	24,9	59
	2	53	123	25,7	33	63	137	24,0	68
	3	66	142	25,7	35	68	144		
	4	66	146	25,7	34	73	140	23,2	72
1965	1	50	115	25,5	33	49	82	27,0	47
	2	68	126	25,4	35	54	104	26,7	51
	3	70	148	25,4	35	64	124	25,7	62

ния по мере ухудшения влагообеспеченности растений. Более четко различия в скорости развития хлопчатника в зависимости от влагообеспеченности посевов отмечаются при наступлении фазы раскрытия (созревания) первых коробочек.

Сопоставление продолжительности периода бутонизация — цветение и сумм эффективных температур за этот период для хлопчатника сорта 108-Ф показало, что между этими величинами су-

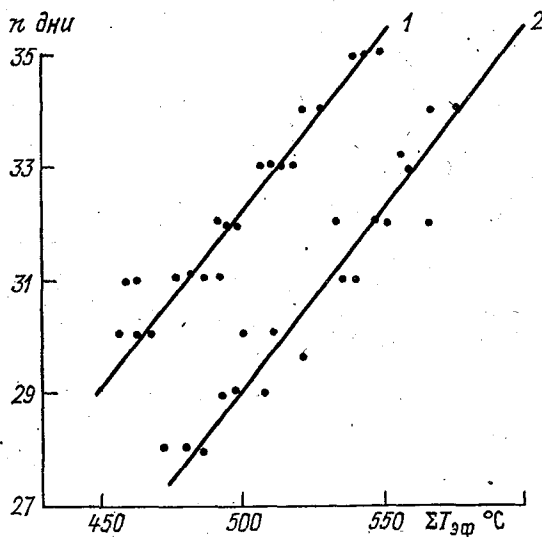


Рис. 2.6. Зависимость продолжительности периода бутонизация—цветение n от сумм эффективных температур воздуха $\Sigma T_{эф}$ при различной средней суточной температуре воздуха за этот период.

Средняя суточная температура, °C: 1) < 26; 2) > 26.

ществует довольно четкая связь. При графическом изображении материала наблюдений за 1959—1969 гг. точки располагаются двумя группами (рис. 2.6). Первая группа точек характеризует связь при средней суточной температуре воздуха за рассматриваемый период меньше 26,0 °C, а вторая — при температуре выше 26,0 °C. При этом в том и другом случаях точки довольно тесно располагаются около средней линии, что указывает на хорошо выраженную связь между продолжительностью периода бутонизация — цветение и суммами эффективных температур воздуха выше 10 °C.

При средней температуре воздуха 24,9—25,9 °C продолжительность периода бутонизация — цветение увеличивается с 30 до 35 дней по мере увеличения сумм эффективных температур воздуха от 450 до 550 °C. Аналогичная закономерность наблюдается также при средней температуре воздуха 26,5—27,7 °C за этот период. Представленные материалы также показывают, что в тех случаях, когда рост и развитие растений происходят на фоне

высоких температур (средняя температура воздуха за период выше 26 °C), сумма температур за период бутонизация — цветение несколько больше. Это происходит, по всей вероятности, из-за высоких дневных температур, когда растения перегреваются и переходят в угнетенное состояние. В результате их развитие замедляется, а процесс накопления сумм температур продолжается за счет тепла, не используемого растением.

Таким образом, при сумме эффективных температур воздуха 450—480 °C цветение наступает на 28—31-й день, а межфазный период бутонизация — цветение бывает очень коротким. При сумме эффективных температур воздуха 550—570 °C фаза цветения хлопчатника сорта 108-Ф отмечается на 34—35-й день после бутонизации. Следовательно, фаза цветения хлопчатника сорта 108-Ф наступает при накоплении сумм эффективных температур воздуха (выше 10 °C) в среднем 500 °C. Эту сумму температур можно принять в качестве агрометеорологического показателя скорости развития посевов хлопчатника сорта 108-Ф в период бутонизация — цветение. Она позволяет рассчитывать сроки наступления фазы цветения хлопчатника сорта 108-Ф в хлопководческих районах Средней Азии в 80 % случаев с точностью ± 2 дня.

По данным [9], продолжительность периода бутонизация — цветение сортов хлопчатника, возделываемых в Азербайджанской ССР, по наблюдениям гидрометстанций, расположенных в зоне хлопководства, в среднем составляет от 20 до 30 дней. При этом сумма эффективных температур воздуха (при нижнем пределе эффективной температуры 10 °C), по средним многолетним фактическим данным, колеблется в основном в пределах от 280 до 430 °C, за исключением станции Каракала, где фаза цветения хлопчатника сортов 1298 и 2173 отмечается на 33—35-й день после бутонизации при накоплении сумм эффективных температур 500—570 °C.

В течение 1970—1973 гг. в отделе агрометеорологии САНИГМИ им. В. А. Бугаева проводились исследования по разработке методики оценки и прогноза агрометеорологических условий роста, развития и формирования урожая новых районированных сортов хлопчатника на отдельных полях. Для решения этой задачи были поставлены экспериментально-полевые опыты на АГМС Бозсу, организованы экспедиционные исследования и на некоторых гидрометстанциях хлопководческих республик выполнены тематические наблюдения по программе САНИГМИ. В течение этих и последующих лет также проводился сбор материалов режимных наблюдений на гидрометстанциях хлопководческих республик и госсортоучастков Узбекской ССР. В результате был собран обширный материал, статистическая обработка которого позволила уточнить ранее полученные уравнения связи и агрометеорологические показатели темпов развития хлопчатника и установить для некоторых новых сортов зависимости скорости развития хлопчатника от средней температуры воздуха за отдельные межфазные периоды их развития.

При достаточной влагообеспеченности посевов количественные показатели зависимости скорости развития хлопчатника от средней суточной температуры воздуха за период посев—цветение можно рассчитать по следующим уравнениям регрессии:

для скороспелого сорта С-4727

$$Y = 0,0062t_{\text{ср}} - 0,0012, \quad (2.16)$$

$$r = 0,82 \pm 0,032, \quad S_y = \pm 0,012;$$

для среднеспелых сортов ташкентской группы

$$Y = 0,00104t_{\text{ср}} - 0,0109, \quad (2.17)$$

$$r = 0,81 \pm 0,059, \quad S_y = \pm 0,0008;$$

для сортов 159-Ф, 153-Ф, 138-Ф, 141-Ф, 152-Ф, 133

$$Y = 0,0008t_{\text{ср}} - 0,0062, \quad (2.18)$$

$$r = 0,83 \pm 0,030, \quad S_y = \pm 0,0007;$$

для тонковолокнистых сортов С-6030 и С-6037

$$Y = 0,00092t_{\text{ср}} - 0,0085, \quad (2.19)$$

$$r = 0,80 \pm 0,057, \quad S_y = \pm 0,00089,$$

где Y — скорость развития хлопчатника; $t_{\text{ср}}$ — средняя суточная температура воздуха за период посев—цветение, °С.

Значения коэффициентов корреляции между скоростью развития хлопчатника и температурой несущественно различаются по сортам (0,80—0,83). С повышением температуры воздуха суммы эффективных температур возрастают, а продолжительность периода посев — цветение сокращается. Так, например, при изменении средней температуры воздуха от 22 до 27 °С для районированных тонковолокнистых сортов хлопчатника С-6030 и С-6037 продолжительность периода уменьшается в значительной степени: от 85 до 61 дней, а то время как сумма температур увеличивается незначительно — от 1020 до 1040 °С.

Результаты расчетов сумм эффективных температур воздуха выше 10 °С для периодов посев—цветение и бутонизация — цветение различных по скороспелости сортов хлопчатника приведены в табл. 2.17. Значения сумм эффективных температур воздуха соответствуют моменту достижения фазы цветения хлопчатника для 50 % растений. Кроме того, в табл. 2.17 приведены данные З. И. Волосюк [25] по тонковолокнистым сортам хлопчатника. Из табл. 2.17 видно, что при одном и том же нижнем пределе температур (10 °С) до наступления фазы цветения от посева необходимы суммы эффективных температур 970—1100 °С, а от фазы бутонизации 470—530 °С.

Количественные термические показатели скорости развития среднеспелых сортов хлопчатника (108-Ф, 1298 и 2421) получены также Р. Е. Кибардиным и А. Н. Юрепиной для условий Азербайджана [43]. При этом для сорта 108-Ф нижний предел эффективной температуры оказался меньше на 2—3 °С, чем для сортов 1298 и 2421. Суммы эффективных температур воздуха за период всходы — цветение оказались равными 690, 510 и 440 °С соответственно, т. е. различными для разных сортов.

Таблица 2.17

Суммы эффективных температур воздуха (выше 10 °С) для отдельных межфазных периодов развития хлопчатника

Сорт	Степень скороспелости	Период развития	
		посев—цветение	бутионизация—цветение
С-4727	Скороспелый	970	480
Ташкентская группа	Среднеспелые	1000	500
108-Ф	Среднеспелый	1000	500
159-Ф, 153-Ф, 152-Ф,	Среднепоздние	1050	470
141-Ф, 138-Ф, 133			
175-Ф	Среднепоздний	1090	
С-6030, С-6037	Поздние	1030	520
Термез-14	Поздний	1060	530
5474-И, 8763-И, 2ИЗ	Очень поздние	1100	520—530
5904-И, 9078-И			

Приведенные в табл. 2.17 значения сумм эффективных температур воздуха находятся в тех пределах, которые были установлены Л. Н. Бабушкиным [16, 17], но они более конкретны и присущи тем сортам хлопчатника, которые возделываются в последние годы в хлопководческих районах Средней Азии и Казахстана. С помощью приведенных агрометеорологических показателей можно определять сроки наступления фазы цветения путем простого суммирования ежедневной эффективной температуры (выше 10 °С), начиная со следующего дня после наступления фазы бутонизации. Сведения об ожидаемой средней суточной температуре воздуха можно получить из месячного прогноза погоды или по климатическим справочникам. Методика составления прогноза цветения хлопчатника изложена в [101], поэтому останавливаться на ней более подробно нет необходимости.

Естественно, начало цветения у хлопчатника зависит не только от средней температуры воздуха, но и от других факторов, которые влияют на рост и развитие хлопчатника с момента сева до его цветения. Для подтверждения сказанного рассмотрим рис. 2.7, где показана связь между высотой растений на дату цветения и соотношением составляющих теплового баланса хлопкового поля [54]. Как видно из рис. 2.7, между высотой главного стебля хлопчатника на дату цветения и отношением среднего суточного тур-

булентного теплообмена P за период бутонизация — цветение к соответствующим значениям затрат на испарение LE , а также к радиационному балансу посевов хлопчатника R , существует тесная связь. Причем связи остаются примерно одинаковыми независимо от влагообеспеченности посевов. Из рис. 2.7 видно, что в момент перехода величин P/LE и P/R от положительных к отрицательным хлопчатник достигает высоты 65 см и более.

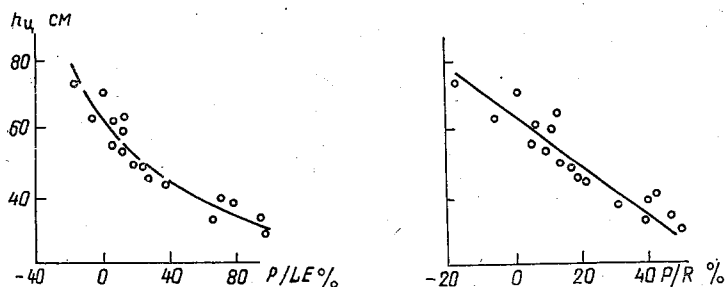


Рис. 2.7. Зависимость высоты главного стебля хлопчатника на дату цветения $h_{ц}$ от соотношений составляющих теплового баланса.

Межфазный период цветение — раскрытие первых коробочек — наиболее важный в жизнедеятельности хлопчатника. В этот период линейный рост растений приостанавливается и начинается процесс формирования коробочек — основы будущего урожая хлопка-сырца. От времени начала цветения и продолжительности этого периода зависит количество сформировавшихся коробочек. Поэтому главной задачей в этот период является сохранение на растениях максимального количества плодовых элементов. Это может быть достигнуто путем своевременного проведения подкормок и поливов в зависимости от сложившихся и ожидаемых условий погоды.

Развитие хлопчатника в первой половине периода цветения — раскрытие коробочек в условиях Средней Азии протекает обычно при жаркой и сухой погоде, а во второй половине — при относительно умеренных температурах, на фоне снижающейся к осени температуры.

Исследованиями установлено, что наступление фазы раскрытия (созревания) первых коробочек зависит от многих факторов, ведущими из которых являются сроки сева, температура и влагообеспеченность посевов, густота стояния и мощность вегетативной массы растений, степень обеспеченности хлопчатника питательными веществами и др.

При ухудшении обеспеченности посевов влагой отмечается ранее наступление фазы раскрытия и созревания первых коробочек, в связи с этим сокращается продолжительность периода накопления коробочек. С улучшением влагообеспеченности растений, наоборот, продолжительность этого периода увеличивается и

наступление фазы раскрытия (созревания) первых коробочек запаздывает. Эта закономерность хорошо прослеживается на материалах табл. 2.16. Фаза раскрытия первых коробочек на 1-м участке, где проводилось всего два полива в период цветения—плодоношение хлопчатника, наступила раньше, чем на двух других участках со схемами полива 1—4—1 (2-й участок) и 70 % НВ (3-й участок). Соответственно этому продолжительность периода

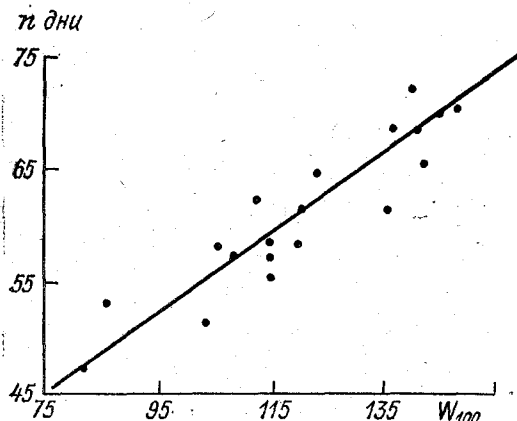


Рис. 2.8. Зависимость продолжительности периода цветения—раскрытие первых коробочек n от средних запасов продуктивной влаги W_{100} в метровом слое почвы.

цветение—раскрытие первых коробочек на 1-м участке была самой короткой, а продолжительность периода раскрытия первых коробочек—губительный заморозок—самой длинной. На 3-м участке самым продолжительным был период цветения—раскрытие первых коробочек и соответственно этому самым коротким последний период.

На рис. 2.8, составленном по данным опытов в САНИГМИ за 1959—1965 гг., показана зависимость продолжительности периода цветения—раскрытие первых коробочек от средних запасов продуктивной влаги в слое почвы 0—100 см за тот же период. Аналитически эта зависимость выражается следующим уравнением регрессии:

$$n = 0,334W + 20,0, \quad (2.20)$$

$$r = 0,856 \pm 0,056, \quad S_n = \pm 3,6 \text{ дня},$$

где n — продолжительность периода цветения—раскрытие первых коробочек, дни; W — средние запасы продуктивной влаги в слое почвы 0—100 см. Пределы применения уравнения: 80—150 мм запасов продуктивной влаги.

Высокий коэффициент корреляции ($r = 0,856$) показывает, что в период цветения—раскрытие первых коробочек влагообеспеченность посевов является определяющим фактором развития и связь с другими факторами менее значительна. Так, например, связь продолжительности периода цветения—раскрытие первых коробочек

чек со средней температурой этого периода характеризуется коэффициентом корреляции $r = -0,62$ (по материалам табл. 2.16).

Зависимость продолжительности периода цветение—раскрытие первых коробочек от количества тепла и влаги описывается следующим уравнением:

$$n = 0,29W - 1,14t + 53,3, \quad (2.21)$$

$$R = 0,87 \pm 0,051, \quad S_n = \pm 3,4 \text{ дня},$$

где n — продолжительность периода, дни; W — средние запасы продуктивной влаги в слое почвы 0—100 см, мм; t — средняя суточная температура воздуха, °C.

Установленная связь показывает, что в период цветение—раскрытие первых коробочек скорость развития хлопчатника с улучшением влагообеспеченности посевов замедляется, вследствие чего период становится более продолжительным. Это обусловливается интенсивным испарением на полях хлопчатника при оптимальной влагообеспеченности посевов. В результате в среде растений формируется более низкая температура, чем на уровне будки (200 см), и скорость развития хлопчатника уменьшается, сам период удлиняется и соответственно суммы эффективных температур воздуха за этот период увеличиваются.

Аналогичная закономерность прослеживается также по материалам гидрометстанций республик Средней Азии. Анализ материалов наблюдений за влажностью почвы под посевами хлопчатника сорта 108-Ф позволил разделить имеющиеся данные на три группы: в первую группу вошли случаи, когда влажность слоя почвы 0—100 см в период цветение—раскрытие первых коробочек снижалась до 55 % НВ и менее, во вторую группу — случаи, когда влажность почвы находилась в пределах 55—70 % НВ, и в третью группу — случаи, когда влажность почвы не опускалась ниже 70 % НВ. Эти материалы позволили установить зависимость скорости развития самого распространенного сорта хлопчатника

108-Ф в период цветение—раскрытие первых коробочек $Y = \frac{1}{n}$

от средней температуры воздуха t за тот же период с учетом запасов влаги W в слое почвы 0—100 см. Установленные связи имеют следующий вид:

при запасах влаги $W < 55 \text{ \% НВ}$

$$Y = 0,00094t - 0,0057, \quad (2.22)$$

$$r = 0,89 \pm 0,025, \quad S_y = \pm 2,4 \text{ дня};$$

при запасах влаги $55 < W < 70 (65) \text{ \% НВ}$

$$Y = 0,00089t - 0,0056, \quad (2.23)$$

$$r = 0,82 \pm 0,031, \quad S_y = \pm 3,4 \text{ дня};$$

при оптимальной влагообеспеченности посевов, т. е. при $W \geq 70\%$ НВ

$$Y = 0,00085t - 0,0056, \quad (2.24)$$

$$r = 0,90 \pm 0,021, \quad S_y = \pm 3,0 \text{ дня.}$$

Из уравнений (2.22)–(2.24) видно, что при соответствующей группировке материалов с учетом влажности почвы прослеживается достаточно тесная связь скорости развития хлопчатника с температурой воздуха. Однако суммы эффективных температур, необходимые для межфазного периода цветение—раскрытие первых коробочек, существенно различаются в зависимости от влагообеспеченности посевов. Так, при нижнем пределе эффективных температур 13°C суммы эффективных температур воздуха составляют $670, 730$ и 783°C соответственно указанным для уравнений (2.21)–(2.22) запасам влаги, а при нижнем пределе эффективных температур 10°C они равны $835, 906$ и 963°C . Согласно исследованиям Л. Н. Бабушкина [17], для прохождения периода цветение—раскрытие первых коробочек хлопчатника сорта 108-Ф (среднеспелый) необходима сумма эффективных температур воздуха $700\text{--}710^\circ\text{C}$ (выше 13°C) или $875\text{--}885^\circ\text{C}$ (выше 10°C).

Общеизвестно, что суммы эффективных температур, рассчитанные по данным наблюдений в стандартной метеорологической будке, существенно отличаются от сумм температур, подсчитанных по данным измерений в зоне обитания растений. Это положение полностью подтверждается нашими исследованиями [54]. Анализ многолетних материалов наблюдений, полученных путем постановки специальных экспериментальных исследований в различных хлопководческих районах Узбекистана и Таджикистана, показывает, что сумма эффективных температур (выше 13°C), рассчитанная с использованием данных о температуре воздуха, измеренной в среде растений (на высоте 50 см), в среднем составляет 590°C . Максимальное отклонение от этого значения в отдельные годы не превышает $\pm 30^\circ\text{C}$, или 5% . В то же время сумма эффективных температур, рассчитанная с использованием данных о температуре воздуха, измеренной на высоте 2 м, в среднем составляет 705°C и изменяется в пределах от 610 до 850°C , т. е. отклонение превышает 100°C .

Наши исследования показали, что независимо от района возделывания и влагообеспеченности посевов сумма эффективных температур воздуха (выше 13°C), необходимая для прохождения межфазного периода цветение—раскрытие первых коробочек, практически изменяется очень мало и составляет в среднем 590°C . Эту сумму температур можно считать «константой» для хлопчатника сорта 108-Ф, если для ее подсчета используются значения температуры воздуха, измеренные в среде растений (на высоте 50 см). Таким образом, темпы развития хлопчатника более тесно связаны с термическим режимом воздуха зоны обитания растительного покрова, чем с температурой воздуха на уровне

2 м от поверхности почвы. Именно поэтому для получения объективных представлений о характере влияния микроклиматических условий в нашей работе [54] были рассмотрены связи продолжительности периода цветение — раскрытие первых коробочек с температурой воздуха непосредственно в растительном покрове.

Наглядное представление о связи продолжительности периода цветение — раскрытие первых коробочек от средней суточной температурой воздуха за этот период дает рис. 2.9, где связи устанавли-

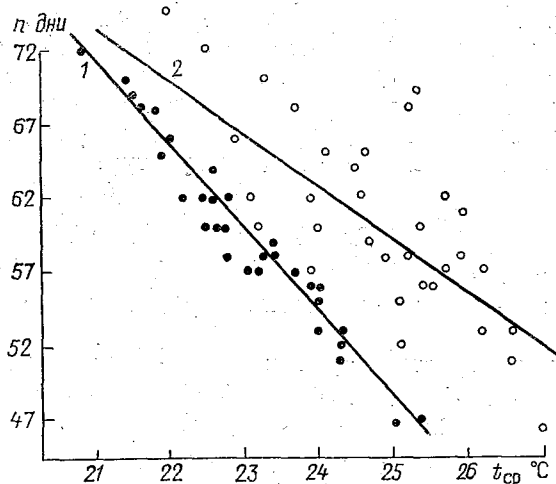


Рис. 2.9. Зависимость продолжительности межфазного периода цветение — раскрытие первых коробочек n от средней температуры воздуха t_{cp} .

1 — на высоте 0,5 м; 2 — на высоте 2 м (будка).

ливались как с температурой, измеренной на высоте 2 м от поверхности почвы, так и с температурой воздуха на высоте 0,5 м, которая измерялась при проведении на посевах хлопчатника градиентных наблюдений в приземном двухметровом слое воздуха.

Анализ расположения точек на рис. 2.9 показывает, что связь продолжительности периода цветение — раскрытие первых коробочек со средней температурой воздуха в среде растений значительно теснее, чем с температурой на уровне будки, что подтверждается и значениями коэффициентов корреляции. Установленные связи описываются следующими уравнениями:

$$n = 191 - 5,7t_1, \quad (2.25)$$

$$r = -0,975 \pm 0,006, S_y = \pm 0,4 \text{ дня}, n = 32;$$

$$n = 149 - 3,6t_2, \quad (2.26)$$

$$r = -0,696 \pm 0,061, S_y = \pm 4,2 \text{ дня}, n = 32,$$

где n — продолжительность межфазного периода цветение — раскрытие первых коробочек, дни; t_1 и t_2 — соответственно средняя

суточная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) в среде растений (на высоте 0,5 м от почвы) и в будке (на уровне 2 м).

Таким образом, теснота связи между продолжительностью межфазного периода и средней температурой воздуха в среде растительного покрова хлопчатника характеризуется самыми высокими коэффициентами корреляции ($r = -0,975$), а уравнение связи — наименьшей ошибкой (менее 1 дня). Следовательно, температура воздуха в среде растений является одним из основных показателей, характеризующих условия развития хлопчатника не только в период цветения—раскрытие первых коробочек, но и в другие периоды жизнедеятельности растений. Поэтому при составлении прогноза фазы развития хлопчатника необходимо учитывать микроклиматические условия отдельных полей. Особенно это важно при моделировании процессов роста, развития и формирования урожая хлопчатника и других культур.

Математическая обработка материалов наблюдений позволила установить связь между скоростью развития хлопчатника за рассматриваемый период и средней суточной температурой воздуха для ряда районированных сортов и получить соответствующие значения сумм эффективных температур. Приведем некоторые из них.

Зависимость скорости развития хлопчатника Y от средней суточной температуры воздуха t за период цветения—раскрытие первых коробочек характеризуется следующими уравнениями регрессии:

для сортов ташкентской группы

$$Y = 0,0012t - 0,0123, \quad (2.27)$$

$$r = 0,71 \pm 0,080, \quad S_y = \pm 0,00133;$$

для сорта 175-Ф

$$Y = 0,0011t - 0,0105, \quad (2.28)$$

$$r = 0,81 \pm 0,073, \quad S_y = \pm 0,0012.$$

Суммы эффективных температур воздуха (выше 10°C), полученные для средневолокнистых и тонковолокнистых сортов хлопчатника, приведены в табл. 2.18. Для очень поздних тонковолокнистых сортов хлопчатника (5474-И, 8763-И, 2ИЗ, 5904-И, 9078-И) количественные термические показатели получены З. И. Волосюк [25] для условий Туркмении. Из табл. 2.18 видно, что тонковолокнистый сорт Термез-14, имеющий нулевой тип ветвления, и особенно сорт С-6037 менее требовательны к теплу, чем сорт 5904-И.

Для условий Азербайджана Р. Е. Кибардин и А. Н. Юрепина [43] приводят следующие данные о суммах эффективных температур воздуха A и о нижних пределах эффективных температур B за период цветения—раскрытие первых коробочек:

Сорт	108-Ф	2421	1298
A °C	200	60	80
B °C	22	24	24

Продолжительность периода цветения—раскрытие первых коробочек, по фактическим данным гидрометстанций Азербайджанского гидрометеорологического управления, изменяется от 42 до 55 дней и в среднем составляет 50 дней.

Таблица 2.18

Суммы эффективных температур воздуха (выше 10 °C) за различные периоды развития хлопчатника при достаточной влагообеспеченности посевов

Сорт	Степень скороспелости	Сумма температур (°C) за период развития	
		цветение—раскрытие первых коробочек	посев—раскрытие первых коробочек
С-4727	Скороспелый	760	1730
Ташкентская группа	Среднеспелые	850	1850
108-Ф	Среднеспелый	880	1880
159-Ф, 153-Ф, 138-Ф, 152-Ф, 141-Ф, 133	Среднепоздние	900	1950
175-Ф	Среднепоздний	880	1970
С-6030, С-6037	Поздние	1000	2030
Термез-14	Поздний	1060	2120
5474-И, 8763-И, 2ИЗ	Очень поздние	1100	2200
5904-И, 9078-И			

Принимая нижний предел эффективных температур равным 10 °C, для условий возделывания хлопчатника в Азербайджане можно пересчитать сумму эффективных температур воздуха, необходимую в период цветения—раскрытие первых коробочек. Для хлопчатника сорта 108-Ф сумма эффективных температур равна 800 °C, а для сортов 2421 и 1298 соответственно 760 и 780 °C. Аналогичные расчеты можно провести и для периода всходы—цветение. Соответствующий перерасчет сумм эффективных температур воздуха был проведен нами с использованием нижнего предела температур 10 °C. Если, согласно работе [9], продолжительность этого периода принять равной в среднем 67 дням, то сумма эффективных температур для хлопчатника сорта 108-Ф составит 825 °C, а для сортов 2421 и 1298 соответственно 775 и 780 °C.

Подробное исследование по агрометеорологии хлопчатника для условий Афганистана проведено Незаробшо Дехзодом [138]. Им, в частности, исследованы связи скорости развития хлопчатника с температурой воздуха. При этом установлено, что для хлопчатника сорта А-1517 при нижнем температурном пределе 10 °C за период посев—всходы необходима сумма эффективных температур воздуха 84 °C, всходы—цветение 1080 °C и цветение—раскрытие первых коробочек 1085 °C. Отсюда следует, что общая

потребность хлопчатника в тепле за период вегетации (посев—раскрытие первых коробочек) в условиях Афганистана (ГМС Кундуз) при достаточной влагообеспеченности посевов выражается суммой эффективных температур, равной 2250 °С. Необходимо, однако, отметить, что такая большая сумма эффективных температур в Афганистане накапливается при средней суточной температуре воздуха от 26 до 32 °С и более за вегетационный период. Следовательно, можно предположить, что увеличение этой суммы происходит за счет так называемых балластных температур.

Репродуктивный период развития хлопчатника заканчивается с наступлением фазы созревания первых коробочек. С этого момента начинается процесс созревания ранее сформировавшихся коробочек. Поэтому заблаговременное определение фазы созревания первых коробочек имеет важное практическое значение в производственной деятельности хлопководов: от него зависят сроки начала работ по сбору урожая хлопка-сырца и сроки окончания оборудования заготовительных пунктов по приему урожая и т. д. Однако в системе Госкомгидромета СССР до середины 60-х годов на наблюдательных участках гидрометстанций хлопководческих республик фаза созревания первых коробочек не отмечалась. Поэтому материалы наблюдений за датами начала этой фазы, а также за динамикой созревания коробочек отсутствовали.

Начиная с 60-х годов на АГМС Бозсу и с 1966 г. на некоторых станциях Узбекской, Таджикской и Туркменской ССР по программе отдела агрометеорологии САНИГМИ стали проводиться специальные наблюдения с целью сбора материала для разработки методики учета урожая хлопка-сырца на отдельных полях. На основе этих материалов была разработана методика учета урожая хлопка-сырца, в том числе и методика наблюдения за началом фазы созревания первых коробочек, которая вошла как составная часть в изданное в 1973 г. «Наставление...» [72].

В эти же годы В. В. Карнаухова [39] было изучено влияние температуры на скорость развития хлопчатника сорта 108-Ф за период цветения—созревание первых коробочек. Согласно ее исследованиям, потребность хлопчатника в тепле за период цветения—созревание первых коробочек выражается суммой эффективных температур воздуха 950 °С, а за период раскрытия первых коробочек—созревание первых коробочек 70 °С. Дальнейшие исследования, проведенные нами, показали, что и для других средневолокнистых сортов хлопчатника характерны именно эти значения температур. Для тонковолокнистых сортов за этот период получена несколько большая сумма эффективных температур (100 °С). Продолжительность данного периода для средневолокнистых сортов равна 4—7 дням, а для тонковолокнистых 6—8 дням.

Приведенные выше агрометеорологические показатели темпов развития хлопчатника подвергались соответствующей проверке на материале массовых наблюдений на гидрометстанциях хлопководческих республик. Для примера в табл. 2.19 сопоставляются рассчитанные и фактические сроки наступления отдельных фаз раз-

вития хлопчатника сортов такшентской группы. Анализ этих данных показывает, что лучшую оправдываемость имеют расчеты скорости появления всходов и даты цветения. Обеспеченность рассчитанных дат наступления фазы всходов с точностью ± 2 дня составляет 95 %, обеспеченность дат цветения с точностью ± 5 дней равна 98 %. Обеспеченность рассчитанных сумм эффек-

Таблица 2.19

Отклонение рассчитанных дат наступления фаз развития хлопчатника сортов тахкентской группы от фактических

Характеристика	Отклонение рассчитанных дат от фактических, дни ($\pm$)							
	0-1	2	3	4	5	6	7	7

Посев—всходы (97)

Число случаев	89	4	4
Вероятность, %	92	4	4
Обеспеченность, %	92	95	100

Посев—бутонизация (77)

Число случаев	31	6	25	7	8
Вероятность, %	40	8	33	9	10
Обеспеченность, %	40	48	81	90	100

Посев—цветение (97)

Число случаев	32	12	27	12	12	2
Вероятность, %	33	12	28	12	13	2
Обеспеченность, %	33	45	73	85	98	100

Посев—раскрытие первых коробочек (92)

Число случаев	23	11	17	10	8	7	7	9
Вероятность, %	25	12	18	11	9	8	7	10
Обеспеченность, %	25	37	55	66	75	83	90	100

Примечание. В скобках указано общее число случаев.

тивных температур для наступления фазы раскрытия первых коробочек с отклонением ± 7 дней составляет 90 %.

В настоящее время в гидрометеорологических центрах хлопководческих республик многие агрометеорологические показатели темпов развития районированных сортов хлопчатника успешно используются при расчете прогноза сроков наступления основных фаз развития этой культуры [51, 67], а также при составлении агрометеорологических обзоров, справок и другой информации.

В этой главе рассматривался в основном вопрос о влиянии температуры воздуха и влагообеспеченности на скорость развития хлопчатника различных сортов. Кроме этих факторов, на темпы развития и состояние хлопчатника в репродуктивный период влияют и другие, например, к неблагоприятным для хлопчатника явлениям погоды следует отнести засухи, суховеи, град, ливневые

осадки и т. д. Однако вопросы воздействия этих явлений в данной работе не рассматриваются, поскольку подробные сведения о них имеются в работах Л. Н. Бабушкина [14, 18] и Н. С. Орловского [79, 80], посвященных вопросам агроклиматического районирования хлопковой зоны и характеристикам агроклиматических условий произрастания хлопчатника в республиках Средней Азии, в том числе на территории, находящейся в зоне влияния Каракумского канала им. В. И. Ленина.

САНИТМИ

влажная

радиационно-тепловой баланс

продуктивность

гидрометеорологические условия

климатические

скороспелость

хлопководческая республика

тематические наблюдения

экспериментальная работа

ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА

Исследования влияния гидрометеорологических факторов на рост, развитие, плодоношение и урожай сельскохозяйственных культур давно привлекали внимание многих ученых. В России начало таких исследований было положено работами П. И. Броунова [21], которые в дальнейшем вызвали появление целой серии исследований в этом направлении.

За последние 20—25 лет опубликован ряд монографий [26, 49, 54, 95, 118, 121 и др.), где изложены результаты исследования зависимости формирования элементов продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур от гидрометеорологических факторов. В САНИГМИ такие исследования для хлопчатника были начаты еще в 60-е годы [54]. В эти же годы получили значительное развитие экспериментальные исследования радиационно-теплого баланса сельскохозяйственных полей [28, 116 и др.]. В результате были разработаны серии агрометеорологических оценок и прогнозов темпов накопления плодовых элементов хлопчатника [25, 39, 67, 68] и методов расчета влагозапасов почвы [24, 57, 104].

Отдельные элементы продуктивности хлопчатника, определяющие будущий урожай, как известно, формируются на различных этапах развития растения. Поэтому количественные связи темпов развития элементов продуктивности хлопчатника с гидрометеорологическими условиями устанавливались с учетом периода их формирования (созревания). Такие связи устанавливались для одного или нескольких сортов, наиболее широко распространенных в конкретных хлопководческих районах, или для группы сортов определенной скороспелости. При решении этой задачи использовались данные наблюдений на гидрометеорологических станциях хлопководческих республик, материалы тематических наблюдений и специальных экспериментально-полевых опытов, а также экспедиционных исследований.

К числу признаков, характеризующих элементы продуктивности хлопчатника, относятся следующие: 1) количество бутонов, образующихся на растениях; 2) количество сформировавшихся коробочек; 3) количество и площадь листьев; 4) качественные параметры хлопка-сырца одной коробочки; 5) количество раскрывшихся и созревших коробочек из числа ранее сформировавшихся.

В качестве гидрометеорологических факторов, влияющих на темпы накопления плодовых элементов, использовались различные характеристики: приходящая к посеву и поглощенная раститель-

ным покровом хлопчатника суммарная радиация, радиационный баланс хлопкового поля и растительного покрова хлопчатника, суммарное испарение за различные периоды вегетации, составляющие теплового баланса, микроклиматические показатели [54, 137]. Однако это направление не получило широкого развития, поскольку определение перечисленных выше характеристик требует постановки специальных полевых экспериментов, включающих весьма обширный и сложный комплекс измерений. Поэтому на практике большое распространение получили те разработки, в которых используются общедоступные характеристики: температура и влажность воздуха, суммы средних суточных и эффективных температур воздуха, суммы средних суточных дефицитов насыщения [25, 36, 39, 51] и др.]

3.1. Формирование бутонов

Репродуктивный период у хлопчатника, т. е. процесс образования плодовых элементов, начинается с момента вступления растений в фазу бутонизации. Темпы накопления плодовых элементов (бутонов, цветов, завязей, коробочек) зависят от плодородия почвы, биологических особенностей возделываемых сортов, технологии возделывания и гидрометеорологических факторов внешней среды. Динамика накопления плодовых элементов характеризуется следующими особенностями: сначала в течение 10—12 дней накопление плодовых элементов идет медленно, затем в течение 30—35 дней скорость их накопления возрастает, а в дальнейшем темпы накопления вновь замедляются и начиная с конца шестой и начала седьмой декады от даты наступления фазы бутонизации количество плодовых элементов практически не увеличивается.

В период цветения хлопчатника одновременно с накоплением плодовых элементов протекает также противоположный процесс — их опадение. Данные наблюдений показывают, что количество опавших плодовых элементов составляет около 75 % общего числа образовавшихся.

? → На рис. 3.1, по материалам наших исследований [54], показана динамика накопления плодовых элементов хлопчатника для сортов 108-Ф при различных режимах орошения: участок 1 поливался по схеме 0—2—0, т. е. два полива в период цветения—плодоношение; на участке 2 поливы проводились по схеме 1—4—1. На этом участке 1-й полив проводился при наступлении фазы бутонизации; 2-й полив — в фазу цветения; 3, 4 и 5-й поливы — с интервалом около 15 дней после 2-го; 6-й полив давался при наступлении фазы раскрытия первых коробочек; участок 3 поливался по «потребности» хлопчатника — при снижении запасов продуктивной влаги до 70 % НВ. Как видно из рис. 3.1, общий характер представленной зависимости выражается S-образной кривой. Общая закономерность накопления плодовых элементов остается одинаковой вне зависимости от влагообеспеченности растений.] Для описания по-

добных зависимостей в биометрии часто используется логистическая функция вида

$$Y_n = \frac{A}{1 - 10^{a+b\theta}}. \quad (3.1)$$

Здесь Y_n — число плодовых элементов на одно растение хлопчатника в момент времени θ , которое измеряется количеством дней

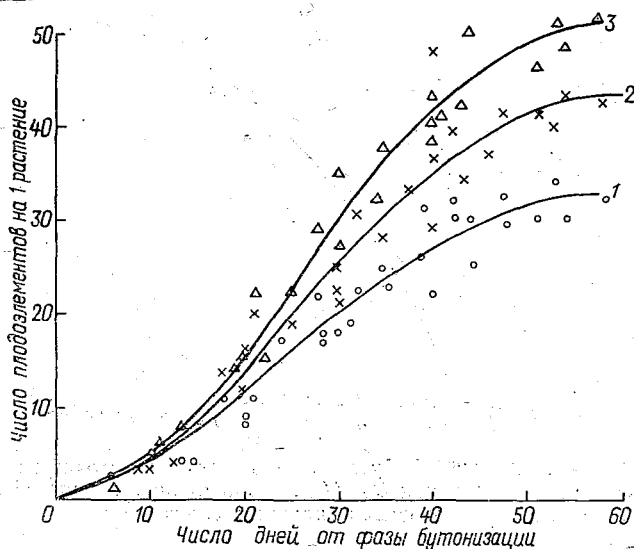


Рис. 3.1. Динамика накопления плодоземелетов хлопчатника при различных режимах орошения.

Полив по схеме: 1) 0-2-0; 2) 1-4-1; 3) 70-70-70 (65) % НВ.

или суммой эффективных температур воздуха начиная от фазы бутонизации; A — разность между максимальным и минимальным значениями функции; a и b — параметры, определяющие наклон, изгиб и точку перегиба линии регрессии.

В начале репродуктивного периода, т. е. в период бутонизации — цветение, на растениях хлопчатника в основном образуются и накапливаются бутоны. Опадения бутонов в это время, как правило, почти не наблюдается. Количество бутонов, образующихся на растениях ко времени цветения, определяется плодородием почвы, технологией возделывания, гидрометеорологическими факторами и связанными с ними особенностями увеличения листовой поверхности. При благоприятных условиях возделывания растений обычно отмечается быстрое нарастание площади листьев, что, следовательно, приводит к увеличению количества солнечной радиации, поглощаемой растительным покровом. Энергия поглощенной листьями солнечной радиации используется растениями на фото-

синтез и другие процессы, в том числе на образование плодоеlementов. Исходя из этого можно ожидать, что чем больше растение поглощает солнечной радиации, тем больше должно образоваться плодоеlementов (до определенного предела). Это положение четко прослеживается на рис. 3.2, где показана связь между количеством плодоеlementов хлопчатника сорта 108-Ф и суммарной радиацией, поглощенной растительным покровом хлопчатника Q_x . Количество

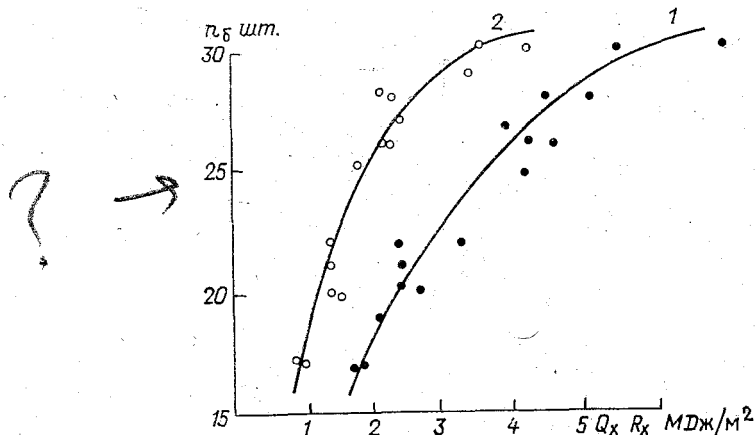


Рис. 3.2. Зависимость количества бутонов n_b от средних суточных значений поглощенной суммарной радиации Q_x (1) и радиационного баланса R_x (2) за период бутонизация—цветение хлопчатника.

бутонов, формирующихся на одном растении на дату цветения, как видно из рис. 3.2, изменяется в зависимости от среднего значения Q_x за период бутонизация — цветение: с ростом среднего суточного значения Q_x количество бутонов (на одно растение) увеличивается, но это увеличение замедляется при достижении $Q_x = 4,2$ МДж/м². В дальнейшем, при быстром возрастании Q_x от 4,2 до 6,0 МДж/м², или, иными словами, при возрастании площади листьев примерно от 1500 до 3000 см² (на одно растение) количество бутонов увеличивается всего от 25 до 30.

В исследованиях Л. Н. Бабушкина [15], Кинга [135], С. Х. Юлдашева [125] и других авторов установлено, что при уменьшении интенсивности солнечной радиации темп накопления плодоеlementов замедляется. Так, например, по данным опыта С. Х. Юлдашева [125], при затенении растений в период бутонизации четырехслойной марлей на дату массового цветения на одно растение приходилось в среднем 24,2 бутона, а на контрольных (не затененных) растениях — по 32,5. Аналогичные результаты приводятся и в книге Л. Н. Бабушкина [15]. В цитируемых работах показано также, что при искусственном ослаблении интенсивности солнечной радиации нарушается не только темп накопления плодовых органов, но и темпы роста и развития растений: задер-

живается наступление фазы бутонизации и цветения, ухудшается структура куста [15, 125].

Связи между количеством плодоеlementов и радиационным балансом хлопчатника R_x , учитывающим все радиационные потоки, представлены на рис. 3.2 (кривая 2). С ростом среднего суточного значения радиационного баланса растительного покрова хлопчатника R_x в период бутонизация — цветение увеличивается количество бутонов на одном растении к моменту его цветения. Наиболее быстрое увеличение количества бутонов отмечается при возрастании R_x до 2,1—2,3 МДж/м² за сутки. Следовательно, число бутонов, образующихся на растениях ко времени их цветения, тесно связано со значениями поглощенной радиации хлопчатника Q_x и радиационного баланса растительного покрова R_x .]

СПриведенные на рис. 3.2 связи, в пределах имеющихся материалов, могут быть описаны следующими уравнениями:

$$n_6 = \exp\left(\frac{3,76Q_x}{Q_x + 0,59}\right), \quad (3.2)$$

$$n_6 = \exp\left(\frac{3,62R_x}{R_x + 0,25}\right), \quad (3.3)$$

где n_6 — среднее количество бутонов на одно растение ко времени цветения хлопчатника, шт.; Q_x и R_x — соответственно средние суточные значения суммы поглощенной суммарной радиации и радиационного баланса хлопчатника за период бутонизация — цветение, МДж/м².]

СНаибольшее число бутонов, как было показано выше, формируется при оптимальной обеспеченности растений влагой (см. рис. 3.2). Важным показателем влагообеспеченности растений является суммарное испарение с посевов хлопчатника. Поэтому данные об испарении широко используются в агрометеорологических исследованиях по оценке агрометеорологических условий формирования урожая хлопчатника. Связи между числом бутонов на дату цветения n_6 и суммарным испарением E мм за период бутонизация — цветение были установлены в результате многолетних экспериментальных исследований. Полученное уравнение

$$\lg n_6 = 0,0476 \lg E + 0,334$$

характеризуется высоким коэффициентом корреляции ($r = 0,92$).

Другим важным показателем температурно-влажностного режима приземного слоя воздуха является турбулентный теплообмен между деятельной поверхностью хлопкового поля и приземным слоем атмосферы. Количество бутонов, образующихся на одном растении на дату цветения хлопчатника, находится в тесной связи ($r = -0,85$) со средним значением турбулентного теплообмена за период бутонизация — цветение: чем меньше затраты тепла на нагревание воздуха, тем больше число бутонов [54]. Аналогичная связь существует также между числом бутонов и отношением

турбулентного теплообмена P к затратам тепла на суммарное испарение LE . Значение P/LE в данном случае можно принять как комплексный параметр внешней среды, поскольку в ее числителе отражен тепловой режим приземного слоя воздуха хлопкового поля, а в знаменателе, помимо термического фактора, — влагообеспеченность посева хлопчатника и запасы продуктивной влаги в почве.

Установленная зависимость выражается следующим уравнением:

$$n_6 = 28,4 - 0,11X, \quad (3.4)$$

$$r = -0,86 \pm 0,045; S_n = \pm 2,2 \text{ бутона,}$$

где n_6 — среднее количество бутонов в среднем на одно растение ко времени цветения хлопчатника; X — отношение среднего суточного значения турбулентного теплообмена P к соответствующему значению затрат тепла на суммарное испарение LE за период бутонизация — цветение хлопчатника, %.

Из уравнения (3.4) следует, что по мере уменьшения параметра P/LE число бутонов хлопчатника увеличивается, что объясняется повышением затрат термических ресурсов приземного слоя атмосферы и верхних горизонтов почвы на суммарное испарение, в том числе на транспирацию. Наибольшее число бутонов на одном кусте формируется при инверсионном распределении температуры воздуха в приземном слое, т. е. в тех случаях, когда поток тепла направлен к деятельной поверхности.

Согласно нашим исследованиям [54], скорость накопления бутонов за период бутонизация — цветение тесно связана со средними суточными разностями между температурами воздуха на высоте 20 и 200 см за этот период. С изменением разности температур от 0,5 до $-1,5^\circ\text{C}$ скорость накопления бутонов хлопчатника увеличивается: наибольшая скорость отмечается при значениях разности температур $\pm 0,5^\circ\text{C}$, а при разности более $-0,5^\circ\text{C}$ скорость накопления бутонов значительно замедляется. Наличие тесной связи между приведенными величинами может быть объяснено тем, что разности средних суточных температур воздуха ΔT_{20-200} в значительной степени зависят от влагообеспеченности посевов и состояния растений за период формирования плодозлементов. В нашей работе [54] показано, что между разностями средней суточной температуры и запасами продуктивной влаги в слое почвы 0—50 см, а также высотой главного стебля хлопчатника существует достаточно тесная связь. Следовательно, по разности температур воздуха на этих высотах можно судить о степени благоприятности агрометеорологических условий для формирования элементов продуктивности хлопчатника.

Одним из характерных показателей степени благоприятности условий возделывания хлопчатника и внешней среды в репродуктивный период развития растений является скорость (интенсивность) накопления плодозлементов (бутонов, корбочек). Согласно

исследованиям Н. Н. Караульщиковой [36], скорость накопления бутонов за период бутонизация — цветение тесно связана со средней суточной температурой воздуха за этот период; при средних условиях возделывания хлопчатника зависимость скорости накопления бутонов от температуры воздуха оказалась прямолинейной (при изменении средней суточной температуры воздуха за рассматриваемый период от 23 до 27 °С).

Приведенный выше рис. 3.1 дает возможность оценить влияние гидрометеорологических факторов на процесс формирования пло-

Таблица 3.1

Динамика накопления бутонов (число бутонов на одном растении) в зависимости от сумм эффективных температур воздуха и степени влагообеспеченности посевов хлопчатника

Влагообеспеченность посевов хлопчатника, % НВ	Сумма эффективных температур воздуха (выше 10 °С), °С									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Оптимальная $W \geq 70$	2,3	4,0	6,6	9,6	12,6	17,0	21,0	24,8	29,0	33,2
Средняя $50 < W \leq 70$ (65)	2,3	3,8	6,0	8,4	11,8	15,2	18,4	21,6	25,0	28,0
Недостаточная $W \leq 50$	2,2	3,6	5,0	7,2	10,0	12,4	15,0	17,4	19,6	20,8

дозлементов хлопчатника. В этом плане практическую ценность представляют разработки методики расчета числа бутонов с учетом динамики их накопления в период бутонизация — цветение. В первую очередь исследовалась зависимость накопления бутонов от сумм эффективных температур за период бутонизация — цветение.

Статистическая обработка данных позволила получить значения параметров уравнения (3.1). Для удобства расчетов на основании установленной связи составлена табл. 3.1, по которой, зная необходимые суммы эффективных температур (выше 10 °С), легко рассчитать возможное число бутонов на растении хлопчатника на дату накопления определенной суммы эффективных температур воздуха.

Приведем пример расчета числа бутонов по данным в табл. 3.1. Фаза бутонизации наступила 10 июня, а дата цветения 12 июля. Влагообеспеченность хлопчатника сорта 108-Ф оптимальная. Средняя декадная температура воздуха за 2-ю декаду июня была 24,5 °С, за 3-ю декаду 26,0 °С, за 1-ю декаду июля была 26,6 °С и за 2-ю декаду 26,1 °С. Следовательно, сумма эффективных температур за период от бутонизации до 21 июня равна 145 °С, до 1 июля 305 °С, до 11 июля 471 °С и по 12 июля включительно 503 °С.

По данным табл. 3.1 находим, что при оптимальных условиях влагообеспеченности посевов в среднем на одно растение хлопчатника на 21 июня накопилось 4,0 бутона, на 1 июля — 12,6, на 11 июля — 26,6 и, наконец, на дату цветения — 29,0 бутона (табл. 3.2).

Полученные таким образом данные о количестве бутонов могут быть использованы для оценки степени благоприятности условий текущей погоды для накопления бутонов хлопчатника, возделываемого в оптимальных условиях влагообеспеченности, т. е. в тех случаях, когда запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы в период бутонизация — цветение не опускаются ниже 70 % НВ. Если влагообеспеченность посевов в этот период недостаточна, т. е. за-

Таблица 3.2

Расчет числа бутонов по сумме эффективных температур воздуха (выше 10 °С)

Показатель	VI		VII	
	декада			
	2-я	3-я	1-я	2-я
Средняя суточная температура воздуха за декаду, °С	24,5	26,0	26,6	26,1
Сумма эффективных температур воздуха:				
за декаду	145	160	166	161
нарастающим итогом от даты бутонизации до цветения	145	305	471	503
Количество бутонов нарастающим итогом	4,0	12,6	28,6	29,0

пасы продуктивной влаги составляют до 45—50 % НВ, то при тех же термических условиях количество бутонов уменьшается до 19,6, т. е. практически формируется на 30—40 % бутонов меньше, чем при оптимальных условиях влагообеспеченности. Следовательно, при оценке условий произрастания хлопчатника в период бутонизация — цветение обязательно нужно учитывать не только теплообеспеченность, но и влагообеспеченность растений. Поэтому показатели тепло- и влагообеспеченности хлопчатника являются основными предпосылками и при моделировании продукционного процесса растений [31, 94, 110, 112, 137, 140, 141].

3.2. Формирование коробочек

Число сформировавшихся коробочек на растениях хлопчатника — это практически основной показатель продуктивности хлопчатника, определяемый на агрометстанциях достаточно надежно. Вместе с тем, именно сформировавшиеся коробочки на одном кусте или на единице площади посева составляют основу урожая хлопчатника. Поэтому многие ученые уделяли большое внимание исследованию влияния факторов окружающей среды, в том числе агрометеорологических, на формирование коробочек на растениях различных по скороспелости сортов хлопчатника.

Первые работы по выявлению зависимости формирования коробочек от агрометеорологических условий были опубликованы

в 60-х годах Н. Н. Караульщиковой [36] для сортов типа 108-Ф и З. И. Волосюк [25] для советских тонковолокнистых сортов хлопчатника. Практически в те же годы аналогичные исследования были выполнены Е. Хершковичем [142] для условий Болгарии. Ими были установлены связи между конечным числом сформировавшихся коробочек и средней суточной температурой воздуха за период цветения — раскрытие первых коробочек.

Исследования, проведенные в течение 1959—1968 гг. на АГМС Бозсу, дали возможность установить ряд интересных закономерностей, отражающих реакции растений не только на различный фон увлажнения, но и на весь гидрометеорологический режим посевов хлопчатника. Полевые опыты позволили количественно оценить влияние радиационно-теплового режима и характеристик микроклимата на процессы формирования коробочек хлопчатника.

Статистический анализ материалов экспериментальных наблюдений показал, что между числом сформировавшихся коробочек, поглощенной хлопчатником суммарной радиацией и радиационным балансом растительного покрова хлопчатника существует довольно тесная связь, описываемая в первом приближении следующими уравнениями:

$$n_k = 5,0Q_x + 8, \quad (3.5)$$

$$r = 0,83 \pm 0,048, \quad S_n = \pm 8,6 \text{ коробочек};$$

$$n_k = 6,7R_x + 13, \quad (3.6)$$

$$r = 0,86 \pm 0,045, \quad S_n = \pm 8,0 \text{ коробочек},$$

где n_k — количество коробочек, сформировавшихся на единице площади посева (1 м²) на дату раскрытия первых коробочек; Q_x и R_x — соответственно суточная сумма поглощенной суммарной радиации и радиационного баланса растительного покрова хлопчатника в среднем за период цветения — раскрытие первых коробочек, МДж/м².

Существует также хорошая связь ($r = -0,725$) между числом сформировавшихся коробочек и средним суточным значением турбулентного теплообмена за период цветения — раскрытие первых коробочек: по мере увеличения притока тепла из воздуха к деятельной поверхности отмечается возрастание числа коробочек. Аналогичная зависимость прослеживается также между числом коробочек и параметром P/LE . Данная связь более тесная и описывается следующим уравнением:

$$n_k = 7,0 - 0,245X, \quad (3.7)$$

$$r = -0,87 \pm 0,038, \quad S_n = \pm 1,1 \text{ коробочек},$$

где n_k — число коробочек, сформировавшихся на одном растении на дату раскрытия первых коробочек; X — отношение (%) среднего суточного значения турбулентного теплообмена P к соответ-

ствующему значению затрат тепла на суммарное испарение LE за период цветение — раскрытие первых коробочек.

→ Таким образом, количество коробочек, сформировавшихся на дату наступления фазы раскрытия первых коробочек, находится в тесной зависимости от тепло- и влагообеспеченности посевов в период накопления плодоеlementов хлопчатника. Следовательно, можно ожидать, что между количеством коробочек на дату начала их раскрытия n_k и суммарным испарением за период цветение —

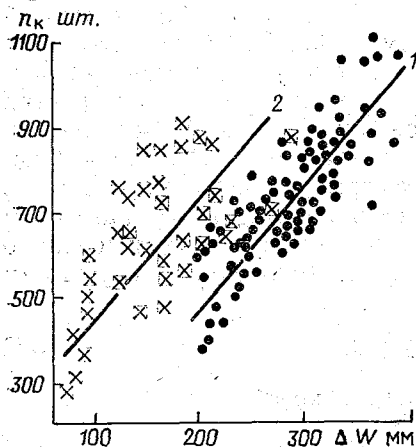


Рис. 3.3. Зависимость количества коробочек n_k от расходов влаги ΔW за период цветение — раскрытие первых коробочек при различном уровне залегания грунтовых вод.

Глубина уровня залегания грунтовых вод:
1 — ниже 3 м; 2 — от 1 до 3 м.

раскрытие первых коробочек E мм должна существовать хорошая корреляционная связь, которая и отмечается в действительности, она выражается уравнением

$$n_k = 0,0257E + 0,2, \quad (3.8)$$

$$r = 0,85 \pm 0,044, \quad S_n = \pm 1,1 \text{ коробочки.}$$

Достаточно высокое значение коэффициента корреляции приведенного уравнения (3.8) показывает наличие тесной связи между сопоставляемыми величинами. Данное уравнение применимо для значений суммарного испарения от 260 до 525 мм, определяемого методом теплового баланса [54]. В дальнейшем аналогичные уравнения связи устанавливались не только на основании результатов экспериментальных исследований, но и с привлечением материалов наблюдений гидрометстанций.

На рис. 3.3 представлена зависимость количества сформировавшихся коробочек на дату раскрытия первых коробочек от расходов влаги из метрового слоя почвы за период цветение — раскрытие первых коробочек среднеспелых сортов хлопчатника, возделываемых на почвах как с глубоким, так и с близким залеганием грунтовых вод. При глубоком залегании грунтовых вод растения хлопчатника развиваются при меньших, а при близком — при больших запасах продуктивной влаги в метровом слое почвы.

Анализ рис. 3.3 показывает: а) связь между числом коробочек на 10 м² и расходами влаги, определенными по упрощенному уравнению водного баланса [57], в пределах использованного материала близка к прямолинейной; б) связь количественно различна для территорий с малой и большой глубинами залегания грунтовых вод. Рассчитанные уравнения зависимости числа коробочек от расходов влаги имеют следующий вид:

а) для территорий, где глубина залегания грунтовых вод ниже 3 м,

$$n_k = 3,01 \Delta W_1 - 152,4, \quad (3.9)$$

$$r = 0,80 \pm 0,041, S_n = \pm 124,0 \text{ коробочки на } 10 \text{ м}^2;$$

б) для территорий, где глубина залегания грунтовых вод от 1 до 3 м,

$$n_k = 3,25 \Delta W_2 + 109,1, \quad (3.10)$$

$$r = 0,74 \pm 0,045, S_n = \pm 139,1 \text{ коробочки на } 10 \text{ м}^2;$$

где n_k — количество коробочек на 10 м²; ΔW_1 и ΔW_2 — суммарные расходы влаги за период цветение — раскрытие первых коробочек соответственно для различных территорий. Пределы применения уравнений (3.9) и (3.10) для ΔW_1 составляли от 200 до 390 мм, для ΔW_2 — от 80 до 290 мм.

Скорость накопления коробочек обусловлена не только увлажнением почвы, но и температурным режимом за период их формирования. Установленные зависимости числа коробочек n_k от расходов влаги ΔW и сумм эффективных температур воздуха $\sum T_{\text{эф}}$ за период цветение — раскрытие первых коробочек с учетом глубины залегания грунтовых вод имеют следующий вид:

а) для почв с глубиной залегания грунтовых вод ниже 3 м (первая группа)

$$n_k = 2,08 \Delta W_1 + 0,62 \sum T'_{\text{эф}} - 401,8, \quad (3.11)$$

$$R = 0,84 \pm 0,012, S_n = \pm 78,2 \text{ коробочки на } 10 \text{ м}^2,$$

б) для почв с глубиной залегания грунтовых вод от 1 до 3 м (вторая группа)

$$n_k = 1,42 \Delta W_2 + 0,75 \sum T''_{\text{эф}} - 146,2, \quad (3.12)$$

$$R = 0,81 \pm 0,016, S_n = \pm 89,4 \text{ коробочек на } 10 \text{ м}^2.$$

Пределы применения уравнений для ΔW_1 и ΔW_2 те же, что и для уравнений (3.9), (3.10), а для $\sum T'_{\text{эф}}$ — от 790 до 1015 °С и для $\sum T''_{\text{эф}}$ — от 820 до 980 °С.

Коэффициенты корреляции уравнений (3.11) и (3.12) показывают, что учет термического режима усилил тесноту связи и уменьшил ошибку по сравнению с уравнениями (3.9) и (3.10).

Таким образом, установлен ряд количественных эмпирических связей между конечным числом сформировавшихся коробочек и основными гидрометеорологическими факторами. Однако эти исследования удовлетворяют требования оперативных работников неполностью, поскольку в практике агрометеорологического обеспечения хлопководства возникает необходимость оценки агрометеорологических условий периода формирования коробочек с учетом динамики их накопления, т. е. оценки темпов накопления сформировавшихся коробочек по декадам от фазы цветения и до прекращения образования новых коробочек.

Результаты первой разработки в этом направлении изложены в работе [38], в которой приводятся количественные связи между числом сформировавшихся коробочек и суммами эффективных температур воздуха (выше 10°C) за период цветение — раскрытие первых коробочек. В последующем В. В. Карнаухова [39] была предпринята попытка установить связь между темпами накопления коробочек и агрометеорологическими факторами с учетом биологических закономерностей накопления плодэлементов хлопчатника. В работе [39] связь темпов накопления коробочек с суммами эффективных температур описана простой экспоненциальной зависимостью

$$Y = \exp\left(\frac{ax}{b+x}\right), \quad (3.13)$$

где Y — продуктивность посева, т. е. число коробочек хлопчатника на площади 10 м^2 ; x — сумма эффективных температур воздуха (выше 10°C) нарастающим итогом за период цветение — раскрытие первых коробочек. Значения постоянных коэффициентов a и b были получены эмпирическим путем по фактическим данным. Их значения, например, для среднеспелых сортов хлопчатника 108-Ф и Ташкент-1, по материалам станций Бозсу, Тойтепа, Каунчи и Дальверзин, составляют $a = 8,4$ и $b = 190$. Тогда уравнение (3.13) может быть записано в виде

$$Y = \exp\left(\frac{8,4x}{190+x}\right). \quad (3.14)$$

Аналогичные исследования были выполнены нами с использованием материалов водно- и теплобалансовых наблюдений [56, 68]. В ходе выявления корреляционных связей накопления плодэлементов хлопчатника с гидрометеорологическими факторами для статистического анализа были отобраны те величины, которые оказывают заметное влияние на динамику накопления коробочек хлопчатника и на темпы их раскрытия. Статистический анализ показал, что важно получить уравнение регрессии для определения динамики накопления коробочек хлопчатника с каждым фактором в отдельности, поскольку множественные корреляционные связи значительного улучшения оценки не дают. Статистические характеристики полученных уравнений даны в табл. 3.3. При этом приняты следующие условные обозначения:

Таблица 3.3

Уравнения связи темпов накопления коробочек хлопчатника сортов 108-Ф и
Ташкент-1 с гидрометеорологическими факторами

Уравнение регрессии	Номер уравнения	r	η	σ	Предел применения
---------------------	-----------------	-----	--------	----------	-------------------

Число коробочек в среднем на одно растение

$n_K = -4,5 + 1,38 \cdot 10^{-2} \Sigma Q - 3,38 \cdot 10^{-3} \Sigma Q^2$	(3.15)	0,93	0,95	0,9	42—170 МДж/м ²
$n_K = -4,0 + 2,27 \cdot 10^{-2} \Sigma R - 6,683 \cdot 10^{-4} \Sigma R^2$	(3.16)	0,97	0,97	0,6	21—105 МДж/м ²
$n_K = -3,0 + 0,55 \Sigma E - 5 \cdot 10^{-5} \Sigma E^2$	(3.17)	0,96	0,97	0,6	60—500 мм
$n_K = -3,0 + 0,02 \Sigma T_{\text{эф}} - 6 \cdot 10^{-6} \Sigma T_{\text{эф}}^2$	(3.18)	0,96	0,96	0,7	180—900 °С

Число коробочек на площади 10 м²

$n_K = -373 + 10,2 \Sigma Q - 2,41 \cdot 10^{-2} \Sigma Q^2$	(3.19)	0,94	0,95	62,0	42—170 МДж/м ²
$n_K = -365 + 19,5 \Sigma R - 8,8 \cdot 10^{-2} \Sigma R^2$	(3.20)	0,93	0,96	66,0	21—105 МДж/м ²
$n_K = -348 + 4,77 \Sigma E - 5,3 \cdot 10^{-3} \Sigma E^2$	(3.21)	0,93	0,95	67,5	60—500 мм
$n_K = -250 + 1,7 \Sigma T_{\text{эф}} - 0,6 \cdot 10^{-3} \Sigma T_{\text{эф}}^2$	(3.22)	0,95	0,97	52,3	180—900 °С

n_k — число сформировавшихся коробочек нарастающим итогом за период цветение—раскрытие первых коробочек по декадам, в среднем на одно растение или на площади 10 м^2 ;

ΣQ — сумма суточных значений суммарной радиации нарастающим итогом по декадам за тот же период, МДж/м^2 ;

ΣR — сумма суточных значений радиационного баланса хлопкового поля нарастающим итогом за период формирования коробочек, МДж/м^2 ;

ΣE — сумма суточных значений суммарного испарения, определенного методом теплового баланса, нарастающим итогом за период цветение—раскрытие первых коробочек, мм ;

$\Sigma T_{\text{эф}}$ — сумма эффективных температур воздуха (выше 10°C) нарастающим итогом за период цветение — раскрытие первых коробочек, $^\circ\text{C}$.

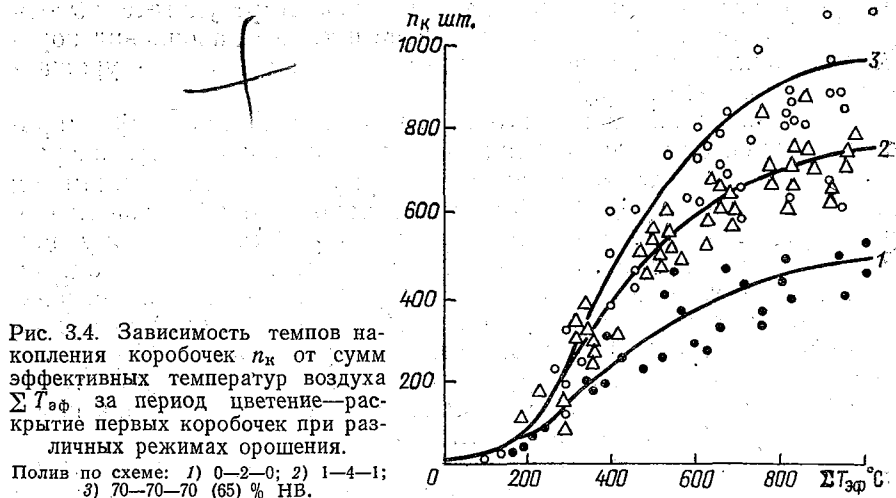
Из статистических характеристик уравнений (3.15) — (3.22) можно сделать вывод, что существует довольно тесная связь между указанными величинами: значения коэффициентов парной корреляции r и корреляционных отношений η составляют соответственно $0,93$ — $0,97$ и $0,95$ — $0,97$. Среднее квадратическое отклонение σ рассчитанного числа сформировавшихся коробочек от их фактического числа оказалось равным $0,6$ — $0,7$ коробочек на одно растение и $\pm (52 \dots 67)$ коробочек на 10 м^2 посева.

Следует отметить, что приведенные в табл. 3.3 уравнения регрессии отражают связи числа коробочек на растениях хлопчатника среднеспелых сортов (Ташкент-1, 108-Ф) с основными гидрометеорологическими факторами для условий влагообеспеченности посевов, близких к оптимальным.

Далее были выявлены аналогичные зависимости темпов накопления коробочек от сумм эффективных температур воздуха с использованием материалов полевого опыта на АГМС Бозсу и данных специальных тематических наблюдений на гидрометстанциях республик Средней Азии и Казахстана. Были получены уравнения связи для скороспелых сортов хлопчатника типа С-4727, среднеспелых сортов ташкентской группы, сортов 153-Ф, 133 и для советских тонковолокнистых сортов С-6030, 9078-И, 9155-И, 5595-В, 5904-И. Однако эти зависимости темпов накопления коробочек хлопчатника от сумм эффективных температур воздуха (выше 10°C), как и в предыдущих исследованиях, устанавливались только для посевов хлопчатника с достаточной влагообеспеченностью растений. Поэтому в них не полностью учитываются биологические закономерности накопления коробочек хлопчатника, и они не дают возможности оценить влияние условий влагообеспеченности посевов на продуктивность посевов в динамике.

Наглядное представление о влиянии условий влагообеспеченности посевов на темпы накопления коробочек хлопчатника можно получить из рис. 3.4. В поле рисунка проведены три линии, соответствующие различному увлажнению почвы. Из рисунка видно, что количество коробочек хлопчатника при одной и той же сумме эффективных температур воздуха (выше 10°C) различается в за-

висимости от влагообеспеченности посевов, т. е. с улучшением влагообеспеченности темпы накопления коробочек возрастают и наибольшее число коробочек образуется на полях с оптимальным режимом орошения. При этом вид кривых динамики накопления коробочек не зависит от влагообеспеченности растений: все они имеют S-образную форму.



В начале фазы цветения накопление коробочек идет медленно. С момента достижения суммами температур (выше 10°C) около 200°C начинается интенсивное накопление коробочек. Выход на плато насыщения отмечается при суммах эффективных температур воздуха 900°C . Прекращение формирования новых коробочек независимо от влагообеспеченности растений среднеспелых сортов хлопчатника наблюдается при накоплении сумм эффективных температур воздуха $1050—1100^\circ\text{C}$. Для скороспелых сортов хлопчатника (С-4727) этот показатель равен 1000°C , и для тонковолокнистых сортов (5904-И) он составляет 1400°C .

Тщательный анализ результатов экспериментальных исследований и данных наблюдений гидрометстанций показал, что если средняя декадная температура воздуха во второй половине периода плодообразования ниже 18°C , то накопление новых коробочек прекращается. Поэтому нижним температурным пределом для образования новых коробочек можно принять 18°C . В этом случае сумма эффективных температур воздуха (выше 18°C) за период цветения — прекращение образования новых коробочек составляет для среднеспелых сортов 500°C , а для скороспелых и позднеспелых (тонковолокнистых) сортов 450 и 680°C соответственно. Установлено также, что естественное прекращение накопления новых коробочек при нормальных условиях тепло- и влагообеспеченности отмечается в среднем у скороспелых сортов в конце 6-й декады,

у среднеспелых — в конце 7-й декады и у тонковолокнистых сортов — в начале 10-й декады, считая от даты цветения хлопчатника.

Недостаток влаги в течение вегетационного периода, особенно до цветения, в период цветения и плодоношения, задерживает накопление плодовых органов. Аналогично замедляются также и темпы роста растений. При улучшении влагообеспеченности посевов хлопчатника в период цветения физиологические процессы растений восстанавливаются неполностью. В результате высота растений остается небольшой, развитие и темпы накопления коробочек значительно отстают, что значительно снижает и урожайность [27, 57, 113 и др.].

Для выявления роли влагообеспеченности посевов в формировании элементов плодоношения сопоставлялись запасы влаги в различных слоях почвы, определяемые 1 раз в декаду, с динамикой накопления коробочек хлопчатника. Однако хорошей связи между указанными величинами обнаружить не удалось. Поэтому при статистических обработках материалов в качестве критерия оценки влагообеспеченности посевов за предшествующий период использовалась высота главного стебля хлопчатника на дату наступления фазы цветения. В производственных условиях в зависимости от степени обеспеченности растений влагой к началу цветения в большинстве случаев высота главного стебля хлопчатника изменяется в пределах от 20 до 70 см.

Нам удалось установить зависимость динамики накопления коробочек хлопчатника различных сортов как от термических условий, так и от влагообеспеченности посевов, используя в качестве показателя высоту главного стебля и густоту стояния растений [67, 78]. Для решения этой задачи были проанализированы материалы специальных наблюдений за растениями хлопчатника и данные режимных агрометеорологических наблюдений гидро- и агрометстанций республик Средней Азии, Южного Казахстана и Азербайджана.

Предварительный анализ результатов агрометеорологических наблюдений по среднеспелым сортам хлопчатника позволил разделить все данные на пять групп, различающихся между собой значениями высот главного стебля на дату наступления фазы цветения. По группам высоты главного стебля растений хлопчатника были объединены следующим образом:

Группа	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
Высота, см	34 и менее	35—45	46—54	55—65	66 и более

Для всех групп были построены графики зависимости темпов накопления числа сформировавшихся коробочек среднеспелых сортов хлопчатника (Ташкент, 108-Ф) от сумм эффективных температур воздуха (выше 10 °C) за период цветение—прекращение образования новых коробочек. Общий характер связей выражается S-образными кривыми независимо от высоты растений. Эта закономерность присуща и скороспелым, и тонковолокнистым сортам

хлопчатника. Для примера на рис. 3.5 представлена зависимость темпов накопления коробочек хлопчатника среднеспелых сортов от сумм эффективных температур воздуха для высоты главного стебля 35—45 см.

Для всех групп зависимость накопления коробочек n_k от сумм эффективных температур воздуха (выше 10°C) $x = T_{\text{эф}}$ описывается логистической функцией:

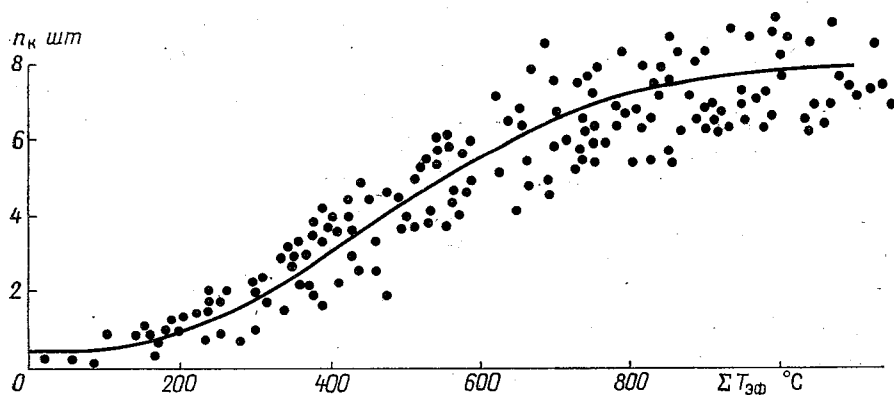


Рис. 3.5. Зависимость темпов накопления коробочек n_k хлопчатника среднеспелых сортов от сумм эффективных температур воздуха $\Sigma T_{\text{эф}}$.

1-я группа (высота растений 34 см и менее)

$$n_k = \frac{6,8}{1 + 10^{1,5204 - 0,0032x}}; \quad (3.23)$$

2-я группа (высота растений 35—45 см)

$$n_k = \frac{8,0}{1 + 10^{1,5907 - 0,0033x}}; \quad (3.24)$$

3-я группа (высота растений 46—54 см)

$$n_k = \frac{9,4}{1 + 10^{1,6605 - 0,0034x}}; \quad (3.25)$$

4-я группа (высота растений 55—65 см)

$$n_k = \frac{10,2}{1 + 10^{1,6968 - 0,0036x}}; \quad (3.26)$$

5-я группа (высота растений 66 см и более)

$$n_k = \frac{11,4}{1 + 10^{1,7291 - 0,0038x}}. \quad (3.27)$$

Уравнения (3.23)—(3.27) получены для густоты стояния хлопчатника, равной в среднем 98 тыс. растений на 1 га.

Общеизвестно, что от густоты стояния растений зависят рост, развитие и плодоношение любой сельскохозяйственной культуры, в том числе и хлопчатника. Для последнего имеется строго определенная закономерность: чем больше густота стояния растений, тем меньшее число коробочек накапливается на одном кусте и наоборот. Поэтому для более полной агрометеорологической ха-

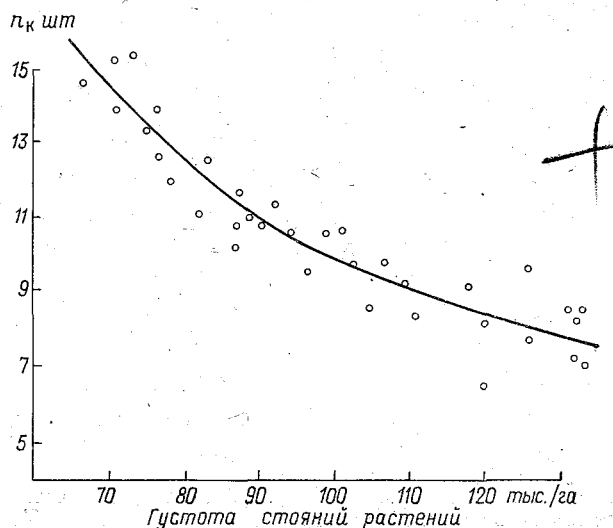


Рис. 3.6. Зависимость числа сформировавшихся коробочек n_k на одно растение хлопчатника среднеспелых сортов (108-Ф, Ташкент) от густоты стояния растений.

актеристики условий формирования урожая хлопчатника необходимо учитывать и густоту его стояния, т. е. площадь питания одного растения хлопчатника. Зависимость числа сформировавшихся коробочек хлопчатника среднеспелых сортов (108-Ф, Ташкент) от густоты стояния показана на рис. 3.6. Данные рассчитаны в пределах густоты стояния от 65 до 130 тыс. растений на 1 га. Такая густота стояния растений часто встречается в производственных условиях в последние годы. Как видно из рис. 3.6, при изменении густоты стояния от 70 до 130 тыс. растений на 1 га среднее количество коробочек на одном растении уменьшается от 14,5 до 8,0.]

На рис. 3.7 показана динамика накопления коробочек в зависимости от сумм эффективных температур, начиная от даты цветения, для посевов среднеспелых сортов хлопчатника (Ташкент-1, 108-Ф) с густотой стояний растений 80, 100 и 120 тыс. на 1 га. При накоплении суммы эффективных температур 1100 °С, т. е. когда практически в дальнейшем не наблюдается образования новых коробочек, число сформировавшихся коробочек на посеве с густотой стояния растений 80 тыс./га составляет 12,5, а на посевах с густотой стояния 100 и 120 тыс. растений на 1 га соответственно

10,0 и 8,3 коробочек. Почти аналогичные цифры можно получить по рис. 3.6: при густоте стояния растений 80 тыс/га получим 12,5, при 100 и 120 тыс/га — соответственно 10,0 и 8,4 коробочек в среднем на одном кусте хлопчатника. В обоих случаях значения числа коробочек совпадают. Следовательно, поправочный коэффициент

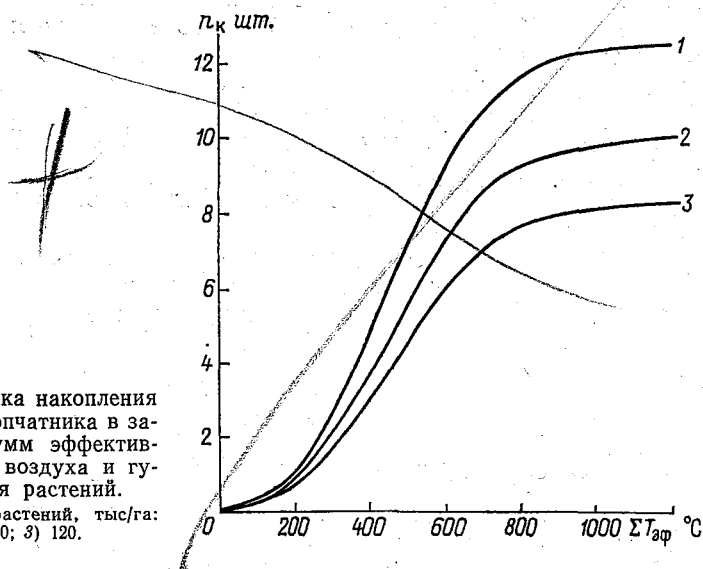


Рис. 3.7. Динамика накопления коробочек n_k хлопчатника в зависимости от сумм эффективных температур воздуха и густоты стояния растений.

Густота стояния растений, тыс/га:
1) 80; 2) 100; 3) 120.

в первом приближении можно получить по следующей, взятой из работы [78] и несколько уточненной формуле:

$$K_i = \frac{\Gamma_{\text{ср}}}{\Gamma_p} \pm c, \quad (3.28)$$

где $\Gamma_{\text{ср}}$ — средняя фактическая густота стояния растений (для которой установлены уравнения связи), тыс/га; Γ_p — густота посева, для которой рассчитывается коэффициент K_i ; c — свободный параметр, равный 0,028.

Уравнения (3.23) — (3.27) были получены для густоты стояния растений 98 тыс/га. Для перехода на расчетную густоту стояния 80, 100 и 120 тыс/га коэффициенты K_1 , K_2 , K_3 имеют следующие значения:

$$K_1 = \frac{98}{80} + 0,025 = 1,225 + 0,025 = 1,25,$$

$$K_2 = \frac{98}{100} + 0,025 = 0,98 + 0,025 = 1,005,$$

$$K_3 = \frac{98}{120} + 0,025 = 0,817 + 0,025 = 0,842.$$

Аналогичным путем были получены поправочные коэффициенты для скороспелых и тонковолокнистых сортов.

На рис. 3.6 линия связи проведена по уравнению

$$n_k = 10K_i = 10 \left(\frac{\Gamma_{cp}}{\Gamma_p} + 0,025 \right). \quad (3.29)$$

Для удобства пользования при расчете числа накопившихся коробочек среднеспелых сортов, возделываемых при достаточной влагообеспеченности посевов и высоте главного стебля $h = 55 \dots 65$ см, на основании полученных связей составлена табл. 3.4, где также представлено число сформировавшихся коробочек для скороспелых сортов (С-4727), а в табл. 3.5 аналогичные данные приводятся для тонковолокнистых сортов (5904-И) в зависимости от сумм эффективных температур воздуха (выше 10°C) с учетом наиболее часто встречающейся в производственных условиях густоты стояния растений.

Однако следует учесть, что при высокой технологии возделывания хлопчатника с учетом конкретных погодных условий накопление коробочек может быть более интенсивным, и к моменту созревания первых коробочек число сформировавшихся коробочек на единицу площади посева может быть на 10—15 % больше, чем число коробочек, рассчитанных по табл. 3.4.

С другой стороны, нарушение технологии возделывания, ухудшение влагообеспеченности посевов и т. п. приводят к уменьшению скорости накопления коробочек, и число сформировавшихся коробочек на единицу площади может быть меньше на 25 % и более, чем при оптимальных условиях.

Расчет количества сформировавшихся коробочек можно проводить после получения фактических сведений о дате наступления фазы цветения хлопчатника. При необходимости ожидаемое количество сформировавшихся коробочек может быть рассчитано и в более ранние сроки, в этом случае необходимые для расчета значения температуры воздуха берутся из прогноза погоды или по средним климатическим данным.

Приведем пример расчета ожидаемого количества сформировавшихся коробочек. Исходные данные: сев хлопчатника сорта С-4727 проведен 27 апреля. Цветение хлопчатника наступило 8 июля, густота стояния растений на эту дату составляет 79,2 тыс/га.

Для расчета выписываются ожидаемые средние декадные температуры воздуха на июль и август, а также определяется ожидаемая дата раскрытия первых коробочек для установления числа сформировавшихся коробочек на эту дату. Сначала определяются суммы эффективных температур воздуха по декадам, а затем нарастающим итогом от даты цветения до 1 сентября или до даты раскрытия первых коробочек (табл. 3.6). Далее, используя данные табл. 3.4, по сумме эффективных температур воздуха определяем количество сформировавшихся коробочек нарастающим итогом на последний день декады.

По данным табл. 3.4 находим, что при густоте стояния растений 79,1 тыс/га (по табл. 3.4 берется густота 80 тыс/га) на 21 июля в среднем на одно растение накопилось 1,0 коробочек, на 1 авгу-

Таблица 3.4

Динамика накопления коробочек хлопчатника в зависимости от сумм эффективных температур воздуха (выше 10 °С) и густоты стояния растений

Густота, тыс/га	Сумма эффективных температур воздуха, °С																	
	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100	1200
Скороспелые сорта типа С-4727																		
70	0,8	1,0	1,1	1,5	2,3	3,2	4,3	5,6	6,8	8,2	9,4	10,7	12,0	13,2	14,2	14,4	14,5	14,5
80	0,7	0,9	1,0	1,4	2,0	2,8	3,9	5,0	6,2	7,3	8,4	9,5	11,0	11,6	12,4	12,6	12,7	12,7
90	0,7	0,9	1,0	1,3	1,8	2,5	3,5	4,4	5,4	6,4	7,4	8,3	9,2	10,2	10,9	11,1	11,2	11,2
100	0,6	0,9	1,0	1,3	1,7	2,2	3,1	4,0	4,9	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2	9,9	10,1	10,2	10,2
110	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,8	3,6	4,4	5,2	6,0	6,8	7,5	8,2	9,0	9,2	9,3	9,3
Среднепоздние сорта типа 108-Ф, Ташкент-1																		
80	0,9	1,3	1,8	2,4	3,4	4,8	5,8	7,0	8,0	9,3	10,1	10,8	11,4	11,8	12,1	12,4	12,6	12,6
90	0,8	1,2	1,6	2,1	3,0	4,2	5,1	6,2	7,3	8,3	8,9	9,6	10,0	10,5	10,8	11,0	11,2	11,2
100	0,7	1,0	1,4	1,9	2,7	3,8	4,6	5,6	6,6	7,4	8,1	8,6	9,1	9,4	9,7	9,9	10,1	10,1
110	0,6	0,9	1,3	1,7	2,4	3,4	4,1	5,0	5,9	6,6	7,3	7,7	8,2	8,4	8,7	8,8	9,0	9,0
120	0,6	0,8	1,2	1,9	2,2	3,2	3,7	4,7	5,3	6,2	6,7	7,2	7,6	7,8	8,1	8,2	8,3	8,4

Таблица 3.5

Динамика накопления коробочек хлопчатника тонковолокнистых сортов (типа 5904-И) в зависимости от сумм эффективных температур воздуха (выше 10 °С) и густоты стояния растений

Густота стояния, тыс/га	Сумма эффективных температур воздуха, °С														
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
90	0,8	1,2	2,1	3,4	4,8	6,4	8,3	11,0	13,8	16,5	19,4	22,0	23,6	23,9	23,9
100	0,7	1,1	1,9	3,1	4,4	5,8	7,5	9,9	12,4	15,0	17,5	19,8	21,3	21,5	21,5
110	0,7	1,0	1,7	2,8	4,0	5,3	6,8	9,0	11,3	13,6	15,9	18,0	19,3	19,5	19,5
120	0,7	0,9	1,6	2,6	3,7	4,8	6,2	8,2	10,3	12,5	14,6	16,5	17,7	18,0	18,0
130	0,6	0,8	1,5	2,4	3,4	4,5	5,8	7,6	9,5	11,5	13,5	15,3	16,4	16,6	16,6
140	0,6	0,8	1,4	2,2	3,1	4,1	5,4	7,1	9,0	10,7	12,5	14,2	15,2	15,3	15,3
150	0,6	0,7	1,3	2,1	2,9	3,8	5,0	6,6	8,3	10,0	11,7	13,2	14,1	14,2	14,2

ста — 4,1, на 11 августа — 7,7; на 21 августа — 11,5 и, наконец, на 1 сентября — 12,0 коробочек. Ожидаемая дата раскрытия первых коробочек — 19 августа. Следовательно, на эту дату можно ожидать накопления 11,1 коробочки на одном растении.

Проведенные по метеорологическим и фенологическим данным такие расчеты числа сформировавшихся коробочек за период фазы

Таблица 3.6

Расчет ожидаемого количества сформировавшихся коробочек по сумме эффективных температур воздуха

Показатель	VII			VIII		
	декада					
	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я
Средняя декадная температура воздуха, °С	28,1	30,8	28,1	26,1	27,1	24,6
Сумма эффективных температур воздуха						
за декаду нарастающим итогом	182	208	199	161	171	161
от даты цветения хлопчатника на последний день декады	54	262	461	622	793	854
Количество сформировавшихся коробочек						
нарастающим итогом		1,0	4,1	7,7	11,5	12,0
за декаду		1,0	3,1	3,6	3,8	0,5

цветения — 1 сентября за любой год позволят судить о степени благоприятности агрометеорологических условий каждого года для накопления коробочек хлопчатника различных сортов по всем хлопководческим районам.

3.3. Качественные показатели хлопка-сырца в период формирования коробочек

Важнейшей задачей хлопководства является всемерное увеличение производства хлопка-сырца за счет повышения урожайности хлопчатника и улучшения технологических свойств волокна при планомерном сокращении посевной площади. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования влияния погодных условий на качественные показатели волокна и хлопка-сырца (длину, зрелость и крепость хлопкового волокна, относительную разрывную его длину, метрический номер, индекс волокна, массу одной коробочки, массу 1000 шт. семян, выход волокна и др.). Все качественные показатели хлопка-сырца зависят от биологических особенностей сортов хлопчатника, технологии возделывания и их генетически обусловленной реакции на факторы окружающей среды, в том числе и на метеорологические условия периода вегетации растений.

Хлопковое волокно с давних времен является объектом серьезных исследований биологов, биохимиков, химиков, технологов, физиков, а в последние годы и агрометеорологов.

История изучения хлопкового волокна берет свое начало с 80-х годов прошлого столетия. В работе [128] приводятся результаты наблюдений тех лет за развитием волокна в первые дни после оплодотворения семяпочки хлопчатника. За последние 20—25 лет нашего века биология развития хлопкового волокна в онтогенезе, изменчивость признаков, определяющих технологическую ценность волокна, в процессе роста под влиянием факторов внешней среды являлись объектом исследования многих ученых как за рубежом [132, 136, 141], так и в Советском Союзе [33, 35, 89, 119]. Так, в работе [132] определено влияние температуры на компоненты урожая и на качество волокна сортов хлопчатника разного происхождения. Опыты проводились в оранжерее и полевых условиях. Авторами было установлено, что если завязи образовались при дневной температуре 18°C и ночной 13°C, то дальнейшее развитие цветков было заторможенным и нормальные коробочки не образовывались. При повышении температуры у двух сортов (Са-491 и Акала-1517-2) понижался процент выхода волокна. При дневных температурах 24—27°C и ночных 19—22°C показатели прочности волокна у исследуемых сортов в оранжерее соответствовали показателям образцов волокна, выращенных в поле. Показатели длины волокна падали с повышением температуры у коротковолокнистых сортов (Са-481 и Пеймастер Б4В).

Р. Кохель и К. Бенедикт [136] в 1979 и 1980 гг. исследовали влияние метеорологических условий на накопление сухого вещества в коробочках у четырех сортов хлопчатника. Авторы отмечают, что в 1980 г., который был более жарким и сухим, волокна были длиннее и прочнее, чем в 1979 г. Однако сухая масса сырца была меньше, соответственно были меньше масса волокна и число семян в коробочках.

Аналогичное явление отмечается и у сортов хлопчатника, возделываемых в республиках Средней Азии. Так, например, по данным Д. Саттарова [107], сравнительно лучшие качества волокна хлопчатника сортов С-4727 и Ташкент-1 отмечались при более низком урожае сырца, т. е. на орошаемом типичном сероземе с ростом урожая хлопка-сырца длина хлопкового волокна уменьшалась.

В хлопководческих республиках Советского Союза возделываются средневолокнистые и тонковолокнистые сорта хлопчатника, имеющие длину волокна в пределах от 30 до 45 мм. Известно, что длина волокна значительно изменяется в зависимости как от вида хлопчатника, так и внутри самих видов. В ряде биологических работ [35, 89] установлено, что на длину хлопкового волокна влияет увеличение размера и массы коробочки, массы 1000 семян, местоположение коробочек на кусте, технология возделывания хлопчатника, условия погоды вегетационного периода. При

этом растения каждого сорта имеют свои индивидуальные особенности и по-своему реагируют на изменения всех перечисленных факторов.

Известно, что агрометеорологический режим хлопковых полей является важным компонентом природной среды и оказывает существенное влияние на все жизненные процессы хлопчатника, в том числе и на процессы формирования качественных и хозяйственных показателей хлопка-сырца. Однако агрометеорологические исследования с точки зрения проблемы погода — качество хлопкового волокна практически не проводились. С целью восполнить эти пробелы в 1984—1985 гг. в САНИГМИ совместно с Институтом экспериментальной биологии растений АН УзССР (ИНЭБР) были проведены полевые опыты и обработаны архивные данные ИНЭБР по технологическим свойствам различных сортов хлопчатника за 1969—1983 гг. [4, 33, 81].

Экспериментальные исследования проводились на опытном участке ИНЭБР под Ташкентом. Натурные наблюдения были организованы на посевах различных по скороспелости сортов хлопчатника (Экспресс-1, С-4727; 108-Ф, Ташкент-1, Ташкент-2, Ташкент-3, Фархад, 138-Ф, 153-Ф, 141, Акала-442, Гиза-45, С-6022, С-6037, Л-2028 и Mesilla Vallay). В годы совместных и предшествовавших им работ сев хлопчатника исследуемых сортов проводился в 3-й декаде апреля. Растения выращивались при оптимальных условиях агротехники и достаточной влагообеспеченности; отмечалось наступление основных фаз развития; в период 1984—1985 гг. проводились микроклиматические наблюдения.

В период цветения хлопчатника проводилась этикетировка цветков на первых местах (узлах) 2—4-й симподиальных ветвей. Для анализа отбирались коробочки, начиная с 20-дневного и кончая 70-дневным возрастом с 10-дневным интервалом отбора проб. Динамика роста волокна изучалась с 5-дневного возраста по 70-дневный. Технологические признаки волокна (крепость, разрывная длина и т. д.) определялись начиная с 30-дневного возраста.

Обычно при характеристике термических условий периода вегетации растений в качестве основного показателя используется средняя суточная температура воздуха. Однако не менее важное значение имеют дневные и ночные температуры и их соотношения, влияющие на процессы фотосинтеза и дыхания [33]. Поэтому при выявлении корреляционной связи технологических (хозяйственных) показателей волокна и хлопка-сырца с агрометеорологическими характеристиками были использованы следующие предикторы:

за период посев — взятие проб

X_1 — сумма средних суточных температур воздуха, °С;

X_2 — сумма средних суточных дефицитов насыщения воздуха, гПа;

за период цветение — взятие проб

X_3 — сумма средних суточных температур воздуха, °C;
 X_4 — сумма минимальных температур воздуха, °C;
 X_5 — сумма максимальных температур воздуха, °C;
 X_6 — сумма эффективных температур воздуха, °C;
 X_7 — сумма дневных температур воздуха, °C;
 X_8 — сумма ночных температур воздуха, °C;
 X_9 — сумма средних суточных дефицитов насыщения воздуха, гПа.

В табл. 3.7 представлены для трех сортов хлопчатника значения парных коэффициентов корреляции между основными технологическими (хозяйственными) показателями хлопка-сырца и агрометеорологическими характеристиками.

Анализ опытных данных показывает, что с признаком скороспелости связаны такие показатели, как масса хлопка-сырца одной коробочки, масса 1000 семян, индекс волокна, относительная разрывная длина. Значения коэффициентов корреляции этих показателей варьируют как между собой, так и между сортами. Наибольшие значения коэффициентов корреляции отмечаются у позднеспелого сорта хлопчатника Л-2028. Это особенно заметно в период сев—взятие проб. Наблюдаются положительные значения коэффициентов корреляции между качественными признаками хлопка-сырца и агрометеорологическими параметрами. Исключение составляет метрический номер волокна (отношение длины волокна к его массе). В этом случае установлена отрицательная корреляция, и для позднеспелого сорта Л-2028 сопряженность выражена более высокими значениями корреляции (от $-0,84$ до $-0,95$).

Качественные показатели хлопкового волокна (относительная разрывная длина и индекс волокна) у средневолокнистых сортов хлопчатника (Экспресс-1, Ташкент-1) имеют менее тесную связь с агрометеорологическими параметрами, чем у длинноволокнистого Л-2028. Аналогичная закономерность отмечена также между массой хлопка-сырца одной коробочки и агрометеорологическими характеристиками: у позднеспелых сортов хлопчатника значения коэффициента корреляции выше.

К настоящему времени выполнено достаточно много исследований, в которых установлены степень реакции растений хлопчатника различных форм и разновидностей на изменение условий внешней среды. Так, например, в работе [89] установлено, что вне зависимости от скороспелости сорта хлопчатника интенсивный рост волокна происходит в первые 25—30 дней с момента цветения и значительное влияние на его длину и качество оказывают термический и водный режимы. Длина зрелого волокна у хлопчатника среднеспелого сорта 108-Ф на посевах при поливах по схеме 1—4—1 и 1—5—1 была очень близкой и равнялась 32,6—32,8 мм, в то время как на посеве при поливах по схеме 1—3—1 волокно было короче на 2,2—2,4 мм.

Таблица 3.7

Матрица парных коэффициентов корреляции качественных показателей хлопка-сырца и агрометеорологических характеристик

Показатель качества	Агрометеорологические характеристики за период								
	сев — взятие проб		цветение — взятие проб						
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
Скороспелый сорт Экспресс-1									
Масса хлопка-сырца одной коробки, г	0,65	0,31	0,54	0,72	0,76	0,72	0,77	0,76	0,67
Содержание целлюлозы, %	0,76	0,41	0,72	0,92	0,93	0,91	0,93	0,90	0,87
Масса 1000 семян, г	5,57	0,46	0,65	0,80	0,84	0,79	0,84	0,83	0,79
Индекс волокна, г	0,37	0,55	0,52	0,70	0,69	0,69	0,71	0,72	0,75
Метрический номер волокна, мм/мг	-0,33	-0,42	-0,59	-0,73	-0,76	-0,72	-0,76	-0,76	-0,74
Текс, г/км	0,32	0,43	0,58	0,72	0,76	0,71	0,74	0,74	0,73
Относительная разрывная длина, км	0,60	0,27	0,18	0,42	0,35	0,39	0,37	0,40	0,35
Крепость волокна, г	0,58	0,49	0,66	0,87	0,87	0,85	0,88	0,89	0,83
Зрелость волокна	0,61	0,46	0,60	0,82	0,84	0,84	0,86	0,86	0,80
Среднеспелый сорт Ташкент-1									
Масса хлопка-сырца одной коробки, г	0,65	0,49	0,92	0,90	0,92	0,86	0,92	0,90	0,84
Содержание целлюлозы, %	0,67	0,61	0,92	0,91	0,91	0,90	0,91	0,91	0,90
Масса 1000 семян, г	0,67	0,60	0,94	0,94	0,94	0,91	0,94	0,93	0,87
Индекс волокна, г	0,52	0,34	0,78	0,76	0,78	0,71	0,78	0,75	0,70
Метрический номер волокна, мм/мг	-0,66	-0,60	-0,90	-0,90	-0,89	-0,89	-0,90	-0,90	-0,90
Текс, г/км	0,66	0,63	0,88	0,89	0,88	0,88	0,88	0,89	0,88
Относительная разрывная длина, км	0,58	0,13	0,62	0,61	0,63	0,58	0,65	0,60	0,58
Крепость волокна, г	0,66	0,56	0,87	0,87	0,87	0,86	0,87	0,87	0,85
Зрелость волокна	0,66	0,55	0,88	0,88	0,88	0,86	0,89	0,88	0,86

Позднеспелый сорт Л-2028

Масса хлопка-сырца одной коробки, г	0,93	0,85	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,91	0,92
Содержание целлюлозы, %	0,91	0,80	0,88	0,89	0,89	0,89	0,89	0,88	0,89
Масса 1000 семян, г	0,92	0,89	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96	0,94	0,97
Индекс волокна, г	0,85	0,91	0,86	0,85	0,86	0,89	0,87	0,85	0,94
Метрический номер волокна, мм/мг	-0,88	-0,74	-0,94	-0,94	-0,94	-0,95	-0,95	-0,94	-0,95
Текс, г/км	0,88	0,94	0,90	0,90	0,91	0,94	0,92	0,90	0,97
Относительная разрывная длина, км	0,88	0,77	0,94	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94	0,92
Крепость волокна, г	0,89	0,81	0,94	0,95	0,94	0,95	0,96	0,95	0,95
Зрелость волокна	0,90	0,80	0,94	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94	0,94

Таблица 3.8

Матрица парных коэффициентов корреляции длины волокна хлопчатника (Ташкент-1) с агрометеорологическими характеристиками

Предиктор	Предиктант			
	длина волокна, мм	прирост волокна, мм		длина волокна, % максимальной длины
		за декаду	за день	

Сумма средних суточных температур	0,954	0,313	0,501	0,957
Сумма минимальных температур	0,953	0,341	0,514	0,959
Сумма максимальных температур	0,953	0,293	0,489	0,957
Сумма дневных температур	0,946	0,315	0,476	0,949
Сумма ночных температур	0,945	0,345	0,497	0,949
Сумма эффективных температур (выше 10 °C)	0,946	0,400	0,568	0,953
Средняя температура за период	0,045	0,677	0,456	0,054
Амплитуда сумм максимальных и минимальных температур	0,948	0,189	0,446	0,944

В совместных исследованиях сотрудников САНИГМИ и ИНЭБР при изучении влияния агрометеорологических условий на длину волокна использовались в качестве зависимых переменных не только сама длина волокна, но и такие его характеристики, как длина волокна в процентах от максимальной длины, прирост волокна за декаду и за день [81].

Анализ материалов наблюдений показывает, что основной рост волокна в коробочках происходит в первые 30—40 дней с момента цветения. Поэтому корреляционные связи между агрометеорологическими показателями и длиной волокна хлопчатника устанавливаются за этот период. Оказалось, что на рост длины волокна наибольшее влияние оказывают суммы средних суточных, минимальных, максимальных, дневных и ночных температур воздуха за период цветение—взятие проб. Эти же предикторы наиболее информативны при оценке влияния термического режима на рост длины волокна в процентах от ее максимального значения (табл. 3.8).

Результаты исследования показали, что достаточно высокая теснота связи в период цветение—взятие проб характерна не только для сорта Ташкент-1, но и для других среднеспелых сортов хлопчатника ($r = 0,93 \dots 0,98$). При изучении влияния влажностной характеристики воздуха (суммы дефицитов насыщения воздуха за период цветение—взятие проб) на длину волокна выявлена также хорошая связь ($r = 0,91 \dots 0,94$).

Величины коэффициентов корреляции, характеризующие зависимости длины волокна от сумм средних суточных температур и дефицитов насыщения воздуха за период сев—цветение для рассматриваемых сортов, оказались отрицательными и варьировали в пределах от $-0,18$ до $-0,76$.

Значения парных коэффициентов корреляции между длиной волокна и суммами средних суточных температур воздуха периода сев—взятие проб были очень низкими для большинства сортов хлопчатника за исключением сортов 153-Ф и 138-Ф ($r = 0,74$ и $r = 0,70$ соответственно). Зависимость длины волокна от сумм дефицитов насыщения воздуха оказалась хотя и положительной, но характеризовалась низкими значениями коэффициентов корреляции: они составляли от 0,30 до 0,57 в зависимости от сорта.

Динамика роста волокна, как известно, характеризуется следующими особенностями: в первые 10 дней цветения рост волокна идет замедленно, затем скорость его быстро возрастает и волокно достигает наивысшей длины, после чего она уже не увеличивается, а к моменту раскрытия коробочек средняя длина за счет увеличения количества извитков у зрелых волокон незначительно уменьшается.

Сопоставление динамики роста волокна и накопления средних суточных температур воздуха с момента цветения показало, что характер связи этих двух параметров хорошо описывается уравнением логистической функции (табл. 3.9).

Анализ динамики роста волокна показал, что длина волокна перестает увеличиваться, когда сумма средних суточных температур воздуха, начиная от цветения, достигает примерно 650 °С для скороспелых сортов (С-4727) и 700 °С для среднеспелых

Таблица 3.9

Логистические формулы для расчета длины волокна хлопчатника в зависимости от сумм средних суточных температур воздуха в период волокнообразования

Сорт хлопчатника	Логистическая формула	Номер формулы	Предел применения формул по x , °С
Ташкент-1	$Y = \frac{35,95}{1 + 10^{1,2997 - 0,003737x}}$	(3.30)	50—750
108-Ф	$Y = \frac{34,00}{1 + 10^{1,5185 - 0,004328x}}$	(3.31)	50—800
С-6037	$Y = \frac{40,60}{1 + 10^{1,4160 - 0,004052x}}$	(3.32)	50—1100

сортов (108-Ф, Ташкент-1). Более продолжителен процесс роста волокна в длину у хлопчатника тонковолокнистых сортов (С-6037). Он заканчивается при наборе суммы средних суточных температур воздуха, равной 1050 °С.

Таблица 3.10

Оценка влияния термических условий на рост длины волокна хлопчатника

Сорта хлопчатника	Потребная сумма температур, °С	Продолжительность периода (дни), создающая условия		
		удовлетворительные	хорошие	очень хорошие
Скороспелые	650	$\begin{matrix} >29 \\ <22 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 23-25 \\ 28-29 \end{matrix}$	26—27
Среднеспелые	700	$\begin{matrix} >29 \\ <22 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 22-23 \\ 26-29 \end{matrix}$	24—25
Позднеспелые	1050	$\begin{matrix} >46 \\ <35 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 35-37 \\ 42-45 \end{matrix}$	38—41

[Было установлено также, что благоприятные условия для волокнообразования создаются, если за период формирования волокна средняя суточная температура воздуха равна 25—27 °С. При температурах выше и ниже этого предела условия развития волокна хлопчатника ухудшаются.]

На материалах опытов были определены продолжительности периодов с очень хорошими, хорошими и удовлетворительными

термическими условиями для увеличения длины волокна хлопчатника. Установленные агрометеорологические показатели за эти периоды представлены в табл. 3.10, по которой можно оценить благоприятность термических условий для роста волокна хлопчатника. Так, например, для сорта хлопчатника 108-Ф потребная сумма температур (700°C) накопилась, начиная от даты цветения, за 27 дней. Следовательно, согласно табл. 3.10, термические условия для развития волокна были хорошими. Аналогичная оценка может быть проведена и для других сортов и условий.

[3.4. Формирование листовой поверхности

В создании урожая сельскохозяйственных культур, в том числе и хлопчатника, ведущее место принадлежит листовому аппарату растений. При этом как недостаточное, так и чрезмерное развитие листовой поверхности отрицательно сказывается на накоплении элементов продуктивности и в конечном итоге на урожайности [27, 73, 125]. В последние 20—25 лет в агрометеорологической науке большое внимание уделялось исследованию формирования биологической массы растений, в особенности изучению динамики площади листовой поверхности при различных условиях возделывания [26, 99, 107, 130]. Одновременно с этим направлением интенсивно развиваются исследования по важнейшим вопросам агрометеорологии — вопросам оценки влияния агрометеорологических условий на процесс формирования урожая, прогнозирования количества и качества урожая на основе разработки динамических моделей продукционного процесса растений [31, 86, 87, 90, 99, 111]. В решении всех этих вопросов большую роль играет знание закономерности формирования ассимилирующей поверхности растений.

Получение высоких урожаев хлопчатника возможно лишь при условии оптимального развития листовой поверхности растений в течение вегетации и продуктивной работы листьев во все периоды, в особенности в период формирования плодоеlementов (бутонов и коробочек хлопчатника).

Размеры площади листовой поверхности растений в определенной фазе развития хлопчатника представляют собой интегральный показатель состояния растений и потенциальной возможности формирования урожая. Многолетние экспериментальные исследования, проводившиеся на АГМС Бозсу [54, 57], позволили установить связи числа бутонов n_6 на дату цветения и коробочек n_k на дату раскрытия первых коробочек с площадью листьев хлопчатника. Полученные уравнения связи имеют следующий вид:

$$n_6 = 165,4L_{\text{л}} + 120, \quad (3.33)$$

$$r = 0,84 \pm 0,031, \quad S_n = \pm 98,6 \text{ бутона на } 10 \text{ м}^2;$$

$$n_k = 21,4L_m + 101, \quad (3.34)$$

$$r = 0,71 \pm 0,06, \quad S_n = \pm 102 \text{ коробочки на } 10 \text{ м}^2;$$

где $L_{\text{ц}}$ — площадь листьев на дату цветения хлопчатника, тыс. $\text{м}^2/\text{га}$; L_m — максимальная площадь листьев, тыс. $\text{м}^2/\text{га}$. Уравнение (3.33) действует в пределах значений площади листовой поверхности растений хлопчатника среднеспелого сорта 108-Ф от 6,0 до 19,0 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, а уравнение (3.34) — от 14,0 до 41,0 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$.

Значения коэффициентов корреляции уравнений (3.33), (3.34) позволяют отметить, что число коробочек менее тесно связано с площадью листьев, чем количество бутонов.

Материалы экспериментальных исследований позволили также установить количественную зависимость числа коробочек одновременно от трех показателей: 1) максимальной площади листьев L_m , 2) суммы эффективных температур воздуха $\sum T_{\text{эф}}$ (выше 10°C) за период цветение—раскрытие первых коробочек и 3) расходов влаги за этот же период ΔW мм. Эта связь выражается следующим уравнением:

$$n_k = 15,2L_m + 0,88\Delta W + 0,15\sum T_{\text{эф}} - 99,5, \quad (3.35)$$

$$r = 0,87 \pm 0,014, \quad S_n = \pm 67,1.$$

Коэффициент множественной корреляции уравнения (3.35) доказывает, что теснота связи между числом коробочек и максимальной площадью листьев резко повышается при учете агрометеорологических факторов, характеризующих тепло- и влагообеспеченность посевов хлопчатника.

Сопоставление урожая хлопка-сырца с площадью листьев показало, что между ними также существует достаточно высокая связь, зависимости которой выражаются следующими уравнениями:

$$Y_x = 1,72L_{\text{ц}} + 10,6, \quad (3.36)$$

$$r = 0,69 \pm 0,056, \quad S_y = \pm 4,2 \text{ ц/га};$$

$$Y_x = 0,94L_m + 3,4, \quad (3.37)$$

$$r = 0,78 \pm 0,050, \quad S_y = \pm 3,6 \text{ ц/га},$$

где Y_x — хозяйственный урожай хлопка-сырца, ц/га; $L_{\text{ц}}$ — площадь листьев на дату цветения, тыс. $\text{м}^2/\text{га}$; L_m — максимальная площадь листьев хлопчатника, тыс. $\text{м}^2/\text{га}$.

Как видно из уравнений (3.36) и (3.37), связь урожая с максимальной площадью листьев более тесная, чем с площадью листьев на дату цветения.

Согласно исследованиям К. А. Асрарова [12] и А. А. Ничипоревича [73], наибольшую продуктивность фотосинтеза имеют

посевы сельскохозяйственных культур, в том числе и хлопчатника, максимальная площадь листьев которых достигает 40—50 тыс. м²/га. Полученные нами результаты исследования показывают также, что наибольшие урожаи хлопка-сырца (36,5—41,0 ц/га) наблюдались у среднеспелого сорта 108-Ф при формировании листовой поверхности, равной 36,7—40,6 тыс. м²/га, и оптимальной влагообеспеченности посевов в течение вегетационного периода.

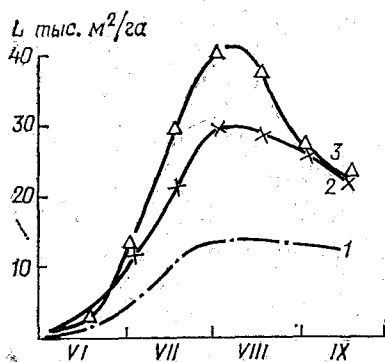


Рис. 3.8. Ход формирования листовой поверхности L хлопчатника при различных условиях влагообеспеченности растений.

Полив по схеме: 1) 0—2—0; 2) 1—4—1; 3) 70—70—70 (65) % НВ.

В хлопководческих республиках Советского Союза максимальная листовая поверхность хлопчатника в производственных условиях изменяется в довольно широких пределах: от 10 до 50 тыс. м²/га. Эти изменения в основном обуславливаются различиями почвенно-климатических факторов, биологических особенностей высеваемых сортов хлопчатника и агротехнических приемов их возделывания.

Исследование динамики площади листьев и оценка влияния факторов внешней среды на ее рост и развитие дают возможность количественно установить соответствие реально сложившихся условий требованиям растений и улучшить эти условия путем применения соответствующей агротехники. В этом плане большую практическую ценность имеет оценка роли агрометеорологических условий в формировании листовой поверхности, и на этой основе разработка метода заблаговременности расчета площади листьев.

На рис. 3.8 на основании экспериментальных данных [54] представлен ход изменения площади листьев для хлопчатника сорта 108-Ф, возделываемого при различных условиях влагообеспеченности и одинаковых дозах минеральных удобрений. Из рис. 3.8 видно, что ход формирования листовой поверхности в большей степени зависит от влагообеспеченности посевов в течение вегетационного периода. Как следовало ожидать, самая обширная листовая поверхность развивается на третьем участке, имеющем оптимальный режим поливов. С ухудшением влагообеспеченности посевов площадь листовой поверхности уменьша-

ется. На первом участке, где орошение недостаточно, максимальное значение площади листьев было в 3 раза меньше, чем у растений на третьем участке.

Сравнение интенсивности роста площади листьев на различных участках показывает, что до середины фазы бутонизации площадь листьев на втором и третьем участках увеличивалась

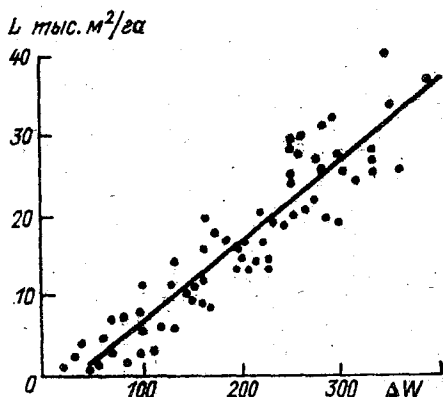


Рис. 3.9. Связь между площадью листьев L и расходами влаги ΔW (мм) за период бутонизация—прекращение роста листовой поверхности.

примерно одинаково; значительно медленнее она росла на первом участке. В начале фазы цветения на третьем участке листовая поверхность достигла на 13,5 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, а на первом участке всего 4,75 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$. На протяжении трех декад после наступления фазы цветения на всех участках отмечалось увеличение, а затем уменьшение площади листьев. При этом на третьем участке как нарастание, так и уменьшение листовой поверхности происходило более быстрыми темпами, чем на двух других.

Недостаточное водоснабжение растений отрицательно сказывается на величине фотосинтезирующей поверхности листьев не только при одинаковых условиях агротехники, но также и при различных схемах размещения растений и на разных фонах плодородия почвы [107, 124].

Наглядно представить характер влияния условий влагообеспеченности посевов на рост листовой поверхности можно по рис. 3.9, где показана связь между площадью листьев и расходами влаги за период бутонизация—прекращение роста площади листьев растений. Эта связь характеризуется коэффициентом корреляции $r = 0,93 \pm 0,019$ и аппроксимируется линейным уравнением

$$Y = 0,1 \sum W - 2,6, \quad (3.38)$$

где Y — площадь листьев в период бутонизация—прекращение роста листовой поверхности, тыс. $\text{м}^2/\text{га}$; ΔW — суммарные расходы влаги из метрового слоя почвы (мм) нарастающим итогом за тот же период.

Связи между величиной листовой поверхности и температурой воздуха определялись также за период бутонизация—прекращение роста площади листьев хлопчатника. При этом зависимость нарастания площади листовой поверхности от температуры воздуха устанавливалась для посевов хлопчатника с оптимальной влагообеспеченностью растений [70]. Уравнение этой связи имеет следующий вид:

$$Y = 0,045 \sum T_{\text{эф}} - 11,5, \quad (3.39)$$

$$r = 0,92 \pm 0,02,$$

где Y — значения площади листьев в период бутонизация—прекращение роста листовой поверхности, тыс. м²/га; $\sum T_{\text{эф}}$ — сумма

Таблица 3.11

Максимальное число, площадь листьев и суммы эффективных температур воздуха (выше 10 °С) за период бутонизация—прекращение роста листовой поверхности

Вариант опыта	Число листьев, шт.				Площадь листьев, тыс. м ² /га				Сумма эффективных температур, °С			
	1965	1966	1967	1968	1965	1966	1967	1968	1965	1966	1967	1968
1	46	71	65	75	14,1	32,8	28,1	34,7	1093	1104	1098	1099
2	68	69	51	67	29,4	32,9	21,5	24,5	1978	1082	1105	1101
3	82	63	61	74	40,6	27,0	27,3	31,0	1078	1099	1079	1101
4		67	48	67		30,4	19,6	36,7		1107	1087	1098

эффективных температур воздуха (выше 10 °С) нарастающим итогом за тот же период. Уравнение применимо в пределах значений сумм эффективных температур от 350 до 1100 °С.

Уравнение связи (3.39) позволяет определить площадь листьев на любую интересующую нас дату периода бутонизация—прекращение роста листовой поверхности, для этого нужно подсчитать сумму эффективных температур воздуха $\sum T_{\text{эф}}$ на интересующую нас дату, начиная от даты бутонизации, и подставить ее значение в уравнение (3.39).

Наибольшее развитие листовой поверхности обычно наблюдается на посевах хлопчатника, где сочетание температуры воздуха и влажности почвы наиболее благоприятно. Зависимость площади листьев Y от температуры воздуха $\sum T_{\text{эф}}$ и расходов почвенной влаги ΔW имеет следующий вид:

$$Y = 0,072 \Delta W + 0,009 \sum T_{\text{эф}} + 0,4, \quad (3.40)$$

$$R = 0,96 \pm 0,003, S_y = \pm 2,1 \text{ тыс. м}^2/\text{га}.$$

Исследование динамики накопления листовой поверхности показало [57], что максимальная площадь листьев среднеспелых

сортов хлопчатника (108-Ф) формируется независимо от влагообеспеченности и схемы посева к моменту набора сумм эффективных температур воздуха (выше 10°C) около 1100°C , вычисленных от даты бутонизации хлопчатника (табл. 3.11). Следовательно, продолжительность периода бутонизация—прекращение роста листовой поверхности, т. е. достижение максимальной величины площади листьев, определяется суммой эффективных температур воздуха 1100°C . Пользуясь этим показателем, в каждом конкретном случае можно рассчитать дату, на которую площадь листьев хлопчатника становится максимальной и прекращает увеличиваться.

[В последние 15—20 лет площадь листьев посевов хлопчатника в республиках Средней Азии определяется фотометрическим методом [97] в период их максимального накопления. Сроки проведения авиационных фотометрических измерений растительной массы (площади листьев) устанавливаются заблаговременно на основе предварительного определения дат достижения листовой поверхностью максимальной площади. Эти даты рассчитываются по накоплению сумм эффективных температур воздуха 1100°C , считая от фазы бутонизации.]

ГЛАВА 4. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСЕННЕГО ПЕРИОДА И СОЗРЕВАНИЕ УРОЖАЯ ХЛОПЧАТНИКА

Раскрытие, созревание коробочек и уборка урожая хлопко-сырца являются заключительным этапом вегетационного периода хлопчатника. Этот период характеризуется ослаблением интенсивности жизненных процессов растений и снижением темпов накопления в коробочках органических веществ.

В начале этого периода, когда створки у первых сформировавшихся коробочек высыхают и раскрываются, во многих других коробочках еще идут физиологические процессы формирования и созревания семян и волокна.

Процесс растрескивания створок у биологически созревших коробочек является физическим. Темпы раскрытия (созревания) коробочек зависят от воздействия комплекса факторов внешней среды: интенсивности солнечной радиации, температуры и влажности воздуха и почвы, интенсивности испарения, скорости ветра и т. д. Поэтому заблаговременная оценка влияния агрометеорологических условий на темпы созревания и уборки урожая хлопко-сырца имеет важное научное и практическое значение, особенно при планировании сроков проведения работ по дефолиации хлопчатника и при определении дат начала первого и последующих сроков машинного и ручного сбора, а также для рационального распределения хлопкоуборочных и перевозочных машин, подготовки и оборудования заготовительных пунктов к приему урожая и т. д.

4.1. Темпы раскрытия и созревания коробочек

Величина и качество общего урожая хлопчатника и особенно величина доморозного высококачественного урожая хлопко-сырца зависит от степени благоприятности агрометеорологических условий осеннего периода. Величина доморозного урожая хлопко-сырца в свою очередь определяется числом созревших коробочек. Поэтому оценка агрометеорологических условий и прогноз темпов раскрытия и созревания коробочек являются одной из основных задач оперативного гидрометеорологического обеспечения хлопководства.

В агрометеорологической литературе имеется ряд работ, посвященных этой проблеме. Первые результаты исследования в этой области освещены в работах [36, 82]. Н. Н. Караульшико-

вой [36] разработана методика оценки и прогноза агрометеорологических условий периода раскрытия коробочек среднеспелых сортов хлопчатника, основанная на количественных зависимостях числа раскрывшихся коробочек за декаду от средней температуры и влажности воздуха. Л. Н. Платоновой [82] установлена зависимость числа раскрывшихся коробочек среднеспелого (108-Ф) и тонковолокнистого сортов (5476-И) хлопчатника от сумм средних суточных дефицитов насыщения воздуха по материалам пяти агро- и гидростанций Бозсу, Янгиюль, Иолотань и Тахта-Базар за 1956—1959 гг. Несколько позже аналогичные зависимости были получены З. И. Волосюк [25] для Туркмении. Однако до конца 50-х и начала 60-х годов такие вопросы, как зависимость доморозного урожая хлопка-сырца от числа созревших коробочек и влияние агрометеорологических условий осеннего периода на созревание коробочек хлопчатника, агрометеорологами хлопководческих республик Советского Союза не были изучены. Поэтому агрометеорологическим отделом САНИГМИ начиная с 1956 г. проводились специальные полевые опыты на производственной базе отдела — агрометстанции Бозсу. Начиная с 1966 г. по программе, разработанной в САНИГМИ, начали проводиться аналогичные наблюдения на многих других гидрометстанциях хлопководческих республик Советского Союза. В настоящее время такое изучение агрометеорологического режима произрастания хлопчатника, в том числе условий формирования и созревания урожая, получило широкое распространение.

Материалы экспериментальных и режимных наблюдений в дальнейшем составили основу исследований влияния гидрометеорологических факторов на темпы раскрытия (созревания) коробочек различных по скороспелости сортов хлопчатника. За 70—80-е годы установлен ряд количественных эмпирических связей между числом раскрывшихся (созревших) коробочек и факторами внешней среды [39, 51, 54, 56].

В табл. 4.1 представлены уравнения регрессии, характеризующие связь числа раскрывшихся коробочек n_p с суммами суммарной радиации $\sum Q$, радиационного баланса $\sum R$, средней суточной температуры $\sum t$ и дефицита насыщения $\sum d$ воздуха (нарастающим итогом) за период раскрытия первых коробочек — прекращение вегетации. Для расчета уравнений (4.1)—(4.8) были использованы материалы водно- и теплобалансовых измерений и агрометеорологических наблюдений, проводившихся на агрометстанции Бозсу в 1967—1975 гг. [68].

Значения коэффициентов парной корреляции r и корреляционных отношений η , характеризующие связь числа раскрывшихся коробочек с приведенными в таблице параметрами, оказались очень высокими: отклонения σ расчетных величин от фактических составили $\pm (0,6 \dots 0,8)$, или $\pm (8 \dots 10) \%$.

Наглядное представление о связи между числом раскрывшихся коробочек за период раскрытия первых коробочек — прекращение вегетации хлопчатника сорта 108-Ф и расходами влаги

на суммарное испарение за этот период, определенными методами теплового баланса [54], можно получить с помощью рис. 4.1. Как видно из рис. 4.1, число раскрывшихся коробочек на дату прекращения вегетации, т. е. на дату наступления губительного заморозка, растет по мере увеличения суммарного испарения примерно до значения последнего 110 мм. При дальнейшем увеличении расходов влаги на испарение число раскрывшихся

Таблица 4.1

Уравнения связи темпов накопления раскрывшихся коробочек хлопчатника среднеспелых сортов (108-Ф, Ташкент-1) с гидрометеорологическими факторами

Уравнение регрессии	Номер урав- нения	r	η	σ	Пределы применения
Число раскрывшихся коробочек (в среднем на одно растение)					
$n_p = -1,5 + 0,133\Sigma Q - 0,509 \cdot 10^{-3}\Sigma Q^2$ (4.1)		0,94	0,97	0,6	21—126 кДж/см ²
$n_p = -1,3 + 0,358\Sigma R - 2,805 \cdot 10^{-3}\Sigma R^2$ (4.2)		0,94	0,96	0,6	12—54 кДж/см ²
$n_p = -0,5 + 0,016\Sigma t - 5 \cdot 10^{-6}\Sigma t^2$ (4.3)		0,93	0,96	0,7	200—1200 °C
$n_p = -0,6 + 0,019\Sigma d - 0,1 \cdot 10^{-4}\Sigma d^2$ (4.4)		0,91	0,95	0,8	100—800 гПа
Число раскрывшихся коробочек (в % общего числа коробочек, сформировавшихся на дату раскрытия первых коробочек)					
$n_p = -4,82 + 1,82\Sigma Q - 0,696 \cdot 10^{-2}\Sigma Q^2$ (4.5)		0,93	0,96	8,0 %	21—126 кДж/см ²
$n_p = -22,3 + 4,1\Sigma R - 3,45 \cdot 10^{-2}\Sigma R^2$ (4.6)		0,91	0,94	10,0 %	12—54 кДж/см ²
$n_p = -10,2 + 0,162\Sigma t - 5,7 \cdot 10^{-5}\Sigma t^2$ (4.7)		0,91	0,94	10,0 %	200—1200 °C
$n_p = -11,5 + 0,23\Sigma d - 1,2 \cdot 10^{-4}\Sigma d^2$ (4.8)		0,90	0,95	9,0 %	100—800 гПа

Примечание. Для всех уравнений число случаев равно 48.

коробочек начинает резко уменьшаться. Это объясняется тем, что при повышенных запасах влаги в почве в период раскрытия коробочек хлопчатника интенсивное испарение создает в среде растений высокую влажность воздуха и пониженную температуру, которые в свою очередь снижают скорость высыхания (раскрытия) коробочек. Аналогичные зависимости получены также при использовании данных о расходах влаги на испарение, вычисленных методом водного баланса [57].

С хозяйственной точки зрения во время уборки урожая хлопчатника важно знать не темпы накопления раскрывшихся коробочек, а темпы накопления созревших коробочек, т. е., коробочек, в которых волокно находится в распушенном состоянии и хлопок-сырец готов к сбору. Для решения этой задачи был обработан материал наблюдений, проводимых в отделе агрометеорологии САНИГМИ, по хлопчатнику сорта 108-Ф. При анализе сопоставлялось число созревших коробочек на конец каждой декады периода дата раскрытия первых коробочек — губительный заморозок с суммой средних суточных дефицитов насыщения воздуха

(мб, гПа) за тот же период (число случаев 145). В результате было получено следующее уравнение:

$$n_c = 0,016 \sum d + 0,3, \quad (4.9)$$

$$r = 0,947 \pm 0,009, S_n = \pm 0,84,$$

где n_c — число созревших коробочек нарастающим итогом на конец каждой декады доморозного периода; $\sum d$ — сумма средних суточных дефицитов насыщения воздуха нарастающим итогом за тот же период.

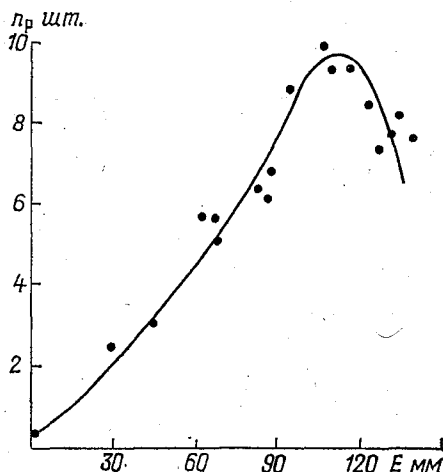


Рис. 4.1. Зависимость числа раскрывшихся коробочек n_p от суммарного испарения E за период раскрытия первых коробочек — губительный заморозок.

Результаты проверки уравнения (4.9) показали, что число созревших коробочек, рассчитанное по нему, значительно отклоняется от фактического их числа, если на дату раскрытия первых коробочек на каждом кусте хлопчатника в среднем накоплено или очень мало, или очень много сформировавшихся коробочек. Поэтому в дальнейшем все данные по числу сформировавшихся коробочек были разделены на три группы и для каждой группы получено свое уравнение.

Первая группа объединяет данные, по которым в среднем на одно растение сформировалось более 10,5 коробочек, уравнение для этой группы

$$n_c = 0,028 \sum d - 0,62, \quad (4.10)$$

$$r = 0,96 \pm 0,066, S_n = \pm 1,21.$$

Вторая группа объединяет данные, по которым сформировалось в среднем от 6,6 до 10,5 коробочек, уравнение для нее

$$n_c = 0,0176 \sum d + 0,52, \quad (4.11)$$

$$r = 0,98 \pm 0,017, S_n = \pm 1,17.$$

Третья группа объединяет данные, по которым в среднем сформировалось не более 6,5 коробочек на одно растение, и имеет уравнение

$$n_c = 0,0135 \sum d + 0,60, \quad (4.12)$$

$$r = 0,95 \pm 0,011, \quad S_n = \pm 0,61.$$

Уравнения регрессии (4.9) — (4.12) получены на материалах наблюдений только агрометстанции Бозсу, т. е. они применимы

Таблица 4.2

Число созревших коробочек хлопчатника в зависимости от сумм средних суточных дефицитов насыщения воздуха

Сорт хлопчатника	Среднее число коробочек	Суммы средних суточных дефицитов насыщения воздуха, гПа								
		100	200	300	400	500	600	700	800	900
108-Ф	7,5	2,3	3,8	5,3	6,3	7,2	7,6	7,8		
	7,5	2,6	4,2	5,8	7,4	9,0	10,6	12,1		
138-Ф, 149-Ф		1,6	2,7	3,8	4,9	6,0	7,1	8,3	9,8	11,1
С-4727, 2421-У,	8,0	1,8	3,7	5,5	7,0	8,5	10,0	11,0	11,7	12,2
2833	8,0	0,6	1,6	2,5	3,3	4,0	4,8	5,2	5,8	
5595-В		1,4	2,3	3,4	5,0	6,9	9,4	11,8	15,0	20,0
6465-В		0,4	1,2	2,0	3,2	4,6	6,7	10,0	14,0	22,0
9155-И		0,9	2,0	3,3	4,7	6,4	9,4	12,6	16,5	

для определенной зоны хлопкосеяния. Поэтому аналогичные разработки проводились по материалам гидрометстанций всех хлопководческих республик Средней Азии. Статистический анализ показал, что характер зависимости темпов накопления созревших коробочек от сумм средних суточных дефицитов насыщения воздуха изменяется в соответствии с сортовыми особенностями хлопчатника. Так, например, для тонковолокнистых сортов хлопчатника (5595-В, 9078-И, 9155-И и др.) зависимость между темпами созревания коробочек и дефицитом насыщения воздуха выражается параболой или уравнением показательной кривой. При этом коэффициенты корреляции и корреляционные отношения связей достаточно высокие и варьируют от 0,87 до 0,98.

Для основных сортов хлопчатника, возделываемых в Средней Азии, было рассчитано число созревших коробочек по суммам средних суточных дефицитов насыщения воздуха (нарастающим итогом, начиная с фазы раскрытия первых коробочек), результаты расчетов приведены в табл. 4.2. Были установлены также количественные зависимости между числом раскрывшихся (созревших) коробочек хлопчатника сортов ташкентской группы и метеорологическими факторами, уравнения этих зависимостей имеют следующий вид:

$$n_p = 6,4 + 0,176 \sum t - 0,76 \cdot 10^{-4} \sum t^2, \quad (4.13)$$

$$\eta = 0,94, \sigma = \pm 8,2 \%;$$

$$n_p = 3,1 + 0,247 \sum d - 0,153 \cdot 10^{-3} \sum d^2, \quad (4.14)$$

$$\eta = 0,96, \sigma = \pm 7,0 \%,$$

где n_p — число раскрывшихся коробочек, % общего числа сформировавшихся коробочек на дату наступления фазы раскрытия первых коробочек хлопчатника (нарастающим итогом за домо-розный период); $\sum t$ и $\sum d$ — соответственно суммы средних суточных температур и дефицита насыщения воздуха за тот же период.

Рассмотренные выше количественные связи между числом раскрывшихся (созревших) коробочек хлопчатника и гидрометеорологическими факторами получены на материалах наблюдений тех лет, когда в практике хлопководства не было массового применения такого важного агротехнического мероприятия, как дефолиация (десикация) хлопчатника. Поэтому влияние дефолиации на темпы раскрытия (созревания) коробочек хлопчатника в представленных зависимостях не было отражено в полной мере. Следовательно, расчеты темпов накопления раскрывшихся (созревших) коробочек с помощью предложенных выше агрометеорологических показателей могут быть использованы для посевов хлопчатника, где не проводится дефолиация (десикация), или только для додефолиационного периода развития растений.

Как известно, предуборочное удаление листьев хлопчатника дефолиантами существенно влияет на темпы раскрытия и созревания коробочек. Однако вопросы оценки этого влияния до начала 70-х годов практически не исследовались, не было и достаточного гидрометеорологического обоснования эффективности работ по дефолиации хлопчатника. Первые результаты исследований в этом направлении были получены в 1967—1968 гг. Х. М. Абдуллаевым [6, 7] и Р. С. Арислановым [10, 11]. В дальнейшем в отделе агрометеорологии САНИГМИ этими же авторами были расширены и углублены исследования по выявлению влияния дефолиации на жизнедеятельность хлопчатника и по оценке мезо- и микрометеорологической обстановки на эффективность проведения дефолиации.

Установлено, что предуборочное удаление листьев хлопчатника дефолиантами положительно действует на темпы раскрытия (созревания) коробочек благодаря созданию на поле благоприятного микроклимата — температура воздуха в среде дефолированного хлопчатника по сравнению с недефолированным повышается в дневные часы на 1—2 °С; повышается и дефицит насыщения. В результате на дефолированных посевах темпы раскрытия коробочек хлопчатника бывают на 20—25 % выше [6, 7], а влажность хлопка-сырца на 2—3 % меньше, чем на недефолированных [8]. В то же время очень важно правильно

установить сроки начала и окончания работ по удалению листьев хлопчатника химическими препаратами. Сроки начала и окончания работ по удалению листьев хлопчатника химикатами зависят от биологической зрелости растений и агрометеорологических условий осеннего периода.

Согласно исследованиям Т. С. Закирова [30], А. И. Имамалиева [32] и других авторов, ранняя дефолиация приводит

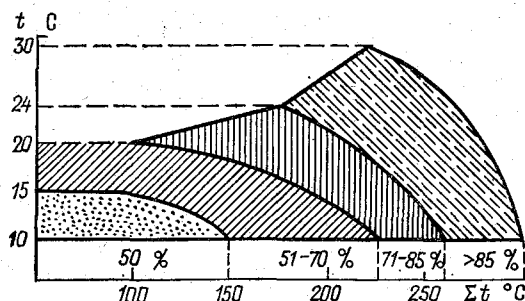


Рис. 4.2. Оценка эффективности дефолиации хлопчатника.

к снижению урожайности хлопчатника, а поздняя — не обеспечивает максимального опадения листьев и не ускоряет созревания урожая. Исследования этих авторов позволили установить, что дефолиация, проведенная после раскрытия двух-трех коробочек, не снижает массы коробочек и качества хлопка-сырца.

Р. С. Арислановым [10, 11] показано, что опадение листьев у дефолированного хлопчатника на 80—85 % и более происходит после набора сумм положительных средних суточных температур воздуха 250 °C при начале подсчета от даты проведения дефолиации. Созревание 3—4 коробочек у хлопчатника средневолокнистых сортов (108-Ф, Ташкент-1 и др.) в среднем отмечается также при наборе этой суммы температур. Поэтому целесообразно дефолиацию хлопчатника начинать в даты, когда суммы средних суточных температур воздуха, подсчитанные от даты раскрытия первых коробочек, достигают 250 °C, и заканчивать до устойчивого перехода средних суточных температур через 17 °C. Осенью этот переход в большинстве хлопководческих районов Узбекистана обычно отмечается 22—28 сентября, несколько раньше (17—20 сентября) — в северных районах Каракалпакии и лишь в южной части Бухарской и большинстве районов Сурхандарьинской области он наблюдается в начале октября, а в крайних южных районах Сурхандарьинской области еще позже (16—19 октября).

На номограмме (рис. 4.2) представлена зависимость количества опавших листьев хлопчатника (в процентах) от температуры воздуха в момент дефолиации и от суммы средних суточных температур воздуха за 12 дней после дефолиации [10]. На номограмме выделены четыре зоны, характеризующие эффектив-

ность дефолиации в зависимости от количества опавших листьев. В первой зоне опало меньше 50 % листьев, во второй зоне 51—70 %, в третьей зоне 71—85 %, а в четвертой — свыше 85 %.

Как видно из номограммы, наиболее эффективно дефолианты действуют при температуре воздуха в момент дефолиации выше 18 °С и сумме положительных температур воздуха за 12 дней после дефолиации 250 °С и более.

Дефолианты очень чувствительны к влажности воздуха. Для успешной дефолиации относительная влажность воздуха не должна быть ниже 40 %. При более низкой влажности воздуха дефолианты слабо проникают в листья хлопчатника. Оптимальной для эффективной дефолиации является относительная влажность воздуха 50—70 %.

Эффективность дефолиации зависит также от скорости ветра, влажности почвы, наличия росы и других метеорологических факторов. Отсутствие ветра, особенно при дефолиации с самолета, является очень благоприятным для равномерного оседания дефолиантов, а скорость ветра 3 м/с достаточна для сноса части капель дефолианта воздушным потоком за пределы поля. Поэтому во многих хлопководческих районах наиболее благоприятным для дефолиации является утреннее (6—10 ч) и вечернее (17—21 ч) время, когда скорость ветра часто бывает менее 2 м/с. Благоприятно сказывается на эффективности действия дефолиантов, особенно порошковидных, и наличие росы в момент дефолиации, что увеличивает опадение листьев на 5—15 %. Это также приводит к необходимости проведения дефолиации именно в утренние часы до испарения росы, поскольку листья хлопчатника в это время насыщены влагой.

Машинный сбор урожая хлопка-сырца обычно начинается с момента, когда у хлопчатника созревает не менее 70 % коробочек, а доля опавших листьев после дефолиации достигает 80 % и более.

На основе многочисленных наблюдений на гидрометстанциях были установлены связи между числом раскрывшихся и созревших коробочек хлопчатника различных сортов и температурой и влажностью воздуха. При этом число раскрывшихся (созревших) коробочек было найдено с учетом количества сформировавшихся коробочек на дату раскрытия первых коробочек. Уравнения связи, уточненные совместно с Ф. Ф. Рахмановой с подключением материалов последних лет, имеют следующий вид:

для скороспелых сортов

$$n_c = -15,0 + 0,23 \sum t - 0,4 \cdot 10^{-4} \sum t^2, \quad (4.15)$$

$$\eta = 0,94, \sigma = \pm 91 \text{ ‰};$$

для среднеспелых сортов

$$n_c = -8,8 + 0,172 \sum t - 0,36 \cdot 10^{-4} \sum t^2, \quad (4.16)$$

$$\eta = 0,95, \sigma = \pm 8,2 \text{ ‰};$$

для тонковолокнистых сортов

$$n_c = -3,8 + 0,110 \sum t - 0,16 \cdot 10^{-4} \sum t^2, \quad (4.17)$$

$$\eta = 0,95, \sigma = \pm 8,3 \%,$$

где n_c — число созревших коробочек, % числа сформировавшихся коробочек на дату наступления фазы раскрытия первых коробочек; $\sum t$ — сумма средних суточных температур воздуха нарастающим итогом за доморозный период.

Уравнения (4.15) — (4.17) можно использовать при расчете (прогнозе) количества созревших коробочек в доморозный период на дефолированных полях. Для облегчения расчетов на основании уравнений (4.15) — (4.17) была составлена табл. 4.3, из которой видно, что с возрастанием суммы средних суточных положительных температур воздуха увеличивается и число созревших коробочек хлопчатника. Созревание 70 % коробочек от числа сформировавшихся на дату раскрытия первых коробочек обеспечивается для скороспелых сортов при суммах положительных средних суточных температур воздуха не менее 400 °С, для среднеспелых сортов 500 °С и для тонковолокнистых сортов 750 °С.

По материалам табл. 4.3 можно составить прогноз числа созревших коробочек на любую дату периода созревания урожая хлопка-сырца. Для составления прогноза необходимо иметь следующие данные:

а) дату раскрытия первых коробочек и на эту дату число сформировавшихся коробочек на одном растении;

б) ожидаемую среднюю декадную температуру воздуха по прогнозу погоды или среднюю многолетнюю декадную температуру по справочнику.

Пример расчета числа созревших коробочек. Исходные данные: при посеве среднеспелого сорта хлопчатника 108-Ф 18 апреля фаза раскрытия первых коробочек наступила 4 сентября; число сформировавшихся коробочек на одном растении на эту дату составило 12,1. Ожидаемая средняя декадная температура воздуха по прогнозу представлена в табл. 4.4. Поскольку дата наступления фазы не совпадает с началом декады, сумму средней суточной температуры воздуха за первую декаду подсчитаем по дням. Примем, что средняя суточная температура каждого дня равна средней декадной температуре. Отсюда сумма средних суточных значений температуры с 5 по 10 сентября окажется равной 134 °С ($22,4 \times 6$), а с 5 по 20 сентября 335 °С ($134 + 201$) и по 30 сентября 513 °С. Подставляя значения сумм температур на конец каждой декады в уравнение (4.16) и проводя соответствующие вычисления, найдем, что на 10 сентября созреет 13,6 % коробочек от 12,1 сформировавшихся коробочек, на 20 сентября 34,8 % и на 30 сентября 70,4 %.

Одновременно с этим можно определить абсолютное число созревших коробочек. На дату раскрытия первых коробочек

Таблица 4.3:

Число созревших коробочек в зависимости от суммы средних суточных температур воздуха Σt при 5—15 сформировавшихся коробочках на одном растении на дату раскрытия первых коробочек

Σ t °C	Созревшие коробочки, %	Число созревших коробочек (шт.) при указанном числе сформировавшихся коробочек										
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Скороспелые сорта

100	7,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1
150	18,6	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
200	29,4	1,5	1,8	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4
250	40,0	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0
300	50,4	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,1	7,6
350	60,5	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1
400	70,6	3,5	4,2	4,9	5,6	6,4	7,1	7,8	8,5	9,2	9,9	10,6
450	80,4	4,0	4,8	5,6	6,4	7,2	8,0	8,8	9,6	10,5	11,3	12,1
500	90,0	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9,0	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5
550	99,4	5,0	6,0	7,0	8,0	8,9	9,9	10,9	11,9	12,9	13,9	14,9
600	108,6	5,4	6,5	7,6	8,7	9,8	10,9	11,9	13,0	14,1	15,2	16,3

Среднеспелые сорта

100	8,0	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2
150	17,0	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6
200	24,2	1,2	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6
250	32,6	1,6	2,0	2,3	2,6	2,9	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9
300	39,5	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,3	4,8	5,1	5,5	5,9
400	53,9	2,7	3,2	3,8	4,3	4,8	5,4	5,9	6,5	7,0	7,5	8,1
500	68,2	3,4	4,1	4,8	5,5	6,1	6,8	7,5	8,2	8,9	9,5	10,2
600	81,4	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3	8,1	9,0	9,8	10,6	11,4	12,2
700	94,0	4,7	5,6	6,6	7,5	8,5	9,4	10,3	11,3	12,2	13,2	14,1
750	100,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14	15
800	105,8	5,3	6,3	7,4	8,5	9,5	10,6	11,6	12,7	13,8	14,8	15,9
850	111,3	5,6	6,7	7,8	8,9	10,0	11,1	12,2	13,3	14,5	15,6	16,7

Σt °C	Со- зре- вшие коро- бочки, %	Число созревших коробочек (шт.) при указанном числе сформировавшихся коробочек											
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Тонковолокнистые сорта

100	7,0	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6
200	17,6	2,0	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,0
300	27,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,2	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,8	6,1	6,4
400	37,6	4,1	4,5	4,9	5,3	5,6	6,0	6,4	6,8	7,1	7,5	8,0	8,3	8,6
500	47,2	5,2	5,7	6,1	6,6	7,1	7,6	8,0	8,5	9,0	9,4	10,0	10,4	10,9
600	56,4	6,2	6,8	7,3	7,9	8,5	9,0	9,6	10,2	10,7	11,2	11,8	12,4	13,0
700	65,6	7,2	7,9	8,5	9,2	9,8	10,5	11,2	11,8	12,5	13,1	13,8	14,4	15,1
800	74,0	8,1	8,9	9,6	10,4	11,1	11,8	12,6	13,3	14,1	14,8	15,5	16,3	17,0
900	82,2	9,0	9,9	10,7	11,5	12,3	13,2	14,0	14,8	15,6	16,4	17,3	18,1	19,0
1000	90,2	10,0	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17,1	18,0	19,0	19,8	21,0
1100	97,8	11,0	11,7	12,7	13,6	14,7	15,6	16,6	17,6	18,6	19,6	20,5	21,5	22,1
1200	105,2	11,6	12,6	13,7	14,7	15,8	16,8	17,9	18,9	20,0	21,0	22,1	23,1	24,2
1300	112,2	12,3	13,3	14,6	15,7	16,8	18,0	19,1	20,1	21,3	22,4	23,6	24,7	25,8
1400	118,8	13,1	14,3	15,4	16,6	17,8	19,0	20,2	21,4	22,6	23,8	24,9	26,1	27,3

сформировалось 12,1 коробочки на одно растение, из них 10 сентября созрело 13,6 %, т. е. 1,6 коробочки $[(12,1 \times 13,6) : 100]$, на 20 сентября созрело 44,8 % коробочек, т. е. 5,4 коробочки на одно растение, а на 30 сентября созрело 70,4 % коробочек, т. е. 8,5 на одно растение. Аналогичные расчеты можно выполнить по материалам табл. 4.3. В этом случае число созревших коробочек нарастающим итогом определяется по суммам средних суточных температур воздуха на конец каждой декады сентября (табл. 4.4). При этом из табл. 4.3 находим соответствующее этим

Таблица 4.4

Расчет ожидаемого количества созревших коробочек по сумме средних суточных температур воздуха

Показатель	Сентябрь (по декадам)		
	1	2	3
Средняя суточная температура воздуха за декаду, °С	22,4	20,1	17,8
Сумма средних суточных температур за декаду	224	201	178
нарастающим итогом от даты раскрытия первых коробочек	134	335	513
Количество созревших коробочек нарастающим итогом			
%	13,6	44,8	70,4
шт.	1,6	5,4	8,5

суммам температур (путем интерполяции) число созревших коробочек (по табл. 4.3 берем для 12 сформировавшихся коробочек) — 1,6, 5,3 и 8,4 коробочек.

Таким образом, можно ожидать, что 70 % от сформировавшихся коробочек будут готовы к сбору к 1 октября. Следовательно, на 1 октября можно планировать начало уборки урожая хлопка-сырца машинами.

Аналогичным образом можно составить прогнозы числа созревших коробочек и для скороспелых и тонковолокнистых сортов хлопчатника с использованием соответствующих агрометеорологических показателей.

4.2. Темпы накопления доморозного урожая

Основной целью труда хлопкороба является получение урожая хлопка-сырца с высоким качеством волокна. Однако в отдельные годы, несмотря на все усилия, затраченные на получение высококачественного урожая, не удается добиться хороших результатов из-за неблагоприятных условий погоды осеннего периода. Общеизвестно, что к моменту раскрытия первой коробочки растения хлопчатника накапливают лишь около 60 %

своего максимально возможного урожая. Остальные 40 % урожая накапливаются в период начало раскрытия первой коробочки — губительные осенние заморозки, причем это накопление идет в основном за счет увеличения массы сырца в каждой сформировавшейся коробочке. Следовательно, количество и качество

Таблица 4.5

Урожай хлопка-сырца при различном режиме орошения. АГМС Бозсу

Год	Номер участка	Хозяйственный урожай			Дата	
		общий, ц/га	доморозный		раскрытия первых коробочек	губительного заморозка
			ц/га	% общего		
1959	1	19,3	17,6	91	2 IX	21 X
	2	31,5	27,1	86	7 IX	
	3	39,2	32,2	82	15 IX	
1960	1	18,1	17,1	95	8 IX	2 XI
	2	27,9	24,6	88	12 IX	
	3	33,5	29,0	86	21 IX	
1961	1	36,0	27,4	76	31 VIII	9 X
	2	37,4	28,1	75	5 IX	
	3	38,1	23,6	62	13 IX	
1962	1	21,3	16,8	79	31 VIII	23 X
	2	39,6	21,4	54	5 IX	
	3	37,7	6,8	21	16 IX	
	4	30,8	14,4	47	8 IX	
1963	1	10,5		0		14 IX
	2	18,3		0		
	3	18,0		0		
	4	13,6		0		
1964	1	27,3	20,2	74	7 IX	30 IX
	2	32,2	14,5	45	18 IX	
	3	32,9	2,6	8		
	4	31,2	10,6	34	23 IX	
1965	1	20,6	18,4	89	24 VIII	1 X
	2	30,5	26,8	89	27 VIII	
	3	41,0	29,5	75	7 IX	
1966	2	32,9	23,7	75	9 IX	18 X
	3	25,9	19,7	77	9 IX	

доморозного, а также общего урожая хлопка-сырца должны находиться в определенной связи с тепло- и влагообеспеченностью растений не только в период их роста, развития и формирования коробочек хлопчатника, но также и в период начало раскрытия первой коробочки — осенние заморозки, прекращающие вегетацию хлопчатника.

Действительно, интересная картина возникает при рассмотрении величины доморозного урожая хлопка-сырца, выраженной в процентах от общего (табл. 4.5). При достаточном увлажнении

почвы в течение вегетационного периода в среде растительного покрова хлопчатника создается повышенная влажность и пониженная температура воздуха [54], в результате чего укорачивается период созревания урожая, тем самым снижается доля доморозных сборов на участках 2 и 3 со схемой полива соответственно 1—4—1 и 70—70—70 (65 %) НВ.

На подсушенном участке 1 (схема полива 0—2—0) отмечается самая длинная продолжительность периода созревания за счет более раннего наступления фазы раскрытия коробочек, в результате этого до губительного заморозка в большинстве случаев раскрывается около 90 % коробочек. Поэтому величина доморозного урожая (в процентах от общего) на подсушенных участках обычно выше, чем на участках с достаточной влагообеспеченностью растений, особенно в годы с ранним наступлением губительного заморозка (1962, 1964, см. табл. 4.7). В 1963 г. на всех участках доморозный урожай хлопка-сырца не был получен, поскольку очень сильный и ранний заморозок (14 сентября) прервал вегетацию хлопчатника, посеянного 13 мая, до наступления фазы раскрытия первых коробочек. Заморозком были повреждены не только листья растений, но частично и коробочки. В связи с этим наблюдалось резкое снижение средней массы хлопка-сырца в одной коробочке (от 6,5 до 4,1 г) и соответственно урожая хлопчатника [54].

Вместе с тем, при продолжительной теплой осени (1959, 1960 и 1965 гг.) абсолютные величины доморозных сборов урожая хлопка-сырца на полях с оптимальным увлажнением почвы бывают более высокими, хотя величина доморозного сбора, выраженного в процентах от общего урожая, на участках с недостаточным увлажнением все-таки оказывается выше. Следовательно, доля доморозного урожая хлопка-сырца определяется продолжительностью периодов формирования и созревания урожая хлопчатника.

На рис. 4.3 показана зависимость доморозных урожаев хлопка-сырца $У_d$ (%) от отношения продолжительности периода раскрытия первых коробочек — губительный заморозок к продолжительности периода цветения — раскрытия первых коробочек X (%). Можно отметить, что эта связь очень тесная ($r = 0,98 \pm 0,002$). Уравнение этой зависимости имеет следующий вид:

$$\lg У_d = 0,5144 \lg X + 0,988. \quad (4.18)$$

Высокая теснота зависимости и незначительная ошибка расчета ($S_y = \pm 1,1$ %) дают основание считать возможным использовать уравнение (4.18) для вычисления $У_d$.

Наибольшее влияние на величину доморозного урожая хлопка-сырца оказывает тепло- и влагообеспеченность последнего периода развития хлопчатника — периода созревания урожая. С целью оценки влияния термического режима на созревание урожая нами сопоставлялась величина доморозного урожая

хлопка-сырца, выраженного в процентах от общего, с суммой положительных температур воздуха за период раскрытия первых коробочек — губительный заморозок. Это сопоставление показало наличие хорошей связи между указанными параметрами ($\eta = 0,88$). При этом зависимость имела нелинейный характер и выражалась следующим уравнением:

$$Y_d = 8,0 + 0,168 \sum t - 0,8 \sum t^2, \quad (4.19)$$

где Y_d — доморозный урожай хлопчатника среднеспелого сорта 108-Ф, % от общего; $\sum t$ — сумма средних суточных температур

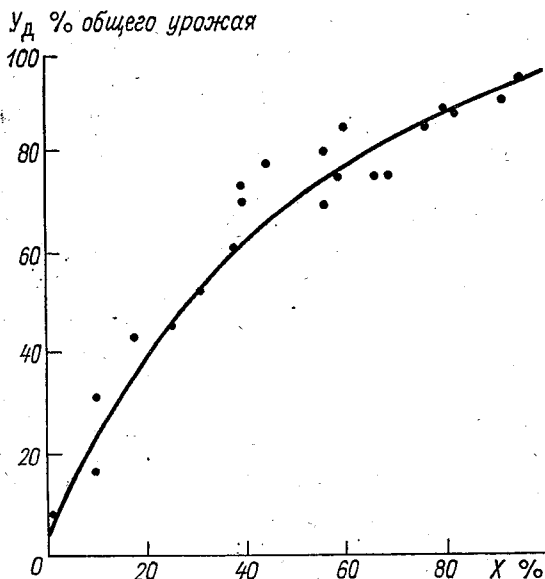


Рис. 4.3. Зависимость доморозного урожая хлопка-сырца Y_d от величины отношения X продолжительности периода раскрытия первых коробочек — губительный заморозок к продолжительности периода цветения — раскрытия первых коробочек.

воздуха за период раскрытия первых коробочек — губительный заморозок.

Уравнение получено на материалах: $Y_d = 8 \dots 95 \%$, $\sum t = = 0 \dots 1000^\circ\text{C}$ [3, 54].

Зависимость доморозного урожая хлопка-сырца от условий влагообеспеченности посевов хлопчатника (сорт 108-Ф) представлена на рис. 4.4, который составлен по данным опытных участков агрометстанции Бозсу [54, 55]. Как видно из рис. 4.4, величина доморозного урожая хлопка-сырца растет по мере увеличения суммарного испарения до 110 мм. При дальнейшем увеличении испарения величина доморозного урожая начинает уменьшаться, т. е. зависимость имеет такой же характер, как и

связь между числом раскрывшихся коробочек и расходами влаги (см. рис. 4.1). Идентичность рассмотренных зависимостей свидетельствует о наличии хорошей связи между доморозным урожаем хлопка-сырца и количеством раскрывшихся коробочек хлопчатника сорта 108-Ф на дату губительного заморозка. Действительно, коэффициент корреляции показывает, что теснота связи

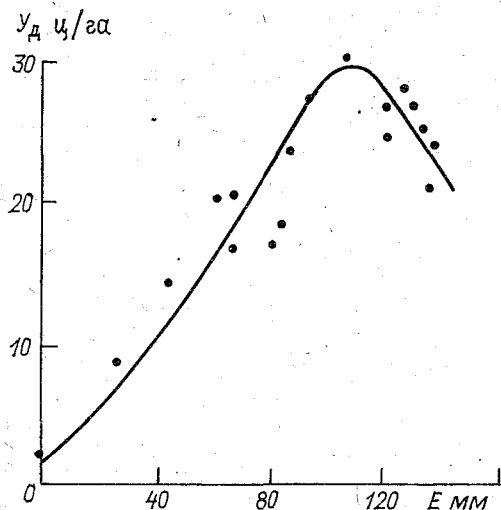


Рис. 4.4. Зависимость доморозного урожая хлопка-сырца U_d от суммарного испарения E за период раскрытия первых коробочек—губительный заморозок.

значительна ($r = 0,90$). Уравнение связи доморозного хозяйственного урожая хлопка-сырца U_d с количеством раскрывшихся коробочек n_p на дату губительного заморозка (в пределах от 2 до 85 коробочек на 1 м^2) имеет следующий вид:

$$U_d = 0,43n_p + 1,8, \quad (4.20)$$

$$r = 0,90 \pm 0,03, \quad S_y = \pm 2,6 \text{ ц/га.}$$

Аналогичные исследования проводились также с использованием материалов Госсортосети Узбекской ССР [39]. Они позволили установить связи доморозного урожая хлопка-сырца с суммами положительных температур воздуха за период раскрытия первых коробочек—губительный заморозок. Хлопководческие районы Узбекистана по характеру зависимости между доморозным урожаем и суммами положительных температур воздуха разделяются на две группы [39, 55]. Для обеих групп связи носят криволинейный характер, однако кривые зависимости для первой группы областей имеют меньшую кривизну, чем для второй.

На многолетних материалах наблюдений гидрометстанций Узбекской ССР были рассчитаны повторяемости за осенний безморозный период сумм положительных температур воздуха, обеспечивающих получение той или иной величины доморозного урожая хлопка-сырца, выраженной в процентах от общего уро-

жая. Как видно из табл. 4.6, обеспеченность сбора урожая хлопка-сырца до наступления губительных заморозков для первой группы областей составляет 50—70 %, а для второй группы

Таблица 4.6

Обеспеченность (%) получения доморозного урожая хлопка-сырца в Узбекской ССР

Группа областей	Уровень урожая, ц/га	Доморозный урожай, % общего					
		≤30	31—50	51—70	71—90	91—95	96—100
1. Ташкентская, Сыр- дарьинская, Джизак- ская, Самаркандская, Бухарская, Кашка- дарьинская, Сурхан- дарьинская	20—25	100	99	96	88	76	68
	30—35	100	99	98	90	74	58
	40—45	100	100	99	92	62	52
2. Ферганская, Анди- жанская, Наманган- ская, Хорезмская, КК АССР	20—25	100	98	90	87	80	78
	30—35	100	99	94	89	79	74
	40—45	100	99	96	88	77	65

60—80 %, другими словами, в первой группе областей доморозный урожай составляет 96—100 % общего урожая в 5—7 годах из 10, а во второй группе — в 6—8 годах из 10.

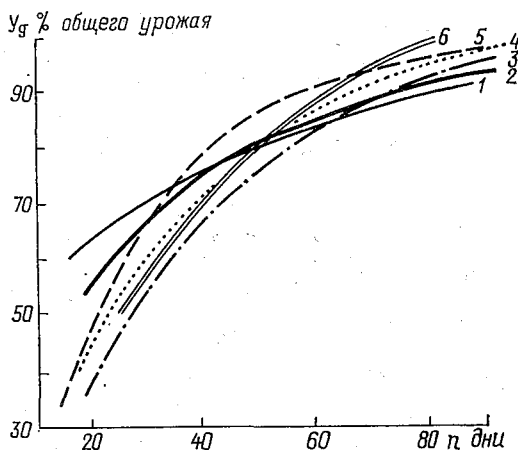


Рис. 4.5. Зависимость доморозного урожая U_d тонковолокнистых сортов хлопчатника от продолжительности периода раскрытия первых коробочек — губительный заморозок.

Сорта хлопчатника: 1) 2ИЗ; 2) 9122-И, 9123-И; 3) 5904-И, 9041-И; 4) 9078-И, 8763-И, 91555-И; 5) 9103-И, 9647-И; 6) 9046-И, 9182-И.

Из материалов табл. 4.6 также следует, что в обеих группах областей во все годы обеспечивается доморозный урожай, равный 50 % и менее общего урожая, независимо от его уровня.

Результаты исследования зависимости доморозного урожая хлопчатника непосредственно от продолжительности периода раскрытия первых коробочек — губительный заморозок освещены для условий Узбекистана в работе [39], а для условий Туркме-

нии и Таджикистана соответственно в работах [49, 80] и [83]. При этом во всех работах были использованы материалы госсортоучастков соответствующих республик.

Сопоставление количества доморозного урожая (% общего урожая) с длительностью периода созревания урожая позволило Н. С. Орловскому [80] для тонковолокнистого хлопчатника 12 сортов установить связи между этими параметрами. Анализ материалов позволил автору разбить все рассматриваемые сорта по скорости накопления доморозного урожая на шесть групп. Графически установленные связи представлены на рис. 4.5.

Следовательно, по продолжительности периода накопления доморозного урожая, т. е. по длительности периода раскрытия первых коробочек — прекращение вегетации хлопчатника, используя данные на рис. 4.5, можно определить долю доморозного урожая от общего.

Таким образом, разработанные агрометеорологические показатели позволяют оценить долю доморозного высококачественного урожая хлопка-сырца по значениям гидротермических характеристик и продолжительности периодов формирования и созревания урожая хлопчатника.

4.3. Зависимость влажности хлопка-сырца от агрометеорологических условий периода уборки урожая

Влажность хлопка-сырца является одним из практически важных показателей, определяющих качество собираемого и сдаваемого на заготовительные пункты урожая, темпы машинного и ручного сбора, затраты труда на сушку хлопка-сырца и т. д. Она характеризует содержанием гигроскопической влаги в волокне и семенах и определяется в процентах по отношению к общей сухой массе хлопка-сырца. Различают фактическую влажность хлопка-сырца и нормированную (кондиционную) влажность, которая у возделываемых в Средней Азии промышленных сортов хлопчатника должна составлять не выше 8—12 %. При влажности хлопка-сырца, соответствующей значениям нормированной влажности, обеспечивается хорошая сохранность качества семян и волокна, эффективность очистки сырца от сорных примесей, дженирования и линтерования.

В полевых условиях влажность хлопка-сырца в коробочках, готовых к сбору, в дни без осадков изменяется в пределах от 3—4 до 18—20 %. После выпадения росы и особенно после выпадения даже небольшого количества осадков влажность хлопка-сырца резко повышается — до 30—40 % и более [13].

Изучению влажности хлопка-сырца посвящено много отечественных и зарубежных работ. В большинстве выполненных к настоящему времени исследований основное внимание уделено определениям влажности хлопка-сырца во время его приема, ее изменениям во время хранения на заготовительных пунктах и в период переработки. Эти вопросы остаются предметом иссле-

дования многих ученых и сегодня. Так, например, в работе [23] изложены результаты изучения влияния влажности хлопка на качественные показатели продукции во время его переработки в поточных линиях: сушки, очистки хлопка-сырца и его джинирования. Однако вопросам влияния агрометеорологических условий на влажность хлопка-сырца до настоящего времени уделялось очень мало внимания.

Первые тематические наблюдения за влажностью хлопка-сырца были организованы на агрометстанции Бозсу и гидрометстанции Фергана в 1959—1963 гг. [13, 39]. В дальнейшем по программе САНИГМИ в течение 1963—1965 гг. аналогичные наблюдения проводились на ряде гидрометстанций Таджикской, Туркменской, Киргизской и Азербайджанской ССР [39]. Кроме того, сотрудниками отдела агрометеорологии САНИГМИ были проведены комплексные экспериментальные работы на опытных полях агрометеорологической станции Бозсу в 1961—1962 и 1967—1968 гг.

Экспериментальные наблюдения в 1961—1962 гг. проводились на трех участках с посевами хлопчатника сорта 108-Ф, различающихся между собой по микроклимату, который формировался под влиянием различных схем полива в течение вегетационного периода (условия проведения опыта и схемы полива подробно описаны в главе 2). На каждом участке пробы хлопка-сырца брались с кустов хлопчатника, находящихся вблизи микроклиматического пункта. Сырец собирался из полностью созревших, готовых к сбору коробочек, расположенных на нижнем, среднем и верхнем ярусах куста хлопчатника. Влажность отобранных образцов хлопка-сырца определялась в лаборатории термостатно-весовым методом.

В 1961—1962 и 1967—1968 гг. в период созревания и сбора урожая хлопка-сырца было проведено 10 суточных и 3 дневные серии наблюдений за влажностью хлопка-сырца. Кроме того, в 1962 г. наблюдения за влажностью хлопка-сырца проводились ежедневно в два срока (в 7 и 13 ч), совпадающих со сроками наблюдений на метеоплощадке. Для выявления роли росы были организованы наблюдения с использованием самописцев росы М-35. Росографы были установлены сначала на участках 1 и 3 в среде хлопчатника, а затем оба прибора были размещены на участке 3, где был оптимальный режим орошения [54]. При этом приемная часть одного росографа располагалась на высоте 30 см, а другого — на высоте 50 см от поверхности почвы.

Анализ лент показал, что роса на хлопковых полях появляется вечером между 19 и 22 ч. Максимальное ее количество наблюдается в утренние часы (около 6—8 ч), в отдельные дни оно достигает 0,08—0,09 мм. Установлено также, что количество росы зависит от состояния хлопчатника: на участке с достаточным увлажнением почвы и более мощным растительным покровом количество выпадающей росы на 0,01—0,02 мм больше, чем на посевах менее развитого хлопчатника. На участке с достаточной

влагообеспеченностью на высоте 50 см от поверхности почвы росы выпадает на 0,01—0,02 мм больше, чем на высоте 30 см.

В дни выпадения обильной росы отмечалось повышение влажности хлопка-сырца, особенно на участке 3 (с достаточным увлажнением почвы). На этом участке значения влажности хлопка-сырца до заморозка были практически всегда выше, чем на двух других участках.

В суточном ходе влажности хлопка-сырца ее минимальные значения наблюдаются в послеполуденные часы, а максимальные — в момент восхода солнца. В отдельных случаях в вечерние часы после захода солнца отмечается второй минимум, абсолютное значение которого меньше, чем у первого, дневного.

Дневной минимум влажности хлопка-сырца совпадает с максимумом температуры и дефицита насыщения воздуха и минимумом парциального давления водяного пара и относительной влажности воздуха. Наступление максимума влажности хлопка-сырца по времени опаздывает примерно на 2 ч по отношению к наступлению минимума температуры воздуха и парциального давления водяного пара и максимума относительной влажности воздуха.

Отмеченные особенности влажности хлопка-сырца наблюдаются для периода до наступления губительного заморозка. После губительного заморозка кривая суточного изменения влажности хлопка-сырца не имеет таких резких максимумов и минимумов, как до заморозка. При этом исчезают различия микроклимата на участках с разными режимами увлажнения, что приводит к сглаживанию значений влажности хлопка-сырца на этих участках.

Статистическая обработка материалов наблюдений за влажностью хлопка-сырца и микроклиматическими элементами в ясные и малооблачные дни позволила получить следующие уравнения регрессии:

$$Y = 97/t + 2,5, \quad (4.21)$$

$$r = 0,986 \pm 0,005, S_y = \pm 0,61 \%;$$

$$Y = 42/d + 3,5, \quad (4.22)$$

$$r = 0,971 \pm 0,009, S_y = \pm 0,92 \%,$$

где Y — влажность хлопка-сырца, %; t — средняя суточная температура воздуха, °С; d — среднее суточное значение дефицита насыщения воздуха, гПа (мб).

Как известно, сбор хлопка-сырца проводится в основном в дневное время. Поэтому были найдены связи, позволяющие по утреннему значению влажности хлопка-сырца определять ее значения в дневные часы. Обычно утренний максимум влажности хлопка-сырца приходится на 6—8 ч, а дневной минимум — на 12—16 ч. Установленная зависимость имеет следующий вид:

$$Y_{\text{дн}} = 0,74Y_{\text{ут}} - 3,8, \quad (4.23)$$

$$r = 0,91 \pm 0,016, S_y = \pm 0,93, n = 50,$$

где $Y_{\text{дн}}$ — минимальное дневное значение влажности хлопко-сырца, %; $Y_{\text{ут}}$ — значение влажности хлопко-сырца в утренний срок наблюдений (до 8 ч), %. Пределы применения уравнения для $Y_{\text{ут}}$ от 7 до 20 %.

Более тщательный анализ материалов наблюдений позволил установить микроклиматические показатели, определяющие влажность хлопко-сырца (табл. 4.7). Из табл. 4.7 следует, что наи-

Таблица 4.7

Микроклиматические показатели влажности хлопко-сырца

Слой воздуха 20—50 см от поверхности почвы		Влажность хлопко-сырца, %	Оценка условий, балл
температура, °C	дефицит насыщения, гПа		
>24	>24	3—5	5
17—24	10—24	5—8	4
7—17	3—10	8—10	3
3—12	<3	10—14	2

лучшие условия для уборки хлопко-сырца создаются при температуре воздуха в среде растений выше 24°C и дефиците насыщения воздуха влагой более 24 гПа. Хорошие условия для уборки урожая создаются при следующих сочетаниях микроклиматических элементов: температура воздуха от 17 до 24°C и дефицит насыщения от 10 до 24 гПа. Удовлетворительные условия определяются при температуре воздуха в среде растений от 7 до 17°C и дефиците насыщения от 3 до 10 гПа. При таких сочетаниях температуры и влажности воздуха требуется подсушка собранного хлопко-сырца. Плохие микроклиматические условия для уборки хлопко-сырца отмечаются при температуре воздуха ниже 12°C и дефиците насыщения от 3 до 10 гПа. При таких сочетаниях температуры и влажности воздуха требуется подсушка собранного хлопко-сырца. Очень плохие микроклиматические условия для уборки хлопко-сырца отмечаются при температуре воздуха ниже 12°C и дефиците насыщения менее 3 гПа. В этих условиях необходимо также сушить собранный хлопок-сырец. Особенно неблагоприятные условия создаются при дождливой погоде, когда влажность хлопко-сырца может достигать 40 % и более [13].

Следует отметить, что приведенные в табл. 4.7 микроклиматические показатели влажности хлопко-сырца получены на основании материалов наблюдений в сроки 7 и 13 ч в ясные и малооблачные дни, т. е. эти показатели достоверны только для таких условий. Оценка влажности хлопко-сырца с помощью предло-

женных выше микроклиматических показателей может быть сделана для посевов хлопчатника, на которых не проводилась дефолиация (обезлиствление), или только для додефолиационного периода развития растений. Использование проводимых микроклиматических показателей влажности хлопка-сырца на практике затруднено даже при соблюдении перечисленных условий, поскольку градиентные наблюдения проводятся только на неболь-

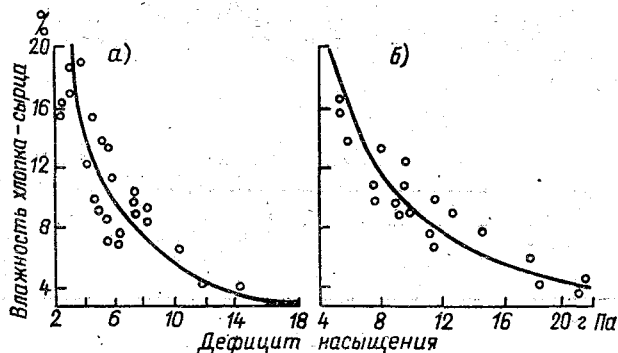


Рис. 4.6. Зависимость влажности хлопка-сырца от дефицита насыщения воздуха по данным гидрометстанции Шахринау Таджикской ССР. Дефицит насыщения, гПа: а — в срок 07 ч; б — средний суточный.

шом числе агрометеорологических и воднобалансовых станций. Поэтому в работах [13, 39] получены аналогичные связи влажности хлопка-сырца со значениями метеорологических элементов, полученными на метеоплощадке.

По В. В. Карнауховой [39] существует тесная криволинейная связь между влажностью хлопка-сырца и дефицитом насыщения воздуха. Так, например, для гидрометстанции Шахринау Таджикского Гидромета уравнение кривой влажности хлопка-сырца в зависимости от дефицита насыщения воздуха для срока наблюдений 07 ч выражается следующей формулой:

$$Y = \frac{88,65}{d_1}, \quad (4.24)$$

для средних суточных значений дефицита формулой

$$Y = \frac{91,2}{d_2^{0,97}}, \quad (4.25)$$

где Y — влажность хлопка-сырца, %; d_1 — дефицит насыщения воздуха (гПа), определенный в 07 ч; d_2 — средний суточный дефицит насыщения (гПа), полученный путем осреднения данных наблюдений за срок 07 и 13 ч предыдущего дня и за 01 и 07 ч в день определения влажности хлопка-сырца.

Наглядное представление о связи можно получить по рис. 4.6. В обоих случаях между указанными параметрами отмечается

очень тесная связь. Так, для уравнения (4.24) корреляционное отношение имеет значение $h = 0,97$ и для уравнения (4.25) $\eta = 0,98$. Таким образом по значениям дефицита насыщения воздуха можно рассчитать влажность хлопка-сырца, собираемого с окружающих станцию Шахринау хлопковых полей.

Наблюдения показывают, что даже самое небольшое количество осадков вызывает повышение влажности хлопка-сырца, затрудняя тем самым уборку урожая. Четкая зависимость влажности хлопка-сырца от количества осадков (рис. 4.7) установлена

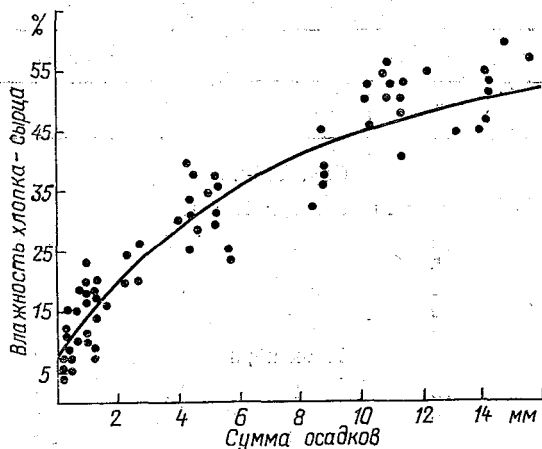


Рис. 4.7. Зависимость влажности хлопка-сырца от количества выпавших осадков.

в работе [13] на основе материалов наблюдений, проводимых на агрометстанции Бозсу и гидрометстанции Фергана. Эта зависимость может быть описана в первом приближении следующим уравнением:

$$Y = 14,5 \ln(u + 1,0) + 7,7, \quad (4.26)$$

где Y — влажность хлопка-сырца, %; u — количество выпавших осадков, мм.

Из рис. 4.7 видно, что даже при выпадении такого небольшого количества осадков, как 0,5 мм, отмечается повышение влажности хлопка-сырца до 10—11 %, выпадение 0,8—1,0 мм осадков может повысить влажность сырца до 13—14 % и после дождя (2—3 мм) влажность хлопка-сырца возрастает до 20—25 %. Следовательно, выпадение осадков в количестве 1,0 мм и более затрудняет уборку урожая, а если даже сырец будет собран, то его можно сдать на заготовительный пункт только после продолжительной сушки.

Значительный практический интерес представляет оценка воздействия дефолиации хлопчатника на влажность хлопка-сырца. Согласно исследованиям [6—8], на дефолированных хлопковых

полях метеорологический режим в среде растений резко изменяется: повышается температура и понижается влажность почвы и воздуха. В результате влажность хлопка-сырца на дефолированных полях бывает ниже, чем на недефолированных. Так, например, по данным Р. С. Томаса и Е. Б. Уильямсона [114], влажность хлопка-сырца у хлопчатника, не подвергавшегося дефо-

Таблица 4.8

Влажность хлопка-сырца и относительная влажность воздуха на контрольном (1) и дефолированном (2) участках хлопкового поля (по Х. Абдуллаеву)

Время, ч	Влажность хлопка-сырца, %			Относительная влажность воздуха, %		
	1	2	разность	1	2	разность

Сорт 108-Ф

21 сентября 1970 г.

8	12	10	2	86	81	5
12	8	5	3	58	41	17
16	6	2	2	37	18	19
20	9	6	3	70	60	10

10 октября

8	14	12	2	91	84	7
12	10	8	2	66	54	12
16	8	5	3	45	36	9
20	9	7	2	75	69	6

Сорта Ташкент-1, Ташкент-2, Ташкент-3

21 сентября 1971 г.

8	13	10	3	90	82	7
12	8	5	3	54	40	14
16	6	2	4	40	19	21
20	10	8	2	64	57	7

12 октября

8	15	14	1	85	84	1
12	10	8	2	55	50	5
16	8	6	2	42	34	8
20	11	10	1	66	62	4

лиации, на 2 % была выше, чем у дефолированного хлопчатника.

Анализ материалов полевых наблюдений показывает, что влажность хлопка-сырца после дефолиации так же, как и без дефолиации, тесно связана с термическим и влажностным режимами воздуха. В табл. 4.8; по данным [8], приведены материалы серийных наблюдений за влажностью хлопка-сырца на дефолированном и недефолированном (контроль) участках хлопкового поля. Данные табл. 4.8 показывают, что на контрольном участке 21 сентября, т. е. через 15 дней после дефолиации, влажность

хлопка-сырца во все сроки наблюдения была выше, чем на дефолированном участке, причем в отдельные сроки она была выше в 2 раза и более. Эти данные справедливы как для сорта 108-Ф, так и для сортов ташкентской группы. Даже вечером (20 ч) влажность хлопка-сырца на дефолированном участке была на 1—3 % меньше, чем на недефолированном. В последующий период (10—12 октября) различия между влажностью хлопка-сырца на сравниваемых участках остаются, хотя и несколько уменьшаются.

Следовательно, хлопок, собранный с дефолированного участка, более сухой и соответственно более высокого качества.

Аналогичная картина создается и при анализе данных о влажности воздуха. На дефолированном участке относительная влажность воздуха во все сроки наблюдения меньше, чем на контроле. Кроме того, по данным табл. 4.8 также прослеживается достаточно четкая связь между влажностью воздуха и влажностью хлопка-сырца.

В работе [8] установлена связь между влажностью хлопка-сырца после дефолиации и дефицитом насыщения воздуха, которая имеет следующий вид:

$$Y = \frac{50}{d} + 2,8, \quad (4.27)$$

$$r = 0,92 \pm 0,012, S_y = \pm 0,95 \%,$$

где Y — среднее значение влажности хлопка-сырца, определенное в 7 и 13 ч, d — дефицит насыщения воздуха влагой, осредненный за те же сроки.

Уравнение (4.27) получено по материалам наблюдений за 1969—1972 гг. и применимо для d от 4 до 20 гПа.

Параллельные наблюдения [8] за влажностью хлопка-сырца и температурой воздуха позволили построить графическую зависимость между этими параметрами (рис. 4.8). Кривая характеризует связь влажности хлопка-сырца хлопчатника сорта 108-Ф и сортов ташкентской группы и описывается уточненной нами формулой:

$$Y = \frac{91,5}{t'} + 2,0, \quad (4.28)$$

где Y — среднее значение влажности хлопка-сырца, определенной в 7 и 13 ч; t' — температура воздуха в метеорологической будке,

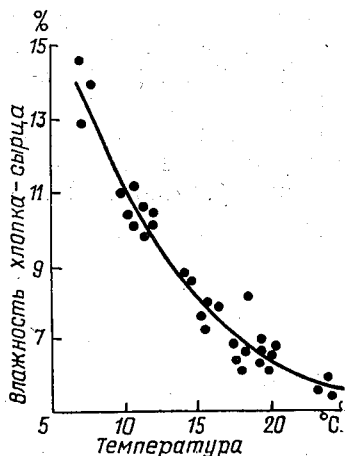


Рис. 4.8. Зависимость влажности хлопка-сырца от температуры воздуха.

измеренная и осредненная за эти же сроки. Уравнение (4.28) применимо для диапазона изменений влажности хлопка-сырца от 6 до 15 % и температуры воздуха от 7 до 25 °C.

Таким образом, выявление влияния агрометеорологических условий на влажность хлопка-сырца и установление уравнения связи позволили по данным близлежащих к хлопковым полям метеорологических станций рассчитывать влажность хлопка-сырца среднеспелых сортов хлопчатника (108-Ф, Ташкент-1, Ташкент-2, Ташкент-3).

Логическим продолжением данного исследования должно быть расширение набора сортов хлопчатника для экспериментальных исследований и разработка динамических моделей формирования урожая, в том числе моделирование влияния агрометеорологических условий на влажность хлопка-сырца.

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА

Интенсификация хлопководства, разработка и реализация комплексных программ, направленных на развитие этой отрасли, невозможны без знания количественных агрометеорологических показателей, позволяющих с достаточной степенью точности рассчитать реальный и потенциальный урожай хлопчатника в конкретных производственных условиях на основе учета технологии возделывания и гидрометеорологического режима в различные периоды развития этой культуры. В связи с этим особое внимание уделяется исследованиям влияния агрометеорологических условий на формирование урожая хлопчатника. Научные разработки, выполненные в этом направлении в последние три десятилетия, в зависимости от целей и путей исследований условно можно разбить на две группы:

1) работы прикладного характера, отражающие полуэмпирические и эмпирические исследования агрометеорологических факторов урожайности сельскохозяйственных культур;

2) работы, связанные с построением динамических моделей продукционного процесса растений и формирования урожая сельскохозяйственных культур на основе применения математического аппарата.

Агрометеорологические исследования, относящиеся к первой группе работ, достаточно многочисленны. Их главной целью являлось изучение влияния погодных условий на формирование урожая хлопчатника и разработка на этой основе методов агрометеорологических прогнозов урожайности хлопчатника в конкретных условиях возделывания, а также разработка методов прогнозов средней областной (районной) урожайности и валового урожая хлопка-сырца по хлопководческим республикам Советского Союза.

Вторая группа работ — это исследования, проводимые в последние 10—15 лет. Их появление вызвано необходимостью создания новых систем управления технологией земледелия, что повлекло за собой потребность в новых подходах и к решению агрометеорологических задач. В результате были разработаны математические модели продукционного процесса растений и формирования их урожая, многие из которых легли в основу разработки агрометеорологических принципов программирования урожая.

Особенностью математических моделей является их сложность, связанная с использованием большого числа трудноопределяемых

входных параметров. Поэтому во многих математических моделях продукционного процесса учет жизненно важных факторов осуществляется на эмпирическом или полуэмпирическом уровне. Например, в работе О. Д. Сиротенко [108] устьичное сопротивление представлено в виде эмпирической функции от водного потенциала листа.

Не менее важным является также тщательная всесторонняя проверка моделей на базе материалов вегетационных и полевых комплексных экспериментов. Однако в хлопководческих республиках до настоящего времени было чрезвычайно мало комплексных экспериментальных исследований, материалы которых позволили бы провести соответствующую проверку разработанных и разрабатываемых динамических моделей, в особенности моделей формирования урожая хлопчатника. Практически такие исследования отсутствуют. В то же время роль математического моделирования продукционного процесса растений и формирования урожая посевов сельскохозяйственных культур непрерывно растет.

Разработка моделей тесно связана со статистическими методами агрометеорологического анализа, что обуславливается следующими соображениями. Во-первых, параметры прикладных динамических моделей формирования урожая, как и параметры уравнений регрессии, определяются в результате использования одного и того же аппарата математической статистики. Во-вторых, ряд уравнений регрессии и других эмпирических зависимостей неизбежно так или иначе включается в состав самих динамических моделей [108].

В данной главе излагаются основные результаты работ в области изучения прямых эмпирических связей между урожайностью хлопчатника и агрометеорологическими факторами, полученные автором и другими исследователями в Средней Азии за последние 20—25 лет.

5.1. Радиационные и тепловые характеристики хлопкового поля

В предыдущих главах обсуждались результаты исследования влияние радиационных и теплобалансовых характеристик посевов на формирование элементов продуктивности хлопчатника. Однако эти исследования еще не дают возможности достаточно полно характеризовать радиационные и термические условия формирования урожая хлопка-сырца. В связи с этим здесь рассматриваются результаты исследования зависимости урожая хлопчатника от величин лучистых и тепловых потоков, а также от термических характеристик в среде растений хлопчатника за репродуктивный период развития.

Выявление зависимости урожая хлопка-сырца от радиационного и теплового режима посевов хлопчатника осуществлялось на основании данных специальных полевых экспериментов, которые проводились в течение нескольких лет на агрометстанции Бозсу [54,

57]. Анализ материалов наблюдений показал, что существует вполне определенная связь между урожаем хлопка-сырца и поглощенной суммарной радиацией, радиационным балансом посевов хлопчатника, затратами тепла на испарение, турбулентным теплообменом и другими физическими параметрами приземного слоя воздуха и верхнего горизонта почвы хлопкового поля.

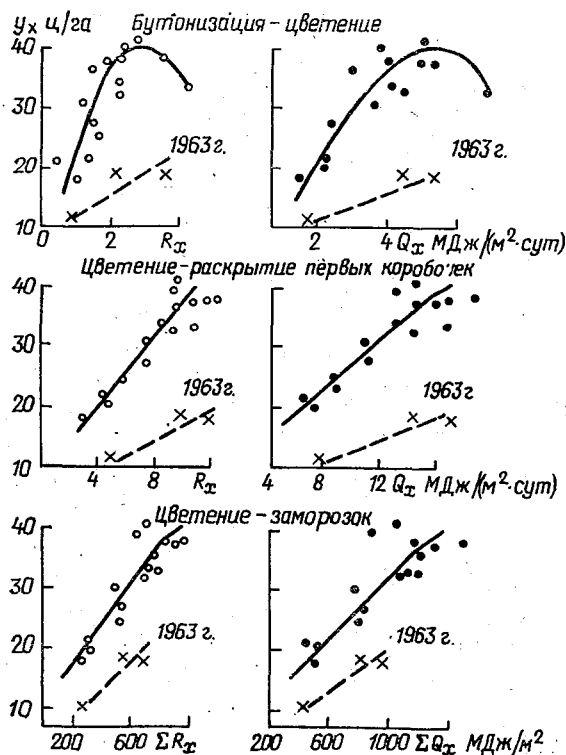


Рис. 5.1. Зависимость хозяйственного урожая хлопка-сырца Y_x от поглощенной радиации Q_x и радиационного баланса хлопчатника R_x .

На рис. 5.1 представлена зависимость хозяйственного урожая Y_x хлопка-сырца от поглощенной суммарной радиации Q_x и радиационного баланса хлопчатника R_x за различные периоды развития растений. Из рис. 5.1 видно, что существует вполне четкая связь между поглощенной суммарной радиацией хлопчатником, радиационным балансом растительного покрова и урожаем хлопка-сырца за период бутонизация — цветение. Аналогичные зависимости прослеживаются также и для периодов цветение — раскрытие первых коробочек и цветение — губительный заморозок.

На рис. 5.1 приведены также данные за 1963 г., когда ранний заморозок, наблюдавшийся 14 сентября, прервал вегетацию хлопчатника майского срока посева до наступления фазы раскрытия

первых коробочек. В результате урожай хлопка-сырца на всех опытных полях резко уменьшился. Соответственно точки, относящиеся к наблюдениям 1963 г., расположились в нижних частях полей графиков. Следовательно, метеорологические условия осеннего периода играют весьма значительную роль в формировании и созревании урожая хлопчатника.

Аналогичным образом исследована зависимость урожая от радиационных характеристик за периоды бутонизация — раскрытие

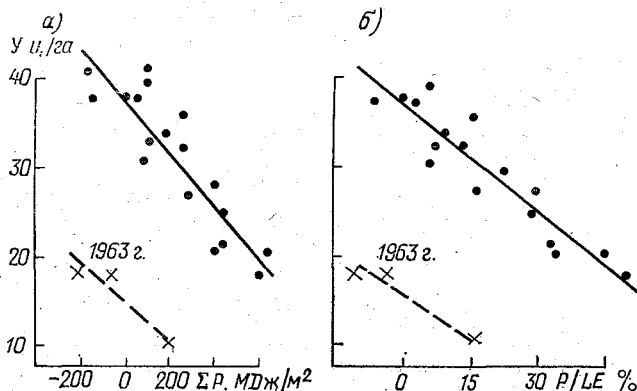


Рис. 5.2. Зависимость урожая хлопка-сырца от суммы турбулентного теплообмена P (а) и параметра P/LE (б) за период всходы—прекращение вегетации.

первых коробочек и бутонизация — губительный заморозок. Уравнение зависимостей урожая хлопка-сырца Y_x от сумм поглощенной суммарной радиации $\sum Q_x$ (МДж/м²) и радиационного баланса $\sum R_x$ (МДж/м²) за период бутонизация — прекращение вегетации имеют следующий вид:

$$Y_x = 1,84 \cdot 10^{-2} \sum Q_x + 10,0, \quad (5.1)$$

$$r = 0,854 \pm 0,032, \quad S_y = \pm 3,7 \text{ ц/га};$$

$$Y_x = 2,77 \cdot 10^{-2} \sum R_x + 11,5, \quad (5.2)$$

$$r = 0,893 \pm 0,024, \quad S_y = \pm 3,2 \text{ ц/га}.$$

Значения коэффициентов корреляции уравнений (5.1) и (5.2) показывают, что связи между урожаем хлопка-сырца со всего поля и радиационным балансом хлопчатника более тесные, чем с поглощенной суммарной радиацией за рассматриваемый период вегетации. Ошибки уравнений составляют 10—11 % урожая хлопчатника на полях.

Другим важным показателем условий формирования урожая хлопчатника является турбулентный теплообмен деятельной поверхности хлопкового поля с атмосферой P . Сказанное можно подтвердить графически. На рис. 5.2 представлены зависимости уро-

жая хлопчатника от сумм турбулентного теплообмена за период всходы—прекращение вегетации и параметра P/LE за тот же период: с увеличением $\sum P$ и P/LE , т. е. с увеличением затрат тепла на нагревание воздуха в период всходы—прекращение вегетации, урожай хлопка-сырца уменьшается. Обратная картина наблюдается при сопоставлении урожая с затратами тепла на суммарное испарение: чем больше затраты тепла на суммарное испарение, тем больше урожай. При этом все связи (в пределах использованного материала) прямолинейные и характеризуются высокими коэффициентами корреляции. Установленные связи имеют следующий вид:

$$Y_x = 37,4 - 28,65 \cdot 10^{-3} X_1 \quad (5.3)$$

$$r = -0,90 \pm 0,033, S_y = \pm 3,7 \text{ ц/га};$$

$$Y_x = 2,40 \cdot 10^{-3} X_2 - 10,5, \quad (5.4)$$

$$r = 0,89 \pm 0,036, S_y = \pm 3,4 \text{ ц/га},$$

$$Y_x = 37,4 - 0,41 X_3, \quad (5.5)$$

$$r = -0,94 \pm 0,015, S_y = \pm 2,4 \text{ ц/га},$$

где Y_x — хозяйственный урожай хлопка-сырца, ц/га; $X_1 = \sum P$ и $X_2 = \sum LE$ — соответственно суммы турбулентного теплообмена и затрат тепла на суммарное испарение (МДж/м²) за период всходы—прекращение вегетации; X_3 — отношение турбулентного теплообмена P к затратам тепла на суммарное испарение LE за тот же период, %.

Из уравнений (5.1)—(5.5) видно, что наиболее тесная связь наблюдается между хозяйственным урожаем хлопка-сырца и параметром P/LE , в этом случае ошибка расчета урожая составляет $S_y = \pm 2,47$ ц/га, т. е. в уравнении (5.5) ошибка расчета наименьшая.

Сопоставление величин хозяйственного урожая со значениями микроклиматических характеристик показало, что существует очень четкая связь урожая хлопчатника непосредственно с температурными характеристиками периода цветения — плодообразование [54, 56]. На рис. 5.3 приведена зависимость хозяйственного урожая хлопка-сырца от разности между фактической суммой эффективных температур воздуха (выше 13 °С) $\sum T_{фэ}$ и потребной суммой $\sum T_{пб}$, полученной по данным психрометрической будки. Из рис. 5.1 а следует, что высокие урожаи хлопка-сырца формируются при положительных разностях сумм эффективных температур воздуха, примерно от 40 до 100 °С. Это соответствует представлению о том, что при условии достаточной влагообеспеченности посевов в течение вегетации температура воздуха в среде растений на 2—3 °С ниже, чем на плохо увлажненных посевах хлопчатника, при практически одинаковых значениях температуры воздуха на

уровне будки. В результате этого на подсушенных полях хлопчатника фаза раскрытия первых коробочек наступает раньше, чем на посевах хлопчатника с достаточным увлажнением почвы. С увеличением фактических сумм эффективных температур за период цветение—раскрытие первых коробочек урожай хлопка-сырца [54] также увеличивается.

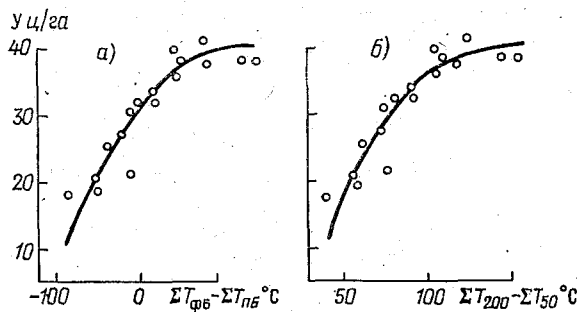


Рис. 5.3. Связи урожая хлопка-сырца с микроклиматическими характеристиками хлопкового поля.

Усл. обозначения см. в тексте.

Обнаружена тесная связь урожая хлопчатника с разностью между суммами эффективных температур воздуха на уровне будки и в среде хлопчатника (рис. 5.3 б). Эта зависимость может быть выражена следующим уравнением:

$$Y_x = \exp\left(\frac{4X}{X+20}\right), \quad (5.6)$$

где Y_x — хозяйственный урожай хлопка-сырца, ц/га; X — разность между суммами эффективных температур (выше 13°C) на уровне будки (ΣT_{200}) и в среде обитания хлопчатника ($\Sigma T_{50} = 590^\circ\text{C}$). Уравнение (5.6) применимо в следующих пределах: для Y_x от 18 до 41 ц/га, а для X от 35 до 205°C . Ошибка расчета урожая по уравнению (5.6) невелика — до 1,83 ц/га, что составляет 5,9 % среднего урожая хлопчатника. Согласно правилу трех сигм в данном случае вероятное отклонение вычисленного хозяйственного урожая хлопка-сырца от фактического не будет превышать 5,5 ц/га или 18 %.

Таким образом, выявлено влияние отдельных теплоэнергетических факторов хлопкового поля на формирование урожая хлопчатника. Однако использование сведений о теплоэнергетике посевов на практике ограничено, поскольку не на всех станциях проводятся теплобалансовые наблюдения. В связи с этим одновременно выполнялись исследования с привлечением материалов массовых наблюдений на станциях с целью разработки методики оценки и прогноза урожая хлопчатника на отдельных полях.

5.2. Количественная оценка агрометеорологических условий формирования урожаа хлопчатника на отдельных полях

Проблема исследования влияния факторов внешней среды на формирование урожая хлопчатника на конкретных полях колхозов и совхозов является одной из наиболее важных в агрометеорологии хлопчатника. Эта проблема до настоящего времени полностью не решена как из-за отсутствия достаточно обоснованной теории формирования урожая данной культуры, учитывающей всю многофакторность связей, так и из-за отсутствия достаточных материалов комплексных наблюдений на полях с посевами различных сортов хлопчатника.

В агрометеорологической литературе работ, посвященных методам количественной оценки условий формирования урожая хлопчатника на отдельных полях, сравнительно немного [39, 54, 57, 59]. Основные аспекты этой проблемы изучались на базе специальных экспериментальных исследований [54]. В дальнейшем методика количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая хлопчатника на отдельных полях разрабатывалась с использованием материалов режимных и тематических наблюдений агро- и гидрометстанций хлопководческих республик, а также материалов экспериментальных и экспедиционных исследований САНИГМИ.

Методы количественной оценки условий формирования урожая сельскохозяйственных культур можно разбить на три основные группы. К первой группе относятся все методы, основанные на учете факторов внешней среды, влияющих на урожай; во вторую группу входят методы, основанные на непосредственном учете элементов продуктивности самих растений. В третью группу входят те методы, которые учитывают одновременно и элементы продуктивности урожая и факторы среды, влияющие на урожай. В данном случае под элементами урожая подразумеваются биометрические показатели растений, а под факторами среды — вся совокупность условий, определяющих величину урожая (почва, технология возделывания культур, метеорологическая обстановка за период вегетации и др.).

Одним из основных вопросов, возникающих при разработке метода прогноза урожая, является установление связей между величиной урожая и соответствующими факторами и показателями. Существует достаточно много работ, в которых рассматривается связь урожая хлопчатника с биометрическими параметрами растений. Первоначально эти зависимости разрабатывались с целью использования их для расчета ожидаемого урожая. Так, М. И. Эйдельмант [122] впервые предложил методику прогноза урожая хлопчатника, основанную на учете элементов урожайности (густоты стояния растений, среднего количества коробочек на одно растение, средней массы сырца одной коробочки, темпов накопления коробочек и их массы и т. д.) и факторов урожайности (приемы

обработки почвы, количество поливов, удобрений и т. д.): Прогноз урожая по методу, названному автором таксационным, составляется в начале созревания урожая хлопка-сырца (в сентябре) и требует проведения большого объема работ по сбору исходных данных. Несмотря на это, таксационные методы прогноза широко применяются в практике колхозов и совхозов для расчета ожидаемого урожая хлопка-сырца на отдельном поле, в хозяйстве, в административном районе.

Согласно положениям в работе [122], элементами урожая считаются высота главного стебля хлопчатника, количество листьев, темпы цветения, степень развития отдельных элементов куста и т. д. Наши исследования [59] показали, что действительно биометрические показатели могут быть успешно использованы как предикторы для расчета урожая хлопка-сырца, т. е. по ним может быть количественно оценена величина ожидаемого урожая. Однако учесть все биометрические параметры растений, которые хорошо отражают величину ожидаемого урожая хлопка-сырца, очень трудно. Поэтому в работе [59] предварительно был проведен анализ материалов наблюдений, который позволил выбрать как наиболее информативные следующие биометрические показатели: число симподиальных ветвей, высота главного стебля, густота стояния растений, число коробочек на одно растение и на единицу площади посева, размеры коробочек. Эти показатели и являются, в прямом смысле слова, основными элементами, определяющими урожай.

Разработка методики количественной оценки урожая хлопка-сырца с заблаговременностью три-четыре месяца возможна при наличии фактических значений вышеуказанных показателей. Первая реальная возможность использовать этот метод появляется к началу цветения хлопчатника, поскольку при наступлении этой фазы устанавливается высота главного стебля, густота стояния растений и число симподиальных ветвей. Значения коэффициентов парной корреляции урожая хлопка-сырца с густотой стояния растений и высотой растений на дату цветения оказались довольно низкими (в пределах от 0,23 до 0,36 и от 0,29 до 0,47 соответственно). Поэтому эти показатели использовались при получении уравнений связи с двумя предикторами.

Известно, что основными требованиями при разработке методики прогноза урожая являются наличие тесной связи урожая с соответствующими показателями или факторами и математическое выражение этой связи. Эти требования выполняются для всех рассматриваемых ниже сортов хлопчатника, если для прогноза использовать число симподиальных ветвей на дату цветения $n_{св}$, высоту главного стебля хлопчатника h_p и количество коробочек n_k на единицу площади посева (10 м^2) в момент наступления фазы раскрытия первых коробочек. Уравнения связи представлены в табл. 5.1.

К числу ведущих агрометеорологических факторов, определяющих урожай хлопчатника, относятся, кроме рассмотренных выше

радиационно-тепловых характеристик посевов, те факторы, которые характеризуют тепло- и влагообеспеченность посевов: суммы эффективных температур за период плодоношения хлопчатника, суммы положительных температур за период созревания коробочек, расходы влаги из корнеобитаемых слоев почвы, количество осадков и частота их выпадения в весенний и осенний периоды.

Таблица 5.1

Уравнения регрессии для расчета хозяйственной урожайности Y_x хлопка-сырца на конкретном поле в период цветение—раскрытие первых коробочек

Уравнение регрессии	Статистические характеристики		Номер уравнения	Пределы применения
	r	S_y ц/га		
Скороспелые сорта (С-4727)				
$Y_x = 2,60n_{св} - 0,3$	0,76	$\pm 2,5$	(5.7)	$n_{св} = 5 \dots 14$ шт.
$Y_x = 0,75h_p - 24,8$	0,65	$\pm 2,9$	(5.8)	$h_p = 22 \dots 66$ см
$Y_x = 0,02n_k + 4,1$	0,72	$\pm 2,6$	(5.9)	$n_k = 520 \dots 1050$ шт.
Среднеспелые сорта (ташкентской группы)				
$Y_x = 3,41n_{св} - 2,5$	0,78	$\pm 2,8$	(5.10)	$n_{св} = 5 \dots 14$ шт.
$Y_x = 0,55h_p - 9,2$	0,69	$\pm 3,8$	(5.11)	$h_p = 30 \dots 70$ см
$Y_x = 0,04n_k - 6,0$	0,76	$\pm 3,3$	(5.12)	$n_k = 580 \dots 1250$ шт.
Тонковолокнистые сорта (5904-И, 9076-И, 9155-И, 5595-В и др.)				
$Y_x = 3,35n_{св} - 4,9$	0,69	$\pm 3,7$	(5.13)	$n_{св} = 5 \dots 14$ шт.
$Y_x = 0,46h_p - 3,8$	0,63	$\pm 3,9$	(5.14)	$h_p = 28 \dots 60$ см
$Y_x = 0,018n_k + 7,0$	0,72	$\pm 3,2$	(5.15)	$n_k = 450 \dots 2000$ шт.

Между водопотреблением хлопчатника и урожаем существует довольно тесная связь. Величину урожая хлопчатника в зависимости от сложившихся расходов влаги на испарение и ожидаемых условий увлажнения можно оценить по номограмме (рис. 5.4). Для ее построения использованы материалы наблюдений за хлопчатником сорта 108-Ф, возделываемым на почвах с глубоким залеганием уровня грунтовых вод. Для характеристики влагообеспеченности посевов были взяты следующие показатели: расход влаги из почвенного слоя 0—50 см за период посев—цветение ΔW и число поливов за период цветение—раскрытие первых коробочек хлопчатника X . Зависимость урожая хлопка-сырца Y_x от указанных характеристик выражается следующим уравнением:

$$Y_x = 0,057 \Delta W + 2,24X + 11,3. \quad (5.16)$$

Коэффициент корреляции этой зависимости равен 0,81. Ошибка уравнения $S_y = \pm 3,0$ ц/га или 9,5 %. Уравнение применимо

в пределах расходов влаги от 120 до 280 мм и числа поливов от 1 до 6.

Уравнение (5.16) и номограмма (рис. 5.4) позволяют рассчитать ожидаемый урожай хлопчатника сорта 108-Ф в июле, когда известны расходы влаги и планируемое число поливов в период плодоношения, или в первых числах сентября, когда известны оба предиктора.

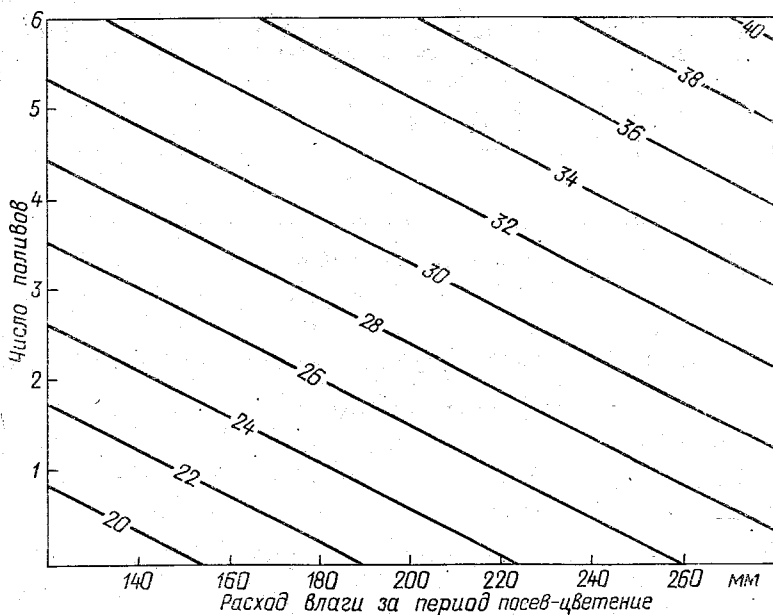


Рис. 5.4. Номограмма для расчета урожая хлопчатника в зависимости от водопотребления.

Были выявлены зависимости урожая хлопчатника от расходов влаги, сумм температур воздуха и площади листьев. Математическое выражение установленных связей имеет следующий вид:

$$Y_x = 0,31 \Delta W + 0,46 \sum T_{эф} - 390,7, \quad (5.17)$$

$$\eta = 0,77 \pm 0,041, \quad S_y = \pm 3,2 \text{ ц/га};$$

$$Y_x = 0,79 X_m + 0,12 \Delta W + 0,01 \sum t - 23,6, \quad (5.18)$$

$$\eta = 0,89 \pm 0,012, \quad S_y = \pm 2,9 \text{ ц/га},$$

где Y_x — хозяйственный урожай, ц/га; ΔW — расход влаги из слоя почвы 0—100 см за период цветения — раскрытие первых коробочек, мм; $\sum T_{эф}$ — сумма эффективных температур воздуха (выше 10 °C); $\sum t$ — сумма средних суточных температур воздуха за период раскрытия первых коробочек — первый осенний заморозок; X_m — максимальная площадь листьев, тыс. м²/га.

В уравнениях (5.17) и (5.18) использованы значения расходов влаги, определенные по упрощенному уравнению водного баланса [57]. Однако, как известно, ряды совместных наблюдений за урожаем и влажностью почвы ограничены. Поэтому были установлены связи хозяйственного урожая U_x с высотой главного стебля хлопчатника на даты цветения $h_{ц}$ и раскрытия первых коробочек h_p и суммами эффективных температур воздуха $\sum T_{эф}$ (выше 10°C) за период цветение — 1 сентября, с суммами положительных средних суточных температур воздуха за период раскрытия первых коробочек — первый осенний заморозок $\sum t$, а также с продуктивностью посевов хлопчатника. Под продуктивностью понимается число сформировавшихся коробочек n_k на площади 10 м^2 , накопившееся к 1 сентября. Статистические характеристики уравнений, полученные для республик Средней Азии, даны в табл. 5.2. В табл. 5.3 представлены уравнения связи урожайности хлопчатника U_x с высотой главного стебля на дату цветения $h_{ц}$ и суммой эффективных температур воздуха $\sum T_{эф}$ (выше 10°C) за период цветение — 1 сентября для Азербайджанской ССР.

Не комментируя уравнения в табл. 5.2 подробно, можно отметить, что коэффициенты множественной корреляции в уравнениях с тремя переменными везде выше, чем в уравнениях с одной и двумя переменными. Соответственно несколько меньше и ошибки уравнений.

Представленные в табл. 5.2 и 5.3 зависимости позволяют с большой заблаговременностью (от 2 до 4 месяцев) рассчитать хозяйственную урожайность хлопка-сырца на отдельном поле или на группе полей с учетом сортовых особенностей хлопчатника.

Прогноз урожайности с использованием уравнений с двумя неизвестными составляется в конце июня — начале июля после получения фактических сведений о дате цветения и высоте главного стебля на эту дату. Затем прогноз уточняется в начале сентября, когда становится известна фактическая сумма эффективных температур за период цветение — 1 сентября.

Рассмотрим пример составления прогноза урожайности хлопчатника на конкретном поле. По данным гидрометстанции Зардоб Азербайджанского гидромета, дата цветения хлопчатника в 1983 г. отмечалась 22 июня. Высота главного стебля на эту дату составляла 41 см. Сумма эффективных температур воздуха за период цветение — 1 сентября, рассчитанная по средним многолетним температурам воздуха с учетом сезонного прогноза температуры, оказалась равной 1018°C . Подставив исходные данные в уравнение (5.29), можно рассчитать ожидаемую урожайность:

$$U_x = 0,140h_{ц} + 0,018 \sum T_{эф} - 0,8 = 0,140 \cdot 41 + \\ + 0,018 \cdot 1018 - 0,8 = 5,74 + 18,22 - 0,8 = 23,16 \approx 23,2 \text{ ц/га.}$$

При уточнении прогноза в начале сентября в уравнении подставляется фактическая сумма эффективных температур воздуха,

Уравнения связи для расчета урожайности хлопка-сырца Y_x на конкретном поле в фазы массового цветения хлопчатника (1-я строка) и раскрытия первых коробочек (2-я строка)

Сорт хлопчатника	Уравнение	Коэффициент корреляции	Ошибка уравнения регрессии		Номер уравнения
			ц/га	%	
Скороспелый (С-4727)	$Y_x = 0,162h_{ц} + 0,023 \sum T_{эф} - 0,1$	$0,71 \pm 0,09$	2,7	11	(5.19)
	$Y_x = 0,204h_p + 0,018n_k + 0,011 \sum t - 13,3$	$0,78 \pm 0,05$	2,2	9	(5.20)
Среднеспелые					
ташкентской группы	$Y_x = 0,140h_{ц} + 0,030 \sum T_{эф} - 0,1$	$0,80 \pm 0,06$	2,8	9	(5.21)
	$Y_x = 0,222h_p + 0,024n_k + 0,005 \sum t - 5,5$	$0,92 \pm 0,01$	2,1	7	(5.22)
108-Ф, 149-Ф и др.	$Y_x = 0,265h_{ц} + 0,021 \sum T_{эф} - 3,7$	$0,81 \pm 0,06$	2,5	6	(5.23)
	$Y_x = 0,242h_p + 0,023n_k + 0,002 \sum t - 7,3$	$0,91 \pm 0,02$	2,0	7	(5.24)
Тонковолокнистые (5904-И, 9078-И, 9155-И, 5595-В и др.)	$Y_x = 0,272h_{ц} + 0,028 \sum T_{эф} - 9,2$	$0,79 \pm 0,07$	2,7	9	(5.25)
	$Y_x = 0,296h_p + 0,024n_k + 0,004 \sum t - 25,9$	$0,86 \pm 0,03$	2,2	7	(5.26)

Таблица 5.3

Уравнения связи для расчета урожайности хлопка-сырца отдельных полей хозяйств в районах деятельности ряда гидрометстанций Азербайджанского гидромета

Гидрометстанция (хозяйство)	Уравнение регрессии	Номер уравнения
Геокчай (клх им. Калинина)	$Y_x = 0,120h_{ц} + 0,017 \sum T_{эф} - 0,2$	(5.27)
Джафархан МОМС	$Y_x = 0,162h_{ц} + 0,023 \sum T_{эф} - 0,1$	(5.28)
Зардоб (клх «Коммунист»)	$Y_x = 0,140h_{ц} + 0,018 \sum T_{эф} - 0,8$	(5.29)
Кюрдамир (клх им. Кирова)	$Y_x = 0,097h_{ц} + 0,014 \sum T_{эф} - 0,4$	(5.30)
Пушкино (клх им. С. Вургунa)	$Y_x = 0,146h_{ц} + 0,021 \sum T_{эф} - 0,1$	(5.31)
Касум-Исмайлово (клх им. Жданова) и Мир-Башир (клх им. Нариманова)	$Y_x = 0,169h_{ц} + 0,023 \sum T_{эф} - 0,3$	(5.32)
Республика (в целом)	$Y_x = 0,170h_{ц} + 0,023 \sum T_{эф} - 0,5$	(5.33)

равная 1112°C. В этом случае ожидаемая урожайность равна 24,9 ц/га. Фактическая урожайность составляла 22,3 ц/га.

Как видно, техника составления прогнозов урожайности хлопчатника на конкретном поле довольно проста и поэтому детальных пояснений не требуется.

5.3. Корреляционные зависимости между средней областной урожайностью хлопчатника и производственно-агрометеорологическими факторами

В последнее время большое значение придается общему подъему культуры земледелия, т. е. осуществлению комплекса агротехнических, организационных и экономических мероприятий, направленных на улучшение условий произрастания сельскохозяйственных культур. Составной частью в этот комплекс входит и рациональное использование природных ресурсов территории, таких, как свет, тепло и влага. Отсюда вытекает, что урожайность любой культуры, в том числе и хлопчатника, есть функция многих факторов, не только природных, но и производственных. Многофакторность связей затрудняет их исследование, и для выявления роли какого-либо фактора в формировании среднего областного урожая возникает необходимость исключения влияния других факторов.

Величина областного урожая хлопка-сырца представляет собой осредненное значение всех урожаев, собранных с отдельных полей колхозов и совхозов в пределах области. В результате такого

осреднения влияние многих факторов сглаживается, причем особенно сильно проявляется это в отношении влияния сортовых различий культуры, технологии возделывания культуры (сроков сева, нормы высева, способов обработки почвы, режима орошения и др.) и организационно-хозяйственных мероприятий. Одновременно с этим роль других факторов, таких, как метеорологические условия вегетационного периода, нормы вносимых под хлопчатник минеральных удобрений, степень влагообеспеченности посевов и связанных с ними элементов продуктивности хлопчатника остается значительной. При тщательном анализе из этих факторов можно выделить те, роль которых в формировании средней областной урожайности хлопка-сырца была бы значительной, и ее можно было бы определить с достаточной точностью. Возможность отобрать из большого числа влияющих на урожайность хлопчатника факторов наиболее существенные для установления надежных зависимостей представляет статистический анализ. Для систем случайных величин он сводится обычно к определению соответствующих коэффициентов корреляции.

Для решения поставленной задачи из многочисленных факторов, определяющих урожай хлопка-сырца, для вычисления коэффициентов корреляции и последующего анализа было отобрано всего 12 переменных, обозначения которых приведены ниже. Из них одна переменная зависимая. Это Y — средняя областная урожайность хлопчатника (ц/га). Независимые переменные следующие:

X_1 — отношение коэффициентов энергетической яркости в двух участках спектра излучения с длиной волны 750 и 670 нм (R_{750}/R_{670}), измеренных в момент набора посевами хлопчатника максимальной растительной массы;

X_2 — средняя густота стояния растений на 1 сентября, тыс. шт/га;

X_3 — число сформировавшихся коробочек на 1 августа в среднем на одно растение;

X_4 — число сформировавшихся коробочек на 1 сентября в среднем на одно растение;

X_5 — средняя масса (условная) хлопка-сырца одной коробочки, г;

X_6 — сумма эффективных температур воздуха (выше 10°C) за период от цветения до 1 сентября, $^\circ\text{C}$;

X_7 — сумма положительных температур воздуха от 1 сентября до перехода средней суточной температуры через 17°C ;

X_8 — годовая норма азота, кг/га;

X_9 — годовая норма фосфора, кг/га;

X_{10} — годовая норма калия, кг/га;

X_{11} — коэффициент использования воды (КИВ).

В табл. 5.4 представлены в виде треугольной матрицы коэффициенты корреляции всех возможных парных сочетаний зависимой и независимых переменных.

В дальнейшем будем считать статистические связи реальными (неслучайными), если они имеют коэффициенты корреляции при данной численной совокупности (при $n = 45$, $r = 0,29$), значимые на уровне 0,05 и выше [22].

Из табл. 5.4 видно, что самым большим является коэффициент корреляции между урожаем хлопка-сырца и годовой нормой фосфора, вносимого под хлопчатник в течение сельскохозяйственного

Таблица 5.4

Матрица коэффициентов корреляции средней областной урожайности хлопчатника с различными характеристиками

Характеристика	У	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
У	1											
X_1	0,33	1										
X_2	0,12	0,53	1									
X_3	0,16	0,23	0,32	1								
X_4	0,74	0,10	0,10	0,40	1							
X_5	0,33	0,13	0,25	0,47	0,43	1						
X_6	0,30	0,19	0,19	0,66	0,36	0,08	1					
X_7	0,13	0,02	0,08	0,26	0,14	0,24	0,36	1				
X_8	0,76	0,17	0,04	0,21	0,79	0,08	0,21	0,01	1			
X_9	0,86	0,27	0,08	0,23	0,79	0,14	0,27	0,01	0,88	1		
X_{10}	0,66	0,26	0,03	0,12	0,43	0,55	0,22	0,38	0,39	0,56	1	
X_{11}	0,37	0,06	0,20	0,08	0,16	0,49	0,11	0,30	0,17	0,33	0,64	1

Примечание. Условные обозначения см. в тексте.

года: $r_{UX_9} = 0,86$. Это и понятно, с увеличением годовой нормы фосфора обычно возрастает и урожайность хлопчатника, что наглядно видно из рис. 5.5. Значения коэффициентов корреляции урожая с годовой нормой азота, количеством коробочек хлопчатника на 1 сентября и нормой калия соответственно равны 0,76; 0,74 и 0,66. Хорошая связь урожая хлопка-сырца наблюдается и с коэффициентом использования воды хлопчатником, средней массой сырца одной коробочки и отношением коэффициентов яркости хлопкового поля.

Менее выраженной оказалась линейная связь средней областной урожайности с другими факторами. В частности, очень мал коэффициент корреляции между урожайностью и густотой стояния растений ($r = 0,12$), что говорит об отсутствии статистической связи между этими величинами. Также мал и коэффициент корреляции между урожайностью и суммой положительных температур воздуха за период 1 сентября — переход средней суточной температуры через 17°C . Зависимость средней областной урожайности от сумм эффективных температур воздуха за период цветения — 1 сентября характеризуется коэффициентом корреляции 0,30 (табл. 5.4), который значим для уровня 0,05. Следует заметить, что аналогичные связи, установленные для урожая на

отдельных полях с учетом возделываемых сортов хлопчатника, имели более высокие значения коэффициентов корреляции, чем для средней областной урожайности [59].

Таким образом, из исследованных нами статистических связей средней областной урожайности с различными характеристиками, рассматриваемыми в качестве факторов и элементов урожайности хлопчатника, можно отнести к устойчивым ее связи с годовыми

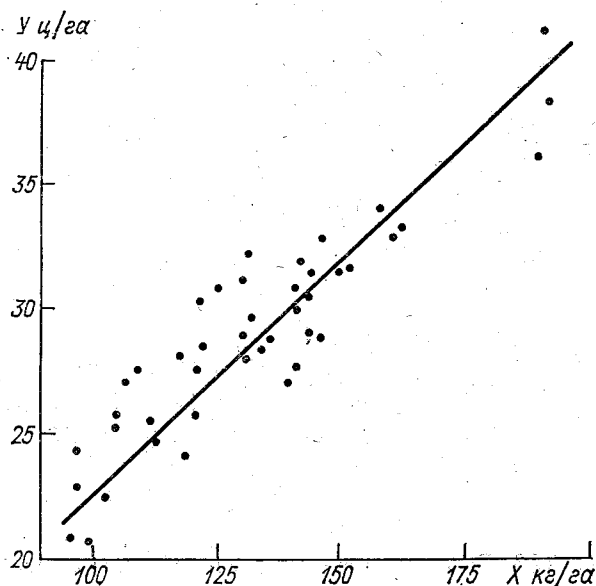


Рис. 5.5. Зависимость среднего областного урожая хлопчатника $У$ от нормы внесенного фосфора X .

нормами азота, фосфора и калия, с КИВ, со средней массой сырца одной коробочки, с количеством коробочек на 1 сентября, с суммой эффективных температур воздуха (выше 10°C) за период цветения — 1 сентября и со средним значением отношения коэффициентов яркости хлопкового поля.

Коэффициенты парной корреляции между независимыми переменными занимают, кроме второго столбца, всю остальную часть табл. 5.4. Прежде чем перейти к их рассмотрению, следует отметить, что наибольшего значения они достигают в том случае, когда рассматриваемые характеристики несут в значительной степени одну и ту же информацию. Так, например, существует отчетливая зависимость ($r = 0,53$) между отношением коэффициентов яркости хлопкового поля и густотой состояний растений. Обе эти величины характеризуют в значительной степени плотность растительного покрова хлопчатника. Нас в особенности интересуют связи элементов продуктивности и урожая хлопчатника с агрометеоро-

логическими факторами. Нельзя не обратить внимание на то, что коэффициент корреляции между суммой эффективных температур и количеством сформировавшихся коробочек на 1 сентября достигает 0,36 и значим на уровне выше 0,05 (табл. 5.4). Следует отметить, что количество коробочек находится в еще более тесной зависимости от доз удобрений. Значения коэффициентов корреляции числа коробочек на 1 сентября с годовой нормой калия, азота и фосфора соответственно равны 0,43, 0,79 и 0,79. Отсюда, кстати, следует, что азотные и фосфорные удобрения более существенно влияют на формирование коробочек хлопчатника, чем калийные.

Разная степень зависимости урожайности хлопчатника от многих факторов, в том числе и от агрометеорологических, приводит к тому, что изменения некоторых факторов являются основной причиной колебаний величины средней областной урожайности, тогда как влияние других факторов имеет меньшее значение, а воздействие некоторых из них даже трудно обнаружить.

Перейдем теперь к анализу множественных корреляционных связей, причем в этом случае также используем приемы прямой и обратной множественной корреляции. Коэффициенты множественной корреляции средней областной урожайности хлопчатника с различными характеристиками приведены в табл. 5.5. В ней приняты те же обозначения факторов, используемых в качестве независимых переменных, что и в табл. 5.4.

Как видно из первых двух строк табл. 5.5, средняя областная урожайность хлопчатника в некоторой мере связана с отношением коэффициентов яркости хлопкового поля X_1 , суммой эффективных X_6 и положительных температур воздуха X_7 . Эти характеристики определяют степень обеспеченности хлопчатника теплом в период формирования коробочек и частично при их раскрытии, а также состояние растительного покрова в период интенсивного плодообразования. Хотя значения коэффициентов корреляции невысоки, но они значимы при уровне 0,05. Поэтому можно говорить о наличии статистических зависимостей урожайности хлопчатника от перечисленных агрометеорологических характеристик.

Отмечается резкое увеличение значений коэффициентов корреляции, если в качестве независимых переменных используются суммы эффективных температур X_6 и годовые нормы внесения азота X_8 , фосфора X_9 и калия X_{10} в отдельности. В этом случае коэффициенты множественной корреляции соответственно равны 0,77, 0,87 и 0,68 (см. номера 5—7 в табл. 5.5). Включение в эти связи отношения коэффициентов яркости посевов не приводит к дальнейшему заметному увеличению общих коэффициентов корреляции.

Из данных табл. 5.5 видно, что включение в корреляционную связь сумм эффективных температур, отношения коэффициентов яркости и годовых норм вносимых под хлопчатник минеральных удобрений (X_8 , X_9 , X_{10}) приводит к повышению общего коэффициента корреляции до 0,90. Дополнительное введение в эту связь КИВ (X_{11}) повышает общий коэффициент корреляции до 0,94

(связь номер 19 в табл. 5.5). Этот очень высокий коэффициент свидетельствует о тесной зависимости средней областной урожайности хлопчатника от названных факторов, причем включение в связь других характеристик уже не вызывает его дальнейшего увеличения.

Таким образом, исследования статистической зависимости средней областной урожайности хлопчатника от различных факторов

Таблица 5.5

Общие коэффициенты множественной корреляции средней областной урожайности хлопчатника с различными характеристиками

Номер по порядку	Характеристики, включаемые в корреляцию как независимые переменные	Число независимых переменных	Общий коэффициент корреляции с урожайностью Y	Средняя квадратическая ошибка уравнения, ц/га	Отношение ошибки к среднему квадратическому отклонению
1	$X_1 X_6$	2	0,41	3,74	0,91
2	$X_1 X_7$	2	0,35	3,84	0,94
3	$X_1 X_3$	2	0,34	3,86	0,94
4	$X_1 X_4$	2	0,78	2,55	0,62
5	$X_6 X_8$	2	0,77	2,58	0,63
6	$X_6 X_9$	2	0,87	2,07	0,50
7	$X_6 X_{10}$	2	0,68	3,01	0,73
8	$X_4 X_8$	2	0,79	2,50	0,61
9	$X_4 X_9$	2	0,87	2,05	0,50
10	$X_4 X_{10}$	2	0,83	2,28	0,56
11	$X_1 X_6 X_8$	3	0,80	2,50	0,61
12	$X_1 X_6 X_9$	3	0,87	2,04	0,50
13	$X_1 X_6 X_{10}$	3	0,69	2,96	0,72
14	$X_6 X_8 X_{11}$	3	0,81	2,44	0,60
15	$X_6 X_9 X_{11}$	3	0,87	2,00	0,49
16	$X_6 X_{10} X_{11}$	3	0,68	3,00	0,73
17	$X_8 X_9 X_{10}$	3	0,88	1,90	0,46
18	$X_1 X_6 X_8 X_9 X_{10}$	5	0,90	1,80	0,44
19	$X_1 X_6 X_8 X_9 X_{10} X_{11}$	6	0,94	1,64	0,40

подтверждают многие предыдущие выводы, которые были получены при анализе урожая хлопчатника по отдельным полям.

Для прогностических целей необходимо располагать зависимостями, оформленными в виде уравнений регрессии, такие уравнения были рассчитаны в процессе обработки материалов для всех связей, представленных в табл. 5.5. Рассмотрим те из них, в которых независимые переменные могут использоваться в качестве показателя для расчета средней областной урожайности хлопчатника в августе или в первых числах сентября. Иными словами, приводимые ниже уравнения могут рассматриваться как прогностические.

Как было показано выше, связь урожайности хлопчатника с отношением коэффициентов яркости хлопкового поля характеризуется коэффициентом корреляции 0,33, а с числом коробочек на

одно растение 0,74. Уравнение множественной корреляции урожайности с этими характеристиками имеет следующий вид:

$$Y = 1,63X_1 + 2,01X_4 + 5,5, \quad (5.34)$$

$$\eta = 0,78, S_y = \pm 2,55 \text{ ц/га.}$$

Уравнение (5.34) справедливо при изменении независимых переменных X_1 и X_4 в следующих пределах: X_1 — от 2,0 до 4,5, X_4 — от 7,0 до 13,5 коробочек на одно растение на 1 сентября.

Расчеты показали, что при рассмотрении урожайности хлопчатника как функции двух факторов основную роль в ее формировании (74 %) играет число сформировавшихся коробочек на 1 сентября. Доля участия отношения коэффициентов яркости относительно невелика и составляет 26 %.

Многочисленные опытные и производственные данные, в том числе приведенные выше корреляционные зависимости, показывают, что урожай хлопка-сырца в большой степени зависит от доз минеральных удобрений, вносимых как непосредственно под хлопчатник, так и под предшествующую ему в севообороте культуру [5, 20, 70, 88, 107]. Из набора питательных веществ хлопчатник нуждается в азоте, фосфоре, калии, марганце, цинке, молибдене и в некоторых других микроэлементах. Однако наибольшую потребность он испытывает в азоте, фосфоре и калии.

Связи средней областной урожайности хлопчатника с суммой эффективных температур воздуха X_6 за период цветения — 1 сентября и годовыми нормами азота X_8 , фосфора X_9 , калия X_{10} описываются следующими уравнениями регрессии:

$$Y = 0,003X_6 + 0,085X_8 + 7,5, \quad (5.35)$$

$$Y = 0,002X_6 + 0,156X_9 + 6,6, \quad (5.36)$$

$$Y = 0,052X_8 + 0,115X_9 + 0,086X_{10} + 0,1. \quad (5.37)$$

Пределы применения уравнений (5.35) — (5.37) для X_6 — от 630 до 1300 °С, для X_8 — от 170 до 310 кг/га, для X_9 — от 100 до 200 кг/га и для X_{10} — от 0 до 100 кг/га действующего вещества. Общие коэффициенты корреляции равны соответственно 0,77, 0,87 и 0,88. Отношения средних квадратических ошибок уравнений к средним квадратическим отклонениям (S_y/σ) соответственно равны 0,63, 0,50 и 0,46.

В дальнейшем в уравнения (5.35) и (5.36) была включена еще одна независимая переменная — отношение коэффициентов яркости хлопкового поля. В результате получены следующие уравнения:

$$Y = 1,19X_1 + 0,003X_6 + 0,081X_8 + 5,1, \quad (5.38)$$

$$Y = 0,62X_1 + 0,002X_6 + 0,146X_9 + 6,1. \quad (5.39)$$

Сводные коэффициенты корреляции в этих уравнениях соответственно равны 0,80 и 0,87 (табл. 5.5), т. е. они близки по значениям к коэффициентам корреляции уравнений с двумя переменными. Следовательно, введение коэффициентов яркости практически не повышает тесноты связи, не вызывает существенных изменений коэффициентов регрессии и не уменьшает значения отношения средней квадратической ошибки уравнений к среднему квадратическому отклонению.

Таким образом, выявление роли многих факторов в формировании средней областной урожайности и установление статистических связей между средней областной урожайностью и различными производственно-агрометеорологическими факторами дает возможность разработать методику оценки и прогноза урожайности хлопчатника. Следует отметить, что несмотря на высокие коэффициенты корреляции некоторые связи имеют ограниченное применение. К ним относится, например, связь урожайности с годовыми нормами вносимых под посевы удобрений, поскольку начиная с середины 80-х годов, хотя и вносятся повышенные нормы удобрений, урожайность хлопчатника снижается.

5.4. Фотосинтетически активная радиация и потенциальный урожай хлопчатника

В формировании урожая сельскохозяйственных культур ведущая роль принадлежит фотосинтетически активной радиации, непосредственно используемой растениями в процессе фотосинтеза. Средняя Азия, благодаря своему географическому положению, обладает огромными ресурсами тепла и света. Поэтому на современном этапе сельскохозяйственного производства, особенно в условиях орошаемого земледелия, повышение продуктивности хлопчатника может быть достигнуто за счет максимального и эффективного использования солнечной радиации. Однако эти вопросы в условиях Средней Азии изучены пока недостаточно [12, 37, 63]. Рассмотрим некоторые результаты исследований, выполненных нами в этом направлении [63].

В работе [54] показано, что радиационные свойства хлопкового поля и соответственно растительного покрова определяются особенностями развития растений, возникающими в результате неодинакового режима орошения, и находятся в тесной связи с биометрическими показателями.

Экспериментально установлена хорошо выраженная криволинейная связь между зеленой массой хлопчатника, относительной площадью листьев и поглощенной суммарной радиацией. С увеличением зеленой массы хлопчатника и относительной площади листьев поглощение суммарной радиации возрастает. Аналогичный вывод сделан в работе [12] для условий Таджикистана.

Максимум поглощения радиации растениями хлопчатника наблюдается в момент накопления наибольшей площади листьев (40—45 тыс. м²/га) и надземной вегетативной массы (4,5 т/га).

Для всех хлопководческих районов республики по методике, изложенной в работе [99], были определены суммы ФАР за весь период вегетации хлопчатника, а также за период посев—момент накопления максимальной площади листьев.

Приход суммарной ФАР за период вегетации хлопчатника составляет 1800—2700 МДж/м² (табл. 5.6). К моменту накопления

Таблица 5.6

Сумма ФАР в различные периоды вегетации (МДж/м²)

Область	За период с температурой выше 10 °С	К моменту накопления максимальной площади листьев	
		падающая радиация	поглощенная хлопчатником радиация
Ташкентская	2137	1844	721
Сырдарьинская	2472	1969	767
Ферганская	2095	1886	746
Андижанская	2430	1927	746
Наманганская	2472	1927	742
Самаркандская	2221	1844	729
Бухарская	2556	2053	742
Кашкадарьинская	2724	2054	792
Сурхандарьинская	2682	2011	788
Хорезмская	2011	1802	725

максимальной площади листьев суммы ФАР для этих же районов равны 1300—1600 МДж/м².

Были получены коэффициенты поглощения потоков ФАР посевами хлопчатника с различными условиями влагообеспеченности, а именно: оптимальные условия увлажнения, жесткий режим орошения и поливы по схеме, рекомендованной для хозяйственных посевов в Ташкентской области. На посевах хлопчатника с оптимальными условиями влагообеспеченности коэффициент поглощения радиации к моменту накопления максимальной площади листьев в отдельные годы достигает 0,80—0,85, а на полях с жестким режимом орошения (всего два полива за вегетацию) он равен 0,49—0,60 (рис. 5.6).

Полученные коэффициенты дали возможность рассчитать суммы ФАР, поглощенные посевами хлопчатника при оптимальных условиях увлажнения. Эффективность использования солнечной радиации хлопчатником рассчитана по формуле Х. Г. Тооминга [115]

$$\gamma = \frac{qM \cdot 100}{\sum Q_{\text{ФАР}}}, \quad (5.40)$$

где q — калорийность хлопчатника, равная 16,8 Дж/м²; M — зеленая масса хлопчатника по аэрофотометрическим данным (кг/м²) к моменту накопления максимальной площади листьев; $\sum Q_{\text{ФАР}}$ — сумма ФАР за этот период; γ — КПД хлопчатника.

По нашим данным, эффективность использования солнечной радиации хлопчатником в хлопководческих районах республики составляет 2,8—3,0 %.

По А. А. Ничипоровичу, в соответствии с КПД ФАР посевы сельскохозяйственных культур соответственно уровню урожая можно разделить на следующие группы:

Характеристика посева	КПД ФАР %
Обычно наблюдаемые	0,5—1,5
Хорошие	1,6—3,0
Рекордные	3,5—5,0
Теоретически возможные	6,0—8,0

Таким образом, полученный нами КПД ФАР для хлопчатника, равный 3 %, соответствует хорошим урожаям. Для сравнения отметим, что КПД ФАР пустынной растительности в условиях Сред-

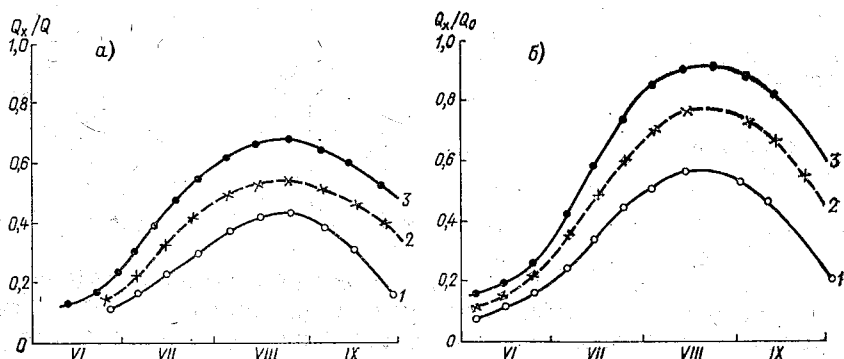


Рис. 5.6. Сезонный ход отношения поглощенной суммарной радиации хлопчатником Q_x к падающей суммарной радиации Q (а) и к поглощенной хлопковым полем радиации Q_0 (б).

Полив по схеме: 1) 0—2—0; 2) 1—4—1; 3) 70—70—70 (65) % НВ.

ней Азии, по нашим данным, составляет всего 0,06—0,2 %, т. е. огромные энергетические ресурсы остаются неиспользованными из-за острого дефицита влаги.

Одним из важнейших показателей продуктивности сельскохозяйственных культур, в том числе и хлопчатника, является коэффициент хозяйственной эффективности урожая $K_{хоз}$. В нашей работе $K_{хоз}$ определяется как отношение урожая хлопчатника к весу зеленой массы хлопчатника на момент накопления максимальной листовой поверхности.

В качестве примера представим значения коэффициентов хозяйственной эффективности для среднеспелых сортов хлопчатника по отдельным областям Узбекской ССР. Как видно из табл. 5.7, в различные по метеорологическим условиям годы значения этих

коэффициентов варьируют от 0,16 до 0,24 по Ташкентской и от 0,18 до 0,27 по Сырдарьинской областям.

В южных районах (Сурхандарьинская область) коэффициент хозяйственной эффективности в отдельные годы повышается до

Таблица 5.7

Коэффициент хозяйственной эффективности урожая хлопчатника

Область	1971 г.	1972 г.	1973 г.	1974 г.	1975 г.	Среднее
Ташкентская	0,24	0,16	0,18	0,16	0,17	0,18
Сырдарьинская	0,27	0,19	0,20	0,18	0,19	0,20
Ферганская	0,19	0,24	0,21	0,19	0,20	0,24
Наманганская	0,23	0,20	0,35	0,13	0,29	0,14
Андижанская	0,30	0,18	0,22	0,16	0,36	0,24
Самаркандская	0,33	0,36	0,46	0,23	0,45	0,37
Бухарская	0,30	0,35	0,21	0,28	0,36	0,30
Сурхандарьинская	0,50	0,51	0,22	0,25	0,23	0,36
Кашкадарьинская	0,32	0,25	0,22	0,35	0,36	0,30
Хорезмская	0,30	0,23	0,39	0,35	0,42	0,34
Каракалпакская АССР	0,25	0,22	0,28	0,36	0,22	0,27

0,50. Изменчивость этого коэффициента предопределяется не только метеорологическими условиями, но и различиями в агротехнике, применяемой в областях республики.

Таблица 5.8

Фактически и потенциально возможные урожай хлопчатника по приходу ФАР (при КПД=3 %)

Область	Урожай	
	потенциальный, т/га	фактический, % потенциального
Ташкентская	9,2	36
Сырдарьинская	10,0	26
Ферганская	9,8	32
Наманганская	7,4	45
Самаркандская	12,2	25
Бухарская	11,0	36
Сурхандарьинская	14,7	22
Кашкадарьинская	12,6	24
Хорезмская	11,8	33
Каракалпакская	14,6	20
Андижанская	8,7	37

Большой практический интерес представляют данные о потенциально возможных урожаях хлопчатника в условиях достаточного увлажнения, т. е. в тех случаях, когда наиболее существенное влияние на продуктивность оказывает фотосинтетически активная

Исследования, проведенные нами на основе статистической модели, позволили разработать метод долгосрочных прогнозов средней областной урожайности хлопчатника семи-, пяти- и трехмесячной заблаговременности. Рассмотрим научные методические основы двух разработанных методов прогнозов средней областной урожайности хлопчатника.

6.1. Метод агрометеорологического прогноза урожайности хлопчатника с использованием динамики накопления коробочек

Как уже было отмечено, основными элементами, определяющими величину урожая хлопчатника Y , являются: m — средняя масса сырца одной коробочки и продуктивность посева n_k — число коробочек в тыс. шт/га. В случае прямой пропорциональности эта зависимость имеет следующий вид:

$$Y = amn_k, \quad (6.1)$$

где a — коэффициент пропорциональности.

Расчет урожайности по данной модели можно выполнить, если имеется следующая информация (в среднем по области) с учетом данных прогнозируемого года:

- 1) динамика сева и пересева;
- 2) площади сева и пересева;
- 3) средние многолетние суммы эффективных температур воздуха выше 10°C ;
- 4) средняя фактическая или расчетная дата наступления фазы цветения;
- 5) суммы эффективных температур воздуха за период цветения — 1 сентября: расчетная и фактическая за текущий год;
- 6) средняя областная густота стояния растений и среднее число коробочек на одно растение на 1 сентября за текущий год;
- 7) средняя условная масса сырца одной коробочки.

Следуя выводам в работе [61], обработка и анализ материалов, подготовка исходных данных для расчета урожайности хлопчатника велись в нижеприведенной последовательности.

1. Были оценены данные наблюдений каждой гидрометстанции с точки зрения возможности их использования для характеристики агрометеорологических условий вегетационного периода хлопчатника не только в районе нахождения станции, но и во всех хлопководческих районах каждой области. Оказалось, что термический режим вегетационного периода хлопчатника в целом по области может быть охарактеризован данными одной или группы гидрометстанций [61, 64, 93]. Например, осредненные данные трех гидрометстанций Туркестан, Учакты и Пахтаарал с учетом «веса» каждой станции дают приемлемые для практики представления о термических условиях вегетационного периода хлопчатника в целом по Чимкентской области Казахской ССР и могут быть исполь-

зованы при составлении прогноза средней областной урожайности [93].

2. Условия погоды в весенний период характеризуются значительной неустойчивостью не только в данном году, но и от года к году. В этот период наблюдаются резкие колебания температуры воздуха, возможно выпадение обильных осадков, сопровождающихся градом и даже переходящих в снег. В связи с этим в отдельные годы становится невозможным своевременное проведение сева и, следовательно, получение полноценных всходов. В такие годы из-за неблагоприятных погодных условий весеннего периода возможно повреждение всходов и пересевы на больших площадях. За счет пересевов сокращается вегетационный период. В связи с этим средняя дата сева по каждой области определяется с учетом пересева по следующим уравнениям:

$$D_{\text{ср}} = D_{\text{н}} + n_{\text{ср}}, \quad (6.2)$$

$$n_{\text{ср}} = \frac{nS + S_1 (n_1 - n)}{S}, \quad (6.3)$$

где $D_{\text{ср}}$ — средняя взвешенная дата сева, на которую засеяно 50 % посевных площадей с учетом пересева по области; $D_{\text{н}}$ — дата начала сева, на которую было засеяно 1—2 % посевной площади по области; $n_{\text{ср}}$ — среднее взвешенное число дней от начала сева до даты, когда засеяно 50 % посевных площадей с учетом пересева; n — число дней от начала сева до даты, когда засеяно 50 % посевных площадей; n_1 — число дней от даты сева до даты, когда пересеяно 50 % всей площади пересева; S — общая площадь земель под посевами хлопчатника в области, тыс. га; S_1 — площадь пересейных земель, тыс. га.

При пересеве 100 % посевных площадей $S = S_1$, $n = 0$, то в этом случае $n_{\text{ср}} = n_1$.

3. Для разработки методики прогноза урожайности необходимо иметь данные о средних датах цветения хлопчатника по области (району), поскольку с этого момента начинается накопление коробочек хлопчатника — основа будущего урожая хлопка-сырца. Даты наступления фазы цветения могут быть получены на основе материалов наземных автомаршрутных агрометеорологических обследований хлопковых полей области или рассчитаны заблаговременно в период появления всходов.

Для удобства за агрометеорологический показатель наступления фазы цветения хлопчатника для всех областей республик Средней Азии была принята сумма эффективных температур воздуха (выше 10 °C), подсчитанная начиная от даты массового сева и равная 1000 °C. При расчете этой даты используются материалы характерной для каждой области гидрометстанции (многолетняя и текущая информация). В качестве источника получения данных о средней многолетней температуре можно использовать соответствующие выпуски «Справочника по климату СССР».

4. Для составления прогноза урожайности хлопчатника необходимо знать продуктивность посева — количество сформировавшихся коробочек на единице площади посева в каждой области (районе) до 1 сентября, так как коробочки, образовавшиеся в сентябре, как правило, не успевают полностью созреть и дают в основном хлопок-сырец низкого качества.

Анализ колебаний среднего областного (районного) количества коробочек на единице площади посевов по годам показал, что чаще всего они связаны с различиями суммы эффективных температур воздуха (выше 10°C) за период дата наступления фазы цветения — 1 сентября. В свою очередь сумма эффективных температур воздуха в каждом конкретном году определяется продолжительностью периода цветения — 1 сентября и тепло- и влагообеспеченностью посевов до и после наступления фазы цветения.

Сопоставление средней областной продуктивности посевов с суммой эффективных температур воздуха показало, что между ними существует хорошая связь и эта связь прослеживается практически во всех хлопководческих областях республик Средней Азии. При этом общий характер зависимости средней областной продуктивности посева от сумм температур выражается S-образной кривой, т. е. характер связи такой же, как и для отдельных полей (см. главу 3), и она описывается уравнением логистической функции.

В табл. 6.1 для всех областей Туркменской ССР, Каракалпакской АССР, Самаркандской, Кашкадарьинской и Бухарской областей Узбекской ССР представлены логистические уравнения с найденными значениями параметров. Аналогичные уравнения связи получены также для других областей Узбекистана, Таджикистана и Киргизии. Для расчета уравнений были использованы соответствующие материалы Госагропрома и гидрометов хлопководческих республик Средней Азии.

Динамика накопления продуктивности посева для КК АССР и Бухарской области дана на рис. 6.1. Кривые на рис. 6.1 характеризуют продуктивность посевов возделываемых в КК АССР скороспелых сортов хлопчатника, а также среднеспелых и позднеспелых тонковолокнистых сортов в Бухарской области. Следовательно, если известна сумма эффективных температур воздуха за период цветения — 1 сентября, то по уравнениям логистической связи (табл. 6.1) можно найти среднее значение продуктивности посевов каждой области.

5. Для расчета ожидаемого среднего областного урожая хлопка-сырца необходимо знать среднюю массу хлопка-сырца одной коробочки по области.

Средняя областная масса хлопка-сырца одной коробочки определяется обычно не по фактическим наблюдениям, а путем деления среднего областного урожая хлопка-сырца на среднее число коробочек, сформировавшихся на одном кусте хлопчатника к 1 сентября, и на число растений на 1 га. Поэтому она считается «условной» средней массой хлопка-сырца одной коробочки.

Средняя масса хлопка-сырца одной коробочки даже в пределах одного поля и одного сорта не остается постоянной, а изменяется от года к году в зависимости от применяемой технологии возделывания культуры и условий погоды в течение вегетационного периода, в особенности периода созревания и уборки урожая.

Анализ динамики средней областной условной средней массы хлопка-сырца одной коробочки показал, что ее значение также

Таблица 6.1

Уравнения связи для расчета продуктивности посевов хлопчатника по сумме эффективных температур воздуха

Область	Уравнение	Номер уравнения	Пределы применения по X , °C
Туркменская ССР			
Ашхабадская	$y = \frac{750}{1 + 10^{0,4847 - 0,00250X}}$	(6.4)	500—1500
Марыйская	$y = \frac{750}{1 + 10^{1,3219 - 0,00268X}}$	(6.5)	400—1200
Чарджоуская	$y = \frac{710}{1 + 10^{1,2375 - 0,00201X}}$	(6.6)	450—1350
Ташаузская	$y = \frac{675}{1 + 10^{1,3238 - 0,00275X}}$	(6.7)	350—1150
Узбекская ССР			
КК АССР	$y = \frac{755}{1 + 10^{1,9096 - 0,00395X}}$	(6.8)	300—1050
Самаркандская	$y = \frac{740}{1 + 10^{1,8182 - 0,00323X}}$	(6.9)	400—1150
Бухарская	$y = \frac{790}{1 + 10^{1,9331 - 0,00312X}}$	(6.10)	500—1250
Кашкадарьинская	$y = \frac{795}{1 + 10^{1,8737 - 0,00292X}}$	(6.11)	600—1300

подвержено большим изменениям не только по годам, но и по областям. Особенно это ярко проявляется в тех областях, где за последние 15—20 лет изменилось соотношение площади посевов между средневолокнистыми и тонковолокнистыми сортами хлопчатника. Например, если в 1970 г. площадь посевов тонковолокнистых сортов хлопчатника в Сурхандарьинской области составляла 30 % общей площади посевов хлопчатника, то в 1988 г. — почти 80 %, а в Кашкадарьинской области соответственно 14 и 29 %. Как следствие этого, отмечалось уменьшение условной средней массы хлопка-сырца одной коробочки.

Например, в Сурхандарьинской области за последние 20 лет (1968—1988 гг.) отмечалось уменьшение значения средней массы

хлопка-сырца одной коробочки от 4,0 до 2,2 г (см. рис. 6.2). Поэтому в работе [58] при определении условной средней массы хлопка-сырца одной коробочки основное внимание уделялось ма-

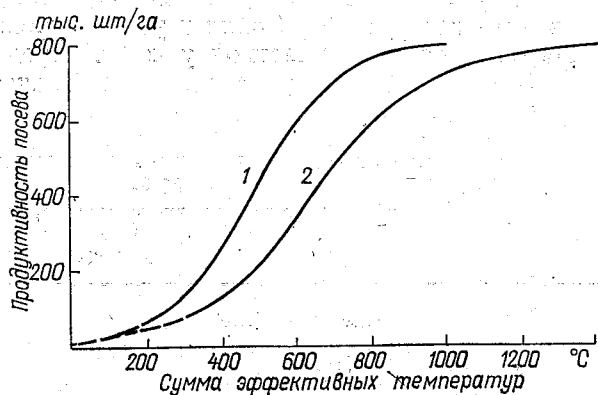


Рис. 6.1. Динамика продуктивности посева (число сформировавшихся коробочек) в КК АССР (1) и Бухарской области Узбекской ССР (2) в зависимости от суммы эффективных температур воздуха за период цветение — 1 сентября.

териалам последних 4—5 лет, т. е. считалось, что влияние более поздних величин должно сильнее отражаться на значении средней массы, используемой при прогнозе урожая, чем влияние более ран-

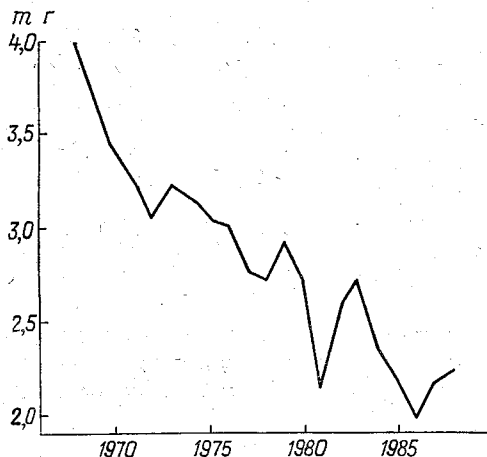


Рис. 6.2. Динамика условной средней массы сырца одной коробочки хлопчатника в Сурхандарьинской области.

них данных. В соответствии с этим в работе [58] при составлении прогноза урожая хлопка-сырца использовались средние значения условной массы одной коробочки хлопчатника в каждой области, полученные путем осреднения данных за последние четыре года.

Однако такой способ расчета средней массы хлопка-сырца одной коробочки по области (району) дает положительные резуль-

таты только в том случае, когда тенденция массы стабильна. В других случаях применение данного способа расчета дает отрицательный результат, т. е. отмечается значительное отклонение прогнозируемого урожая от фактического.

Поэтому были изучены связи условной средней массы хлопка-сырца одной коробочки с производственно-метеорологическими факторами. Некоторые результаты этих исследований отражены в предыдущем разделе данной главы. Так, представленные в табл. 5.4 материалы показывают, что наиболее высокая связь средней массы хлопка-сырца отмечается с нормой калия, вносимого под хлопчатник в течение сельскохозяйственного года: $r = 0,55$. Значения коэффициентов корреляции, характеризующие связи средней массы хлопка-сырца одной коробочки с коэффициентом использования воды (КИВ), количеством коробочек на 1 августа и 1 сентября, соответственно равны 0,49, 0,47 и 0,43. Значения коэффициентов корреляции хотя и не высоки, но они оказались значимыми на 5 %-ном уровне. Поэтому можно говорить о наличии статистически существующей зависимости средней массы хлопка-сырца одной коробочки от перечисленных характеристик. Однако использовать эти связи при составлении прогноза урожая хлопка-сырца оказалось нецелесообразным, поскольку отклонения рассчитанных таким образом величин урожая от фактических были значительными (более 20%).

В связи с этим был проведен тщательный анализ всех материалов по динамике условной средней массы хлопка-сырца одной коробочки. Этот анализ показал, что она имеет различный характер в зависимости от района возделывания хлопчатника. При этом оказалось, что особенности динамики средней массы хлопка-сырца начиная с 1970 г. являются результатом воздействия на рост и развитие хлопчатника часто повторяющихся неблагоприятных погодных условий, характерных для конца 70 — начала 80-х годов. Это воздействие заметно сказалось не только на динамике урожайности, но и на динамике средней массы, резко нарушив ее стабильность.

Согласно положениям работы [86], наиболее корректным способом определения тренда тенденции урожайности сельскохозяйственных культур является метод гармонических весов. Поэтому при расчете средней массы хлопка-сырца по временному ряду мы также обратились к методу гармонических весов, техника использования которого подробно изложена в [84].

После анализа динамики изменения условий средней массы хлопка-сырца одной коробочки за 1960—1988 гг. с фазой скользящего тренда в 5 лет ($k=5$) методом гармонических весов была рассчитана условная средняя масса хлопка-сырца по тренду, линия которого в этом случае хорошо отражала ход тенденции (рис. 6.3).

6. Рассмотрим пример расчета прогноза урожайности и валового сбора хлопка-сырца для Кашкадарьинской области Узбекской ССР с различной заблаговременностью.

Долгосрочный прогноз по выше предложенному методу составляется в три срока: первый — после окончания посевной кампании, второй — после наступления фазы цветения хлопчатника и последний — в начале сентября.

Для составления первого прогноза необходимы следующие данные по каждой области:

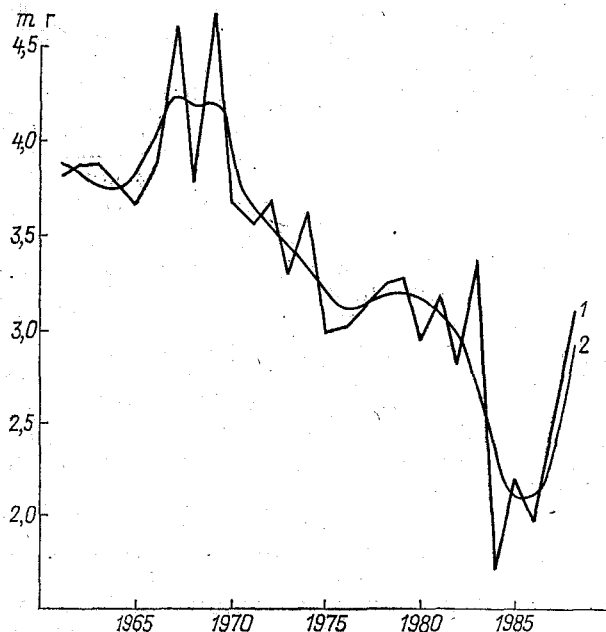


Рис. 6.3. Динамика условной средней массы сырца одной коробочки хлопчатника в Кашкадарьинской области.

1 — фактические данные; 2 — данные, рассчитанные с использованием метода гармонических весов ($K = 5$).

- 1) фактические значения температуры воздуха на дату составления прогноза;
- 2) средняя многолетняя температура воздуха (март—август);
- 3) данные о динамике сева и пересева;
- 4) общая площадь сева и пересева по области.

Из сводок Минсельхоза находится дата сева, на которую было засеяно 1—2 % площади. Этой датой для Кашкадарьинской области за 1988 г. является 11 апреля, она записывается в графу 1 табл. 6.2. Общая площадь посева S составляет 241,8 тыс. га, а площадь пересева S_1 в этот год равна 12,7 тыс. га. Число дней от даты начала сева до даты сева на 50 % площади n составляет 3, а число дней от даты начала сева до даты пересева на 50 % площади n_1 , т. е. до 7 мая, равно 26. Теперь можно рассчитать среднее взвешен-

ное число дней от даты начала сева до даты сева на 50 % площади с учетом пересева

$$n_{\text{ср}} = \frac{nS + S_1(n_1 - n)}{S} = \frac{3 \cdot 241,8 + 12,7(26 - 3)}{241,8} = \\ = \frac{725,4 + 292,1}{241,8} = \frac{1017,50}{241,8} = 4,2 \text{ дня.}$$

Тогда

$$D_{\text{ср}} = D_{\text{н}} + n_{\text{ср}} = 11 \text{ IV} + 4,2 = 15 \text{ IV.}$$

Эта дата (15 апреля) записывается в графу 4 табл. 6.2. Далее от этой даты следует подсчитать дату набора суммы эффективных

Таблица 6.2

Составление прогноза урожайности хлопчатника с использованием данных о продуктивности посева. Узбекская ССР, Кашкадарьинская область

начало сева	Дата				Сумма эффективных температур, °С	Продуктивность посева	Средняя масса сырья по тренду	Урожай, ц/га		
	сева на 50 % площади	пересева на 50 % площади	сева (средняя взвешенная)	цветения				расчетный	фактический	отклонение, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Первый прогноз (16 V)

11 IV 14 IV 7 V 15 IV 4 VII 1035 738 2,9 21,4 23,1 7,4

Второй прогноз (1 VII)

28 VI 1125 765 2,9 22,2 23,1 4,0

Третий прогноз (1 IX)

28 VI 1099 755 2,9 21,9 23,1 5,2
882 2,9 25,6 23,1 10,8

температур воздуха (выше 10 °С) до 1000 °С по данным гидрометстанции Шахриязбс. Поскольку расчет урожайности хлопчатника проводится 16 мая, то с 16 апреля по 15 мая суммы эффективных температур подсчитываются по фактическим данным за этот год. Дальнейший подсчет температур до 1000 °С проводится по средним декадным многолетним температурам воздуха. Дата, на которую будет набрана сумма 1000 °С, является датой начала цветения. Она приходится на 4 июля и заносится в графу 5 табл. 6.2.

Далее, для того чтобы определить ожидаемую продуктивность посева хлопчатника по средним многолетним температурам подсчитывается сумма эффективных температур воздуха (выше 10 °С) за период цветение — 1 сентября. В данном случае она равна 1035 °С (графа 6 табл. 6.2). Используя уравнение (5.50),

рассчитываем продуктивность посева, которая равна 738 тыс. шт/га (графа 7).

Значение условной массы хлопка-сырца одной коробочки по тренду, рассчитанному методом гармонических весов при $k = 5$, на 1988 г. для Кашкадарьинской области равно 2,9 г (графа 8 табл. 6.2). Умножая значение продуктивности посева на среднюю массу хлопка-сырца одной коробочки, получим расчетную величину урожая хлопка-сырца, которая равна 21,4 ц/га (графа 9 табл. 6.2).

Графы 10 и 11 табл. 6.2 заполняются после получения сведений об урожае хлопка-сырца от Госагропрома по окончании уборки, т. е. в декабре. Прогноз считается оправдавшимся, если отклонение расчетной величины урожая не превышает $\pm 10\%$ фактической.

Второй прогноз урожайности составляется, как правило, в начале июля, в период цветения хлопчатника. Этот прогноз является некоторым уточнением первого. Дата цветения в этом случае определяется как дата набора суммы эффективных температур воздуха 1000°C , начиная от средней взвешенной даты сева (графа 4 табл. 6.2). В отличие от первого прогноза, для набора суммы эффективных температур используется фактическая температура за период посев — цветение. Поэтому вновь рассчитанная дата цветения обычно не совпадает с датой, установленной при первом прогнозе (графа 5 табл. 6.2). Далее все расчеты проводятся таким же образом, как при первом прогнозе.

В первых числах сентября составляется третий прогноз. В этом случае суммы эффективных температур воздуха (выше 10°C) за период цветение — 1 сентября набираются по фактическим температурам воздуха. Последующие расчеты проводятся так же, как при первых двух прогнозах (см. табл. 6.2).

При наличии фактических данных о продуктивности посева расчет урожайности целесообразно произвести с использованием этих материалов. Приведем пример расчета.

По данным Гидрометцентра Узгидромета на 1 сентября в среднем по Кашкадарьинской области сформировалось 9,8 коробочек в среднем на одно растение при густоте стояния 97 тыс. растений на 1 га. Следовательно, расчетная урожайность в данном случае составляет 25,6 ц/га (см. табл. 6.2).

Валовый сбор хлопка-сырца Y_v по области находится простым умножением рассчитанной областной урожайности хлопчатника Y_n на посевную площадь хлопчатника S области

$$Y_v = Y_n S. \quad (6.12)$$

Валовый сбор хлопка-сырца в целом по республике $\bar{Y}_p$, включающей несколько областей, определяется как сумма произведений урожайности хлопчатника на посевные площади в каждой области

$$\bar{Y}_p = \sum_i^N Y_i S_i, \quad (6.13)$$

где U_i — ожидаемая средняя областная урожайность хлопчатника i -той области; S_i — посевные площади хлопчатника i -той области; N — число областей.

Расчет валового сбора хлопка-сырца по области, как и средней областной урожайности, проводится в три срока (табл. 6.3).

Таблица 6.3

**Составление прогноза валового урожая хлопка-сырца. Узбекская ССР,
Кашкадарьинская область**

Дата прогноза	Расчетная урожайность, ц/га	Площадь сева, тыс. га	Валовый сбор, тыс. т		Ошибка прогноза	
			расчетный	фактический	тыс. т	%
16 V	21,4	241,8	518,25	558,56	40,31	7,4
2 VII	22,2		536,80		21,76	4,0
2 IX	21,9		529,54		29,02	5,2

6.2. Метод расчета средней областной урожайности хлопчатника на основе прогнозирования динамики ее тенденции

Анализ динамики урожайности хлопчатника показывает, что эта величина подвержена большой изменчивости по годам и по областям хлопководства. Вследствие этого в каждой области тенденция урожайности хлопчатника имеет свои особенности.

Временные ряды урожайности сельскохозяйственных культур U_τ , в том числе хлопчатника, можно рассматривать как сумму двух слагаемых: детерминированной составляющей и случайных отклонений от нее, т. е.

$$U_\tau = f(\tau) + F_\tau, \quad (6.14)$$

где $f(\tau)$ — некоторая неслучайная функция времени (тренд); F_τ — случайная составляющая временного ряда (случайная компонента).

Прогнозирование урожайности осуществляется с учетом обеих составляющих временного ряда по следующей формуле:

$$U_n = U_{\text{тп}} \pm \Delta U, \quad (6.15)$$

где U_n — прогнозируемая урожайность; $U_{\text{тп}}$ — урожайность по тренду на прогнозируемый год; ΔU — отклонение урожайности от тренда. Эта величина определяется отличиями агрометеорологических условий периода формирования урожая от многолетних, на фоне которых формируется тенденция урожайности.

Рассмотрим способы расчета составляющих уравнения (6.15).

1. Общеизвестно утверждение о наличии тенденции во временных рядах урожайности, т. е. об их нестационарности. Выделение

тенденции временного ряда (тренда) в настоящее время выполняются различными способами. В частности, в работе [86] на конкретных примерах показаны различные способы сглаживания временного ряда урожайности, достаточно подробно изложены вопросы оценки правильности выбора вида тренда и проверки случайной компоненты на стационарность. Показана также целесообразность применения метода гармонических весов при прогнозировании тенденции урожайности сельскохозяйственных культур.

Анализ динамики тенденции урожайности хлопчатника в течение 1960—1983 гг. показал, что многолетние изменения тенденции урожайности, согласно классификации, приведенной в работе [86], характеризуются типом II, т. е. для кривой, характеризующей эту тенденцию, отмечается устойчивый рост с последующим замедлением. При подключении материалов последних пяти лет (1984—1988 гг.) наблюдается в начале устойчивый рост, затем замедление и в последующем — интенсивный спад (тип III).

В процессе усовершенствования методики прогноза урожая хлопчатника [52] тенденция урожайности в первом приближении описывалась следующей логарифмической зависимостью:

$$\lg Y_t = a \lg x + c, \quad (6.16)$$

где Y_t — ожидаемый урожай по тренду; x — номер года; a , c — коэффициенты зависимости.

Однако применение этой формулы на практике показало, что зависимость такого вида не отражает тенденции урожайности хлопчатника за 1985—1988 гг., когда практически везде отмечалось резкое снижение урожайности хлопка-сырца. В связи с этим для экстраполяции тенденции урожайности хлопчатника использовался метод гармонических весов. Подробное описание применения метода гармонических весов для прогноза тенденции средней областной урожайности сельскохозяйственных культур приводится в ряде работ [86, 90], а также в методических разработках [84, 87, 91 и др.]. Поэтому суть данного вопроса на примере прогнозирования урожайности хлопчатника не будет рассматриваться.

Для расчета тенденции урожайности хлопчатника использовались ежегодные данные средней областной урожайности по всем категориям хозяйств. Поскольку длина ряда урожайности составляет более 18 лет, расчет тренда по всем областям хлопководства выполнен с фазой скользящего тренда в 16 лет ($k = 16$) с соблюдением всех процедур, согласно [86].

На рис. 6.4 показана динамика средней областной урожайности хлопчатника для Ферганской области Узбекской ССР. Как видно, линия тренда, рассчитанная по гармоническим весам, безусловно, более правильно отражает ход истинной тенденции, чем логарифмическая зависимость. Аналогичные расчеты тенденции урожайности хлопчатника были выполнены так же и для других областей республик Средней Азии.

2. Прогнозируемая урожайность хлопчатника по тренду составляет первое слагаемое в общем прогностическом уравнении (6.15).

Вторым слагаемым является отклонение урожайности от тренда.

Изменение величины и знака отклонения урожайности от линии тренда зависит главным образом от гидрометеорологических условий вегетационного периода и производственных мероприятий конкретных лет (уровня агротехники).

Долгосрочный прогноз урожайности с различной заблаговременностью разрабатывался путем поэтапной оценки и учета гидро-

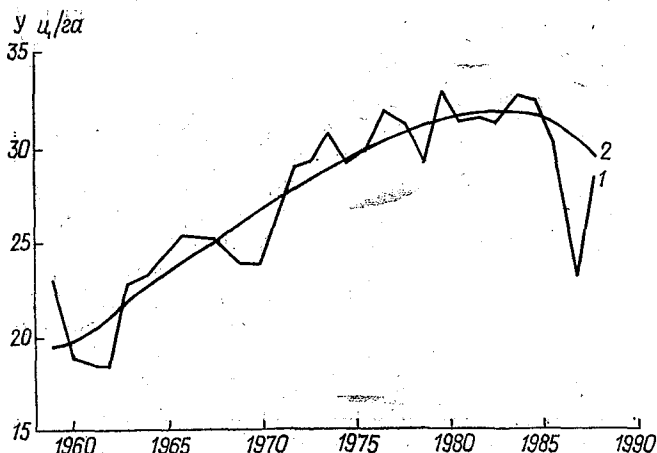


Рис. 6.4. Динамика средней областной урожайности хлопчатника в Ферганской области.

1 — фактические данные; 2 — данные, рассчитанные с использованием метода гармонических весов ($K = 16$).

метеорологических условий, а также производственных мероприятий [92, 93]. С этой целью исследовались три периода: посев — появление массовых всходов, посев — цветение, посев — созревание коробочек хлопчатника. Исходными материалами служили данные опорной сети гидрометстанций и госсортоучастков хлопководческих республик Советского Союза.

Выбор предикторов для оценки отклонений от тенденции урожайности основывался на учете особенностей агрометеорологической и производственной информации. В разработку вошли те элементы производственной информации, которые отражают особенности развития и формирования урожая: сроки сева, площади посева и пересева, площади охвата фазой цветения, густота стояния растений, число коробочек и т. д.

Вторая группа факторов характеризует радиационно-термические условия, суховейные явления, увлажнение и водообеспеченность посевов (облачность, температура и влажность воздуха, осадки, расходы воды). При этом во многих случаях использовались не средние величины, а их суммарные значения за определенные промежутки времени, характеризующие различные периоды

развития хлопчатника. В основе такого подхода лежит общеизвестная концепция биологического времени.

В данной разработке биологическое время отождествляется с суммами эффективных температур, числом дней с высокими температурами (выше определенного предела), суммами осадков и дефицита насыщения воздуха и т. д., которые характеризуют различные этапы развития хлопчатника.

Известно, что влияние почти всех факторов внешней среды на основные процессы жизнедеятельности растений (фотосинтез, дыхание, рост, развитие, формирование и созревание элементов продуктивности и т. д.) является нелинейным. Это в полной мере относится и к культуре хлопчатника. Поэтому вначале был определен вид зависимости отклонения урожайности от ее тенденции с каждым из 40 выбранных первоначально показателей. Результаты проведенного анализа показали, что основная часть зависимостей имеет вид параболических и логарифмических кривых, а остальные зависимости близки к прямолинейным. Ряд показателей был исключен из исследования из-за отсутствия четкой связи. В итоге было отобрано около 30 предикторов и получены уравнения регрессии для основных этапов развития, включая предпосевную и посевной периоды.

Для оценки степени благоприятности условий погоды предпосевного периода использовалась сумма осадков за период 1 марта — начало сева, поскольку осадки этого периода обуславливают степень увлажнения верхнего пахотного слоя почвы и влияют на качество и своевременность проводимых в этот период полевых работ.

Оценку благоприятности погодных условий последующего периода (начало сева — появление массовых всходов), т. е. сложившихся условий погоды к моменту составления первого прогноза урожайности, можно охарактеризовать показателями, учитывающими основные факторы внешней среды: радиацию, тепло и влагу. Они выражаются через сумму нижней (или общей) облачности, сумму осадков, сумму эффективных температур за 30—50-дневный период от начала сева или даты устойчивого перехода температуры воздуха весной через 10 и 20 °С, а также путем учета гидро-термического коэффициента Г. Т. Селянинова.

Корреляционный анализ показал, что связь отклонения урожайности с количеством осадков за период 1 марта — начало сева слабая и неустойчивая (коэффициенты корреляции менее 0,3), за исключением Чимкентской области Казахской ССР, Наманганской и Самаркандской областей Узбекской ССР, где связи оказались более тесными: $r = -0,717$, $r = 0,629$ и $\eta = 0,62$ соответственно.

В период начало сева — массовое появление всходов роль и влияние осадков в формировании урожая более ощутима: коэффициенты корреляции регрессионных зависимостей изменяются в пределах от 0,60 до 0,87 для сумм осадков за 30-дневный посевной период. Связи между отклонениями урожайности и суммой осадков за 50 дней оказались очень низкими, за исключением за-

висимостей для Курган-Тюбинской области Таджикской ССР ($r = -0,809$).

В северных районах хлопководства Средней Азии и в Чимкентской области в период начало сева — появление массовых всходов с увеличением осадков наблюдается переход от положительного их влияния на урожай к отрицательному, которое проявляется в знаке и величине отклонения урожайности от ее тенденции. В южных районах такой эффект оказывает как слишком малое, так и большое количество осадков.

В рассматриваемом периоде влияние температур воздуха проявлялось очень заметно, особенно при использовании сумм эффективных температур воздуха за 30-дневный период, считая от начала сева, коэффициенты корреляции и корреляционные отношения которых изменяются от 0,490 до 0,820. Для Сурхандарьинской и Хорезмской областей Узбекистана были получены хорошие связи отклонения урожайности от тренда со значениями ГТК Селянинова за 30-дневный период, считая от начала сева ($\eta = 0,777$ и $r = -0,722$).

Корреляционные зависимости устанавливались также с суммами общей и нижней облачности. Хорошие связи, которые можно использовать как прогностические, получены между отклонениями урожайности от тренда и количеством нижней облачности за 30-дневный период для большинства областей Узбекистана и Таджикистана (теснота связи колеблется от 0,60 до 0,88). Аналогичные связи устанавливались также для всех зон хлопководства Азербайджанской ССР [63, 93].

В хлопководческих районах Советского Союза высокие и относительно стабильные урожаи хлопчатника можно получить только при орошении в сочетании с высокой агротехникой. Считается, что в условиях поливного земледелия теоретически посевы хлопчатника всегда могут быть обеспечены влагой. Хлопководы стремятся к этому, однако хорошо известно, что в маловодные годы, когда ощущается дефицит поливной воды, потребность хлопчатника во влаге, при всем желании, не может быть удовлетворена полностью. В многоводные годы, к сожалению, наблюдается переполнив хлопчатника. В том и другом случаях отмечается снижение урожая, особенно в маловодные годы.

Исследование водообеспеченности посевов хлопчатника проводилось на материалах о расходах воды в реках и водохранилищах Средней Азии, Казахстана и Азербайджана за вегетационный период. Оно позволило сопоставить значения отклонений урожайности от тренда с расходами воды за апрель — сентябрь (в процентах от нормы) для всех областей Узбекистана и Ленинабадской области Таджикистана. В остальных областях Таджикистана и Ошской области Киргизии влагоресурсы практически ежегодно позволяют обеспечивать посевы хлопчатника влагой. Хорошие зависимости, характеризующиеся значениями корреляционных отношений от 0,72 до 0,85, получены только для 7 областей Узбекистана.

Для условий Азербайджана связи отклонения урожайности от тренда с расходами воды имеют вид параболической кривой и их корреляционные отношения изменяются от 0,726 до 0,807. В данном случае для статистической обработки брались данные о расходах воды за периоды апрель—июнь, апрель—август и апрель—сентябрь, тем самым оценивалось влияние влагообеспеченности посевов на урожай не только начального, но и практически всего периода вегетации. На рис. 6.5 показана связь отклонений уро-

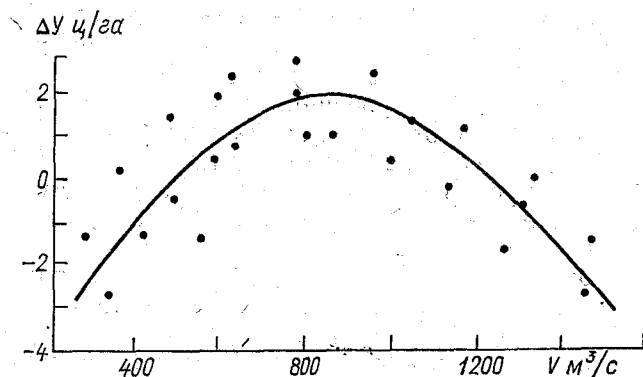


Рис. 6.5. Связь отклонений урожайности хлопчатника от тренда $\Delta У$ с расходами воды за апрель—август V в Азербайджанской ССР.

жайности хлопчатника $\Delta У$ с расходами воды V за апрель—август для Азербайджанской ССР.

Для периода посев—цветение, кроме влагообеспеченности, в качестве основных предикторов использовались суммы эффективных температур воздуха, площади посевов, охваченных цветением на 1 июля, и площади земель, пересеянных из-за неблагоприятных условий погоды весеннего периода.

В качестве предикторов регрессионных зависимостей, характеризующих период посев—раскрытие первых коробочек и отдельно период формирования коробочек хлопчатника, использовались суммы эффективных температур за периоды посев—1 сентября, цветение—1 сентября и за июль—август, а также данные о продуктивности посевов и надземной вегетативной зеленой массе растений.

Для характеристики неблагоприятных термических и влажностных условий вегетационного периода подсчитывалось число дней с максимальными температурами воздуха выше 35, 38 и 40 °С. Для Азербайджанской ССР рассматривалась также связь отклонений урожайности хлопчатника от тренда с суммой дефицита насыщения воздуха и число дней с засухами за июль—август.

Определенное внимание было уделено оценке агрометеорологических условий периода созревания и уборки урожая хлопка-сырца. Однако статистический анализ рассмотренных материалов

не дал положительного результата, коэффициенты корреляции были низкие и зависимости незначимыми.

Таким образом было получено большое число регрессионных зависимостей отклонений урожайности хлопчатника от тренда с производственно-агрометеорологическими факторами. В табл. 6.4

Таблица 6.4

Уравнения для расчета отклонения средней областной урожайности хлопчатника от линии тренда. Узбекская ССР, Ферганская область

Уравнение регрессии	Номер уравнения	Пределы применения предикторов
$Y = -0,058 \cdot 10^{-2} u^2 + 0,47$	(6.17)	4—70 мм
$Y = -0,1674 \cdot 10^{-2} Z^2 + 0,1827Z - 4,14$	(6.18)	20—100 баллов
$Y = -0,2235 \cdot 10^{-2} V^2 + 0,37V - 14,5$	(6.19)	55—120 %
$Y = 0,00842T_3 - 7,63$	(6.20)	680—1005 °C
$Y = -0,45 \cdot 10^{-4} T_6^2 + 0,1927T_6 - 205,6$	(6.21)	1900—2385 °C
$Y = 0,019X - 13,5$	(6.22)	625—740 тыс. кор/га
$Y = 0,0274M - 4,77$	(6.23)	104—200 ц/га

приведены уравнения связи для Ферганской области Узбекской ССР, предикторы в которых имеют следующие обозначения:

u — сумма осадков за 30 дней от начала сева, мм;

z — сумма количества нижней облачности за 30 дней от начала сева, баллы;

V — расходы воды за вегетационный период (апрель — сентябрь), % нормы;

T_3 — сумма эффективных температур воздуха (выше 10 °C) за период дата сева на 50 % площадей с учетом площадей посева — 1 июля, °C;

T_6 — сумма эффективных температур воздуха (выше 10 °C) за период дата устойчивого перехода температуры воздуха весной через 10 °C — 1 сентября, °C;

X — продуктивность посева, тыс. кор/га;

M — надземная зеленая масса хлопчатника, ц/га.

Полученные регрессионные зависимости позволяют оценить влияние производственно-агрометеорологических факторов на величину, и знак отклонения урожайности хлопчатника от линии тренда. Поэтому разработанные количественные зависимости (тренда и отклонений) легли в основу предлагаемого метода прогноза средней областной урожайности и валового сбора хлопка-сырца с заблаговременностью от 7 до 3 месяцев.

3. Теперь рассмотрим на примере Ферганской области порядок составления прогноза.

Прогнозы урожайности и валового сбора хлопка-сырца по данной методике составляются в три срока: в мае, в первых числах

июля и сентября. Исходя из заблаговременности прогноза и определяющих агрометеорологических факторов основных периодов развития хлопчатника, соответствующие прогностические уравнения выбираются таким образом, чтобы они отражали термические условия и влагообеспеченность посевов. Например, для первого прогноза урожайности по Ферганской области берутся уравнения связи с предикторами, характеризующими количество осадков за 30 дней от начала сева и суммы эффективных температур воздуха за период дата сева на 50 % площади — 1 июля. Для второго и третьего прогнозов используются показатели водообеспеченности (расходы воды рек и каналов, за счет которых обеспечивается орошение хлопчатника в данной области) и теплообеспеченности (суммы эффективных температур воздуха выше 10 °С за период посева — 1 июля и дата устойчивого перехода температуры через 10 °С весной — 1 сентября). Аналогичным образом выбираются прогностические уравнения и для других хлопководческих областей.

Исходя из изложенного для составления прогноза в мае необходимы следующие данные:

- 1) о средней многолетней температуре воздуха (за апрель — июнь);
- 2) о средней суточной температуре воздуха и осадках за текущий год;
- 3) о динамике сева и пересева;
- 4) об общей площади посева и пересева по области.

Из сводок Госагропрома республики берется дата сева, на которую было засеяно 1—2 % площади интересующей нас области. Такой датой для Ферганской области за 1988 г. является 11 апреля. Начиная с этой даты, по данным гидрометстанции Фергана, подсчитывается сумма осадков за 30 дней. Подсчитанная сумма (5 мм) записывается в графу 3 табл. 6.5.

Зная даты сева на 50 % площадей и пересева по области, а также площади посева (191,3 тыс. га) и пересева (35,8 тыс. га), по уравнению (6.2) находим среднюю взвешенную дату сева, которая в данном случае приходится на 2 мая (графа 2 табл. 6.5). От этой даты подсчитываем суммы эффективных температур воздуха до 1 июля, используя для этой цели фактические данные о температуре к моменту составления прогноза (17 мая) и средние многолетние температуры воздуха по климатическому справочнику. Полученную сумму эффективных температур воздуха (886 °С) записываем в графу 4 табл. 6.5. Теперь можно приступить к расчету отклонения средней областной урожайности от линии тренда. Для этой цели используются прогностические уравнения (6.17) и (6.20), представленные в табл. 6.4. Подставляя сумму осадков за 30 дней в уравнение (6.17), получим: $\Delta Y = -0,58 \cdot 10^{-2} \times (15)^2 + + 0,47 = 0,4$ ц/га. Аналогичным путем находим отклонение урожайности от тренда по уравнению (6.20): $\Delta Y = -0,00842 \times 886 - - 7,63 = -0,2$ ц/га.

Рассчитанные отклонения урожайности вносятся соответственно в графы 6 и 7 табл. 6.5. Далее определяется среднее отклонение урожайности по двум расчетам, которое равняется в данном случае 0,1 ц/га и записывается в графу 9.

Теперь определяем тенденцию средней областной урожайности на прогнозируемый год по формуле

$$U_{\text{тп}} = U_{\text{т}} + \bar{\omega}, \quad (6.24)$$

где $U_{\text{тп}}$ — тенденция урожайности на прогнозируемый год; $U_{\text{т}}$ — урожайность предшествующего года по тренду; $\bar{\omega}$ — среднее значение прироста функции, описывающей тренд.

Таблица 6.5

Составление прогноза урожайности хлопчатника с помощью экстраполяции тенденции урожайности. Узбекская ССР, Ферганская область

Дата начала сева D_n	Средняя взвешенная дата сева D	Сумма		Расход воды V % нормы	Расчетное отклонение урожайности (ц/га) по				Урожайность, ц/га			
		осадков μ мм	эффективных температур T °C		μ	T	V	средняя	по тренду $U_{\text{тп}}$	прогнозируемая $U_{\text{п}}$	фактическая $U_{\text{ф}}$	Ошибка прогноза, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Первый прогноз (17 мая)

11 апреля 1988 г. 2 мая 1988 г. 15 886 0,4 —0,2 0,1 30,3 30,4 28,4 7,0

Второй прогноз (2 июля)

921 130 0,1 —4,17 —2,0 30,3 28,3 28,4 0,3

Третий прогноз (2 сентября)

2061 136 0,7 —5,5 —2,4 30,3 27,9 28,4 1,8

За 1988 г. рассчитанная тенденция урожайности $U_{\text{тп}}$ составляет 30,3 ц/га (см. графа 10 табл. 6.5). Следовательно, прогнозируемая урожайность по Ферганской области на 1988 г. равна $U_{\text{п}} = U_{\text{тп}} + \Delta U = 30,3 + 0,1 = 30,4$ ц/га (графа II). Фактическая средняя областная урожайность составляла 28,4 ц/га, что на 7,0 % меньше, чем прогнозируемая урожайность.

При составлении второго и третьего прогноза урожайности хлопчатника для расчета отклонения урожайности от тренда используются сумма эффективных температур воздуха за период дата устойчивого перехода температуры воздуха через 10 °C весной — 1 сентября и расходы воды (в % нормы) за вегетационный период (апрель—сентябрь). Результаты расчета ΔU , $U_{\text{тп}}$ и $U_{\text{п}}$ представлены в табл. 6.5.

Валовый урожай хлопка-сырца по области определяется по способу, описанному выше (см. табл. 6.3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение многолетних исследований в области агрометеорологии хлопчатника дало возможность выявить влияние гидрометеорологических факторов и неблагоприятных погодных условий на процессы роста, развития и формирования урожая хлопчатника различных сортов. На этой основе были разработаны рекомендации по выбору оптимальных сроков сева с использованием вероятностных методов принятия решения. Впервые было установлено влияние агрометеорологических факторов на динамику накопления целлюлозы и другие качественные показатели волокна различных по скороспелости сортов хлопчатника. Дано обоснование суммам эффективных температур воздуха выше 18°C как показателю термических условий, необходимых для формирования корбочек хлопчатника.

Даны рекомендации по определению оптимальных сроков проведения дефолиации, способы оценки эффективности проведения дефолиации и приведены расчеты влажности хлопка-сырца в зависимости от погодных условий.

В зависимости от потребности различных отраслей хлопководства в долгосрочном прогнозе урожая хлопка-сырца по отдельным областям и республикам изложены результаты исследования влияния производственных условий, биометрических и метеорологических характеристик на урожайность хлопчатника во всех хлопководческих районах СССР.

Многие результаты настоящих исследований внедрены в практику агрометеорологического обеспечения сельскохозяйственного производства и могут быть использованы в дальнейших разработках по моделированию продукционного процесса и методов прогноза урожайности хлопчатника и других культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллаев А. К. Агрометеорологическая оценка состояния и развития хлопчатника в период от посева до появления десятого листа.— Труды САНИИ, 1986, вып. 121 (202), с. 3—9.
2. Абдуллаев А. К., Караульщикова Н. Н., Карнаухова В. В. Оценка влияния погоды на скорость развития хлопчатника в период появления первых десяти настоящих листьев.— Труды САНИГМИ, 1967, вып. 28 (43), с. 74—76.
3. Абдуллаев А. К. и др. Рост, развитие и формирование урожая хлопчатника при различных условиях увлажнения почвы/А. К. Абдуллаев, Н. Н. Караульщикова, В. В. Карнаухова, Ф. А. Муминов.— Труды САНИГМИ, 1967, вып. 28 (43), с. 3—17.
4. Абдуллаев А. К. и др. Оценка влияния термического режима на рост волокна хлопка-сырца/А. К. Абдуллаев, Ф. А. Муминов, О. Н. Рейзвих, Т. Ф. Ищенко, Г. Нуридинова.— Труды САНИГМИ, 1988, вып. 130 (211), с. 87—90.
5. Абдуллаев Р. Влияние срока сева и норм удобрений на урожайность хлопчатника.— Хлопководство, 1976, № 4, с. 24—25.
6. Абдуллаев Х. Агрометеорологическая оценка влияния дефолиации на темпы раскрытия коробочек хлопчатника.— Труды САНИГМИ, 1972, вып. 64 (79), с. 58—63.
7. Абдуллаев Х. Радиационный и тепловой режим хлопкового поля, подвергнутого дефолиации.— М., 1973.— 29 с.
8. Абдуллаев Х. Агрометеорологическая оценка влажности хлопка-сырца дефолированного хлопчатника.— Труды САНИГМИ, 1976, вып. 28 (109), с. 38—42.
9. Агроклиматические условия роста и развития хлопчатника на территории Азербайджана.— Баку: УГКС АзССР, 1982.— 87 с.
10. Арисланов Р. С. К методике метеорологической оценки дефолированного периода хлопчатника.— Труды САНИГМИ, 1972, вып. 64 (79), с. 64—67.
11. Арисланов Р. С. О сроках проведения дефолиации хлопчатника в Узбекистане.— Труды САНИГМИ, 1974, вып. 19 (100), с. 90—93.
12. Асраров К. А. Коэффициент использования света посевом хлопчатника в зависимости от плодородного слоя почвы.— В кн.: Фотосинтез и использование солнечной радиации. Л.: Наука, 1971, с. 39—44.
13. Бабенко К. А. и др. Влияние метеорологических факторов на изменение влажности хлопка-сырца в Узбекистане.— Труды САНИГМИ, 1967, вып. 28 (43), с. 65—73.
14. Бабушкин Л. Н. К методике агрометеорологической оценки вегетационных периодов хлопчатника в Узбекистане.— Труды ТГО, 1952, вып. 7 (8), с. 99—132.
15. Бабушкин Л. Н. Метеорологические факторы и растения.— Труды САГУ, 1953, вып. 35 (биологические науки), кн. 13.— 185 с.
16. Бабушкин Л. Н. Оценка влияния погоды на скорость развития хлопчатника и методика составления агрометеорологических информаций и прогнозов наступления основных фаз развития его в условиях Узбекистана.— В кн.: Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий.— Л.: Гидрометеиздат, 1957, с. 226—260.
17. Бабушкин Л. Н. Агроклиматическое районирование хлопковой зоны Средней Азии.— Л.: Гидрометеиздат, 1960.— 134 с.

18. Бабушкин Л. Н. Агроклиматические описания Средней Азии.— Труды ТашГУ, 1964, вып. 236, с. 5—185.
19. Бадина Г. В. Возделывание бобовых культур и погода.— Л.: Гидрометеоздат, 1974.— 242 с.
20. Белоусов М. А. Физиологические основы корневого питания хлопчатника.— Ташкент: Узбекистан, 1964.— 203 с.
21. Броунов П. И. Избр. соч. Т. 2. Сельскохозяйственная метеорология.— Л.: Гидрометеоздат, 1957.— 339 с.
22. Брукс К., Карузерс Н. Применение статистических методов в метеорологии.— Л.: Гидрометеоздат, 1963.— 416 с.
23. Будин Е. Ф., Лыс Я. Х., Бабаханова М. Р. О влажности хлопксырца при его переработке.— Хлопковая промышленность, 1982, № 6, с. 8—9.
24. Волосюк З. И. Агрометеорологическое обоснование сроков и норм полива хлопчатника в условиях орошаемого земледелия Марийской области Туркменской ССР.— Сборник работ АГМО, 1962, вып. 3, с. 55—60 (Ашхабад).
25. Волосюк З. И. Методика оценки влияния метеорологических факторов на скорость накопления и раскрытия коробочек советских тонковолокнистых сортов хлопчатника в условиях Туркмении.— Сборник работ АГМО, 1966, вып. 4, с. 48—51 (Ашхабад).
26. Гойса Н. И., Олейник Р. Н., Рогаченко А. Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы.— Л.: Гидрометеоздат, 1983.— 230 с.
27. Еременко В. И. Режим орошения и техника полива хлопчатника.— Ташкент: АН УзССР, 1957.— 400 с.
28. Жапбасбаев М. Агроклиматические условия произрастания риса в континентальном климате.— Л.: Гидрометеоздат, 1969.— 168 с.
29. Зайцев Г. С. Влияние температуры на развитие хлопчатника.— М.: Промиздат, 1927.
30. Закиров Т. С. Дефолиация и десикация.— В кн.: Справочник по хлопководству. Ташкент: Узбекистан, 1965, с. 376—392.
31. Зияходжаев М. З. Программирование урожайности хлопчатника.— Ташкент: Фан, 1982.— 84 с.
32. Имамалиев А. И. Дефолианты и их физиологические действия на хлопчатник.— Ташкент: Фан, 1969.— 278 с.
33. Ищенко Т. Ф., Попова П. Я. Влияние погодных условий на рост волокна в онтогенезе хлопчатника.— Узбекский биологический журнал, 1976, № 5, с. 63—65.
34. Камалов Б. А., Махмудов К., Муминов Ф. А. Оценка эффективности противорадовой защиты хлопчатника.— Обнинск: НИИГМИ—МЦД, 1984.— 7 с.
35. Канаш М. С. Изменение технологических качеств хлопка-волокна в процессе роста и развития коробочек хлопчатника.— Известия АН УзССР, 1950, № 4, с. 3—13.
36. Караульщикова Н. Н. Методика оценки сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий произрастания хлопчатника. М.: Гидрометеоздат, 1962, с. 28—44.
37. Каримов Х. Х., Асраров К. А., Чернер Р. И. Эффективность утилизации света в посевах при круглогодичном использовании орошаемых земель.— В кн.: Световой режим и использование солнечной радиации растениями и растительными сообществами Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1978, с. 101—126.
38. Карнаухова В. В., Абдуллаев А. К., Муминов Ф. А. Агрометеорологическая оценка условий формирования коробочек хлопчатника.— Труды САНИГМИ, 1971, вып. 55 (70), с. 109—118.
39. Карнаухова В. В. Агрометеорологические условия и продуктивность хлопчатника.— М.: Гидрометеоздат, 1973.— 88 с.
40. Карнаухова В. В., Муминов Ф. А. Рекомендации по выбору оптимальных сроков сева хлопчатника в связи с действием поздних весенних заморозков.— Ташкент: УГМС УзССР, 1977.— 26 с.

41. Карнаухова В. В. Об учете суточного хода температуры воздуха при агрометеорологических расчетах.—Труды САРНИГМИ, 1979, вып. 67 (148), с. 11—15.
42. Кашкаров А. К., Файзиев Г. З. Гребневая культура хлопчатника.—Сельское хозяйство Узбекистана, 1972, № 2, с. 17—19.
43. Кибардин Р. Е., Юрепина А./Н. О способе составления прогнозов сроков начала цветения и раскрытия коробочек хлопчатника в условиях Азербайджанской ССР.—В кн.: Методическое пособие по оценке агрометеорологических условий произрастания хлопчатника. М.: Гидрометеиздат, 1962, с. 50—52.
44. Курвантьев Р., Икрамов Ж. Посев хлопчатника по грядкам и гребням в пустынной зоне Узбекистана.—Хлопководство, 1985, № 10, с. 15—16.
45. Лысенко Т. Д. Влияние термического фактора на продолжительность фаз развития растений.—М.: Сельхозгиз, 1949.
46. Махмудов К. Градобития и урожай хлопчатника.—Труды САРНИГМИ, 1980, вып. 90 (171), с. 32—47.
47. Махмудов К. Определение ущерба от градобитий хлопчатника на разных стадиях его развития.—Метеорология и гидрология, 1981, № 3, с. 97—102.
48. Махмудов К. О влиянии градобитий на развитие и урожай тонковолокнистых сортов хлопчатника.—Труды САННИИ Госкомгидромета СССР, 1983, вып. 97 (178), с. 68—72.
49. Мельник Ю. С. Климат и произрастание подсолнечника.—Л.: Гидрометеиздат, 1972.—143 с.
50. Методическое пособие по оценке агрометеорологических условий произрастания хлопчатника.—М.: Гидрометеиздат, 1962.—52 с.
51. Методические указания по составлению агрометеорологического прогноза фаз развития и темпов раскрытия коробочек хлопчатника районированных сортов.—Ташкент: УГКС УзССР, 1980.—27 с.
52. Методические указания по составлению прогнозов урожайности и валового сбора хлопка-сырца по областям и республикам Средней Азии.—Ташкент: УГКС УзССР, 1986.—28 с.
53. Мирошниченко И. Г. Зависимость между суммами температур воздуха и темпами развития хлопчатника.—Ташкент, 1928.
54. Муминов Ф. А. Тепловой баланс и формирование урожая хлопчатника.—Л.: Гидрометеиздат, 1970.—247 с.
55. Муминов Ф. А. Хлопчатник и погода.—Л.: Гидрометеиздат, 1983.—40 с.
56. Муминов Ф. А. Использование материалов водно- и теплобалансовых наблюдений для оценки агрометеорологических условий формирования урожая сельскохозяйственных культур.—В кн.: Сборник материалов Вторых международных учебных курсов. Л.: Гидрометеиздат, 1988, с. 122—138.
57. Муминов Ф. А., Абдуллаев А. К. Агрометеорологическая оценка влагообеспеченности посевов хлопчатника.—Л.: Гидрометеиздат, 1974.—85 с.
58. Муминов Ф. А., Абдуллаев А. К. Корреляционные зависимости между среднеобластной урожайностью хлопчатника и производственно-метеорологическими факторами.—Труды САРНИГМИ, 1978, вып. 56 (137), с. 13—22.
59. Муминов Ф. А., Абдуллаев А. К., Осипова Н. И. Агрометеорологическая оценка условий формирования урожая районированных сортов хлопчатника на отдельных полях.—Труды САРНИГМИ, 1978, вып. 56 (137), с. 3—12.
60. Муминов Ф. А., Абдуллаев А. К., Одышева А. И. Методика долгосрочного агрометеорологического прогнозирования среднего областного урожая хлопка-сырца в Киргизской ССР.—Труды САННИИ Госкомгидромета СССР, 1981, вып. 83 (164), с. 32—37.
61. Муминов Ф. А., Карнаухова В. В., Абдуллаев А. К. Методические указания по составлению долгосрочных агрометеорологических прогнозов средней областной (районной) урожайности хлопка-сырца в Узбекистане и Таджикистане.—Ташкент: ФОЛ УГМС УзССР, 1975.—36 с.

62. Муминов Ф. А., Карнаухова В. В. Рекомендации по учету агро-климатических условий при выборе оптимальных сроков сева хлопчатника.—Ташкент: УГКС УзССР, 1980.—21 с.
63. Муминов Ф. А., Коновалова Н. С. Использование ФАР посевами хлопчатника и его продуктивность в Узбекистане.—Труды САНИИ Госкомгидромета СССР, 1983, вып. 88 (169), с. 109—113.
64. Муминов Ф. А., Осипова Н. И., Юрепина А. Н. Метод агрометеорологического прогноза урожая хлопчатника в Азербайджанской СССР.—Труды САНИГМИ, 1988, вып. 130 (211), с. 80—86.
65. Муминов Ф. А., Ковалерчук Б. Рекомендации по выбору рациональных сроков сева хлопчатника для областей Узбекистана.—Ташкент: Узгипрозем, 1986.—34 с.
66. Муминов Ф. А. Ковалерчук Б. Оперативный метод определения оптимальных сроков сева.—Хлопководство, 1987, № 4, с. 21—23.
67. Муминов Ф. А., Осипова Н. И. Методика агроклиматической оценки условий формирования и созревания урожая хлопка-сырца.—Ташкент: УГКС УзССР, 1982.—37 с.
68. Муминов Ф. А., Турсунов А. С. Использование материалов водно-и теплобалансовых наблюдений при разработке методов оценки агрометеорологических условий формирования элементов продуктивности хлопчатника.—В кн.: Воднобалансовые исследования на сельскохозяйственных полях. Л.: Гидрометеониздат, 1978, с. 90—93.
69. Мухамеджанов М. В., Закиров А. З. Температура и развитие хлопчатника.—М.: Колос, 1968.—120 с.
70. Мухамеджанов М. В., Закиров А. З. Агротехника хлопчатника.—Ташкент: Мехнат, 1988.—224 с. (на узб. яз.).
71. Нариянц М. Р., Ачкурин Н. А., Харитонов С. А. Современное состояние хлопководства в СССР и за рубежом (обзор).—Ташкент, 1989.—52 с. (обзор-информ.).
72. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 11. Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах.—Л.: Гидрометеониздат, 1973.—288 с.
73. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности.—В кн.: Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. М.: Наука, 1972, с. 512—527.
74. Опасные гидрометеорологические явления в Средней Азии.—Л.: Гидрометеониздат, 1977, с. 116—153.
75. Осипова Н. И., Карнаухова В. В., Муминов Ф. А. Агрометеорологические показатели скорости развития новых вилтоустойчивых сортов хлопчатника.—Труды САНИГМИ, 1972, вып. 4 (85), с. 29—32.
76. Осипова Н. И. Оценка влияния погоды на темпы развития новых районированных сортов хлопчатника Ташкент-1, Ташкент-2, Ташкент-3.—Труды САНИГМИ, 1976, вып. 28 (109), с. 24—28.
77. Осипова Н. И. К оценке условий периода развития очередных настоящих листьев ташкентских сортов хлопчатника.—Труды САНИГМИ, 1977, вып. 40 (121), с. 39—41.
78. Осипова Н. И., Муминов Ф. А. Зависимость накопления коробочек хлопчатника от агрометеорологических условий и биометрических параметров посевов.—Труды САНИИ Госкомгидромета, 1983, вып. 97 (178), с. 55—59.
79. Орловский Н. С. Агроклиматические условия произрастания хлопчатника в зоне Каракумского канала им. В. И. Ленина.—Ашхабад: Ылым, 1975.—178 с.
80. Орловский Н. С. Погода и тонковолокнистый хлопчатник Туркменистана.—Ашхабад: Ылым, 1981.—164 с.
81. Оценить влияние температурных условий на качественные показатели волокна хлопка-сырца. Отчет о НИР (заключительный) САНИИ им. В. А. Бугаева Госкомгидромета СССР. Вн. план 02 № ГР 01850006380. Инв. № 02860005008. Ташкент, 1985.—80 с.
82. Платанова Л. Н. Оценка агрометеорологических условий периода раскрытия коробочек хлопчатника.—В кн.: Методическое пособие по оценке

- агрометеорологических условий произрастания хлопчатника.— М.: Гидрометеонаиздат, 1962, с. 45—49.
83. Подольский А. С. Новое в фенологическом прогнозировании.— М.: Колос, 1967.— 172 с.
84. Полевой А. Н. Методическое пособие по разработке динамико-статистических методов прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур.— Л.: Гидрометеонаиздат, 1981.— 36 с.
85. Полевой А. Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур.— Л.: Гидрометеонаиздат, 1983.— 175 с.
86. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов.— Л.: Гидрометеонаиздат, 1988.— 319 с.
87. Полевой А. Н., Гончарова Т. А. и др. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза среднеобластной урожайности картофеля на ЕТ СССР.— М.: Гидрометеонаиздат, 1980.— 65 с.
88. Попова Е. А., Самиев Х. С. Водный режим и продуктивность хлопчатника при различном водоснабжении и азотно-фосфорном питании.— Ташкент: Фан, 1970.— 151 с.
89. Попова П. Я. Биология развития и технологические свойства хлопкового волокна.— Ташкент: Фан, 1975.— 178 с.
90. Просвиркина А. Г. Агрометеорологические условия и продуктивность проса.— Л.: Гидрометеонаиздат, 1987.— 159 с.
91. Просвиркина А. Г. Проект методических указаний по составлению прогноза урожайности и валового сбора проса в основных районах его возделывания.— Обнинск, 1984.— 56 с.
92. Разработать новые и усовершенствовать существующие методы прогнозов урожайности и валового сбора хлопка-сырца по областям и республикам (Средняя Азия). 1.04.02 ГКНТО. 74.09.05.НЗ. № ГР 81048735. Инв. № 840024069. Ташкент, 19883.— 85 с.
93. Разработать новые и усовершенствовать существующие методы прогноза урожайности и валового сбора хлопка-сырца по областям и республикам (Азербайджанская ССР, Казахская ССР). 1.04.18 ЦКП 09.1.2.3. № ГР 01840031319. Инв. № 02860016891. Ташкент, 1985.— 64 с.
94. Разработать численную схему динамики развития растений по модели системы «почва—растение—атмосфера» для районов орошаемого земледелия. III.23а. 26 ЦКП 09.1.3.4. № ГР 01840031324. Инв. № 02860026458. Ташкент, 1985.— Книга 1.— 61 с. Книга 2.— 96 с.
95. Раунер Ю. Л. Климат и урожайность зерновых культур.— М.: Наука, 1981.— 163 с.
96. Рахманова Ф. Ф. Агроклиматическая оценка термических ресурсов вегетационного периода с учетом условий созревания коробочек хлопчатника в Узбекистане.— Труды САНИГМИ, 1988, вып. 130 (211), с. 90—96.
97. Рачкулик В. И., Ситникова М. В. Методические указания по определению параметров растительного покрова методом отношения коэффициентов яркости в двух участках спектра (по наземным, самолетным и вертолетным измерениям).— Ташкент: ФОЛ УГМС УзССР, 1974.— 39 с.
98. Романов Н. Н. Пыльные бури в Средней Азии.— Труды ТашГУ, 1960, вып. 174.— 198 с.
99. Росс Ю. К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова.— Л.: Гидрометеонаиздат, 1975, с. 160—164.
100. Руководство по агрометеорологическим прогнозам.— Т. 1.— Л.: Гидрометеонаиздат, 1984.— 309 с.
101. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. Т. 2.— Л.: Гидрометеонаиздат, 1984.— 264 с.
102. Рыжов С. Н., Кондратьев В. П., Погосов Ю. А. Возделывание хлопчатника по грядкам и гребням.— Ташкент: Фан, 1984.— 72 с. (на узб. яз.).
103. Сабинина И. Г. Оценка сложившихся агрометеорологических условий в период от посева до всходов хлопчатника в Узбекской ССР.— В кн.: Методическое пособие по оценке агрометеорологических условий произрастания хлопчатника. М.: Гидрометеонаиздат, 1962, с. 21—27.

104. Сабинаина И. Г. К вопросу оценки влагообеспеченности хлопчатника в вегетационный период в условиях орошаемого земледелия в Узбекистане.— Труды САНИГМИ, 1965, вып. 24 (39), с. 21—25.
105. Сабинаина И. Г., Котышева М. М. Нижний предел влажности почвы для появления всходов хлопчатника.— Сельское хозяйство Узбекистана, 1960, № 2, с. 27—30.
106. Садыков А. С. Хлопчатник — чудо-растение.— М.: Наука, 1985.— 146 с.
107. Саттаров Д. Сорт, почва, удобрение и урожай.— Ташкент: Мехнат, 1988.— 192 с.
108. Сиротенко О. Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем.— Л.: Гидрометеоздат, 1981.— 167 с.
109. Скворцов А. А. Орошение сельскохозяйственных полей и микроклимат.— Л.: Гидрометеоздат, 1964, с. 87—107.
110. Срур Аль Хазим. Агрометеорологические условия формирования продуктивности хлопчатника в Сирии.— Одесса, 1987.— 20 с.
111. Строганова М. А. Математическое моделирование формирования качества урожая.— Л.: Гидрометеоздат, 1986.— 151 с.
112. Тарко А. М., Садуллаев Р. И. Математическая модель роста и развития хлопчатника с учетом азотного питания.— М.: ВЦ АН СССР, 1984.— 41 с.
113. Тер-Аванесян Д. В. Хлопчатник.— Л.: Колос, 1973, с. 359—433.
114. Томас Р. О., Уильямсон Е. Б. Влияние сроков дефолиации на механизированный сбор урожая.— В кн.: Хлопководство за рубежом. Вып. 1. Ташкент: Узбекистан, 1965, с. 65—69.
115. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая.— Л.: Гидрометеоздат, 1977.— 200 с.
116. Торопова А. Г. Тепловой баланс и метеорологический режим свекловичного поля в условиях Чуйской долины.— Ташкент, 1962.— 21 с.
117. Турапов И. Т., Аvezов Р. Р., Касимов Б. Х. Тепловой и радиационный режим гребневой и ровной почвы.— Ташкент: Фан, 1987.— 80 с.
118. Уланова Е. С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы.— Л.: Гидрометеоздат, 1975.— 302 с.
119. Хлопчатник. Т. 3.— Ташкент: АН УзССР, 1960, с. 364—390.
120. Ходжиметов Х. Повреждения хлопчатника от сильных ветров в Ферганской долине.— Труды САНИГМИ, 1976, вып. 28 (109), с. 46—51.
121. Чирков Ю. И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы.— Л.: Гидрометеоздат, 1969.— 252 с.
122. Шамсиев А. Радиационный режим и использование энергии солнечной радиации в некоторых районах Таджикистана.— В кн.: Световой режим и использование солнечной радиации растениями и растительными сообществами Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1973, с. 3—12.
123. Эйдельмант М. И. Методика объективного прогноза урожая.— Ташкент: Госиздат УзССР, 1948.— 184 с.
124. Энциклопедия хлопководства. Т. 2.— Ташкент, 1985, с. 424—436.
125. Юлдашев С. Х. Полегаемость хлопчатника и пути ее снижения.— Ташкент: Фан, 1966.— 230 с.
126. Яковлев Н. Н. Климат и зимостойкость озимой пшеницы.— Л.: Гидрометеоздат, 1966.— 419 с.
127. Яковлев Э. Ф. Влияние плотности почвы на развитие хлопчатника.— Хлопководство, 1972, № 1, с. 37.
128. Bowman F. H. The structure of the cotton fibre.— Manchester, 1982, p. 5—15.
129. Constable G. A. Temperature effects on the early field development of cotton.— Aust. J. Exp. Agricult. Anim. Husb., 1976, v. 16, N 83, p. 905—910.
130. Cotton world statistics.— 1987, vol. 41, N 1, p. 25—47.
131. Duncan W. G. SIMCOT. A simulator of cotton growth and yield.— Proc. Workshop on Tree Growth Dynamics and Modelling, Duke University, 1971, p. 115—118.
132. Fye R. E., Reddy W. R., Baker D. N. The validation of GOSSYM: Part 1 — Arizona conditions.— Agr. Syst., 1984, vol. 14, N 2, p. 85—105.

133. Heaketh J., Low A. Effect of temperature on components of yield and fibre quality of cotton varieties of diverse origin.—Cotton Growing Rev., 1968, vol. 45, N 4, p. 243—257.
134. Helwig Z. Schemet budowy prognozu statyczny metody wag harmoniczných.—Przegląd Statystyczny, 1967, vol. 14, N 2, p. 133—153.
135. King C. C. and etc. The effect of light intensity on bud and bolls hedding of cotton plant.—Acta Bot. Sin., 1956, vol. 5, N 2, p. 75—86.
136. Kohel R. J., Benedict C. R. Year effects on partioning of dry matter into cotton ball components.—Crop Sci. Soc. America, 1984, vol. 24, N 2, p. 268—270.
137. Muminov F. A. The use of observations of heat and water balance for the estimations of agrometeorological conditions of crop production.—In: Agrometeorology. Proceedings of the Second International Training Course. USSR, Alma-Ata, 6—30 October 1986.—Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988, p. 170—190.
138. Nezrabshah Dahzad. Agrometeorology of cotton crop in Afghanistan.—Kabul 1985.—80 c.—(Meteorological Authority Department of Agricultural Meterology. Scientific Paper No. 9).
139. Ramamohana Rao, Bhardwaj R. B. L. Soil crusts in relation to seedlings emergence.—Sci. Cult., August 1976, vol. 42, N 8, p. 404—409.
140. Stapleton H. N. Cotton: A computer simulator of cotton growth. The University of Arizona.—1973, Technical Bulletin 206.—47 p.
141. Young E. F., Taylor R. M., Petersen H. D. Day-degree units and time in relation to vegetative development and fruiting for three cultivars of cotton.—Crop. Sci., 1980, 20, N 3, p. 370—374.
142. Хершкович Е. Влияние на метеорологичните условия върху развитието на добивите и разпукването на памука.—Хидрология и метеорология, 1968, кн. 6.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Агроклиматическая характеристика 42, 46, 47, 49, 56
Агрометеорологические показатели 26, 27, 29, 30, 37, 57, 64, 74, 75, 137
— условия 24, 28, 30, 37, 81, 84, 88, 129, 136, 137
— факторы 3, 24, 25, 40, 53, 144

Азот 155

Ареал 5

Археологические находки 5

— раскопки 5

Влажность воздуха 16, 113, 131

— параметры 144

Бутоны 24, 77—84

Влажность воздуха 16, 113, 131

— почвы 24, 25, 27, 29, 30, 40, 50, 69, 134

— хлопка-сырца 128—136

Влагообеспеченность 31, 50, 61, 67, 73, 75, 92, 124, 125, 145

Высота главного стебля 66, 67, 92, 144

Выход волокна 98, 99

Гармонические веса 167

Гидротермический режим 36

Грунтовые воды 86, 87

Густота стояния растений 94—97, 144, 152, 162, 173

Град 60, 75

Дефицит насыщения 78, 113, 114, 115, 116, 132, 135, 136

Дефолиация 2, 117, 119, 134, 180

Деятельная поверхность 13

Динамика накопления бутонов 83

— — коробочек 86, 88, 95, 97

— — листовой поверхности 110

Длина волокна 99, 101, 103, 104, 105, 106

Заморозки 20, 21, 40—51, 123

Запасы влаги в почве 22, 27, 39, 53, 62

Засуха 22, 75

Зрелость волокна 102, 103

Затраты тепла на испарение 82, 86, 139

Индекс волокна 98, 101, 102, 103
Испарение 14, 16, 31, 32, 67, 114
Испаряемость 16

Качественные показатели хлопкового волокна 98, 101, 180
Климат 12
Коэффициент корреляции 54, 65, 68, 71, 86, 87, 101, 145
Крепость волокна 98, 102, 103

Логистическая функция 79, 93, 104

Математические модели производственного процесса 137, 138
Методы прогноза урожайности 144, 161
Метрический номер волокна 101—103
Микроклиматические показатели 78, 131, 132

Наименьшая влагоемкость 61, 63
Неблагоприятные условия 45
Нормы внесения азота 153
— — калия 153
— — фосфора 153

Опадение листьев 118
Осадки 16, 17, 32, 33, 133, 174
Оценка агрометеорологических условий 29, 53, 176
Ошибка прогноза 171

Площадь листьев 79, 106—111, 146, 156
Площадь посева 84, 165, 168, 173, 178
Почвенная корка 22, 29, 33, 34, 35, 53
Прогнозы агрометеорологические 24, 161
Продолжительность межфазного периода 24
Продуктивность посева 88, 90, 147, 162, 164—166, 169, 177

Радиационный баланс хлопчатника 81, 140
Расходы влаги 87, 113, 145, 179
Ресурсы тепла 18, 20, 156

Сильные ветры 58—60, 112
Скорость развития 24, 26, 30, 36, 37, 57, 61, 63, 66, 69, 73, 74, 75
Сроки сева 36, 40—47, 49—52, 173
Степень изреженности посева 34
Сумма температур дневных 101, 103, 104
— — положительных 18, 118, 125, 150, 153
— — эффективных 18, 20, 26, 27, 31, 32, 39; 52, 54—57, 63—66, 69, 70—74

83—88, 90—98, 146—147, 153, 171—179
Суммарная радиация 13, 78, 80—82, 85, 156

Температура воздуха 14, 15, 24, 26, 30
— максимальная 14, 15, 32, 38, 39
— минимальная 14, 15
— средняя декадная 40, 98
— средняя суточная 16, 18, 25, 26, 28, 31, 32, 40, 46—48, 50, 56, 57, 69, 72
Тенденция урожайности 167, 171, 172, 179
Технологические свойства волокна 98
Турбулентный теплообмен 67, 81, 85, 139—141

Урожай хлопка-сырца 12, 20, 74, 99, 112, 120, 122—128, 138—142, 144—146
— — — доморозный 112, 123—127
— — — общий 123—127
— — — хозяйственный 123, 139—142

Фаза развития 24, 106
— бутонизации 24, 55, 60, 78
— всходов 24, 25, 32, 39, 41, 45, 52, 60
— раскрытия первых коробочек 24, 60, 63, 67, 116, 120, 121
— созревания первых коробочек 24, 60, 67, 74
— цветения 24, 60, 66, 81, 92, 96, 100, 144, 147, 148, 150, 162, 169
Фосфор 155
Фотосинтетически активная радиация 14, 156, 159

Хлопковое волокно 6, 8, 11, 99

Число рабочих дней 46
— симподиальных ветвей 144

Экспериментальные исследования 58, 70, 77, 91, 100, 106, 107, 143

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Список основных обозначений	4
Глава 1. Ареал возделывания хлопчатника и климат хлопководческих районов СССР	5
1.1. Ареал возделывания хлопчатника	9
1.2. Производство хлопка-сырца в СССР	12
1.3. Климат хлопководческих районов	24
Глава 2. Агрометеорологические условия развития хлопчатника	25
2.1. Прорастание семян и появление всходов	40
2.2. Выбор оптимальных сроков сева хлопчатника	53
2.3. Период появления первых десяти настоящих листьев	60
2.4. Репродуктивный период	77
Глава 3. Влияние гидрометеорологических факторов на формирование элементов продуктивности хлопчатника	78
3.1. Формирование бутонов	84
3.2. Формирование коробочек	98
3.3. Качественные показатели хлопка-сырца в период формирования коробочек	106
3.4. Формирование листовой поверхности	112
Глава 4. Агрометеорологические условия осеннего периода и созревание урожая хлопчатника	122
4.1. Темпы раскрытия и созревания коробочек	128
4.2. Темпы накопления заморозного урожая	137
4.3. Зависимость влажности хлопка-сырца от агрометеорологических условий периода уборки урожая	143
Глава 5. Оценка влияния агрометеорологических условий на урожайность хлопчатника	149
5.1. Радиационные и тепловые характеристики хлопкового поля	156
5.2. Количественная оценка агрометеорологических условий формирования урожая хлопчатника на отдельных полях	161
5.3. Корреляционные зависимости между средней областной урожайностью хлопчатника и производственно-агрометеорологическими факторами	162
5.4. Фотосинтетически активная радиация и потенциальный урожай	171
Глава 6. Методы прогноза урожайности и валового сбора хлопка-сырца	180
6.1. Метод агрометеорологического прогноза урожайности хлопчатника с использованием динамики накопления коробочек	181
6.2. Метод расчета средней областной урожайности хлопчатника на основе прогнозирования ее тенденции	188
Закключение	
Список литературы	
Предметный указатель	

Монография

Муминов Фатих Абдумаликович
ПОГОДА, КЛИМАТ И ХЛОПЧАТНИК

Редактор З. Н. Пильникова
Художник А. В. Васильев
Художественный редактор Е. Н. Чукаева
Технический редактор Н. И. Перлович
Корректор И. Б. Михайлова

ИБ № 1875

Сдано в набор 11.10.90. Подписано в печать 15.03.91. Формат 60×90¹/₁₆. Бум. книжная. Гарнитура литературная. Печать высокая. Печ. л. 12. Кр.-отт. 12. Уч.-изд. л. 13,50. Тираж 1400 экз. Индекс ПРЛ-128. Заказ № 259. Цена 2 руб. 40 коп.

Гидрометеонздат. 199226, Ленинград, ул. Беринга, д. 38.

Ленинградская типография № 8 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Государственного комитета СССР по печати. 190000, Ленинград, Прачечный переулок, 6.