

Государственный комитет СССР по гидрометеорологии
Северо-Кавказское территориальное управление по гидрометеорологии

И. В. Свисюк

**АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОГНОЗЫ,
РАСЧЕТЫ,
ОБОСНОВАНИЯ**

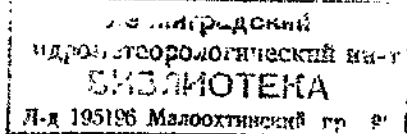


ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1991

В монографии рассматриваются вопросы использования агроклиматических данных, агрометеорологических прогнозов, расчетов и обоснований в технологическом процессе выращивания сельскохозяйственной продукции.

Излагаются методы агрометеорологической оценки условий произрастания основных сельскохозяйственных культур и составления агрометеорологических прогнозов наступления отдельных фаз развития сельскохозяйственных культур, лучших сроков проведения важнейших полевых работ, перезимовки культур, накопления запасов влаги в почве и влагообеспеченности основных сельскохозяйственных культур, их урожайности и ряд других методов прогнозов и обоснований.

Рассчитана на специалистов сельского хозяйства, агрометеорологов, студентов сельскохозяйственных и гидрометеорологических вузов.



С 3702030000-044 7-91(1)
069(02)-91

ISBN 5-286-00773-2

© Северо-Кавказское территориальное управление по гидрометеорологии, 1991 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из важнейших задач народного хозяйства СССР является обеспечение нашей страны растениеводческой продукцией.

Путь выполнения этой задачи лежит через интенсификацию производства растениеводческой продукции, значительное увеличение ее урожайности и валового сбора.

Все это можно осуществить через организацию технологических процессов, направленных на всестороннее использование материалов научных разработок институтов и опытных аграрных учреждений. Необходимо изучать природные и климатические ресурсы районов и агрометеорологические условия, складывающиеся в этих районах в отдельные годы или части вегетационных периодов. Особого внимания заслуживают научные разработки методов оценок агрометеорологических условий выращивания сельскохозяйственных культур в конкретном году, засушливости территории как в целом за вегетационный период, так и в отдельные его месяцы.

В настоящей монографии мы попытались дать агрометеорологические рекомендации специалистам, занимающимся растениеводством, по использованию агрометеорологических и агроклиматических материалов.

В публикуемой работе приведены методы прогноза наступления некоторых фаз развития сельскохозяйственных культур. Этот прогноз может использоваться как ориентир для развертывания или завершения отдельных агротехнических приемов в технологии выращивания культур и установления оптимальных сроков проведения полевых работ. Здесь же потребитель найдет методы составления прогнозов запасов влаги в почве и влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, перезимовки озимых.

Большое внимание уделено в работе составлению агрометеорологических прогнозов областной, зональной и районной урожайности зерновых, крупяных, технических, овощных и бахчевых культур, методам оценки условий, в которых они выращиваются.

В любом из разделов монографии работники сельского хозяйства найдут много приемлемых для себя агрометеорологических решений по

улучшению технологии производства растениеводческой продукции.

Представленные в книге рекомендации направлены на более эффективное использование поступающих потребителю первичных данных о температурном режиме, осадках, запасах продуктивной влаги в почве и других элементах.

Необходимо отметить, что уравнения, приведенные в монографии, в силу происходящих изменений в технологии выращивания сельскохозяйственных культур, изменения их сортового состава будут требовать периодического уточнения коэффициентов отдельных параметров на основе современных материалов.

Автор признателен коллективу отдела агрометеорологии гидрометцентра СевКавгидромета Л. В. Федотовой, Л. М. Клопышко, Л. М. Клунниковой, В. Н. Полуниной, О. В. Галкиной, В. М. Власенко, О. П. Сорока, В. Г. Чекмардиной за помощь в сборе и подготовке материалов, вошедших в монографию.

1. ОЦЕНКА АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

1.1. Использование ГТК для оценки условий формирования урожая сельскохозяйственных культур

Как показывают исследования многих авторов [1-3, 7, 26, 28, 31, 39, 41, 58, 73, 84, 104, 111, 129, 135, 161, 162 и мн. др.], важнейшими факторами формирования урожайности сельскохозяйственных культур является их тепло- и влагообеспеченность на протяжении всего периода вегетации. Причем в одних районах предпочтение необходимо отдавать теплообеспеченности, а в других влагообеспеченности или в равной степени тому и другому факторам. Эти факторы для разных культур на разных этапах развития имеют неодинаковое значение. Учет тепло- и влагообеспеченности на этих этапах одновременно с учетом культуры земледелия и сортовых особенностей культур позволяет достаточно объективно оценить влияние агрометеорологических условий на формирование урожая. Причем если влияние тепло- и влагообеспеченности изучено довольно хорошо, то влияние комплексных показателей изучено недостаточно, поэтому комплексные показатели гораздо реже используются для оценки условий формирования урожая сельскохозяйственных культур.

В частности, гидротермический коэффициент (ГТК) используется нами в некоторых методиках прогнозирования урожайности яровых зерновых культур, проса и некоторых других культур. Е. С. Уланова [165] использует комплексные прогностические показатели увлажнения биомассы озимой пшеницы, имеющие тесную связь с урожайностью (корреляционные отношения этих связей 0,74-0,84). С ГТК, как указывает Е. С. Уланова, эта связь заметно слабее. Так, за май их корреляционные отношения составляют 0,55-0,81. Чаще всего комплексные показатели применяют для оценки условий произрастания сельскохозяйственных культур [10, 56, 118 и др.] или оценки засух [96, 117, 165]. На наш взгляд, наиболее удобным, простым и достаточно надежным комплексным показателем для такой оценки в районах Северного Кавказа и южной части Нижнего Поволжья является ГТК. Гидротермический коэффициент дает представление о засушливости вегетационного периода или отдельных его отрезков.

Если использовать ГТК для отражения засушливости (для очень сильных засух $ГТК \leq 0,3$, для сильных засух $ГТК = 0,31 \dots 0,6$, для средних $ГТК = 0,61 \dots 0,8$, для слабых $ГТК = 0,8 \dots 0,99$), то можно представить насколько засушливый тот или иной район Северного Кавказа и южной части Нижнего Поволжья.

Для оценки всего вегетационного периода в данном регионе мы рассчитали ГТК для этого периода и по его значениям построили карту (рис. 1).

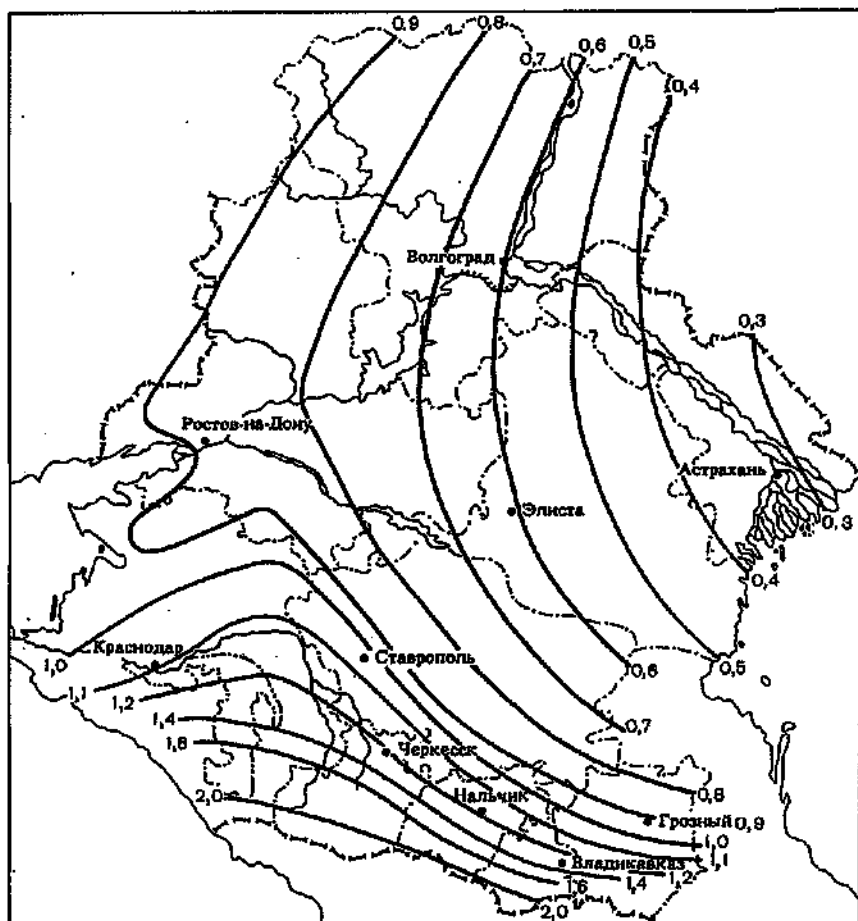


Рис. 1. Гидротермический коэффициент за вегетационный период (апрель—сентябрь, для Краснодарского края апрель—октябрь) на территории Северного Кавказа и низа Нижнего Поволжья в среднем за 1964—1988 гг.

По значениям ГТК в первом приближении к районам сильных и очень сильных засух можно отнести восточные и южные районы Волгоградской области, Астраханскую область и большинство районов Калмыцкой АССР; к районам средних засух — большую часть северо-западных районов Волгоградской области, восточные районы Ростовской области и Ставропольского края. Вся остальная территория рассматриваемого региона представляет собой районы слабых засух. И только часть Краснодарского

края, районы Ставропольской возвышенности, предгорные и горные районы Северо-Кавказских автономных республик являются районами достаточного увлажнения.

Однако такая оценка территории по ГТК не полностью отражает разные отрезки вегетационного периода. В отдельных районах в весенне-летний период (апрель–июль), когда идет формирование урожая зерновых культур, ГТК могут превышать 1,5–2,0 и даже 3,0, что приводит к переувлажнению и снижению урожайности зерновых культур. В Краснодарском крае в таких случаях урожайность часто снижается из-за стекания зерна. Здесь же в июле–августе нередко влажная и дождливая погода сменяется на засушливую, с низкими значениями ГТК. В среднем в этих районах за весь вегетационный период ГТК несколько превышает 1, что, казалось бы, должно указывать на благоприятное сочетание влаги и теплообеспеченности, на самом же деле часть периода является переувлажненной, а часть подвержена засухе. Поэтому, используя ГТК для оценки условий произрастания сельскохозяйственных культур, мы попытались определить районы возникновения засух, площадь их распространения и повторяемость в отдельные периоды вегетационного сезона. В частности, были рассмотрены три отрезка вегетационного периода: 1) апрель–июнь – основной период формирования урожайности озимых и яровых хлебов, 2) июль–август – основной период формирования урожайности пропашных культур, 3) сентябрь (для Краснодарского края сентябрь–октябрь) – период посева и формирования всходов озимых.

Для оценки условий каждого из этих периодов мы, используя ГТК, рассчитывали площади сельскохозяйственных культур, охваченные засухой, в том числе сильной и очень сильной. Для этого на карту района наносились данные о ГТК по каждому периоду по всем станциям. На карте выделялись площади, подверженные засухам, в том числе сильным и очень сильным, за каждый год периода 1946–1988 гг. На основе полученных результатов подготовлены табл. 1–4, позволяющие более полно характеризовать условия засушливости того или иного района.

При рассмотрении первого отрезка вегетационного периода (апрель–июнь), мы получили данные, которые приведены в табл. 1 и на рис. 2. Они позволяют сделать вывод, что изменение суммарной площади распространения сильных и очень сильных засух в большинстве лет хорошо отражает ход изменения валового сбора зерновых культур. Например, если проанализировать эту зависимость на материалах Ростовской области, то нетрудно увидеть, что низкие валовые сборы зерна, отмеченные в 1959, 1969, 1972, 1975, 1979 гг., соответствовали распространению в эти же годы в апреле–июне на больших площадях сильных и очень сильных засух. В годы, когда таких засух не наблюдалось или они распространялись на небольшую территорию, валовые сборы оказывались наиболее высокими (1964, 1966, 1970, 1973, 1974, 1976, 1978, 1988 гг.). Однако не всегда соблюдается такая зависимость. Например, в 1962 г., когда силь-

Таблица 1

Процент площадей под зерновыми колосовыми, охваченных засухой (1),
в том числе сильной и очень сильной (2), на Северном Кавказе
и в южной части Нижнего Поволжья в 1946—1988 гг.

Год	Вся территория Северного Кавказа и юг Нижнего Поволжья		Край				Область					
			Краснодарский		Ставропольский		Ростовская		Волгоградская		Астраханская	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1946	95	60	70	0	90	50	100	90	100	100	100	100
1947	95	50	80	50	90	70	100	40	80	50	100	100
1948	90	60	70	10	80	30	100	60	100	70	100	100
1949	75	55	20	0	80	20	90	30	90	70	100	100
1950	90	70	70	20	80	60	100	70	100	50	100	100
1951	70	60	50	0	40	10	95	60	100	70	100	100
1952	50	20	0	0	0	0	90	0	80	10	100	90
1953	75	30	10	0	40	0	90	0	100	20	100	100
1954	70	30	20	0	70	30	70	0	90	40	100	100
1955	70	25	70	0	80	20	60	5	50	10	100	100
1956	65	35	0	0	30	0	40	0	90	70	100	100
1957	95	85	90	80	90	80	100	100	100	100	100	100
1958	40	10	10	0	20	0	5	0	40	10	100	80
1959	90	80	50	0	90	50	100	90	100	100	100	100
1960	70	20	10	0	80	10	70	10	95	40	80	60
1961	30	10	0	0	0	0	10	0	60	0	100	60
1962	90	50	70	20	70	40	100	50	75	40	100	100
1963	70	30	30	0	30	20	80	0	80	30	100	100
1964	40	20	5	0	20	0	5	0	50	20	100	100
1965	50	30	0	0	30	0	5	0	70	30	100	100
1966	70	20	0	0	20	0	50	0	75	30	100	100
1967	75	50	5	0	20	0	100	30	100	100	100	100
1968	80	60	70	30	80	50	95	80	100	90	100	100
1969	80	40	90	0	90	0	90	10	100	100	100	100
1970	75	40	20	0	60	20	60	20	100	50	100	100
1971	90	50	80	10	90	10	100	80	100	70	100	100
1972	95	60	60	0	80	20	90	40	100	100	100	100
1973	40	10	0	0	20	0	0	0	50	20	100	40
1974	40	20	5	0	50	0	10	0	30	0	100	60
1975	95	80	70	5	80	40	100	90	100	100	100	100
1976	80	30	70	0	80	50	70	20	50	0	100	70
1977	40	25	0	0	20	0	5	0	60	20	100	100
1978	25	5	0	0	5	0	5	0	60	20	80	20
1979	95	70	80	30	90	70	90	60	80	50	100	100
1980	25	10	0	0	90	0	0	0	20	5	100	70
1981	60	40	0	0	70	40	30	0	50	20	100	50
1982	40	20	0	0	70	10	20	5	10	0	100	70
1983	80	30	60	5	50	30	90	30	30	0	100	60
1984	60	40	5	0	10	0	60	30	100	40	100	100
1985	30	10	5	0	30	0	40	0	30	0	100	70
1986	70	50	10	0	50	20	100	80	50	20	100	100

Год	Вся территория Северного Кавказа и юг Нижнего Поволжья		Край				Область					
			Краснодарский		Ставропольский		Ростовская		Волгоградская		Астраханская	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1987	20	10	0	0	0	0	0	0	10	0	90	50
1988	30	10	0	0	20	0	10	0	10	0	100	50

Средний процент площадей, охваченных засухой

64 37 32 5 53 20 61 27 71 41 99 86

ной и очень сильной засухой было охвачено 40 % всей площади области, валовой сбор зерновых составил более 6 млн т. Сказались благоприятные условия перезимовки озимых (пересевали всего 20 тыс. га) и наличие

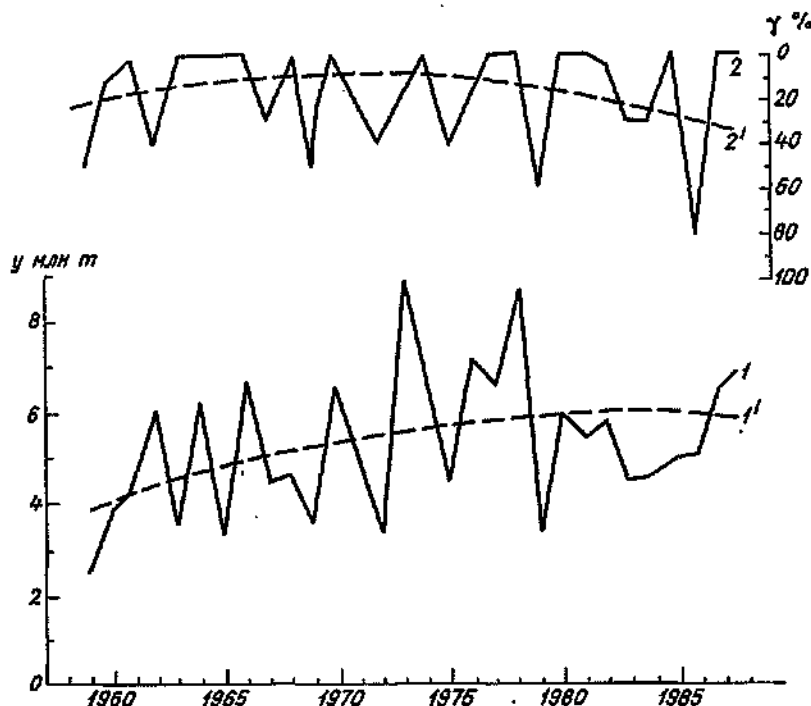


Рис. 2. Изменение валового сбора зерновых $y(1)$ на фоне площади распространения сильной и очень сильной засухи $y(2)$ в Ростовской области за период 1959—1988 гг.

$1'$ — тренд изменения валового сбора; $2'$ — тренд площади охвата.

больших запасов влаги в почве весной (в метровом слое почвы запасы колебались в пределах наименьшей влагоемкости). В 1963 и 1965 гг., несмотря на отсутствие в апреле-июле сильных и очень сильных засух, валовой сбор зерновых был невысоким из-за пересева больших площадей озимых и малых весенних запасов влаги в почве. В 1986 г., несмотря на большую площадь (80 %), охваченную сильными и очень сильными засухами, валовой сбор зерна в области, хотя и оказался сниженным, но не был таким катастрофически низким, как в 1972 и 1979 гг. Сказались хорошие запасы влаги на начало весны и распространение более сильной засухи на менее урожайные районы области.

Таким образом, можно сделать вывод, что валовой сбор зерна зависит не только от площади, охваченной засухой, но и от других агрометеорологических и (как будет показано ниже) агротехнических показателей. Поэтому использование только одного показателя (процент площади, охваченной сильной и очень сильной засухой, полученный по ГТК) не гарантирует большой точности в оценке формируемого урожая в целом всех зерновых культур. В дальнейших разделах этой главы будет приведен комплекс показателей, более полно отражающих процесс формирования урожая зерновых культур.

Если проследить изменение валового сбора зерновых по тренду и изменение средней скользящей суммарной площади распространения сильных и очень сильных засух (см. рис. 2), нетрудно заметить, что по мере роста культуры земледелия постепенно растут и валовые сборы зерна, хотя процент площадей, которые подвергаются влиянию сильных и очень сильных засух, не только не уменьшился, но даже возрос за период с 1959 по 1988 г. Здесь сказывается постепенное улучшение технологии выращивания зерновых культур, особенно в последние годы, когда на части площадей начали применять интенсивную технологию.

Исследуя на территории Северного Кавказа влияние засухи в июле-августе (второй отрезок вегетационного периода) на формирование урожайности кукурузы, мы пришли к заключению, что июль и август являются более засушливыми месяцами, чем апрель-июнь. Так, площади распространения засух возрастают в июле-августе по сравнению с апрелем-июнем в Ставропольском крае и Ростовской области на 24-26 %, в Краснодарском крае на 36 % (табл. 1, 2).

В ряде случаев, как это было в 1946, 1949, 1957, 1959, 1971, 1972, 1975, 1979, 1986 гг., засуха, наблюдающаяся в апреле-июне, переходит в июльскую и августовскую. Но довольно часто после отсутствия засухи в апреле-июне, она может возникать и распространяться на большую территорию в июле и августе (1965, 1966, 1978, 1980, 1981 гг.).

Надо отметить, что на урожайность пропашных культур наиболее сильное влияние оказывает засуха, которая охватывает большие площади и длится с апреля по август (рис. 3). При значительном распростране-

Таблица 2

Процент площадей под пропашными культурами, охваченных засухой (1),
в том числе сильной и очень сильной (2), на Северном Кавказе в 1946—1988 гг.

Год	Вся территория Северного Кавказа		Краснодарский край		Ставропольский край		Ростовская область	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1946	95	75	90	30	95	50	95	70
1947	80	50	30	0	70	50	95	70
1948	98	90	95	80	95	90	100	90
1949	90	80	70	40	95	50	100	100
1950	98	70	90	60	95	50	100	90
1951	80	60	30	0	80	30	100	60
1952	90	50	80	50	80	60	90	40
1953	85	70	90	50	70	60	100	70
1954	90	75	60	10	95	70	100	80
1955	80	30	50	0	70	10	90	70
1956	95	70	90	20	90	50	100	80
1957	98	80	95	75	95	80	100	90
1958	60	20	80	30	70	30	50	10
1959	98	80	95	50	95	70	100	90
1960	80	20	50	0	90	20	80	20
1961	98	90	95	80	95	70	100	90
1962	98	90	95	90	95	90	95	90
1963	98	90	95	90	95	80	100	95
1964	80	20	50	0	85	20	80	20
1965	90	80	70	50	90	70	100	100
1966	90	70	50	20	90	50	100	95
1967	70	35	95	50	40	0	100	50
1968	80	50	30	0	75	10	95	30
1969	98	90	95	40	98	90	90	20
1970	98	90	95	60	98	60	95	80
1971	98	90	98	40	98	95	100	70
1972	80	60	50	0	98	80	100	70
1973	30	5	20	0	50	0	20	0
1974	90	30	80	0	95	30	100	30
1975	80	40	60	10	85	30	80	50
1976	40	10	20	0	40	10	40	0
1977	30	10	0	0	50	20	30	10
1978	98	40	98	50	90	30	70	30
1979	95	40	95	30	70	10	100	40
1980	95	80	95	50	95	90	90	60
1981	80	50	95	60	30	15	90	60
1982	15	5	10	5	0	0	20	5
1983	70	10	30	0	60	0	90	20
1984	70	20	20	0	60	10	80	20
1985	95	70	98	60	98	30	100	70
1986	98	90	95	90	98	90	100	95
1987	70	25	50	10	40	15	95	60
1988	80	10	70	5	80	20	95	20

Средний
процент
площадей,
охвачен-
ных за-
сухой

80 54 68 32 77 44 87 56

Год	Вся территория Северного Кавказа и юг Нижнего Поволжья		Край				Область			
			Красно- дарский		Ставрополь- ский		Ростовская		Волгоград- ская	
			1	2	1	2	1	2	1	2
1976	50	30	0	0	60	30	30	10	50	20
1977	40	25	40	0	70	30	10	5	50	10
1978	80	60	10	0	80	50	70	50	70	50
1979	80	50	0	0	90	50	100	30	100	50
1980	80	20	0	0	90	0	20	0	10	0
1981	80	60	80	10	100	60	100	90	50	40
1982	80	60	100	20	95	70	100	100	50	40
1983	98	85	100	30	95	75	100	100	100	95
1984	100	90	100	50	100	70	100	100	100	90
1985	30	20	10	0	30	20	0	0	0	0
1986	90	60	60	0	100	90	90	60	80	50
1987	70	50	90	0	100	80	20	10	70	30
1988	60	30	80	0	100	60	20	0	50	20
Средний процент площадей, охвачен- ных за- сухой	81	60	55	15	84	53	80	63	79	62

К сожалению, зачастую посев на богарных полях проводится при неблагоприятных условиях, что оборачивается большими потерями зерна еще с осени.

Для примера возьмем Ростовскую область, где находятся наибольшие площади посева озимых по непаровым богарным полям (60 % площади посева озимых), а условия периода посева озимых наиболее напряженные (табл. 4).

Сравнивая процент площадей, которые ежегодно охватываются в области сильной засухой в сентябре, и процент площадей под озимыми, начинающими зимовку в плохом и невзошедшем состоянии (рис. 4), можно убедиться, что между этими величинами существует довольно тесная связь. Так, в годы, когда в сентябре засухой были охвачены большие площади (1966, 1975, 1982, 1983, 1986), процент плохих и невзошедших озимых к прекращению осенней вегетации возрастал; в годы, когда засуха распространялась на небольшую площадь (1968, 1969, 1972, 1974, 1976, 1977, 1980, 1985, 1987, 1988), процент последних был невелик.

Конечно, и в этом случае не всегда полностью срабатывает оценка, взятая для определения засухи по ГТК. Например, в 1970 г. к прекраще-

Таблица 4

Средний процент площадей, охваченных сильными и очень сильными засухами, и повторяемость лет с такими засухами в зависимости от площади их распространения на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье в различные отрезки вегетационного периода за 1946—1988 гг.

Период	Территория	Средний процент площадей, охваченных сильной и очень сильной засухой	Повторяемость (%) лет с сильной и очень сильной засухой в зависимости от площади ее распространения, %			
			0	30	31—60	> 60
Апрель—июнь	Северный Кавказ и Нижнее Поволжье	37	0	51	37	12
	Краснодарский край	5	15	21	2	2
	Ставропольский край	20	42	28	12	18
	Ростовская область	27	44	24	14	18
	Волгоградская область	41	16	35	18	31
	Астраханская область	86	0	2	18	80
Июль—август	Северный Кавказ	54	0	28	21	51
	Краснодарский край	32	30	21	32	17
	Ставропольский край	44	9	40	21	30
	Ростовская область	56	4	28	16	52
Сентябрь	Северный Кавказ и Нижнее Поволжье	60	0	19	28	54
	Краснодарский край (сентябрь—октябрь)	15	53	30	7	10
	Ставропольский край	53	5	32	17	46
	Ростовская область	63	5	26	12	57
	Волгоградская область	62	9	14	21	56

нию вегетации плохие посевы озимых в фазе всходов отмечены на 5 % площадей, хотя в сентябре сильной засухой была охвачена вся территория области. Сказалось то, что в конце августа прошли хорошие дожди, обеспечившие формирование хороших всходов озимых, основная масса которых была посеяна в конце августа — начале сентября.

Примерно так же сложились условия в августе и сентябре 1984 г., в результате чего площади под озимыми в плохом состоянии осенью не превысили 8 %, в то время когда сильной засухой в сентябре была охвачена вся территория области. То есть, как видим, и здесь оценка по ГТК не всегда полностью срабатывает и поэтому необходимо учитывать ряд других агрометеорологических и агротехнических условий.

В заключение необходимо сделать следующие выводы.

1. Гидротехнический коэффициент для оценки агрометеорологических условий можно использовать за сравнительно длительный период времени. Этот период должен быть, как справедливо указывает Е. С. Уланова [165], не менее одного месяца.

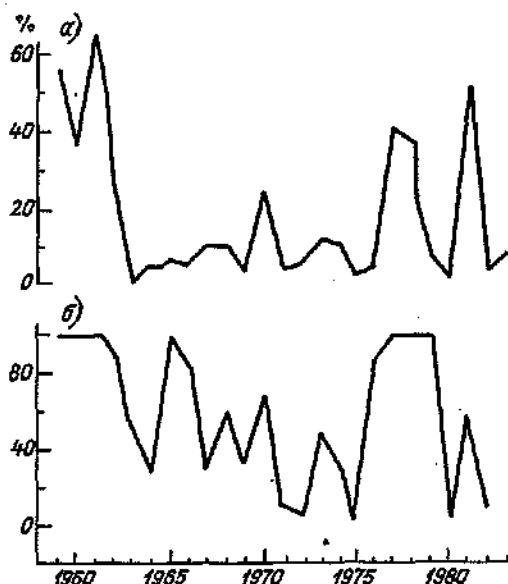


Рис. 4. Динамика формирования плоских и невозделанных озимых (% от всего посева в конкретном году) осенью (а) на фоне площади распространения (процент от общей площади посева) сильной засухи в сентябре (б) в Ростовской области за период 1959–1983 гг.

2. По ГТК на территории Северного Кавказа и южной половины Нижнего Поволжья засухой ежегодно бывает охвачено от 50 до 100 % всей площади. Средняя площадь распространения засухи составляет 78 %, в том числе сильной – около 58 %.

Меньше всего засухе подвержены районы Краснодарского края, больше всего – районы Астраханской области. В Астраханской области даже в наименее засушливый период вегетации (апрель–июнь) сильной засухой в среднем бывает охвачено до 86 % площади.

1.2. Озимая пшеница

Оценка урожайности любой сельскохозяйственной культуры зависит, с одной стороны, от условий агротехники возделывания культур, а с другой – от складывающихся агрометеорологических условий.

Поскольку технология возделывания сельскохозяйственных культур от года к году меняется мало, то этот фактор остается малоподвижным, хотя от его учета и правильного использования уровень урожайности может быть существенно повышен. Это подтверждается увеличением урожайности на полях с интенсивной технологией. Так, В. П. Ермоленко [37] приводит данные по НПО „Дон” за 1986 г., где урожайность озимой пшеницы (по базовому ОПХ), возделываемой по интенсивной технологии, была 6,10 т/га, а по базисной – 4,50 т/га. На Красноармейском ОПХ урожайность составила соответственно 4,01 и 3,22 т/га. Об этой же тенденции говорят данные, приведенные в табл. 5.

Таблица 5

Средняя урожайность озимой пшеницы, в том числе возделываемой по интенсивной технологии, по отдельным районам и в целом по Ростовской области в 1957 г.

Район Ростовской области	Средняя урожайность, т/га	
	в целом по району (области)	в том числе по интенсивной технологии
Верхнедонской	1,55	1,83
Морозовский	2,02	2,14
Зерноградский	3,69	3,99
Зимовниковский	1,65	2,13
Вся область	2,46	2,77

Такие же результаты получены и по другим регионам [44, 97, 162]. Тем не менее основные колебания урожайности, как будет показано ниже, зависят не от агротехнических особенностей возделывания культур, а от агрометеорологических условий года.

Оценивая влияние агротехнических условий на формируемый урожай озимой пшеницы, надо обратить внимание на такие факторы, как выбор предшественников, внесение органических и минеральных удобрений, подготовка почвы под посев озимых и т. д.

354267 Как указывает И. Г. Калинин [49], урожайность озимой пшеницы повышается по паровому полю от внесения 20 т/га навоза примерно на 10 % (0,4 т/га) относительно урожайности по пару без внесения навоза; т. е. каждая тонна навоза повышает формируемый урожай на 0,5 %. Таким образом, если принять за 100 % урожай, сформированный на поле, удобренном 20 т/га навоза, то при внесении 10 т/га навоза урожайность будет соответствовать 95 %, а без его внесения 90 %. То есть мы предлагаем оценивать виды на урожай относительно его потенциально возможной величины. При такой оценке не учитывается влияние органических удобрений на другие культуры в ротации севооборота [37, 130], они учитываются при оценке предшественников озимой пшеницы.

Проведенные нами исследования формируемой урожайности озимой пшеницы по разным предшественникам показали: самым лучшим предшественником является пар, за ним идут поля после гороха и зернобобовых смесей, затем поля озимых 1-го года после пара и поля после кукурузы на силос. Самые низкие урожаи формируются на полях озимых, посеянных на 2-й год после пара (рис. 5).

Если урожайность по черному пару принять за 100 %, то по другим предшественникам она будет соответствовать данным, приведенным в табл. 6.

Используя эту таблицу и зная площади озимых по парам и другим непаровым предшественникам, можно определить средневзвешенную оценку влияния предшественников на формирование урожайности

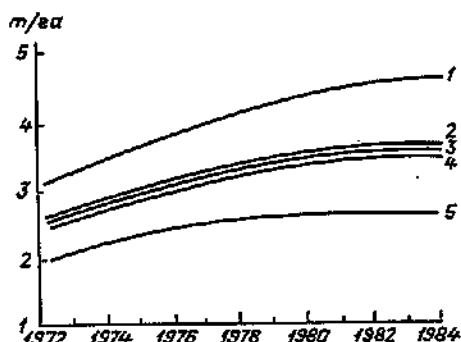


Рис. 5. Урожайность (т/га) по тренду озимой пшеницы по разным предшественникам (1-5) в совхозе „Гигант“ Сальского района Ростовской области в 1972-1984 гг.

1 — черный пар; 2 — горох и зернобобовые смеси; 3 — первый год после пара; 4 — кукуруза на силос; 5 — второй год после пара.

Таблица 6

Относительная урожайность (%) озимой пшеницы по непаровым предшественникам в сравнении с урожайностью по черному пару (100 %) в совхозе „Гигант“ Сальского района Ростовской области

Характеристика	Предшественники			
	черный пар	горох и зернобобовые смеси	озимая пшеница по зерновым на 1-й год после пара	озимая пшеница по зерновым на 2-й год после пара
Относительная урожайность	100	80	78	60
Отклонение урожайности по непаровым предшественникам от урожайности по пару	0	-20	-22	-40

озимой пшеницы.

Немалое влияние на формирование урожая озимой пшеницы оказывают сроки подготовки почвы под посев озимых. Ранние сроки обеспечивают лучшую разделку почвы, накопление больших запасов влаги, своевременное естественное уплотнение обработанной почвы [129, 135], что в свою очередь обеспечивает соответствующую всхожесть семян, по которой определяется снижение урожайности в зависимости от сроков подготовки почвы.

Оценка качества семян также проведена по их всхожести и отклонению в урожайности в зависимости от класса семян [80]. Всхожесть семян 1-го класса и урожайность принята за 100 %, а 2-го и 3-го класса соответственно 98 и 95 %.

Оценку количества паров под посев озимой пшеницы при наличии оценки по предшественникам в конкретном году можно не использовать. Если же требуется оценить необходимую площадь паров под посев озимой пшеницы по области, району или отдельному хозяйству района [130, 135] за какой-то многолетний период, т. е. оценить валовой сбор зерна за

этот период, то тогда эта оценка дает конкретный ответ на поставленный вопрос и ею рекомендуется пользоваться.

На величину формируемого урожая в зависимости от сложившихся агрометеорологических условий большое влияние оказывают сроки и дозы внесения минеральных удобрений перед посевом озимых и в виде весенних подкормок [134, 135].

Отклонение норм вносимых минеральных удобрений под основную обработку от их оптимального количества (по непаровым предшественникам $N_{60}P_{120}K_{60}$, по парам $P_{60}K_{60}$) и нашло отражение в вычисленном нами проценте снижения урожайности относительно ее максимума при оптимальном внесении NPK.

Оптимальную дозу азотных удобрений для подкормки озимых следует определять по гидрометеорологическим условиям, сложившимся в летне-осенний (июль–октябрь) и холодный (ноябрь–март) периоды года, с учетом количества внесенных азотных удобрений осенью (табл. 7).

Таблица 7

Оптимальные дозы весенних азотных подкормок (кг д. в/га)
в зависимости от количества осадков за теплый и холодный периоды
и суммы отрицательных температур за холодный период

Сумма осадков, мм		Сумма отрицательных температур, °C				
XII–X	XI–III	–900	–700	–500	–300	–100
100	150	0	24	48	71	95
125	150	3	26	50	74	98
125	175	9	33	57	80	104
125	200	15	39	63	86	110
125	225	21	45	69	92	116
125	250	27	51	75	98	122
125	275	33	57	80	104	128
125	300	39	63	86	110	134
150	150	8	33	56	80	104
150	175	14	39	62	86	110
150	200	20	45	68	92	116
150	225	26	51	74	98	122
150	250	32	57	80	104	128
150	275	38	63	86	110	133
150	300	44	69	92	116	139
200	150	19	43	67	90	114
200	175	25	49	73	96	120
200	200	31	55	79	103	126
200	225	37	61	85	109	132
200	250	43	67	91	114	138
200	275	50	74	98	120	145
200	300	56	80	104	126	151
250	150	30	54	78	101	125
250	175	36	60	84	107	131
250	200	42	66	90	113	137
250	225	48	72	96	119	143
250	250	54	78	102	125	149
250	275	60	84	108	131	155
250	300	66	90	114	137	161

Весеннее боронование посевов в условиях рассматриваемого региона, как указывает Н. Н. Бородин [16], повышает урожайность по сравнению с неборонованными озимыми примерно на 5 % (0,2 т/га) при условии, что оно проведено не позже чем через 2–3 дня после достижения почвой спелого состояния. При запоздании с боронованием на неделю урожайность снижается примерно на 2 %. Эти выводы и заложены нами в оценку данного агротехнического приема.

На формирование урожая влияют сроки посева озимых. При раннем посеве растения перерастают, ухудшается их зимостойкость, более часто они повреждаются вредителями и болезнями и в конечном счете снижается урожайность.

При поздних сроках посева растения зимуют в начальных фазах своего развития, они сильнее подвержены вымерзанию, повреждению ледяной коркой, выпиранию и другим неблагоприятным явлениям, в результате чего также снижается урожайность в сравнении с оптимальными сроками посева [121, 129, 135]. Эти изменения урожайности в зависимости от срока посева представлены нами также в виде снижения оценки в процентах.

Отличительной особенностью приведенных агротехнических приемов является то, что каждый из них при его нарушении вызывает прямую потерю урожайности, которая не восполняется с помощью других агротехнических приемов. Например, как указывает Н. Н. Бородин [16], если озимая пшеница весной оказалась незаборонованной, то будет потеряно 0,2 т/га урожая (по нашим расчетам 5 %), и эти 0,2 т/га урожая уже ничем нельзя восполнить. То же можно сказать и про другие агротехнические мероприятия.

Если подсчитать потери от неполного соблюдения агротехнических приемов, то они даже в совхозе „Гигант“, где высокая культура земледелия, достигают почти 30 % (табл. 8).

Таблица 8

Снижение урожайности озимой пшеницы в совхозе „Гигант“ Ростовской области
от неполного соблюдения агротехнических мероприятий

Вид нарушений	Снижение урожайности	
	т/га	%
Недовнесение органических удобрений (10 т/га относительно 20 т/га)	0,2	5
Несвоевременная подготовка почвы под посев озимых	0,1	2
Плохое качество семян	0,1	2
Нарушение сроков посева	0,1	2
Нарушения при внесении минеральных удобрений под основную обработку	0,4	10

Вид нарушений	Снижение урожайности	
	т/га	%
Нарушения при подкормке озимых	0,2	5
Несоблюдение сроков весеннего боронования	0,1	2
Общее снижение	1,2	28

В приведенной таблице не учтены потери от предшественников. И это естественно, поскольку сложившаяся структура предшественников примерно отражает возможность хозяйства обеспечивать плановые площади посева озимых. Совхоз „Гигант” в среднем высевает 20 % озимых по парам, 70 % на полях 1-го года после озимых, а также на полях после зернобобовых смесей и кукурузы на силос и 10 % на полях 2-го года после озимых.

Таким образом, сегодня хозяйство недополучает озимой пшеницы около 1,2 т (28 %) с каждого гектара. Эти потери восполнимы и могут быть полностью ликвидированы при соблюдении всех агротехнических требований интенсивной технологии выращивания озимой пшеницы.

Если полное соблюдение агротехнических мероприятий может повысить урожайность на 28 % и в дальнейшем способствовать сохранению ее на таком же уровне, то этого нельзя сказать об агрометеорологических факторах.

Колебания урожайности, которые наблюдаются от года к году, являются результатом изменения агрометеорологических условий. В отличие от агротехнических мероприятий, влияние которых однозначно, т. е. при их невыполнении урожайность снижается на определенную величину, агрометеорологические условия каждого отдельного периода вегетации вносят свой вклад в формирование урожайности. Причем каждый последующий период зависит от всех предшествующих. Вот почему агрометеорологические условия должны рассматриваться как по отдельным периодам вегетации озимых, так и в целом за весь вегетационный период. Такая оценка дает возможность определить и наиболее благоприятные и наиболее неблагоприятные периоды формирования урожайности озимой пшеницы в конкретном году.

Мы рекомендуем оценивать агрометеорологические условия для озимой пшеницы по следующим периодам: осенняя вегетация, перезимовка озимых, возобновление вегетации, выход в трубку – колошение, колошение – цветение, колошение – молочная спелость, созревание. Кроме того, оцениваются агрометеорологические условия полегания, стекания зерна, уборки урожая. Если взять осенний период, то нельзя не считаться с условиями, складывающимися в предпосевной и послепосев-

ной периоды. Лишь при хорошем предпосевном увлажнении почвы и оптимальном температурном режиме обеспечивается полноценность всходов и дальнейшее хорошее развитие посевов. При других условиях возникает изреженность посевов, ухудшается их состояние, ослабляется сопротивляемость растений болезням и вредителям и в конечном счете снижается урожайность до 40 % относительно оптимальной [129, 135], что отображено нами в виде оценок при разных условиях.

Перезимовка озимых зависит не только от состояния самих растений, но и от условий зимнего сезона. Наиболее надежным фактором, по которому можно оценивать ход перезимовки, является характеристика холодного периода по сумме отрицательных температур [129, 135]. При очень теплой зиме, с суммой отрицательных температур менее -400°C , продолжительных оттепелях, когда озимые могут пройти 1–2 начальных межфазных периода, растения не только хорошо перезимовывают, но даже улучшают свое состояние [129, 135]. Такие зимние условия принимаются за 100 %. При нарастании сумм отрицательных температур увеличивается изреженность посевов и снижаются виды на урожай. В годы с очень холодными зимами такие снижения достигают 40 %. Это и отражено в оценке.

Немалое влияние на формирование урожая оказывают условия развития растений весной. Здесь имеет значение время наступления весны, обеспеченность возобновивших вегетацию озимых теплом и влагой [129, 135]. Отражение этих условий в оценке показывает возможное изменение видов на урожай, выраженное в процентах от максимального возможного урожая.

Отдельно оцениваются агрометеорологические условия роста и развития озимых в весенне-летний период. Оценка учитывает температурный режим, влагообеспеченность посевов по межфазным периодам в соответствии с выводами, полученными в ряде работ [21, 127, 129, 135, 155], и используемые нами для оценки агрометеорологических условий в сравнении с максимально возможным урожаем.

Отдельно вводится оценка на полегание посевов на основе выводов, полученных в ряде работ [16, 50, 101, 163]. Поскольку полегание в разных фазах развития озимых неравноценно влияет на снижение урожая, то и оценка рассматривается в зависимости от возможных его потерь в следующие периоды развития растений: перед колошением и в его начале, в конце колошения – начале цветения, в фазе молочной спелости.

Кроме того, оценка связана и с процентом площади полегания. Наибольшие площади полегания обычно приходится на фазу молочной спелости [101].

Также отдельно оценивается такое явление, как стекание зерна. Здесь используются выводы, полученные нами в работах [127, 129].

Уборка урожая оценивается по выводам, полученным в наших работах [119, 135] и работах И. Г. Калиненко [49, 50]. Оценки условий форми-

рования урожая озимой пшеницы в процессе ее вегетации в зависимости от агрометеорологических условий, предшественников и агротехники представлена в виде таблицы (табл. 9).

Оценка условий формирования урожая в зависимости от агротехники и предшественников проводится периодически, один раз в несколько лет. На конец 80-х годов, как показывает табл. 8, суммарная потеря урожайности по совхозу „Гигант“ составила 28 %. В дальнейшем снижение урожайности по мере увеличения площадей с интенсивной технологией будет уменьшаться. Поэтому и необходимо периодически уточнять процент возможных потерь от агротехники.

Во второй части табл. 9 представлены оценки агрометеорологических условий по отдельным периодам вегетации и за весь период произрастания озимой пшеницы. Агрометеорологическая оценка всего вегетационного периода уточняется оценками таких явлений, как стекание зерна и полегание посевов, и оценкой потерь при уборке.

Например, если оценка по стеканию зерна оказалась равной 88 %, по полеганию 98 %, а по уборке 100 %, то к агрометеорологической оценке за вегетационный период нужно ввести поправку -12 и -2,0 %, т. е. общая понижающая оценка будет -14 %.

Таблица 9

**Оценка условий формирования урожая озимой пшеницы
в зависимости от агротехники и агрометеорологических условий**

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
Агротехнические мероприятия		
Осень		
1. Внесение навоза под паровое поле		
1.1. 20 т/га	100	[49]
1.2. 10 т/га	95	
1.3. Без навоза	90	
2. Выбор предшественников		
2.1. Черный пар	100	
2.2. Зерновые на 1-й год после пара или кукуруза на силос	78	
2.3. Горох или зернобобовые смеси	80	
2.4. Зерновые на 2-й год после пара	60	
3. Подготовка почвы под посев		
3.1. По черному пару с убывающей глубиной культивации, при полном отсутствии сорняков	100	[129, 135]
3.2. По непаровым предшественникам за 40 дней до сева при запасах влаги в пахотном (0—20 см) слое почвы (W)		
>20 мм	100	
<20 мм	98	

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
3.3. То же за 30 дней до посева при W		
> 20 мм	98	
< 20 мм	97	
3.4. То же за 20 дней до посева при W		
> 20 мм	97	
< 20 мм	96	
3.5. То же за 10 дней до посева при W		
> 20 мм	96	
< 20 мм	95	
4. Оценка качества семян		
4.1. Семена 1-го класса со всхожестью 95 %	100	[80]
4.2. Семена 2-го класса	98	
4.3. Семена 3-го класса	95	
5. Оценка количества паров под посев в конкретном районе (для формирования валового урожая)		
5.1. Оптимальное количество	100	[130, 135]
5.2. Уменьшение или увеличение количества пара относительно оптимального		
на 10 %	97	
на 20 %	92	
6. Внесение минеральных удобрений под основную обработку		
6.1. Оптимальная доза NPK (по непаровым предшественникам $N_{60}P_{120}K_{60}$ по парам $N_{60}K_{60}$)	100	[134, 135]
6.2. Снижение или увеличение нормы по P		
на 30 кг д.в./га	90	
на 60 кг д.в./га	72	
7. Посев		
7.1. Посев проведен в оптимальные сроки	100	[121, 129, 135]
7.2. За 10 дней до и через 10 дней после оптимального срока	97	
7.3. За 20 дней до и через 10 дней после оптимального срока	90	
Весна		
8. Подкормка азотными удобрениями		
8.1. Оптимальная доза по сложившимся гидрометеорологическим условиям	100	[129, 135]
8.2. Доза в два раза меньше оптимальной	95	
8.3. Без подкормки	90	

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожаем, %	Источник
9. Боронование		
9.1. Закрытие влаги сразу после достижения почвой спелого состояния или не позднее 2—3 дней	100	[16]
9.2. Закрытие влаги через 5—7 дней после достижения почвой спелого состояния	98	
9.3. Без закрытия влаги	95	
Агрометеорологические условия		
Осень		
10. Посев		
10.1. Оптимальные условия: средняя суточная температура воздуха 12—19 °С, сумма осадков за предпосевной и послепосевной месяцы более 70—90 мм, бездождные периоды кратковременные	100	[129, 135]
10.2. Удовлетворительные условия: сумма осадков за 2 месяца 50—70 мм, в том числе в предпосевной месяц более 31—35 мм; если же сумма осадков в предпосевной месяц менее 30 мм, то дожди в послепосевной месяц обеспечивают избирательный посев	80	
10.3. Неудовлетворительные условия: сумма осадков за 2 месяца менее 45—50 мм, в том числе в предпосевной менее 30 мм	60	
Зима		
11. Перезимовка		
11.1. Зима очень теплая ($\sum t_{< 0^{\circ}\text{C}} \leq -400^{\circ}\text{C}$). Озимые за зиму улучшают состояние, проходя 1—2 межфазных периода	100	[129, 135]
11.2. Зима теплая ($\sum t_{< 0^{\circ}\text{C}} \leq -400^{\circ}\text{C}$ при малоснежной зиме и $\sum t_{< 0^{\circ}\text{C}} \leq -600^{\circ}\text{C}$ при снежной). Озимые перезимовывают без повреждений (повреждения менее 10 %)	95	
11.3. Зима умеренно холодная ($\sum t_{< 0^{\circ}\text{C}} = -401...-600^{\circ}\text{C}$ при малоснежной зиме и $\sum t_{< 0^{\circ}\text{C}} = -600...-800^{\circ}\text{C}$ при снежной). Притертая ледяная корка, зимние повреждения 11—24 %	80	
11.4. Зима холодная ($\sum t_{< 0^{\circ}\text{C}} \leq -800^{\circ}\text{C}$ при снежной зиме, $\sum t_{< 0^{\circ}\text{C}} = -600...-800^{\circ}\text{C}$ при малоснежной). Ледяные корки, пыльные бури, вымерзание посевов 25—50 %	60	
11.5. Зима исключительно холодная ($\sum t_{< 0^{\circ}\text{C}} < -1000^{\circ}\text{C}$). Вымерзание посевов более 50 %	40	

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
Весна		
12. Возобновление вегетации		
12.1. Весна ранняя, теплая, влажная, почва быстро оттаивает и быстро прогревается.		
Запасы влаги в слое почвы 0—100 см		
>160 мм	100	[129, 135]
141—160 мм	98	
121—140 мм	96	
≤120 мм	94	
12.2. Весна по срокам наступления средняя, влажная.		
Запасы влаги в слое почвы 0—100 см		
>160 мм	92	
141—160 мм	90	
121—140 мм	85	
≤120 мм	80	
12.3. Весна поздняя, холодная, с возвратами холодов, пыльными бурями. Запасы влаги в слое почвы 0—100 см		
> 160 мм	75	
141—160 мм	70	
121—140 мм	65	
≤120 мм	60	
Лето		
13. Период от выхода в трубку до колошения		
13.1. Средняя суточная температура воздуха ниже 18 °С, суховея нет. Запасы влаги (мм) в слое почвы:		
0—20 см	0—100 см	
>20	126—175	100
15—20	111—125, 176—200	95
10—15	81—110	90
<10	61—80	75
<10	<60	60
14. Период от колошения до цветения		
14.1. Оптимальные условия: малооблачная погода со слабым ветром, средняя суточная температура воздуха ниже 20 °С, дневная температура не выше 30 °С. Запасы влаги в слое почвы 0—20 см более 20 мм, в слое почвы 0—100 см 126—175 мм. Число колосоносных стеблей 500—800 на 1 м ²		
	100	[21, 127, 155]
14.2. Температура воздуха днем 31—35 °С, ветер умеренный, временами сильный, слабые суховеи, осадки. Запасы влаги в слое почвы		

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
0—20 см 11—20 мм, в слое почвы 0—100 см 61—125 мм	30	
14.3. Температура воздуха днем 36—40 °С, влажность воздуха менее 30 %. Запасы влаги в слое почвы 0—20 см менее 10 мм, в слое почвы 0—100 см менее 60 мм	60	
15. Период от колошения до молочной спелости		
15.1. Оптимальные условия: запасы влаги в слое почвы 0—100 см 61—100 мм, температура воздуха не выше 30 °С, суховея нет.		
Среднее число колосков в колосе 17—19	100	[21, 155]
15.2. Запасы влаги в слое почвы 0—100 см 61—80 мм, в отдельные дни температура воздуха днем 31—32 °С, слабые суховея.		
Среднее число колосков в колосе 16—18	90	
15.3. Запасы влаги в слое почвы 0—100 см 41—60 мм, температура воздуха днем не выше 32—34 °С, частые суховея. Среднее число колосков в колосе 15—17	80	
15.4. Запасы влаги в слое почвы 0—100 см менее 40 мм, температура воздуха днем выше 34 °С, осадков нет, низкая влажность воздуха (относительная влажность менее 30 %, дефицит влажности воздуха более 30 гПа), суховея отмечаются почти ежедневно. Среднее число колосков в колосе меньше 15	60	
16. Период созревания (молочная — полная спелость)		
16.1. Оптимальные условия: суховея нет, температура воздуха не выше 30 °С, дефицит влажности воздуха не более 15 гПа, запасы влаги в слое почвы 0—100 см 61—100 мм. Количество зерен, образовавшихся в колосе, 35—40	100	[21, 155]
16.2. Слабые суховея в отдельные дни, температура воздуха днем не выше 32 °С, запасы влаги в слое почвы 0—100 см 41—60 мм	90	
16.3. Большая повторяемость суховея, температура воздуха днем не выше 32—34 °С, осадков нет или их мало, запасы влаги в слое почвы 0—100 см 31—40 мм	75	
16.4. Частые суховея, температура воздуха днем выше 34 °С, осадков нет, запасы влаги в слое почвы 0—100 см менее 30 мм	60	
17. Полегание посевов		
17.1. Полегания не наблюдалось	100	[16, 50, 101, 163]

Агротехнические мероприятия и агротехнические условия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
17.2. Полегание раннее, до колошения и в первой половине фазы колошения		
≤10 %	97	
11–30 %	92	
31–50 %	88	
51–100 %	75	
17.3. Полегание во второй половине фазы колошения и в фазу цветения		
≤10 %	98	
11–30 %	95	
31–50 %	93	
51–100 %	85	
17.4. Полегание в фазу молочной спелости		
≤10 %	99	
11–30 %	98	
31–50 %	95	
51–100 %	90	
18. Стакание зерна		
18.1. При сумме осадков за период цветения — восковая спелость 60–80 мм	100	[127, 129]
18.2. При своевременной уборке (в первые 2–5 дней после наступления полной спелости) и при сумме осадков		
100 мм	94	
120 мм	84	
140 мм	73	
18.3. При задержке уборки после наступления полной спелости на 10 дней и при сумме осадков за период цветения — восковая спелость		
100 мм	88	
120 мм	76	
140 мм	53	
19. Уборка урожая		
19.1. Уборка завершена не позднее 10 дней после наступления полной спелости, она проведена раздельным способом или прямым комбайнированием	100	[49, 58, 135]
19.2. Уборка завершена через 15 дней после наступления полной спелости		
раздельным способом	95	
прямым комбайнированием	93	
19.3. Уборка завершена через 20 дней после наступления полной спелости		
раздельным способом	91	
прямым комбайнированием	72	

Пример расчета оценки агрометеорологических условий приведен в табл. 10 для благоприятных и неблагоприятных лет.

Таблица 10

Оценка (%) агрометеорологических условий формирования урожая озимой пшеницы в совхозе „Гигант“ Сальского района Ростовской области в благоприятные (1973-74, 1987-88) и неблагоприятные (1971-72, 1984-85) годы

Периоды вегетации, поправки	1971-72 г.	1973-74 г.	1984-85 г.	1987-88 г.
Оценка агрометеорологических условий по периодам				
Осень — предпосевной и послепосевной месяцы	60	100	100	100
Зима	60	100	60	95
Весна	75	100	85	96
Лето				
выход в трубку — колошение	95	100	75	98
колошение — цветение	60	98	75	95
колошение — молочная спелость	88	98	63	95
молочная — полная спелость	60	97	63	100
Средняя оценка	70	99	74	97
Поправки				
на уборку	0	0	-5	0
на полегание	0	-1	0	-2
на стекание	0	0	0	0
Средняя поправка	0	-1	0	-2
Общая оценка условий за вегетационный период	70	98	69	95

Полученную агрометеорологическую оценку за конкретный год можно выразить такой величиной, как фактическая урожайность. Для этого за некоторый продолжительный период (не менее 10-15 лет) необходимо построить график динамики хода урожайности по совхозу, графически изобразить или рассчитать тренд. Определить на графике самую максимальную и самую минимальную урожайность по отклонениям от тренда. В нашем примере в начале рассматриваемого периода это неурожайный 1972 и высокоурожайный 1974 годы и в конце периода — неурожайный 1985 и урожайный 1988 годы (рис. 6). Урожайность в 1972 г. 2,0 т/га оценена нами в 70 %, а в 1974 г. при урожае 3,9 т/га — в 98 % (табл. 10). Урожайности 1985 г. 2,23 т/га и 1988 г. 3,96 т/га оценены соответственно в 69 и 95 %. Отклонения урожайности от тренда в ту и другую стороны как в начале, так и в конце периода равны 0,9 т/га, и урожайности по тренду в начале и в конце периода равны $\frac{98 + 70}{2} \approx 84\%$ и $\frac{95 + 69}{2} \approx 82\%$, т. е. практически они одинаковы хотя урожайности заметно отличаются. Если в начале периода урожайность по тренду равна $\frac{2,0 + 3,9}{2} = 2,95$, то в конце периода $\frac{2,23 + 3,96}{2} = 3,10$ т/га.

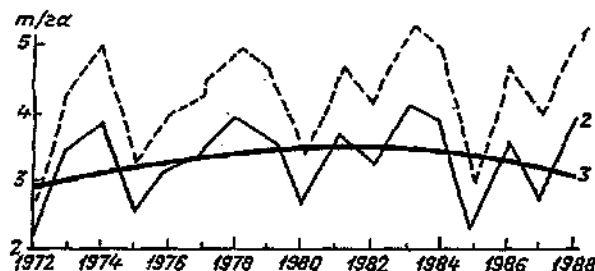


Рис. 6. Динамика урожайности (т/га) озимой пшеницы в совхозе „Гигант“ за 1972—1988 гг.

1 — потенциально возможная урожайность; 2 — фактическая урожайность; 3 — урожайность по тренду.

Таким образом, если оценку сравнить с урожайностью, то на конец указанного периода эти величины можно представить в виде табл. 11.

Таблица 11
Оценочная шкала вегетации озимой пшеницы и соответствующая ей урожайность для молот совхоза „Гигант“ Сальского района Ростовской области на конец 80-х годов

Оценка, %	Урожайность (т/га), соответствующая оценке вегетационного периода	Качественная оценка урожайности
96—100	3,9—4,1	Максимальная
91—95	3,6—3,8	Высокая
86—90	3,3—3,5	Выше среднего
81—85	3,0—3,2	Средняя
75—80	2,7—2,9	Ниже среднего
69—74	2,4—2,6	Низкая
65—73	2,2—2,3	Очень низкая

Такая оценка может быть использована не только для указанного кратковременного периода, но и в последующие годы. Для этого необходимо лишь устанавливать урожайность по тренду. Например, если урожайность по тренду окажется выше урожайности на 0,3 т/га, то и все остальные урожайности (выраженные в тоннах на гектары) против соответствующих оценок (в процентах) должны быть повышены на 0,3 т/га. Тогда, скажем, если мы оценили вегетационный период озимой пшеницы оценкой, равной 71 %, то урожайность озимой пшеницы в совхозе возможна не 2,5, а 2,53 т/га.

По шкале оценок, если использовать как первую, так и вторую части табл. 9, можно определить потенциально возможную урожайность озимой пшеницы. Возьмем к примеру 1988 г., урожайность пшеницы по агрометеорологической оценке (97 %) составляет около 4,0 т/га, а с учетом предотвращения агротехнических потерь — 5,2 т/га; т. е. это потенциально

возможная урожайность, которую совхоз может обеспечить, добившись устранения причин снижения урожайности за счет агротехники.

Средняя по совхозу потенциально возможная урожайность за период с 1972 по 1988 г. изображена на рис. 6 верхней пунктирной линией. Потенциально возможные урожаи по этой линии не превышают 4,9–5,3 т/га. Возможность получения такой урожайности вполне обоснована, поскольку в течение этого периода на отдельных полях ежегодно урожайность составляла 5,1–5,7 и даже 6,0 т/га.

Приближение урожайности к потенциально возможной зависит прежде всего от культуры земледелия. Возьмем для примера три хозяйства: колхоз им. XXII партийного съезда, совхоз „Гигант” и колхоз „Ленинский путь” Сальского района Ростовской области. Эти хозяйства расположены в одной части района, имеют практически одинаковые почвы. Однако в каждом из этих хозяйств из-за неодинакового подхода к выполнению требований агротехники урожайности зерна при одних и тех же агрометеорологических условиях различаются очень сильно (табл. 12).

Как видим, колхоз им. XXII партийного съезда теряет зерна меньше, чем два других хозяйства, и это несмотря на то, что в структуре своих предшественников он не имеет черных паров, а заменил их занятыми парами. В то же время совхоз „Гигант” и колхоз „Ленинский путь”, занимая около 20 % черных паров под посев озимой пшеницы, имеют значительно большие потери урожая за счет агротехники, чем колхоз им. XXII партийного съезда, то есть резервы для повышения урожайности за счет улучшения культуры земледелия остаются довольно большие.

Таблица 12

Среднее снижение урожайности за счет нарушения агротехники.
Средняя потенциально возможная и фактическая урожайность
в различных хозяйствах Ростовской области в 1980–1986 гг.

Год	Урожайность, т/га		Снижение урожайности	
	потенциально возможная	фактическая	%	т/га
Колхоз им. XXII партийного съезда				
1980	4,36	3,83	14	–0,53
1981	5,0	4,27	14	–0,73
1982	4,62	4,04	14	–0,58
1983	4,50	3,95	14	–0,55
1984	4,08	3,57	14	–0,51
1985	3,35	2,93	14	–0,42
1986	4,64	4,06	14	–0,58
Совхоз „Гигант”				
1980	3,27	2,56	28	–0,71
1981	4,73	3,68	28	–1,05

Год	Урожайность, т/га		Снижение урожайности	
	потенциально возможная	фактическая	%	т/га
1982	4,04	3,15	28	-0,89
1983	5,26	4,18	28	-1,08
1984	4,98	3,90	28	-1,08
1985	2,86	2,23	28	-0,63
1986	4,68	3,65	28	-1,03
Колхоз „Ленинский путь”				
1980	3,23	2,37	36	-0,86
1981	3,78	2,79	36	-0,99
1982	3,70	2,72	36	-0,98
1983	4,75	3,49	36	-1,26
1984	4,48	3,30	36	-1,18
1985	2,86	2,11	36	-0,85
1986	4,77	3,50	36	-1,27

1.3. Яровой ячмень

Для ярового ячменя агротехнические мероприятия в процессе его выращивания имеют не меньшее значение, чем для озимых культур. На его урожайность влияют: сроки посева, внесение минеральных удобрений, качество посевного материала, качество обработки почвы, предшественники, сроки уборки и т. д.

Урожайность ярового ячменя на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье сильно зависит от сроков посева. Лучшим сроком посева ярового ячменя являются первые два дня после весеннего „поспевания” почвы. При таком раннем сроке обеспечивается максимальная урожайность этой культуры [14, 46, 144, 168]. То есть при посеве в указанный срок снижения урожайности не происходит, она составляет 100 %. При запоздании с посевом на 3 дня урожайность снижается на 5 % и составляет 95 % максимальной урожайности. При запоздании с посевом на 5 дней виды на урожай снижаются до 85 %, а при запоздании на 10 и 15 дней соответственно до 75 и 60 %.

В связи с этим необходимо оценить влияние календарных сроков на формируемый урожай ячменя. На снижение урожайности от запоздания календарных сроков посева было указано в работах [46, 148, 168].

В разные годы в зависимости от характера весны календарные сроки начала ранних полевых работ, в том числе и начала посева ярового ячменя, колеблются в регионе в диапазоне от 1 до 1,5 мес. Естественно, что, чем раньше по календарным срокам начинается посев, тем в более благоприятных условиях проходит его вегетация. Ячмень в такие годы дает более полноценные всходы, лучше укореняется, кустится, реже

попадает под продолжительные засухи и поэтому формирует более высокий урожай.

Для того чтобы определить влияние календарных сроков посева на урожайность ярового ячменя был построен график (рис. 7), который наглядно показывает, что между этими двумя величинами существует линейная связь, которую можно выразить уравнением

$$y = -0,0148x + 2,0. \quad (1)$$

Эту связь можно выразить и относительной урожайностью, в процентах от максимальной урожайности для самого раннего календарного срока посева. Для этого требуется, приняв наибольшую урожайность (в нашем примере она 2,0 т/га) за 100 %, вычислить урожайность в процентах для каждого значения урожайности, выраженной в тоннах на гектар. Если вычисленную относительную урожайность сопоставить с отклонением календарных сроков посева от самого раннего, то можно получить определенную зависимость (табл. 13).

Приведенная в табл. 13 зависимость может быть использована для любого района Северного Кавказа и Нижнего Поволжья.

Таким образом, если для любого района календарный срок посева в конкретном году наступил, например, на 9 дней позже самого раннего срока, то урожайность ярового ячменя относительно своего максимума снизится на 10 %, т. е. составит 90 %. Если отклонение даты посева в конкретном году от самой ранней календарной даты составляет 23 дня, то виды на урожай снизятся до 80 %.

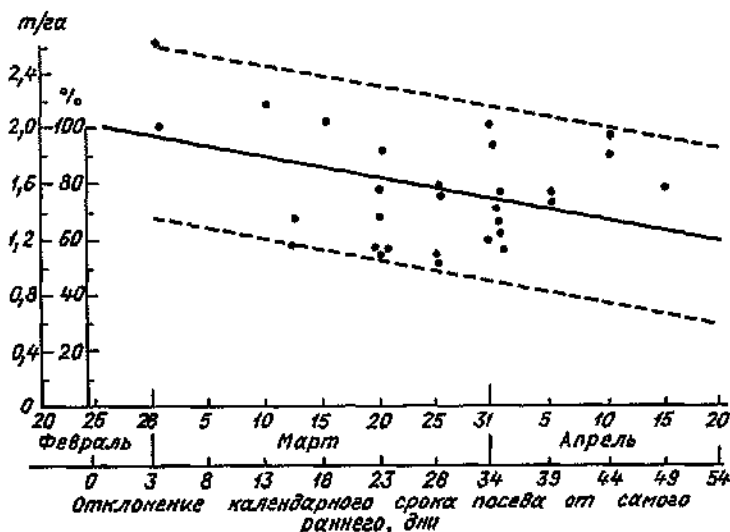


Рис. 7. Снижение урожайности (т/га, %) ярового ячменя в зависимости от отклонения (дни) календарного срока посева от самого раннего. Ростовская область, 1958–1988 г.

Таблица 13

**Снижение относительной урожайности ярового ячменя
в зависимости от отклонения календарного срока посева от самого раннего**

Отклонение, дни	0	4	9	16	23	30	38	45
Относительная урожайность, % от максимальной в самый ранний календарный срок посева	100	95	90	85	80	75	70	65

Очень важным агротехническим мероприятием является подготовка почвы под посев ярового ячменя (табл. 14). По зерновым, как указывает А. А. Сокол [148], сразу за их уборкой должны проводиться лущение стерни с последующей культивацией при появлении сорняков и поздний подъем зяби. При нарушении этих условий (например, только лущение и ранняя зябь) урожайность ячменя снижается примерно на 5 %. После пропашных культур обработка почвы должна сводиться к лущению

Таблица 14

**Оценка условий формирования урожая ярового ячменя
в зависимости от агрометеорологических условий**

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
Агротехнические мероприятия		
1. Подготовка почвы под посев		
1.1. После уборки зерновых проводится лущение стерни и поздний подъем зяби. После пропашных — лущение стерни и подъем зяби. Весной проводится закрытие влаги и посев или при плотной почве — закрытие влаги, культивация с боронованием и посев	100	[14, 46, 148]
1.2. Нарушение этих условий осенью или весной, а также посев после погибших озимых	95	
1.3. Посев по весновспашке	90	
2. Обработка почвы после посева		
2.1. Прикатывание	100	[46, 148]
2.2. Без прикатывания	90	
3. Внесение удобрений		
3.1. $N_{40}P_{60}K_{40}$	100	[14, 46, 148]
3.2. $P_{60}K_{40}$, $N_{40}P_{60}$ или $N_{40}K_{40}$	90	
3.3. Без удобрения	80	
4. Оценка качества семян		
4.1. Семена средней крупности	100	[148]

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
4.2. Семена мелкие или очень крупные	95	
5. Посев		
5.1. Оценка календарных сроков посева в зависимости от характера весны по отклонениям от самого раннего срока (дни)		[163]
0	100	
6	95	
13	90	
20	85	
28 (среднее многолетнее)	80	
35	75	
43	70	
5.2. Оценка проведения посева в конкретном году		
5.2.1. Посев проведен в оптимальные сроки, сразу за поспеванием почвы (в течение 1–2 дней)	100	
5.2.2. Запоздание с посевом		
на 3 дня	95	
на 5 дней (среднее многолетнее)	85	
на 10 дней	75	
на 15 дней	60	
Агрометеорологические условия		
6. Период от посева до кушения		
6.1. Средняя температура воздуха		[24, 70, 162]
5–15 °C	100	
<5 и 16–17 °C	95	
>17 °C	90	
6.2. Число дней с засухами		
0	100	
1–2	95	
3–5	90	
>5	80	
6.3. Запасы влаги в слое почвы 0–20 см		
21–30 мм	100	
11–20 мм	90	
<10 мм	80	
6.4. Запасы влаги в слое почвы 0–100 см		
161–200 мм	100	
141–160 мм	90	
121–140 мм	80	
81–120 мм	70	
<80 мм	60	
7. Период от кушения до выхода в трубку		
7.1. Средняя температура воздуха		
<18 °C	100	

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
18–19 °C	95	
>19 °C	90	
7.2. Число дней с суховеями		
0	100	
1–2	95	
3–5	90	
>5	80	
7.3. Запасы влаги в слое почвы 0–20 см		[24, 70, 165]
21–30 мм	100	
11–20 мм	95	
<10 мм	90	
7.4. Запасы влаги в слое почвы 0–100 см		
>160 мм	100	
141–160 мм	90	
121–140 мм	80	
81–120 мм	70	
<80 мм	60	
8. Период от выхода в трубку до колошения		
8.1. Средняя температура воздуха		[70, 165]
<18 °C	100	
18–19 °C	95	
>19 °C	90	
8.2. Число дней с суховеями		
0	100	
1–3	90	
4–5	80	
>5	60	
8.3. Запасы влаги в слое почвы 0–20 см		
>20 мм	100	
16–20 мм	95	
10–15 мм	90	
<10 мм	80	
8.4. Запасы влаги в слое почвы 0–100 см		
121–160 мм	100	
81–120 мм	90	
61–80 мм	80	
≤60 мм	60	
9. Период от колошения до молочной спелости		
9.1. Средняя температура воздуха		[70, 165]
<19 °C	100	
19–20 °C	95	
>20 °C	90	
9.2. Число дней с суховеями		
0	100	
1–2	95	
3–5	90	
> 5	80	

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
9.3. Запасы влаги в слое почвы 0—100 см		
81—120 мм	100	
51—80 мм	90	
31—50 мм	80	
≤30 мм	60	
10. Период от молочной до восковой спелости		
10.1. Средняя температура воздуха		[70, 165]
<19 °C	100	
19—20 °C	95	
>20 °C	90	
10.2. Число дней с суховеями		
0	100	
1—2	95	
3—5	90	
>5	80	
10.3. Запасы влаги в слое почвы 0—100 см		
81—100 мм	100	
41—80 мм	90	
31—40 мм	80	
<30 мм	60	
11. Уборка урожая		
11.1. Уборка проведена в оптимальные сроки, сразу после наступления массовой полноты спелости	100	[14, 49, 50, 135, 148]
11.2. Запоздание с уборкой		
на 5 дней	97	
на 10 дней	87	
на 15 дней	70	
на 20 дней	50	
12. Полегание посевов		
12.1. Полегания не наблюдалось	100	[16, 50, 101, 168]
12.2. Полегание раннее, до колошения и в первой половине фазы колошения		
≤10 %	97	
11—30 %	92	
31—50 %	88	
51—100 %	75	
12.3. Полегание в конце колошения		
≤10 %	98	
11—30 %	95	
31—50 %	93	
51—100 %	85	
12.4. Полегание в фазу молочной спелости		
≤10 %	99	

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
11–30 %	98	
31–50 %	95	
51–100 %	90	
13. Стеkanie зерна		
13.1. При сумме осадков за период колошение – восковая спелость 60–80 мм	100	
13.2. При запоздании с уборкой на 2–5 дней после наступления полной спелости и при сумме осадков за период колошение – восковая спелость		
180 мм	94	
120 мм	84	
140 мм	73	
13.3. При задержке уборки на 10 дней и сумме осадков за период колошение – восковая спелость		
100 мм	88	
120 мм	76	
140 мм	53	

стерни и подъему зяби [148]. По весновспашке урожайность снижается на 10–30 %.

Большое значение для формирования урожая ячменя имеет плотность почвы весной. После очень дождливой осени и относительно холодной зимы без глубоких оттепелей или после очень теплой влажной зимы почва к весне оказывается плотной и необходимо проводить предпосевную культивацию на глубину заделки семян (7–8 см). При этом нельзя допускать разрыва между культивацией и посевом, чтобы избежать потери за счет запоздания с посевом [46]. После сухой осени или относительно теплой зимы с частыми оттепелями почва весной оказывается достаточно рыхлой [46, 135]. По такой почве сразу за закрытием влаги должен высеваться ячмень [135].

Яровой ячмень, поскольку он возделывается по зерновым и пропашным предшественникам, очень отзывчив к внесению удобрений. Наиболее высокие результаты дает внесение полных минеральных удобрений дозой $N_{40}P_{80}K_{40}$ как после озимой пшеницы, так и после кукурузы [148]. При внесении неполных минеральных удобрений (например, NP, PK, NK), даже в той же дозе, урожайность снижается в среднем на 10 %, а без внесения удобрений – на 20 %.

Одним из важнейших факторов формирования высокого урожая ярового ячменя является качество семян. А. А. Сокол [148], ссылаясь на

работы ряда ученых, приходит к выводу, что для посева следует использовать семена средние по крупности и крупнее средних, так как они обладают более высокой жизнеспособностью и обеспечивают урожайность на 0,1–0,3 т/га выше, чем самые мелкие и самые крупные семена. Это примерно соответствует снижению урожайности на 5 %.

Уборка ячменя также является важным агротехническим мероприятием. Ячмень – такая культура, своевременная уборка которой обеспечивает наиболее высокий урожай, так как исключает потери. Многолетние наблюдения и опыты [14, 46, 148 и др.] показывают, что зерно ячменя достигает наибольшей массы, если его убирают при влажности зерна 17–18 %, т. е. в фазу полной спелости. Однако при наступлении этой фазы колосья ячменя поникают, соломина у колоса становится ломкой и уже через 5–7 дней начинаются потери. Осыпается часть зерна, а в ряде случаев и колосьев. И чем больше проходит дней от вступления ячменя в фазу полной спелости до уборки, тем большими становятся потери. Потери увеличиваются также из-за того, что в это время идет засыхание листьев, посевы осветляются и начинают интенсивно зарастать крупными сорняками. Поэтому более выгодно уборку ячменя проводить отдельно при достижении им массовой фазы восковой спелости, когда влажность зерна составляет 28–30 %. Скошенный при такой влажности зерна ячмень за счет питательных веществ в стеблях продолжает увеличивать массу зерна, и она практически оказывается такой, какую имел бы ячмень, убранный в фазу полной спелости при влажности зерна 17–18 %, т. е. после прекращения прироста зерна.

Для того чтобы снизить потери ячменя при уборке, необходимо раздельную уборку сочетать с прямым комбайнированием. Чистые, неполегшие посевы, а также изреженные и низкорослые лучше убирать прямым комбайнированием, а остальные – раздельным способом.

Потери урожая ячменя зависят от сроков его уборки. Если ячмень убирают через 5 дней после наступления фазы полной спелости, теряется 2–3 % урожая, через 10 дней – 12–13 %, а через 20 дней – 50 % [14, 129, 148].

Особенно сильное снижение урожайности отмечается в годы, когда период уборки совпадает с сильными дождями. Так, в 1977 г. при задержке уборки до 15–20 дней и, как следствие, стекании зерна потери урожая составили 50–70 %.

В 1988 г. из-за проведения уборки ярового ячменя в более поздние сроки (в среднем через 15 дней после наступления полной спелости) в целом по области урожай зерна снизился на 30 %.

Оценка условий возделывания ярового ячменя так же, как и озимой пшеницы, учитывает, с одной стороны, важнейшие агротехнические приемы, а с другой – агрометеорологические условия вегетационного периода. Каждый агротехнический прием, если он не выполнен в соответствии с требованиями технологии, вызывает снижение урожайности ровно

на столько, насколько нарушено это требование, и данные потери уже нельзя восстановить. Поэтому все нарушения технологического процесса в настоящее время являются резервом повышения урожайности в будущем.

Проводя оценку условий конкретного года, все агротехнические и агрометеорологические факторы необходимо разделить на три группы:

1) агротехнические мероприятия, связанные с основной и предпосевной обработкой почвы, ее послепосевным прикатыванием и внесением удобрений;

2) агротехнические мероприятия вегетационного периода, связанные с уборкой, а также агрометеорологические условия, вызывающие полегание посевов и стекание зерна;

3) агрометеорологические условия вегетационного периода, вызывающие изменение состояния посевов.

Такое распределение агротехнических и агрометеорологических факторов необходимо для того, чтобы разграничить их влияние на формирование урожая ячменя.

Все агротехнические мероприятия, которые входят в первую группу и производятся до начала вегетации ячменя, могут оцениваться с точки зрения потенциальных возможностей повышения урожайности.

Ко второй группе отнесены агротехнические мероприятия, проводимые в вегетационный период, и те агрометеорологические условия, которые вызывают агротехнически невосполнимые потери урожая. Агротехнические мероприятия этой группы при оценке условий выращивания ячменя оцениваются только по части своего влияния, которое не учитывается косвенно.

Так, средний многолетний календарный срок посева в районе отклоняется от самого раннего на 28 дней, за счет чего урожайность ячменя по сравнению с самым ранним календарным сроком снижается до 80 %. Но если срок посева в конкретном году не совпадает со средним календарным сроком, тогда разность между фактическим и средним снижением урожайности со знаком „+” или „-” вводится в оценку в виде поправки на календарный срок. Причем при вычислении поправки на календарный срок посева предполагается, что посев всегда проводится в оптимальный срок.

Если же в районе в конкретном году сроки фактического посева сдвинуты относительно оптимального срока, то с учетом среднего многолетнего отклонения фактического срока посева от оптимального вводится дополнительная поправка на задержку посева в конкретном году.

Допустим, в рассматриваемом районе среднее запаздывание с посевом ячменя снижает оценку до 95 %, а в конкретном году оно снизило ее до 85 %, тогда надо ввести дополнительную поправку – 10 %. Напротив, если в конкретном году район сумел провести посев в оптимальный срок, тогда поправка будет равна 5 %.

Точно так же проводится оценка уборки урожая.

Если в рассматриваемом районе среднее отклонение уборки урожая от оптимальных сроков составляет 5 дней, то это значит, что средняя урожайность снижается до 97 %. Отклонение фактической оценки в конкретном году, с учетом средней многолетней, должно вводиться в виде поправки со знаком „+“ при меньшем снижении урожайности, чем среднее, и со знаком „-“ при большем снижении.

Полежание посевов, в зависимости от срока этого явления и процента охвата, стекание зерна, в зависимости от количества осадков, выпавших в период от колошения до восковой спелости, и задержка с уборкой оцениваются полностью, как явления редкие, не учитывающиеся косвенно.

Оценка агрометеорологических условий формирования урожая ячменя проводится по межфазным периодам. Причем в каждый период оценивается влияние тепло- и влагообеспеченности, сухости воздуха на состояние растений. По средней оценке этих элементов оцениваются условия каждого межфазного периода. Оценка всего вегетационного периода вычисляется из средних оценок всех межфазных периодов. Такой подход к агрометеорологической оценке связан с непрерывностью вегетационного процесса и влиянием предшествующих условий на последующие. Поэтому, чтобы оценить условия вегетации ярового ячменя в конкретном году, необходимо вначале оценить агрометеорологические условия (третья группа факторов), а затем, в виде поправки к ним, ввести влияние условий второй группы факторов.

В качестве примера приведем оценку по Азовскому району Ростовской области за благоприятный и неблагоприятный годы (табл. 15). Средняя оценка для календарного срока посева в Азовском районе равна 80 %, а для конкретного года – 95 %. Уборка культуры здесь в среднем задерживается на 5 дней, т. е. оценка снижается до 91 %. С учетом всего этого и проведена оценка для 1976, 1979 и 1988 гг.

Таблица 15

Оценка (%) агрометеорологических условий формирования урожая ярового ячменя в Азовском районе Ростовской области в благоприятный (1976) и неблагоприятные (1979 и 1988) годы

Периоды вегетации, поправки	1976 г.	1979 г.	1988 г.
Оценка агрометеорологических условий по межфазовым периодам			
посев — кущение	99	99	95
кущение — выход в трубку	96	87	100
выход в трубку — колошение	99	73	97
колошение — молочная спелость	97	77	98
молочная спелость — восковая спелость	95	77	97

Периоды вегетации, поправки	1976 г.	1979 г.	1988 г.
Средняя оценка	97	82	97
Поправки			
учет календарного срока посева	0	0	0
учет фактического срока посева	0	-8	5
учет фактического срока уборки	0	0	-20
на стекание зерна	0	0	0
на полегание посевов	0	0	-5
Суммарная поправка	0	-8	-20
Общая оценка условий за вегетационный период	97	74	77

Так же, как и для озимой пшеницы, приведенную по годам оценку можно представить в виде урожайности этой культуры по району. Для этого за период с 1972 по 1988 г. был построен график (рис. 8) динамики урожайности ячменя по фактическим данным и тренду. По максимальной и минимальной урожайности 1976 и 1979 гг. находим оценку для средней линии (тренда), она равна, как и для озимой пшеницы, $\frac{97 + 74}{2} \approx 85 \%$.



Рис. 8. Динамика урожайности (т/га) ярового ячменя в Азовском районе Ростовской области в 1972–1988 гг.
1 — потенциально возможная урожайность; 2 — урожайность по тренду; 3 — фактическая урожайность.

Зная урожайность по тренду и оценку за конкретный год, можно рассчитать урожайность. Так, для 1988 г. оценка агрометеорологических условий за вегетационный период с поправками на уборку, стекание, полегание и посев оказалась равной 77 %. Используя фактическую оценку (77 %), оценку и урожайность по тренду (соответственно 85 % и 3,2 т/га), рассчитываем ожидаемую урожайность:

$$x = \frac{77 \cdot 3,2}{85} = 2,89 \text{ т/га.}$$

Фактическая урожайность зерна за 1988 г. составила 2,89 т/га.

Если провести учет потерь при возделывании ярового ячменя от несоблюдения агротехнических мероприятий по первой и второй группам

факторов, то можно рассчитать потенциально возможную урожайность. Для Азовского района эти потери приблизительно следующие: от нарушения технологии подготовки почвы 5 %, от недоиспользования послепопосевного прикатывания 5 %, от недоброкачества посевного материала 2 %, от недовнесения минеральных удобрений 15 %. Кроме того, хозяйства района теряют от нарушения сроков посева и задержки уборки 7 %. Таким образом, общие потери в среднем составляют 34 %, т. е. обеспечение полного выполнения технологического процесса в каждом хозяйстве района может повысить урожайность в особо благоприятные годы до 5,5–5,6 против 3,9–4,1 т/га.

На рис. 8 показана динамика потенциально возможной урожайности в районе при предотвращении указанных выше потерь. Эта урожайность превышает фактическую на 1,0–1,5 т/га.

1.4. Кукуруза

Кукуруза, как и другие зерновые культуры, отзывчива не только на агрометеорологическую обстановку в вегетационный период, ее урожайность зависит также от технологического процесса возделывания.

В технологическом процессе большое значение имеют основная и предпосевная обработка почвы, борьба с сорняками, обеспечение необходимого количества растений на гектар пашни, сроки посева и уборки.

Основная обработка почвы под посев кукурузы является одним из важнейших факторов технологического процесса ее выращивания. Прежде всего имеет значение срок и глубина основной вспашки.

Установлено, что поздняя осенняя вспашка на глубину 27–30 см для каштановых и черноземных почв является наиболее целесообразной [25, 36 и др.]. На глубокую вспашку кукуруза особенно отзывчива в засушливые годы [147]. В среднем при увеличении глубины вспашки от 15 до 30 см урожайность кукурузы повышается на 15–20 % [147], а увеличение глубины с 20–22 до 27–30 см повышает урожайность примерно на 10 %.

Таким образом, если на глубине вспашки 30 см получаемый урожай принять за 100 %, то при глубине вспашки 20–22 см он составит 90 %, а при глубине вспашки 15 см – только 80 %.

Немалое влияние на формирование урожая кукурузы оказывают удобрения. Оптимальной дозой удобрений под основную вспашку и в виде подкормок считается 10 т/га навоза (минимум) и $N_{120}P_{120}$ [25, 36, 177, 183]. В различные периоды рекомендуется вносить следующие дозы минеральных удобрений: под основную вспашку – P_{40-90} ; в предпосевную культивацию – N_{60-90} ; одновременно с посевом в рядки – P_{10-20} ; в период междурядных обработок в виде двух подкормок – соответственно P_{20} и N_{30} .

Считая приведенные нормы и сроки внесения удобрений за лучшие (10 т/га навоза и $P_{120}N_{120}$), мы принимаем формируемый урожай от этого

фактора за 100 %. При уменьшении доз внесения удобрений виды на урожай будут снижаться. Так, при внесении $P_{120}N_{120}$, $P_{90}N_{90}$, $P_{60}N_{60}$ без навоза урожай снизится до 80 %.

Важное место в технологическом процессе выращивания кукурузы занимает предпосевная обработка почвы. Многими авторами [25, 36, 177, 183 и др.] установлено, что в рассматриваемых районах она должна сводиться к раннему весеннему боронованию почвы, планированию, двум предпосевным культивациям. Культивации проводятся с таким расчетом, чтобы уничтожить сорняки, сохранить больше влаги в почве и обеспечить посев кукурузы в рыхлый, хорошо подготовленный слой. После посева может быть проведено прикатывание [25, 36].

Невыполнение указанных требований предпосевной обработки почвы ведет к снижению урожая. Если при полном своевременном выполнении всего комплекса работ можно рассчитывать на максимальный урожай (100 %), то при исключении весеннего боронования урожай составит 95 %, при запаздывании с первой культивацией всего на несколько дней – 90 %, а при проведении вместо двух только одной предпосевной культивации без весеннего боронования и послепосевного прикатывания почвы урожайность может снизиться до 80 %.

Очень важно не упустить лучшие сроки посева кукурузы. Согласно Ю. И. Чиркову [170], который ссылается на многочисленные исследования, посев кукурузы должен начинаться после перехода температуры воздуха через 10–12 °C. На это же указывают Н. И. Гойса [23], Я. Грушка [26], Н. И. Володарский [22]. Очень важно, чтобы после появления всходов не было заморозков, так как даже небольшие заморозки (до –3 °C), которые всходы кукурузы переносят без заметных внешних повреждений, ведут к снижению урожая. На практике установлено, что лучшими сроками для посева является период перехода средней суточной температуры воздуха через 12–15 °C [25, 183], обеспечивающий уход от заморозков. Это не противоречит выводам Ю. И. Чиркова [176], который рекомендует массовый посев кукурузы проводить при достижении температуры воздуха 12–14 °C.

Таким образом, лучшими средними сроками посева кукурузы на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье можно считать сроки, отклоняющиеся от даты перехода температуры воздуха через 15 °C в ту и другую сторону на 2 дня. В среднем это означает, что начинать посев следует при переходе температуры через 18 °C, оптимальная продолжительность посева 4–5 дней. Средние многолетние даты посева кукурузы приведены на рис. 9.

Дату начала посева для определенного пункта (района) в конкретном году можно определять по сумме средних суточных температур воздуха, накапливающихся от даты перехода температуры через 0 °C до даты ее перехода через 12 °C. Она, по нашим расчетам, проведенным по многолетним данным, равна 340 °C. При переходе температуры через 15 °C сумма

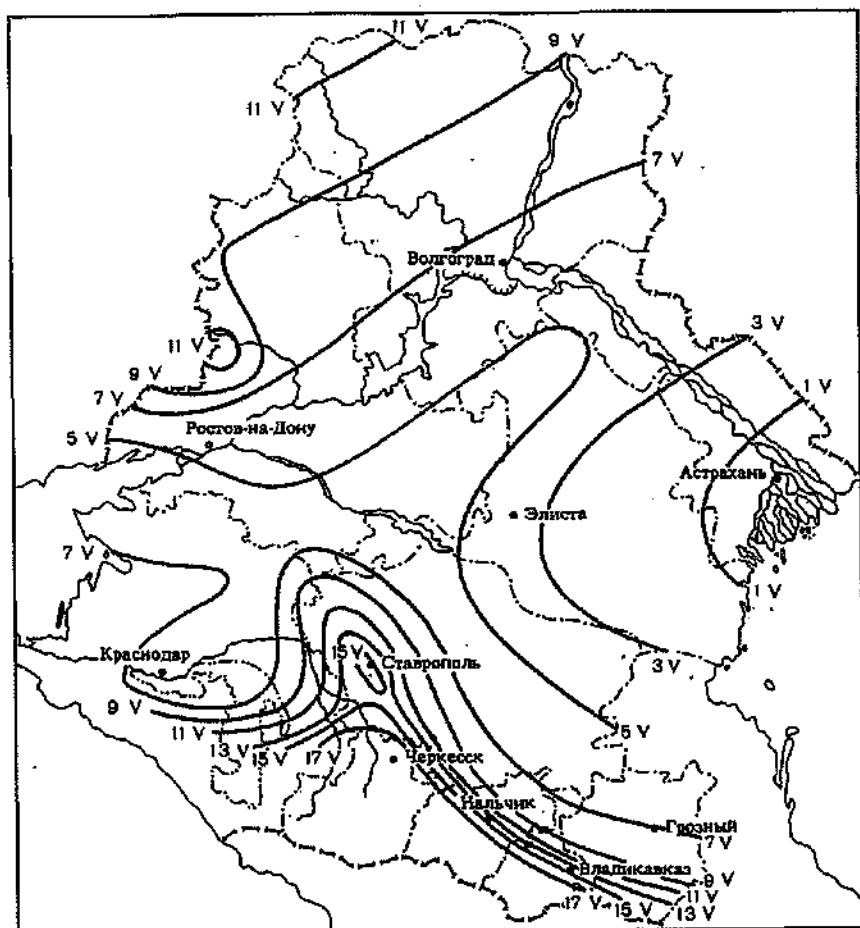


Рис. 9. Средние многолетние даты начала оптимальных сроков посева кукурузы.

достигает 370°C , а при переходе через 18°C – уже 405°C . Таким образом, при посеве кукурузы в оптимальный срок виды на урожай могут быть оценены 100 %, при задержке на 10 дней оценка урожая снижается до 89 %, а при задержке на 20 дней – до 82 % [36].

Важное значение для получения более высокого урожая кукурузы имеет норма высева семян, которую на богарных участках связывают с глубиной весеннего промачивания почвы.

Н. Н. Бородин и И. И. Смородин [17] указывают, что норма высева семян должна быть такой, чтобы обеспечивать оптимальные условия развития кукурузы и давать наибольший урожай. Они считают, что при глубине промачивания почвы (ГПП) весной менее 70 см на 1 га пашни должно быть не более 30 тыс. растений, при ГПП 71–100 см – от 34 до

36 тыс., а при ГПП около 100 см – 40 тыс. растений. На орошаемом участке таких растений может быть 51–60 тыс. [36].

На богарных участках [36] наибольший урожай, 2,98 т/га, получен при 40 тыс. растений на 1 га пашни (100 %), при 60 тыс. растений урожай составил 2,84 т/га (95 %), при 80 тыс. растений – 2,71 т/га (91 %).

На орошаемом участке наблюдается следующая картина:

Количество растений (тыс.)			
на 1 га пашни	40	60	80
Урожайность, т/га	3,94	4,48	4,08
Оценка, %	88	100	91

Если провести анализ количества выращиваемых растений на 1 га пашни в Ростовской области, то мы увидим, что норма высева часто нарушается: на богарных участках количество растений значительно отклоняется от 40 тыс/га, а на орошаемых участках – от 60 тыс/га, что и ведет к снижению урожая.

Важное значение в технологии выращивания кукурузы имеет уход за посевами, который сводится к борьбе с сорняками. Он ведется такими агротехническими приемами, как слепое боронование, повсходовое боронование, междурядная культивация при образовании растениями кукурузы 3–5 и 7–8 листьев. Кроме того, с сорняками борются с помощью гербицидов [9, 36]. При выполнении всех этих мероприятий можно обеспечить наиболее высокий урожай (100 %). При сокращении работ по уходу за

Таблица 16

Оценка условий формирования урожая кукурузы
в зависимости от агротехники и агрометеорологических условий

I. Агротехнические мероприятия

Мероприятия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
1. Основная обработка почвы		
1.1. Вспашка почвы осенью до глубины		
27–30 см	100	[25, 36, 147]
20–25 см	90	
15–17 см	80	
2. Внесение удобрений		
2.1. 10 т/га навоза и $N_{120}P_{120}$	100	[25, 36, 177, 183]
2.2. $N_{120}P_{120}$	95	
2.3. $N_{90}P_{90}$	90	
2.4. $N_{60}P_{60}$	85	
2.5. Без органических и минеральных удобрений	80	

Мероприятие	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
3. Предпосевная обработка почвы		
3.1. Весеннее боронование, выравнивание почвы, две предпосевные культивации и послепосевное прикатывание	100	[25, 36, 177, 183]
3.2. То же без весеннего боронования	95	
3.3. То же при несвоевременном проведении культивации	90	
3.4. Одна культивация без весеннего боронования и послепосевного прикатывания	80	
4. Посев		
4.1. Посев проведен в оптимальные сроки после перехода температуры воздуха через 12 °С и до ее перехода через 18 °С	100	[22, 23, 26, 36, 176]
4.2. Через 10 дней после оптимального срока	89	
4.3. Через 20 дней после оптимального срока	82	
5. Обеспечение необходимого количества растений на 1 га пашни (тыс/га)		
5.1. На богаре		[17, 36]
40	100	
60	95	
80	91	
5.2. На орошении		
40	88	
60	100	
80	91	
6. Борьба с сорняками		
6.1. Сильное боронование, повсходовое боронование, междурядная культивация при достижении кукурузой 3–5 и 7–8 листьев, использование гербицидов	100	[9, 36]
6.2. При сокращении повсходовых и междурядных обработок на 50 %	90	
6.3. При сокращении повсходовых и междурядных обработок на 50 % и без использования гербицидов	78	
7. Уборка кукурузы на силос		
7.1. Уборка проведена в оптимальные сроки	100	
7.2. На 18 дней позднее оптимального срока	90	
7.3. На 28 дней позднее оптимального срока	80	

II. Агрометеорологические условия
Источники [38, 155, 160, 176]

Температура почвы на глубине 10 см, °C	Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-10 см, мм	Обеспеченность формируемого урожая, %
8. Посев — всходы		
18-23	>15	100
18-23	10-12	90
14-17	>15	90
18-23	7-9	80
14-17	10-12	80
12-13	>15	80
18-23	<7	60
14-17	7-9	60
12-13	10-12	60
<12	>15	60

Температура воздуха, °C	Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-50 см, мм	Обеспеченность формируемого урожая, %
-------------------------	--	--

9. Третий лист — выметывание метелки

20-25	>60	100
26-30	>60	90
17-19	>60	90
20-25	41-60	90
26-30	41-60	80
17-19	41-60	80
14-16	>60	80
20-25	31-40	80
26-30	31-40	70
17-19	31-40	70
20-25	21-30	70
14-16	41-60	70
20-25	<20	60
26-30	21-30	60
20-25	10-20	40
26-30	< 20	40
>32	21-30	40

10. Выметывание метелки — цветение початка

19-26	>60	100
27-28	>60	90

Температура воздуха, °С	Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–50 см, мм	Обеспеченность формируемого урожая, %
16–18	>60	90
18–27	51–60	9
19–24	41–50	90
14–17	>60	80
15–18	41–60	80
16–20	21–40	80
25–28	41–50	80
< 14	51–60	60
<15	41–50	60
16–18	21–30	60
21–27	21–40	60
14–30	< 20	60

11. Цветение початка — молочная спелость

20–24	> 60	100
19–23	> 60	95
25–26	> 60	95
27–28	> 60	90
17–18	> 60	90
19–24	51–60	90
20–24	41–50	85
25–26	41–50	80
19–23	41–50	80
20–24	31–40	80
27–30	51–60	80
14–16	> 60	80
20–24	21–30	70
25–26	21–30	65
19–23	21–30	65
27–28	31–40	65
17–18	21–30	60
14–16	21–30	60
29–30	31–40	60
<14	> 60	60
> 30	> 60	60
20–24	< 20	60
27–28	21–30	60

12. Молочная — восковая спелость

<21	21–25	100
	26–28	90
	29–30	80
	>30	60

посевами, когда даже на короткое время поля оказываются сильно засоренными, оценка на урожай снижается; если к тому же в борьбе с сорняками не используются гербициды, виды на урожай могут составить всего 78 % [36].

Что касается агрометеорологических условий, то их влияние на урожай кукурузы выражено не менее четко, чем влияние агротехники. Прежде всего урожай кукурузы зависит от влаго- и теплообеспеченности растений. Наилучшие условия складываются в достаточно теплую, но не жаркую погоду. При температуре воздуха ниже 18 °С и выше 25 °С начинает сказываться отрицательное влияние на рост и развитие кукурузы, а при снижении температуры до 10–11 °С или повышении ее до 33 °С и выше рост растений прекращается.

Наиболее благоприятные условия для роста и развития кукурузы создаются при запасах влаги в 0–50 см слое почвы более 60 мм и температуре воздуха 19–26 °С. Уменьшение запасов влаги ведет к ухудшению условий роста и развития кукурузы, а при запасах влаги менее 20 мм условия характеризуются как плохие (табл. 16).

Агрометеорологическая оценка вегетационного периода для формирования урожая зеленой массы кукурузы (проведенная по табл. 16) за 1986, 1987, 1988 гг. (табл. 17) показала, что она неплохо согласуется с урожайностью зеленой массы (рис. 10). Хуже она работает при оценке условий формирования урожая зерна. Это связано с уменьшением уборочных площадей в неблагоприятные годы и сохранением их неизменными в благоприятные.

Например, в неблагоприятные годы площади кукурузы, предназначенные для уборки на зерно, резко сокращаются. Для уборки оставляют лучшие участки. Естественно, что с этих участков собирают более высокий урожай, чем он мог быть получен со всей запланированной площади. Напротив, в благоприятные годы уборочную площадь увеличивают даже выше плановой и этим несколько снижают урожайность зерна.

Таблица 17

Агрометеорологическая оценка (%) состояния кукурузы
по Ростовской области в 1986, 1987 и 1988 гг.

Межфазные периоды	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Посев — всходы	75	100	90
Третий лист — выметывание метелки	80	100	100
Выметывание метелки — цветение початка	60	80	90
Цветение початка — молочная спелость	60	80	85
Молочная спелость — восковая спелость	100	90	90
Среднее за вегетационный период	75	94	91

Это несоответствие урожая зеленой массы и зерна кукурузы хорошо прослеживается на рис. 10, где линии трендов урожая зеленой массы и зерна кукурузы имеют обратный ход: линия тренда урожая зеленой массы кукурузы вогнутая, а линия тренда урожая зерна выпуклая. Вот почему оценка вегетационного периода кукурузы, если мы попытаемся с помощью ее перейти к оценке урожая, оказывается более объективной для урожая зеленой массы.

По расчетам агрометеорологическая оценка вегетационного периода для формирования зеленой массы кукурузы за 1986 г. равна 75 %, за 1987 г. — 94 % и за 1988 г. — 91 %. Причем, если взглянуть на рис. 10, видно, что

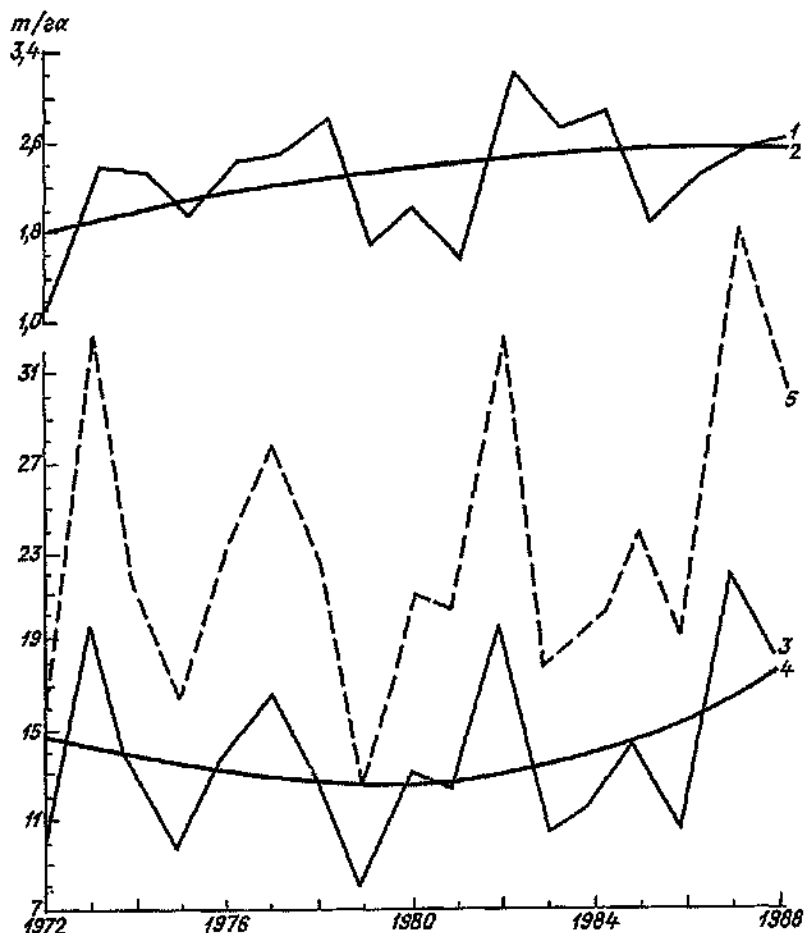


Рис. 10. Динамика урожайности (т/га) кукурузы на зерно и зеленый корм в Ростовской области в 1972—1988 гг.

1 — урожайность зерна, т/га; 2 — урожайность зерна по тренду, т/га; 3 — урожайность зеленой массы, т/га; 4 — урожайность зеленой массы по тренду, т/га; 5 — потенциально возможная урожайность зеленой массы, т/га.

в последний период имели место резко отличающиеся по урожаю годы: 1986 г. наиболее неурожайный, а 1987 г. самый урожайный. По максимальной и минимальной урожайности за эти годы можно рассчитать оценку средней линии тренда: $\frac{75 + 94}{2} \approx 85 \%$.

Для оценки урожая зеленой массы за 1988 г. надо определить ее урожайность по тренду за этот год – она равна 17,7 т/га – и после этого определить возможную урожайность в 1988 г.: $\frac{17,7 \cdot 91}{85} = 18,9$ т/га. Фактическая урожайность составила 18,6 т/га.

Получаемые урожаи кукурузы в области далеко не достигают возможных из-за нарушений агротехнических условий (табл. 18).

Таблица 18

**Снижение урожайности кукурузы в Ростовской области
за счет нарушения технологии ее возделывания**

Вид нарушений	Предполагаемое снижение урожайности, %
Нарушения при основной обработке почвы	5
Нарушение сроков и норм внесения удобрений	15
Нарушение сроков комплексности проведения предпосевной обработки почвы	5
Нарушение сроков посева	10
Необеспечение оптимального количества растений на 1 га пашни	5
Нарушение сроков и малая эффективность борьбы с сорняками	10
Задержка с уборкой кукурузы на силос (в среднем на 15 дней)	15
Общее снижение	65

Рассчитанное снижение урожайности кукурузы (табл. 18) говорит о том, что резерв для его повышения в области огромный. Он составляет в зависимости от условий года от 6–8 до 13–16 т/га, что хорошо прослеживается на рис. 10 (кривая 5).

1.5. Подсолнечник

Подсолнечник – культура засухоустойчивая, имеет мощную корневую систему, очень отзывчива на агрометеорологические условия и агротехнику. На Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье подсолнечник занимает большие площади и является основной масличной культурой.

В технологическом процессе выращивания подсолнечника особое значение имеют следующие агротехнические приемы: основная и предпосевная обработка почвы, отбор высококачественных семян, соблюдение

сроков посева, работы по уходу за посевами и уборка урожая.

Основная обработка почвы сводится к лущению стерни на глубину 6–8 см, а после отрастания многолетних сорняков – к повторному лущению на глубину 8–10 см. При необходимости до зяблевой вспашки проводится культивация с одновременным боронованием. Вспашку зяби производят на глубину 20–22 см, а если после второго лущения многолетние сорняки появляются снова, то на глубину 27–30 см [28, 147, 153]. Такая осенняя обработка почвы позволяет обеспечить наиболее высокие урожаи подсолнечника, но при этом необходимо соблюдать сроки вспашки зяби. При вспашке в сентябре урожай можно ожидать 100 %, при вспашке в октябре – 90 %, при вспашке в ноябре – 80 %, а при весновспашке – 75 %.

Предпосевная обработка почвы сводится к весеннему закрытию влаги, на окультуренных полях при высококачественной зяблевой вспашке обычно ограничиваются одной культивацией на глубину 6–8 см. Она проводится после того, как почва на глубине 6–8 см прогреется до 10–12 °С и появятся всходы ранних яровых сорняков. При некачественной зяблевой вспашке или при большой плотности почвы весеннюю культивацию проводят на глубину 8–10 см с одновременным боронованием. В сухие весны и при рыхлой почве после предпосевной культивации поле прикатывают кольчатыми катками. При выполнении такой предпосевной обработки можно обеспечить формирование наиболее высокого урожая (100 %), без закрытия влаги ранней весной урожай снижается до 95 %, а при неполном или плохом выполнении других работ, когда предполагается значительная засоренность, урожай может снизиться до 90–80 %.

Посев подсолнечника проводится примерно в те же сроки, что и посев кукурузы, – после перехода температуры почвы на глубине 8–10 см через 10–12 °С. При таком сроке посева обеспечивается необходимая предпосевная обработка почвы, хотя подсолнечник на чистых полях можно высевать одновременно с яровыми колосовыми культурами.

Норму высева семян предусматривают такую, при которой можно получить необходимое число растений (тыс/га): 20–30 на южных черноземах и каштановых почвах засушливой степи, 30–40 в степных районах с предкавказскими и приазовскими карбонатными черноземами и 40–50 на предкавказских выщелоченных и слабовыщелоченных черноземах [28].

Д. Н. Беленцев [12] связывает количество растений на 1 га пашни с запасами влаги в 0–100 см слое почвы весной. При запасах влаги 80–100 мм оставляют 20–30 тыс. растений на 1 га, при запасах влаги 120–150 мм – 40 тыс., а при запасах влаги более 170 мм – 50 тыс. Заделку семян рекомендуется проводить на глубину 6–8 см, а гибридов – на 4–5 см [28]. При оптимальной густоте и глубине заделки семян можно обеспечить наибольший урожай (100 %), при уменьшении густоты на 5 тыс.

урожаи будет составлять 90 %, а при уменьшении ее на 10 тыс. — 80 % [12].

Если посев проведен сразу же после перехода температуры почвы на глубине 8–10 см через 10–12 °С, то урожай составит 100 %, а спустя 10–15 дней он может снизиться до 80 %. При этом, конечно, должны учитываться и агротехнические мероприятия по уходу за посевами [153]. Примерно на 10 % может снизиться урожай за счет сокращения уходовых работ на 50 % и на 20 % при полном их отсутствии.

Ответственным моментом в технологическом процессе выращивания подсолнечника является уборка урожая. В степных районах Северного Кавказа и Нижнего Поволжья к уборке приступают при влажности зерна 12–16 %, однако часто случается так, что зерно достигло физиологической зрелости, а сами растения (листья, стебли) еще не высохли и содержат много влаги. Это не дает возможности приступить к уборке и ведет к потерям.

В такие годы необходимо проводить подсушивание растений на корню — десикацию. Десикация проводится в фазу физиологической спелости подсолнечника, примерно через 40 дней после массового цветения, когда на поле 50–60 % желтых, 20–30 % желто-бурых и 10–20 % бурых корзинок. Уже через 7–10 дней после десикации можно быстро проводить уборку [153].

В первые дни после того, как семена подсолнечника достигнут 12–16 % влажности, уборка проходит без потерь, т. е. урожай, сформированный к началу уборки, в первые несколько дней будет неизменным; в дальнейшем, как показали наши расчеты, проведенные за ряд лет по отдельным районам территории, урожай начнет снижаться. Данную зависимость можно выразить следующим линейным уравнением:

$$y = -0,4x + 100; \quad (2)$$

$$r = 0,73 \pm 0,9; n = 49,$$

графически она представлена на рис. 11.

Используя это уравнение, можно определить снижение урожайности за счет задержки сроков уборки. При задержке на 10 дней урожайность подсолнечника снижается до 96 %, а при задержке на 20 дней — до 92 %.

Если невыполнение или нарушение любого агротехнического мероприятия по выращиванию подсолнечника, как и у зерновых культур, влечет за собой невосполнимые потери урожая, то агрометеорологические условия влияют на весь вегетационный период и поэтому рассматриваются в комплексе.

Важнейшими агрометеорологическими условиями, от которых зависит рост, развитие и формирование урожайности подсолнечника, являются тепло- и влагообеспеченность. Их влияние сказывается как в отдельные межфазные периоды, так и на протяжении всего вегетационного периода [84].

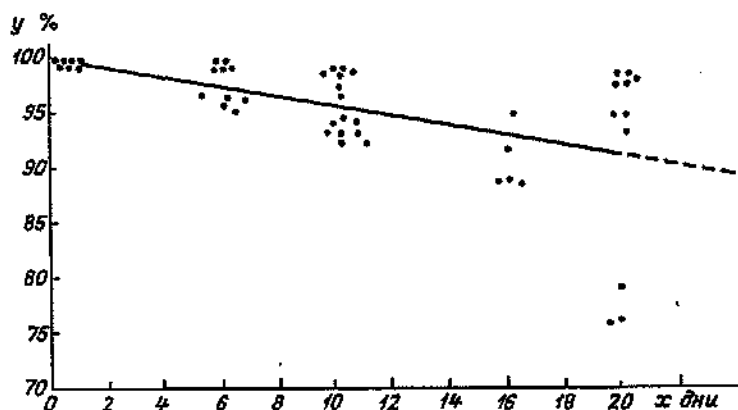


Рис. 11. Снижение урожайности подсолнечника (у) в зависимости от задержки сроков уборки (х).

В период от посева до всходов температура воздуха 12–16 °C и запасы влаги в слое почвы 0–20 см, превышающие 30 мм, обеспечивают самые благоприятные условия для полноты и одновременности всходов [84, 155]. Понижение температуры и уменьшение запасов влаги удлиняют период от посева до всходов, ухудшают всхожесть семян и ведут к снижению урожайности подсолнечника.

В период от всходов до образования соцветий подсолнечник растет медленно, умеренно потребляет влагу, но при ее недостатке (менее 60 мм в слое почвы 0–50 см) в период закладки соцветий уменьшается количество цветков, корзинка становится недоразвитой. Наиболее благоприятными условиями в этот период являются: температура воздуха 20–25 °C, запасы влаги в слое почвы 0–50 см более 70 мм [84, 153].

В период от образования соцветий до цветения оптимальной температурой воздуха остается температура 20–25 °C, резко повышается требование к влаге. Запасы влаги в метровом слое почвы должны превышать 100–200 мм (оптимум). Недостаток влаги замедляет линейный прирост растений, уменьшает площадь листовой поверхности и в конечном счете урожайность.

В период налива зерна наиболее благоприятные условия создаются при температуре воздуха 20–25 °C и запасах влаги в метровом слое почвы более 100 см. Очень благоприятно на урожай сказываются дожди, проходящие в первые две недели после цветения. В конце налива, напротив, благоприятно отсутствие осадков и невысокая относительная влажность воздуха.

Осадки в конце налива ведут к снижению урожайности. Суховеи и недостаток влаги в почве в период цветения и формирования семян вызывают недоразвитость семян в центре корзинки, снижают маслич-

ность. Корзинка и семена формируются мелкие [84, 155]. Поскольку посев подсолнечника в рассматриваемых районах проводится в такие сроки, которые обеспечивают уход от заморозков, а температура в период его вегетации близка к оптимальной, мы для оценки условий произрастания подсолнечника рекомендуем использовать только запасы влаги в почве.

Оценка урожая в зависимости от агрометеорологических и агротехнических условий приведена в табл. 19.

Таблица 19

Оценка условий формирования урожая подсолнечника
в зависимости от агротехники и агрометеорологических условий

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожая, %	Источник
Агротехнические мероприятия		
1. Основная обработка почвы		
1.1. Лушение, повторное лушение, зяблевая вспашка на глубину 20—22 или 27—30 см при засорении поля многолетними сорняками		
в сентябре	100	[12, 13, 28, 147, 153]
в октябре	90	
в ноябре	80	
весной (весновспашка)	75	
2. Предпосевная обработка почвы		
2.1. Весеннее закрытие влаги, культивация	100	[13, 28, 119, 153]
2.2. Без закрытия влаги	95	
2.3. При невыполнении или плохом выполнении других предпосевных работ	90	
3. Посев		
3.1. Посев проведен в оптимальные сроки при температуре почвы 10—12 °С, после посева проведено слепое боронование и три культивации междурядий	100	[12, 13, 28, 66, 153]
3.2. Посев задержан на 10 дней или не проведены культивации междурядий (две из трех)	90	
3.3. Посев задержан на 20 дней или не проведены уходные работы после посева	80	
4. Уборка урожая		
4.1. Уборка проведена в оптимальные сроки при снижении влажности зерна до 12—14 % в течении 5 дней	100	[12, 153]
4.2. Запоздание с уборкой		
на 10 дней	96	
на 20 дней	92	
на 24 дня	90	

Агротехнические мероприятия и агрометеорологические условия	Обеспеченность формируемого урожае, %	Источник
5. Густота стояния в зависимости от запасов влаги в слое почвы 0—100 см (W)		
5.1. При $W = 130 \dots 170$ мм 30—50 тыс/га	100	[12]
5.2. При $W = 110 \dots 120$ мм снижение густоты на 5 тыс/га	90	
5.3. При $W = 80 \dots 110$ мм снижение густоты на 10 тыс/га	80	
Агрометеорологические условия		
6. Запасы влаги (мм) по межфазным периодам		
6.1. Посев — всходы		
Слой почвы 0—20 см		
>25 мм	100	[84, 155]
21—25 мм	95	
16—20 мм	90	
<16 мм	80	
6.2. Всходы — образование соцветий		
Слой почвы 0—50 см		
70 мм	100	[84, 155]
61—70 мм	90	
41—60 мм	80	
<40 мм	60	
6.3. Образование соцветий — цветение		
Слой почвы 0—100 см		
101—120 мм	100	[84, 155]
81—100 мм	90	
61—80 мм	80	
41—60 мм	70	
<40 мм	60	
6.4. Цветение — созревание		
Слой почвы 0—100 см		
100 мм	100	[84, 155]
81—100 мм	95	
61—80 мм	90	
41—60 мм	85	
21—40 мм	80	
<20 мм	60	

По данной таблице мы рекомендуем проводить оценку урожая только по агрометеорологическим условиям, вводя поправку на уборку подсолнечника.

Оценку по агротехническим условиям можно использовать для расчета оптимально возможной урожайности подсолнечника. Она может быть получена за счет устранения потерь, возникающих от нарушения

технологии возделывания культуры. Такие потери приведены в табл. 20.

Пример расчета агрометеорологической оценки за 1986, 1987 и 1988 гг. приведен в табл. 21.

Таблица 20

Снижение урожайности подсолнечника
за счет нарушения технологии его возделывания

Вид нарушений	Снижение урожайности, %
Нарушения при основной обработке почвы	10
Нарушения при предпосевной обработке почвы	5
Нарушения при проведении уходовых работ и сроков посева	10
Нарушения от несоответствия количества растений на 1 га пашни условиям увлажнения и характеру почв	10
Нарушение сроков уборки	8
Общее снижение	43

Таблица 21

Оценка (%) агрометеорологических условий произрастания подсолнечника
в Ростовской области в 1986, 1987 и 1988 гг.

Межфазные периоды	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Посев — всходы	95	100	100
Всходы — образование соцветий	80	100	90
Образование соцветий — цветение	60	90	80
Цветение — созревание	60	85	85
Средняя оценка условий за вегетационный период	74	94	89

По расчетам агрометеорологическая оценка за неблагоприятный 1986 г. составляет 74 %, за благоприятный 1987 г. — 94 %, а за 1988 г. — 89 %.

Как у кукурузы и зерновых колосовых культур, оценка среднего по агрометеорологическим условиям вегетационного периода подсолнечника равна 85 %. Эта оценка характеризует урожайность по тренду, который мы получаем графическим путем, используя динамику урожайности за период более 10 лет (рис. 12).

На основе данных табл. 20 на рис. 12 нанесен оптимально возможный урожай.

От агрометеорологической оценки с поправкой на уборку можно перейти к урожайности, выраженной в тоннах на гектар.

Например, чтобы рассчитать урожайность за 1988 г., необходимо иметь следующие данные: оценку агрометеорологических условий за вегетационный период 1988 г. (она равна 79 %); оценку для среднего по агрометеорологическим условиям года (с поправкой на уборку она равна 1,48 т/га, рис. 12).

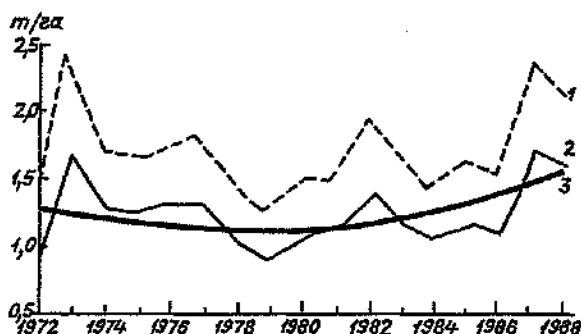


Рис. 12. Динамика урожайности (т/га) подсолнечника в Ростовской области в 1972—1988 гг.

1 — оптимально возможная урожайность; 2 — фактическая средняя областная урожайность; 3 — урожайность по травле.

Имея эти данные, легко вычислить урожайность за 1988 г. Она будет равна $\frac{79 \cdot 1,48}{81} = 1,44$ т/га.

Фактическая урожайность в 1988 г. составила 1,49 т/га.

2. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

2.1. Агromетеорологические прогнозы урожайности и их использование

В последние годы агрометеорологические прогнозы в гидрометеорологическом обеспечении сельскохозяйственного производства получили большое распространение. Особое место среди них занимают прогнозы урожайности сельскохозяйственных культур. Цель составителя таких прогнозов – обеспечение областных, краевых, республиканских сельскохозяйственных органов заблаговременной информацией об ожидаемом урожае и валовом сборе зерна. Такая информация позволяет планировать работу хлебоприемных предприятий, транспорта на перевозках зерна, продажу и закупку фуражного и продовольственного зерна и помогает решать ряд других вопросов. На теоретических основах методик этих прогнозов могут разрабатываться способы программирования урожайности сельскохозяйственных культур на орошении [180].

Существующие методики прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур можно разделить на две группы: первая – имитационно-модельная и вторая – эмпирико-статистическая. Первая группа методов более правильно и физически обоснованно отражает процесс формирования урожайности на протяжении вегетационного периода культуры и выражает конечный результат этого процесса – урожай. К сожалению, из-за сложности процессов и многочисленности компонент, влияющих на формирование урожайности, эта группа методов пока еще не получила большого развития и распространения, хотя будущее, очевидно, за ними. Пока же, какими бы совершенными ни были имитационные модели, они неоперативны и требуют дальнейших доработок. Наиболее приближенными к практическому использованию сегодня являются пока немногие модели [43, 54, 57, 145, 150 и др.].

Напротив, эмпирико-статистические методы получили широкое развитие и распространение и дают сегодня неплохой практический выход. Эмпирико-статистический подход предполагает конкретные культуры, район применения и определяющее влияние на онтогенез растений таких внешних факторов, которые лимитируют их рост, развитие и формирование урожая, т. е. там, где обдуманно привлечены статистические закономерности и рационально использованы методы регрессивного анализа, этот подход вполне себя оправдывает.

На Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье агрометеорологи успеш-

но применяют второй подход при прогнозировании районной и зональной урожайности озимых, областной (краевой) урожайности озимой пшеницы, ярового ячменя, кукурузы, проса, сахарной свеклы, риса, подсолнечника и ряда других культур [84, 129, 142, 161, 164 и др.].

О методах, разработанных нами и используемых при прогнозировании урожайности, будет рассказано в последующих разделах, здесь же хочется обратить внимание на применение статистического подхода в решении ряда других задач, в том числе задач, связанных с выращиванием программированных урожаев сельскохозяйственных культур не только на орошении, но и на богаре.

На орошении в программу планируемого урожая закладывается оптимальная влагообеспеченность, и на основе этого строится агротехника, проводятся мероприятия по борьбе с вредителями и болезнями, планируются сроки и нормы внесения удобрений, т. е. в данном случае все параметры могут быть рассчитаны заранее и определена величина программированного урожая.

В богарных условиях влагообеспеченность остается величиной переменной, поэтому в течение вегетации меняется способность растений к усвоению питательных веществ, а отсюда изменяются дозы вносимых удобрений и агротехнические приемы. То есть программирование урожая ограничивается влагообеспеченностью и корректируется в процессе роста и развития растений в вегетационный период. В связи с этим величина программированного урожая здесь не остается заданной величиной, как на орошении, а программируется оптимально возможной.

При таком программировании, по нашему убеждению, методика расчета должна учитывать возможные изменения урожайности в течение всего вегетационного периода культуры. Это необходимо из-за того, что формирование урожайности не ограничивается условиями какого-то определенного периода, пусть даже критического, что будет достаточно убедительно показано в следующем разделе при разборе причин сильного изменения урожайности за сравнительно короткий период ее формирования. Поэтому методика должна позволять начиная с определенного времени поэтапно (лучше еженедельно) уточнять конечное значение ожидаемой урожайности. Для этого в каждый очередной срок до даты уточнения берутся фактические значения, входящие в расчет параметров, а после этой даты и до конца вегетации их средние многолетние.

Такой подход позволяет проследить ход нарастания урожайности и при необходимости своевременно смягчить неблагоприятные или усилить благоприятные условия ее формирования, т. е. обеспечить оптимально возможное накопление урожая при создавшихся агрометеорологических условиях.

В качестве примера приведем расчет урожайности озимой пшеницы за 1981 г. по Аксайскому району Ростовской области, для чего используем уравнение, полученное для приазовской зоны Ростовской области [135]:

$$y = y_0 + 0,4x_1 + 0,11x_2 - 0,18x_3 - 0,12x_4 + 0,086x_5 + 0,012x_6 - 0,156x_7 - 3,85x_8 + 0,12. \quad (3)$$

Здесь y_0 — урожайность озимой пшеницы за прошлый год, ц/га;

x_1 — разность площадей, находящихся под паром, в текущем и прошлом году (в 1981 г. $x_1 = -1$);

x_2 — разность суммарных оценок состояния озимых на весну в текущем и прошлом году (в 1981 г. $x_2 = 67$);

x_3 — разность сумм температур воздуха ниже 0°C за зиму в текущем и прошлом году (в 1981 г. $x_3 = -511$), ц/га;

x_4 — разность ГПП на весну в текущем и прошлом году (в 1981 г. $x_4 = 27$);

x_5 — разность сумм осадков за май в текущем и прошлом году, мм;

x_6 — разность средних температур воздуха за май в текущем и прошлом году, $^\circ\text{C}$.

x_7 — разность сумм осадков за июнь в текущем и прошлом году, мм;

x_8 — разность средних температур воздуха за июнь в текущем и прошлом году, $^\circ\text{C}$.

Расчет можно начинать с 30 апреля, закладывая в уравнение величины x_1, x_2, x_3, x_4 как постоянные в текущем году, а x_5, x_6, x_7, x_8 как переменные. На 30 апреля величины x_5, x_6, x_7, x_8 берутся как средние многолетние, а дальше каждую следующую декаду вплоть до начала уборки они уточняются по фактическим данным.

Ниже приведены расчетные данные об урожайности озимой пшеницы в 1981 г. по мере уточнения прогноза:

Дата, на которую дается прогноз.....	30 IV	10 V	20 V	31 V	10 VI	20 VI	30 VI
Прогнозируемая урожайность, т/га...	3,30	3,26	3,24	3,19	3,14	2,85	2,75
Фактическая урожайность, т/га...			2,60				

По ним можно наглядно проследить изменения в формировании урожая.

В методиках, которые будут рассмотрены в данной работе, все расчеты строятся на основе агрометеорологических параметров, а такие факторы, как агротехника, энергоемкость сельскохозяйственного производства, химизация, почвенное плодородие, учитываются косвенно — по изменению тренда т. е. по экстраполяции тех тенденций, которые сложились в динамике формирования урожайности в районе в предшествующие годы. Изменения тренда могут проходить прямолинейно, по параболе, показательной функции и т. д. [45, 55, 63, 81, 86, 93, 98, 164, 166].

В наших методиках тренд учитывается в большинстве случаев. Причем в отличие от существующих приемов его использования в уравнениях [42, 55, 142, 164, 166 и др.], мы вводим параметр изменения урожайности по тренду непосредственно в уравнение или же все параметры, входящие в уравнение, и урожайность рассматриваем как изменение по

сравнению с прошлым годом. Тогда учет тенденции изменения урожайности за счет культуры земледелия заложен в уровне урожайности прошлого года, с которой сравнивается урожайность в прогнозируемом году. Такой подход является новым в учете тенденции изменения урожайности за счет изменения культуры земледелия, он позволяет в значительной степени уменьшить возможные ошибки при учете агротехники возделывания сельскохозяйственной культуры применительно к тому или иному году.

Для повышения качества расчетов по предлагаемым методикам мы рекомендуем ежегодно, по крайней мере не реже чем один раз в два года, уточнять коэффициенты регрессии в натуральных переменных и свободный член уравнения. Такие уточнения необходимо проверить на ряде, в который входят данные не менее чем за десять последних лет. Хорошие результаты дает метод ежегодного графического построения тренда и его использования при расчете урожайности. Данный метод подробно изложен в одном из разделов этой главы.

2.2. Агрометеорологические прогнозы урожайности и учет причин ее изменения

Вопросы агрометеорологического прогнозирования урожайности зерновых колосовых культур получили в агрометеорологии наибольшее развитие. Очевидно это связано с тем, что данные культуры являются основой сельского хозяйства нашей страны.

В последние 10–15 лет появилось много методик по агрометеорологическому прогнозированию урожайности зерновых колосовых культур [7, 18, 27, 31–33, 39, 48, 52, 55, 64, 73, 82, 87, 98, 103, 104, 107, 108, 110, 111, 129, 142, 151, 160–164 и др.], причем большинство из них опирается на данные об уже сложившихся агрометеорологических условиях и состоянии культур. Для озимых это осенне-зимне-весенние агрометеорологические условия, густота стояния и состояние растений; для яровых колосовых и зернобобовых – весенне-летние условия первой половины вегетационного периода и состояние растений.

В сравнительно недавнее время сделаны попытки спрогнозировать урожайность зерновых культур до их посева на основе учета особенностей циркуляции атмосферы или инерционных факторов [1–3, 106, 113].

В ряде работ предлагается для прогноза урожайности зерновых культур учитывать лишь одну какую-либо группу факторов. Например, в [187, 190] для этого используются такие параметры, как число колосьев и их длина на единицу площади.

Одни авторы учитывают только параметры, связанные с различными свойствами почвы (плодородие, кислотность, нитрификационная способность и количество внесенных удобрений) [67, 69, 179], другие – только агротехнические факторы [159].

Отдельные методики прогнозирования урожайности зерновых культур сочетают агрометеорологические, почвенные и агротехнические факторы [154].

Такое многообразие методик не случайно. Каждый земледельческий район отличается от другого по климатическим и погодным условиям, по плодородию почв, по выращиваемым сортам и т. д.; т. е. в каждом конкретном регионе отдельные факторы по-разному влияют на формирование урожая.

Скажем, в районах, где увлажнение и температура не очень сильно отклоняются от оптимума, эти величины в прогностической модели не оказывают существенного влияния на формируемый урожай. Здесь главным образом он зависит от агротехники. Поэтому в районах с достаточной влагообеспеченностью прогностические модели могут включать только параметры, отражающие состояние посевов или агротехники. Этим и можно объяснить исключение погодно-климатических факторов в методиках, предложенных для прогнозирования урожайности в районах БССР и Пермской области [67, 69, 159, 179]. В. М. Пасов [105] также относит эти районы к климатической зоне устойчивых урожаев, т. е. к районам, в которых больших отклонений урожайности от погодных условий не отмечается.

Из основных причин, вызывающих снижение урожайности зерновых культур, можно назвать следующие.

Таблица 22

Вероятность (%) различных отклонений фактической урожайности озимой пшеницы от урожайности по тренду в Ростовской области за период 1954—1981 гг.

Отклонение (%) фактической урожайности от урожайности по тренду			
0—10	11—20	21—30	>30
24	26	30	20

В юго-восточных районах Европейской части СССР урожайность от года к году сильно колеблется, что хорошо прослеживается по отклонениям фактической урожайности от урожайности по тренду (табл. 22). Причем эти отклонения находятся в прямой зависимости от складывающихся агрометеорологических условий года. Следовательно, наиболее значимыми причинами, ведущими к снижению урожайности зерновых культур, являются прежде всего агрометеорологические условия. Особенно это показательно для лет с неблагоприятными агрометеорологическими условиями, когда урожайность, например, озимой пшеницы по сравнению со средней урожайностью (по тренду) снижается на 20 % и более (табл. 23).

Таблица 23

Повторяемость (%) агрометеорологических условий в различные сезоны года
при формировании высокой или низкой урожайности
озимой пшеницы в Ростовской области

Оценка урожайности	Процент лет с данной урожай- ностью	Осень		Зима		Весна		Лето	
		сухая	влаж- ная	холод- ная	теп- лая	ранняя или сред- няя	позд- няя	сухое	влаж- ное
Урожайность высокая, превышает урожайность по тренду на 20 % и более	26	25	75	0	100	50	50	0	100
Урожайность низкая, ниже урожайности по тренду на 20 % и более	24	80	20	80	20	55	45	100	0

Анализ причин формирования высоких или низких урожаев озимой пшеницы показал, что неблагоприятные или благоприятные агрометеорологические условия в критический период развития этой культуры (выход в трубку – колошение) хотя и играют основную роль в формировании урожая, но не исключают его снижений за счет погодных условий и в другие периоды вегетации этой культуры.

Большие потери урожая вызывают обильные дожди в период налива и формирования зерна, что приводит к его стеканию. По нашим данным [127], в Ростовской области в 1977 г. в районах, где за указанный период выпало от 118 до 140 мм осадков, при обмолоте валков через 5 дней после полной спелости зерна урожайность снизилась на 10–20 %, через 8 дней – на 26–39 %, а через 10 дней – до 45 %.

М. Л. Кравченко [61] сообщает, что при сумме осадков 115 мм за период формирования и созревания зерна озимая рожь Краснозерная 88 из-за задержки уборки на 8 дней снижает урожайность на 40 %.

В дождливую погоду зерно теряет больше сухого вещества на дыхание, происходит прямое выщелачивание.

Кроме того, как указывает И. Г. Калинин [57], в зерне уменьшается количество белка и клейковины, снижаются его хлебопекарные качества. Немалое влияние на эти процессы оказывают высокая влажность воздуха, росы.

К большим потерям урожая приводит задержка обмолота хлебов после наступления фазы массовой полной спелости. Здесь преобладают потери за счет осыпания зерна, уменьшения массы сухого вещества под воздействием солнечных лучей, выбивания зерна дождями и сильным ветром. Кроме того, значительный ущерб урожаю в этот период наносят сельскохозяйственные вредители.

Длительный перестой растений на корню или перележка в валках ведет к зарастанию посевов сорняками, снижает прочность прикрепления колоса к соломинке (особенно у ячменя), что также вызывает снижение урожайности. Особенно велики потери при неблагоприятно складывающихся погодных условиях, например при раннем полегании растений. А. Д. Пасечнюк [101] указывает, что при полегании ячменя в фазе колошения урожай снижается на 30–40 %, при полегании в фазе молочной спелости – на 20–30 %, а при полегании в начале фазы восковой спелости – не более чем на 10 %. Основные потери идут за счет снижения массы зерна, хотя не мало зерна и колосьев теряется и при самой уборке полегших хлебов. И. Г. Калинин [50] на основе 2-летних опытов с озимой пшеницей сортов Донская остистая, Ростовчанка, Безостая 1 установил, что при полегании пшеницы за 4–5 дней до колошения урожайность снижается на 43,6 %, при полегании через 4–5 дней после колошения урожайность снижается на 31,8 %.

Тот же автор отмечает, что при перестое хлебов на корню потери урожая отмечаются более значительные, чем при перележке хлебной массы в валках. Так, в засушливый 1975 г. при перестое на корню 10, 15, 20, 25 дней недобор урожая составил соответственно 0,37, 0,42, 0,55, 0,61 т/га, а при задержке обмолота валков на те же сроки потери были в три раза меньшими: 0,12, 0,15, 0,16, 0,20 т/га.

Эти выводы подтверждаются также и нашими многолетними наблюдениями, проведенными на разных сортах пшеницы и в разные годы, начиная с 1956 г. [119] и заканчивая 70-ми годами. Наблюдения показывают, что более значительные потери урожая при перестое растений наблюдаются в годы с высокой температурой и частыми суховеями; при влажной и прохладной погоде потери меньше, если, конечно, в такие периоды не случается очень интенсивных ливней или градобитий. В среднем же снижение урожайности от задержки уборки возрастает по мере увеличения срока перестоя растений на корню или перележки хлебной массы в валках (табл. 24).

К значительным потерям приводят дожди в период самой уборки урожая зерновых. Так, например, в 1982 г. в Ростовской области урожайность озимой пшеницы снизилась на 25 % из-за обильных и непрекращающихся во многих районах дождей в период уборки. Из-за дождей, задержки уборки и стекания зерна урожайность озимой пшеницы в 1988 г. снизилась в Краснодарском крае на 0,3–0,4 т/га, в Ростовской области – на 0,1–0,2 т/га, а ярового ячменя на 0,5–0,6 т/га.

Необходимо отметить, что в такие годы сроки начала уборки и ее продолжительность имеют особенно важное значение для урожая, тем более, что разные зерновые культуры требуют неодинакового подхода к определению сроков начала раздельной уборки и прямого комбайнирования. Наиболее тесно этот момент увязывается с влажностью зерна.

Таблица 24

Средние потери (%) урожая озимой пшеницы при задержке уборки после наступления массовой фазы полной спелости

Способ уборки	Число дней, на которые задерживается уборка						
	2	4	6	8	10	12	14
Прямое комбайнирование	1	3	8	16	28	42	50
Раздельная уборка	1	3	5	7	9	10	12

Рядом исследователей [50, 59, 77, 95] установлено, что озимую пшеницу лучше всего начинать убирать раздельно при влажности зерна 40–35 % (начало восковой спелости), яровой и озимый ячмень – при влажности 32–30 % (массовая восковая спелость). В конце восковой спелости содержание влаги в зерне снижается до 20 %, растения начинают вступать в фазу полной спелости. Фаза массовой полной спелости наступает при влажности зерна 16–12 %. Следовательно, для того чтобы вовремя провести уборку, необходимо постоянно следить за ходом изменения влажности в зерне и в растении.

А. И. Носатовский [95], рассматривая изменение количества воды в растениях пшеницы, отмечал, что в период кущения на ее долю приходится 300–400 % воздушно-сухого вещества растений. В начале формирования зерна растение содержит уже 120–150 % воды. Уменьшение количества воды в растениях по мере их старения происходит не плавно. Наиболее резкое снижение отмечается в период от выхода в трубку до колошения.

Разные части растений в один и тот же момент содержат неодинаковое количество воды. Например, в начальный период формирования зерна нижние листья растений содержат 40–50 % воды, а верхние – до 200 %, т. е. по мере старения листа количество воды в нем уменьшается. То же можно отнести к растению в целом: те его органы, которые образовались позже, содержат воды больше, чем те, которые созданы раньше. Поэтому в начале развития завязи в ней содержится около 200 % воды, хотя в самом растении воды только 120–150 %. С ростом завязи количество воды в ней уменьшается, и за период молочной спелости (10–12 дней) влажность в формирующемся зерне снижается со 150 до 50 %.

Потери воды продолжаются до полной спелости, когда в зерне остается 12–16 % влаги. Причем на протяжении всего периода формирования зерна количество влаги в нем превышает содержание воды в других частях

растения. Кроме того, в стержне и чешуях колосков влаги больше, чем в стебле. По мере окончания вегетации растения и созревания зерна количество воды в разных частях растения постепенно выравнивается, а при достижении зерном полной спелости становится одинаковым.

В большой степени количество воды в растении зависит от запасов влаги в почве. В засушливые годы пшеница содержит воды меньше, чем во влажные. Виды и сорта пшеницы также влияют на содержание воды: твердые пшеницы содержат ее больше, чем мягкие.

Очень важный вывод сделал А. И. Носатовский [95], что в период формирования и налива зерна периодические осадки, значительно увеличивая влажность стебля и колоса, в большинстве случаев не повышают влажность зерна, только длительные дожди могут повлиять на его влажность.

Этот вывод подтвержден нашими наблюдениями за изменением влажности зерна озимой пшеницы и ярового ячменя в разных зонах Ростовской области в дождливом и неблагоприятном для уборки зерновых колосовых 1982 г. Для того чтобы исключить влияние суточного колебания влажности, отбор проб проводился между 11–12 ч дня по четным числам. Влажность зерна определялась на одних и тех же полях за период с конца молочной спелости (влажность зерна 45–50 %) до массовой полной спелости. На отдельных полях, где длительное время после наступления фазы полной спелости не производился обмолот, отбор проб продолжался до конца уборки урожая. Результаты наблюдений приведены в табл. 25.

Данные табл. 25 показывают, что, несмотря на очень высокую влажность воздуха в период от восковой до полной спелости, увеличения влажности зерна во время дождей практически не наблюдалось, а шло ее снижение, хотя влажность соломы и колосьев в это время заметно возросла. И лишь в двух случаях (в Семикаракорске через 8, а в „Гиганте” через 6 дней после начала восковой спелости) отмечалось небольшое увеличение или сохранение на одном уровне влажности зерна.

Отсюда можно сделать вывод: пока зерно не достигает полной спелости, оно остается частью единого организма растения, и процессы, протекающие в зерне, являются едиными процессами, происходящими в растении; а поскольку зерно влажнее, чем другие части растения, то, несмотря на периодические дожди, оно меньше подвергается внешнему увлажнению и общий процесс его созревания, не нарушаясь, может лишь удлиниться.

Замечена еще такая особенность: чем ниже дефицит влажности и температура воздуха, тем дольше процесс созревания зерна.

В работах [16, 50, 59, 77] подтверждается полученный рядом исследователей вывод, что лучшим сроком для начала раздельной уборки пшеницы является срок, когда влажность зерна в среднем составляет 40 %. Такой влажности зерно достигает тогда, когда фазой восковой спелости по внешним признакам охвачено от 10 до 30 % растений (1–3 растения из

Таблица 25

Комплексная таблица изменения влажности* зерна зерновых культур и метеорологических величин
в период от начала восковой до массовой спелости в Ростовской области в 1982 г.

Станция	Характеристика	Начало восковой спелости	Число дней после наступления фазы восковой спелости					Массовая полная спелость
			2	4	6	8	10	
Семикаракорск	Влажность зерна, %							
	озимой пшеницы	41	40	39	30	30	25	14
	озимой пшеницы	39	35	38	22	27	22	12
	ярового ячменя	38	39	—	28	32	20	12
	Температура воздуха, °С	22,5	18,0	19,4	17,7	23,2	20,7	25,1
	Дефицит влажности воздуха, гПа	8,6	3,2	5,3	5,3	14,5	4,9	8,5
Совхоз „Гигант”	Количество осадков, мм	16	3	0,3	10	46	0	1
	Влажность зерна, %							
	озимой пшеницы	40	35	27	28	24		13
	озимой пшеницы	41	35	31	29	25		9
	ярового ячменя	42	34	33	29	24		13
	Температура воздуха, °С	17,3	18,6	17,2	23,4	20,2		25,6
Пос. „Рассвет”	Дефицит влажности воздуха, гПа	3,2	5,0	5,1	13,5	5,3		10,9
	Количество осадков, мм	32	2	4	27	66		0
	Влажность зерна озимой пшеницы, %	40	36	39	32	27		8
	Температура воздуха, °С	21,1	16,4	19,4	17,5	21,8		20,4
	Дефицит влажности воздуха, гПа	5,9	2,0	5,5	1,7	11,4		4,5
	Количество осадков, мм	6	4	0,6	6	3		0
Воковская	Влажность зерна, %	42	33	23				10
	озимой пшеницы	42	33	23				10
	озимой пшеницы	40	31	30				15
	ярового ячменя	43	35	25				16

* Влажность определялась на двух полях с озимой пшеницей и на одном поле с яровым ячменем.

Станция	Характеристика	Начало восковой спелости	Число дней после наступления фазы восковой спелости					Массовая полная спелость
			2	4	6	8	10	
Боковская	Температура воздуха, °С	22,3	18,6	20,0				21,6
	Дефицит влажности воздуха, гПа	11,1	10,3	7,0				7,0
	Количество осадков, мм	0	1	0				6
Морозовск	Влажность зерна озимой пшеницы, %	42	32	22				15
	Температура воздуха, °С	17,9	22,6	26,4				25,0
	Дефицит влажности воздуха, гПа	6,4	12,0	20,0				22,0
	Количество осадков, мм	0	0	0				0

Таблица 26

**Изменение влажности созревшего зерна озимой пшеницы
в зависимости от метеорологических условий**

Станция	Период	Температура воздуха, °С	Дефицит влажности воздуха, гПа	Осадки		Изменение влажности зерна, %		
				сумма, мм	количество дней	от	до	разность
Совхоз „Гигант“	14–18 VII	21,0	6,7	54,5	2	10	23	13
						13	25	12
	19–28 VII	21,3	9,6	3,5	1	23	6	–17
						25	8	–17
	29 VII – 4 VIII	19,1	7,0	61,5	6	6	40	34
Семикаракорск						8	45	37
	5–12 VIII	20,0	7,6	12,6	1	40	21	–19
	14–18 VII	22,0	8,0	36,0	3	12	25	13
						14	25	11

Примечание. Данные о влажности зерна приведены по двум полям.

10 имеют признаки восковой спелости зерна в средней части колоса).

В большинстве случаев даже в такую влажную уборку, какой была уборка 1982 г. в Ростовской области, зерно достигает массовой полной спелости, имея влажность 12–16 %.

Замечена и другая очень важная особенность: как только зерно вступает в фазу полной спелости, оно теряет связь с растением и его высыхание или увлажнение полностью зависит от условий внешней среды. Продолжительная сухая погода снижает влажность зерна, и наоборот, дожди быстро повышают ее (табл. 26).

Если дожди идут в течение 2–3 дней подряд, то это вызывает, как показывают данные табл. 26, повышение влажности зерна до 23–25 %, а при дождях в течение 6 дней подряд влажность зерна достигает 40–50 %. При такой влажности зерно наклеивается и прорастает, что и наблюдалось в такие периоды в 1982 г., особенно на полях, где хлебная масса находилась в сильно уплотненных промокших валках.

Но даже в обычные годы, как было показано выше, потери выращенного урожая из-за большого разрыва между сроками созревания зерна и уборкой бывают значительными. Это происходит потому, что зерно, становясь самостоятельным организмом, начинает расходовать белковые и другие вещества эндоспермы на дыхание. Этот расход сильно возрастает при повышении влажности зерна, которое периодически увлажняется под воздействием рос и дождей. Н. Н. Бородин [16] приводит интересные данные об усилении дыхания зерна. При увеличении влажности зерна от 14 до 17 % интенсивность его дыхания увеличивается в 19 раз, а при увеличении влажности от 11 до 33 % – в 70 раз.

Из вышеизложенного следует, что об изменении влажности зерна перед началом и во время уборки необходимо знать ежедневно.

Определение влажности зерна с помощью сушики требует больших затрат времени, а главное – не отличается оперативностью полученных данных. Поэтому для контроля за ходом изменения влажности зерна мы предлагаем использовать расчетный метод, учитывающий особенности хода созревания зерна в зависимости от температуры и дефицита влажности воздуха. Предложенная зависимость позволяет определить влажность зерна на любой день периода от начала вступления растений в фазу восковой спелости до массовой полной спелости, т. е. до достижения зерном влажности 12–16 % [133].

Зависимость выражается следующим уравнением:

$$y = 0,084x_1 + 0,034x_2 + 0,87; \quad (4)$$

$$n = 115; R = 0,76 \pm 0,08; S_y = \pm 0,55 \%,$$

где y – суточное уменьшение влажности зерна, %; x_1 – средний суточный дефицит влажности воздуха, гПа; x_2 – средняя суточная температура воздуха, °C; R – коэффициент множественной корреляции; n – число

случаев; S_y – ошибка уравнения, %.

Для удобства пользования уравнением составлена табл. 27.

Уравнение (4) или табл. 27 рекомендуется использовать после разового определения влажности зерна в конце фазы молочной спелости на одном или нескольких полях. В крайнем случае для начала расчета изменения влажности зерна можно воспользоваться датой наступления фазы восковой спелости. Влажность зерна на дату наступления восковой спелости (в данной фазе находится 10–30 % растений) принимается в этом случае за 40 %.

К большим снижениям урожайности приводят плохие условия перезимовки озимой пшеницы или неблагоприятные агрометеорологические условия осеннего периода.

Из наиболее частых неблагоприятных явлений погоды осенью можно отметить засуху, она вызывает задержку посева озимых, что в конечном

Таблица 27

Суточное уменьшение влажности зерна (%) озимой пшеницы и ярового ячменя
в период созревания в зависимости от средних суточных
дефицита влажности и температуры воздуха

Дефицит влажности, гПа	Температура воздуха, °C									
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
2	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1
3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2
4	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2
5	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3
6	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4
7	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5
8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6
9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7
10	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7
11	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8
12	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9
13	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0
14	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1
15	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2
16	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2
17	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3
18	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4
19	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5
20	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6
21	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6	3,6
22	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7
23	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8
24	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9
25	3,4	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0
26	3,4	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0	4,1

счете уменьшает урожайность. Так, в совхозе „Центральный” Зимовниковского района Ростовской области осенью 1973 г. на четырех полях из 10 озимую посеяли по непаровым предшественникам. На двух полях посев был проведен в оптимальные сроки, а на других двух из-за пересыхания верхних слоев почвы задержан. В результате на полях, засеянных в оптимальные сроки, урожайность составила в среднем по 1,6 т/га, а на поздних посевах — по 1,15 т/га, что на 0,45 т/га меньше. Таким образом, из-за задержки с посевом хозяйство недополучило 540 т зерна.

Как видно, на юго-востоке Европейской части СССР любой период вегетации вплоть до окончания уборки урожая может оказаться критическим для формирования и сохранения урожая.

Если характеризовать благоприятность и неблагоприятность условий для формирования урожайности озимой пшеницы, то в Ростовской области в 50 % лет отмечаются средние условия или близкие к ним, в 26 % лет — хорошие, а в 24 % лет — неблагоприятные. Причем высокая урожайность озимой пшеницы характерна для лет с преимущественно влажной осенью, теплой зимой и влажным летом; низкая урожайность, наоборот — для лет с сухой осенью, холодной зимой, сухим и жарким летом. Весенний период меньше, чем другие сезоны, влияет на формирование низкой или высокой урожайности озимой пшеницы (см. табл. 23).

Таким образом, в районах с неустойчивым увлажнением на формирование урожайности оказывают влияние не только изменения состояния посевов, агротехника, но прежде всего складывающиеся погодные условия.

В наименьшей степени погодные условия сказываются на формировании урожайности яровых колосовых и зернобобовых культур. Высокие урожаи этих культур обычно бывают в те же годы, что и у озимых, т. е. после теплых и влажных зим при влажном и прохладном лете.

На такую культуру, как яровой ячмень, в районах его возделывания большое влияние оказывают сроки посева. В годы с ранней весной и ранними (по А. П. Федосееву [168] оптимальными сроками) сроками посева урожайности ярового ячменя формируется почти на уровне урожайности озимой пшеницы. После поздней весны или при запоздании с посевом, несмотря на благоприятные условия лета, урожайность этой культуры формируется на 0,6–0,8, а то и на 1,0 т/га ниже урожайности озимой пшеницы. Это достаточно хорошо видно на примере формирования урожайности озимой пшеницы и ярового ячменя в годы с теплой зимой, ранней весной и влажным летом (1966 и 1973 гг.), когда урожайность ярового ячменя была не намного (0,2–0,3 т/га) ниже урожайности озимой пшеницы. При тех же условиях, но при поздней весне (1974, 1978 гг.) урожайность ярового ячменя сформировалась на 0,8–1,0 т/га ниже урожайности озимой пшеницы (табл. 28).

Приведенные в табл. 28 разности даны без учета потерь семян озимых

**Снижение урожайности ярового ячменя по сравнению с урожайностью
озимой пшеницы в годы с ранней и поздней весной в Ростовской области**

Год	Район	Урожайность, т/га		
		озимой пшеницы	ярового ячменя	разность
Ранняя весна				
1966	Шолоховский	1,56	1,39	-0,17
	Константиновский	2,23	2,20	-0,03
	Средняя по области	2,33	2,00	-0,33
1973	Шолоховский	2,17	2,07	-0,10
	Константиновский	2,85	2,46	-0,39
	Средняя по области	2,83	2,59	-0,24
Поздняя весна				
1974	Шолоховский	2,11	1,12	-0,99
	Константиновский	2,44	1,67	-0,77
	Средняя по области	2,63	1,87	-0,76
1978	Шолоховский	2,26	1,29	-0,97
	Константиновский	2,85	1,48	-1,37
	Средняя по области	3,04	2,04	-1,00

на площадях, пересеянных весной. При учете таких потерь отклонения уменьшаются, особенно в годы, когда пересеваются значительные площади. Так, в 1974 г. за счет потерь семян на пересеянных площадях (460 тыс. га) урожайность ярового ячменя оказалась ниже озимой пшеницы не на 0,76, а на 0,68 т/га, в остальные рассматриваемые годы эти уменьшения были небольшими: 0,01–0,03 т/га.

Подводя итог анализу причин, влияющих на снижение урожайности зерновых культур, надо отметить: большая часть этих причин в рассматриваемом регионе тесно связана с агрометеорологическими условиями. Поэтому разработанные нами методы прогнозов урожайности, представленные в последующих разделах, увязаны прежде всего с агрометеорологическими условиями.

2.2.1. Прогноз урожайности озимой пшеницы по оценке сезонов года

Характеризуя отдельные типы погодных условий, формирующие высокие, средние или низкие урожаи озимой пшеницы, мы обратили внимание на то, что в каждый сезон погодные условия существенно влияют на урожай. Вместе с тем нельзя не согласиться и с П. Г. Кабановым [46], что осенним и зимним условиям следует отдавать предпочтение.

Для использования сезона года при прогнозировании урожайности была разработана специальная шкала (табл. 29).

Таблица 29

Оценка условий формирования урожайности озимой пшеницы с учетом сезонов года

Показатель	Оценка
Осень	
Количество осадков за 2 месяца (предпосевной и послепосевной) менее 45—50 мм, в том числе в предпосевной месяц менее 30 мм, посевы озимых к зиме изрежены более чем на 25—40 %	1
Количество осадков за 2 месяца более 50 мм, в том числе в предпосевной месяц более 31—35 мм, или если в предпосевной месяц их более 30 мм, то в послепосевной месяц дожди обеспечивают избирательный посев и удовлетворительное состояние озимых, плохих посевов не более 11—20 %	2
Количество осадков за 2 месяца более 70—90 мм, бездождные периоды кратковременные, состояние озимых хорошее и удовлетворительное, плохих посевов менее 10 %	3
Зима	
Холодная ($\sum t_{<0}^{\circ}\text{C} \leq -800^{\circ}\text{C}$ при снежной зиме и $\sum t_{<0}^{\circ}\text{C} = -600 \dots -800^{\circ}\text{C}$ при малоснежной), ледяные корки, пыльные бури, вымерзание посевов превышает 25 %	1
Умеренно холодная ($\sum t_{<0}^{\circ}\text{C} = -401 \dots -600^{\circ}\text{C}$ при малоснежной зиме и $\sum t_{<0}^{\circ}\text{C} = -601 \dots -800^{\circ}\text{C}$ при снежной), притертые ледяные корки, вымерзание посевов 11—24 %	2
Теплая ($\sum t_{<0}^{\circ}\text{C} \leq -400^{\circ}\text{C}$ при малоснежной и зиме и $\sum t_{<0}^{\circ}\text{C} \leq -600^{\circ}\text{C}$ при снежной) без повреждений озимых или с небольшими повреждениями (менее 10 %)	3
Теплая ($\sum t_{<0}^{\circ}\text{C} \leq -400^{\circ}\text{C}$), озимые за зиму улучшают состояние, проходя 1—2 межфазных периода	4
Весна	
Поздняя, холодная, с частыми возвратами холодов, сухая с пыльными бурями запасы влаги в метровом слое почвы менее 120 мм	1
Средняя, среднеслабая, запасы влаги в метровом слое почвы 121—140 мм	2
Ранняя, теплая, с хорошим прогреванием почвы и в то же время влажная, запасы влаги в метровом слое почвы более 120—140 мм	3
Лето	
Жаркое и умеренно жаркое ($\sum t_{>0}^{\circ}\text{C} = 1400 \dots 1500^{\circ}\text{C}$ за апрель—июль), сухое на протяжении всего сезона, очень много суховеев и длительных бездождий, посевы значительно повреждены вследствие неблагоприятных метеорологических условий, вредителями, болезнями	1
Жаркое и умеренно жаркое, в первой или во второй половине сухое, в остальное время влажное, число суховеев близко к обычному, повреждения растений болезнями и вредителями умеренные или лето с частыми обильными осадками, наблюдается сильное полегание растений, посевы значительно повреждены вследствие болезней и стекания зерна	2
Умеренно жаркое, прохладное ($\sum t_{>0}^{\circ}\text{C} = 1400 \dots 1200^{\circ}\text{C}$) с умеренным количеством осадков и суховеев, небольшие бездождные периоды и незначительные повреждения растений болезнями и вредителями	3

В то же время если кроме погодных условий сезонов учитывать, например, запасы влаги в почве или глубину ее промачивания на начало весны и ход изменения средней урожайности, то оценка погодных условий по сезонам дает более надежную связь с формируемым урожаем.

Если взять шкалу (табл. 29) за основу и по ней определить суммарную оценку по всем сезонам, использовать глубину промачивания почвы на весну и такую величину, как средний скользящий урожай по тренду за прошлый год, то можно получить вполне удовлетворительное уравнение для прогнозирования урожайности озимой пшеницы:

$$y = 1,75x_1 + 0,8x_2 - 10,3; \quad (5)$$

$$R = 0,92 \pm 0,009; S_y = 0,23 \text{ т/га.}$$

Поскольку в рассматриваемом регионе процентное соотношение площадей, занятых озимой пшеницей и другими зерновыми культурами, сохраняется от года к году примерно одинаковым, то подобное уравнение можно предложить и для прогнозирования урожайности всех зерновых культур:

$$y = 1,63x_1 + 0,55x_2 - 7,9; \quad (6)$$

$$R = 0,88 \pm 0,1; S_y = \pm 0,24 \text{ т/га.}$$

В уравнениях (5) и (6) x_1 — суммарная оценка за все сезоны; x_2 — средняя скользящая урожайность озимой пшеницы (ярового ячменя) по тренду; R — коэффициент множественной корреляции; S_y — ошибка уравнения.

Это, так сказать, экспресс-метод прогнозирования урожайности. Он позволяет оценить виды на урожай с 3-месячной заблаговременностью, т. е. сразу после начала весенней вегетации озимых. К этому времени имеется оценка за три сезона (осень, зима, весна) и прогноз за сезон.

Проверка экспресс-метода на независимом материале в зональном разрезе дала вполне удовлетворительные результаты (табл. 30).

Таблица 30

Расчет урожайности озимой пшеницы на независимом материале по некоторым зонам Северного Кавказа и Нижнего Поволжья

Год	Зона	Урожайность, т/га	
		расчетная	фактическая
1984	Центральная зона Краснодарского края	4,0	4,1
1985	То же	3,1	3,1
1984	Восточная зона Ставропольского края	2,0	2,1
1985	То же	1,2	1,3
1984	Сухостепная зона Волгоградской области	1,1	0,9
1985	То же	1,4	1,5

2. 2.2. Прогноз урожайности озимых по области, зоне, району

Из других методов долгосрочных агрометеорологических прогнозов, которые широко используются для прогнозирования урожайности озимой пшеницы в рассматриваемом регионе, можно выделить методы, предложенные Е. С. Улановой [160–163 и др.], А. Н. Полевым [119], и наши методики [126, 129, 135].

А. Л. Чижевский [173] указывал на тесную связь урожаев зерновых культур с солнечной активностью – числом солнечных пятен (числом Вольфа). Анализ более чем 100-летнего периода наблюдений за динамикой урожайности зерновых культур и динамикой средней годовой солнечной активности не дает не только погодичных, но даже циклических связей. Цикличность солнечной активности прослеживается довольно четко, а ход изменения урожайности с циклами не согласуется. При сравнении средней скользящей солнечной активности со средней скользящей урожайностью такая связь прослеживается и в лучшем случае ее можно использовать для оценки большого периода наблюдений [135].

Для более обоснованного прогнозирования урожайности озимой пшеницы, озимой ржи и озимого ячменя и других зерновых культур мы предложили зональный подход к прогнозированию этих культур, с учетом местных особенностей зональности, агротехнических приемов и агроклиматических условий.

В основу разработанного метода положены те же параметры, что и для прогнозирования средних районных урожаев пшеницы, зональной и районной урожайности озимых: процент паров, глубина промачивания почвы на весну, суммарное состояние озимых, запасы влаги в почве, температура воздуха, количество осадков за май и июнь и урожайность по тренду [135, 136]. Был исключен только бонитет почвы, так как прогностические уравнения составлены для отдельных областей (краев) и отдельных зон каждой области (края).

Несмотря на это, уравнения неплохо учитывают уровень плодородия и культуры земледелия, поскольку отражают однородную территорию как по почвам, так и по уровню технологии возделывания культур и климатическим условиям.

В большинстве районов Северного Кавказа агрометеорологические условия выращивания озимых культур зависят от многих агрометеорологических факторов, но каждый из них не всегда и не во всех районах равнозначен [135]. Это связано с тем, что агроклиматические особенности отдельных районов не одинаковы и год на год не похож. Может случиться, что в одном году в минимуме оказывается увлажнение, и тогда урожай зависит в основном от этого фактора. В другие годы формирование урожая лимитируется теплом и влагой или глубиной весеннего промачивания почвы. Но неперенным фактором, влияющим на формирование урожая озимых, остается состояние посевов.

С учетом различного сочетания указанных предикторов может быть рассчитана урожайность озимых в целом (y). Если процентное соотношение площадей под разными озимыми культурами (пшеница, рожь, ячмень) из года в год сохраняется примерно одинаковым, то можно провести расчет урожайности отдельно по культурам.

В большинстве районов Северного Кавказа и Волгоградской области при расчете урожайности озимых используются следующие предикторы:

y_0 — урожайность всех озимых по тренду за прошлый год; индексы при y „оп“, „ор“, „оя“ означают соответственно озимую пшеницу, озимую рожь, озимый ячмень;

n — процент паров под посев озимых;

x — суммарная оценка состояния озимых на весну;

h — глубина промачивания почвы на весну, см;

r_v, r_{vi} — сумма осадков соответственно за май, июнь, мм;

t_v, t_{vi} — средняя температура воздуха соответственно за май, июнь, °C.

Поскольку урожайность рассчитывается в среднем для области или зоны, то и соответствующие предикторы берутся как средние величины по той территории, для которой ведется расчет урожайности.

Температура и осадки для Краснодарского и Ставропольского краев, южной, центральной орошаемой и приазовской зон Ростовской области, с учетом хода развития озимых, берутся с 21 апреля по 20 мая (как за май) и с 21 мая по 20 июня (как за июнь). Для Волгоградской области, северо-западной, северо-восточной и восточной зон Ростовской области температура и осадки берутся за календарные сроки этих месяцев.

Урожайность по тренду отражает уровень плодородия почвы в рассматриваемой зоне области (края) и в то же время косвенно учитывает технологию возделывания культур [123, 135].

Урожайность по тренду рекомендуется рассчитывать графически. Такой способ более точно отражает данную величину в отдельные отрезки времени и позволяет определить ее за прошлый год, т. е. для каждой зоны и области такой расчет можно провести заблаговременно, не обременяя этой работой прогнозиста в канун составления прогноза.

В качестве примера графического расчета урожайности по тренду можно привести расчет урожайности озимой ржи в сухостепной зоне каштановых почв Волгоградской области (рис. 13).

Для расчета урожайности по тренду берется период не менее 10 лет. На миллиметровку наносятся средние за каждый год значения фактической урожайности по зоне. Между собой от года к году точки соединяются прямыми линиями. Затем проводится средняя скользящая, которая делит все отклонения в урожайности на две равные части (равное число миллиметров).

Для проверки правильности проведения линии необходимо, чтобы абсолютные суммы различных по знаку отклонений (выше или ниже линии) были одинаковыми или, по крайней мере, чтобы их разность не

превышала 2 мм.

После того как подобным образом построен график и проведена средняя скользящая линия, с нее могут быть сняты значения средней скользящей урожайности (урожайности по тренду) для любого года, в том числе и для года, предшествующего году составления прогноза. Эта величина используется как один из предикторов в расчетных уравнениях.

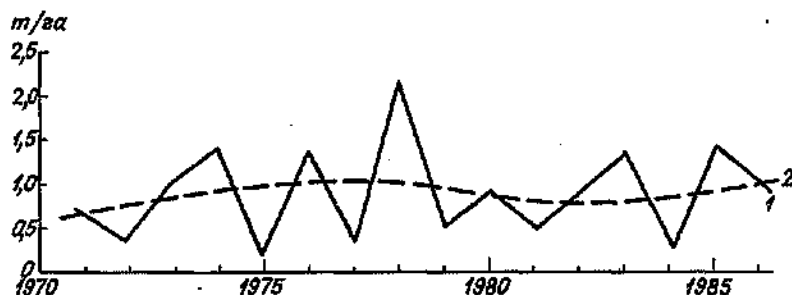


Рис. 13. Динамика урожайности (т/га) озимой ржи в сухостепной зоне каштановых почв (левобережье) Волгоградской области.
1 — урожайность; 2 — урожайность по тренду.

Для составления прогноза урожайности озимых (всех озимых, ржи, пшеницы, ячменя) предлагается ряд уравнений. Одно из них в общем виде приведено ниже:

$$y = a_1 n + a_2 x + a_3 h + a_5 r_v + a_6 r_{v1} + a_{10} y_0 + a_{11}. \quad (7)$$

Коэффициенты корреляции этих уравнений составляют 0,77–0,97.

Такое уравнение хорошо себя оправдывает на территории Волгоградской области. Кроме предикторов n , x , h решающее влияние на формирование урожая оказывают осадки за май и июнь (r_v , r_{v1}), потому что в большинстве случаев их сумма в этих районах невелика, т. е. данный предиктор находится в минимуме. Следовательно, количество осадков за эти месяцы в основном и определяет формируемый урожай.

В районах, где выпадает умеренное количество осадков (Ростовская область, Ставропольский край), уравнения приобретают более сложный вид, поскольку в этих районах нельзя отдать предпочтение какому-либо из факторов, который может оказаться чаще других в минимуме.

Для этих районов можно использовать уравнения, которые имеют следующий общий вид:

$$y = a_1 n + a_2 x + a_3 h + a_5 r_v + a_6 t_v + a_8 r_{v1} + a_9 t_{v1} + a_{10} y_0 + a_{11}. \quad (8)$$

Коэффициенты множественной корреляции этих уравнений составляют 0,70–0,94.

Довольно высокую оправдываемость, особенно во влажные и прохладные весенне-летние периоды, имеют уравнения третьего вида, учиты-

вающие только температуру за май и июнь:

$$y = a_1 n + a_2 x + a_3 h + a_6 t_v + a_9 t_{vI} + a_{10} y_0 + a_{11}. \quad (9)$$

Коэффициент множественной корреляции в этих уравнениях остается примерно таким же, как и в двух других видах уравнений: 0,75–0,92.

В уравнениях третьего вида температура определяет не только уровень теплообеспеченности, но косвенно и обеспеченность влагой. При более низком уровне температур влагообеспеченность озимых в этих районах улучшается благодаря уменьшению транспирации растений и испарения с поверхности почвы.

В Краснодарском крае, где наблюдаются частые и обильные дожди, осадки способствуют развитию болезней и вредителей, полеганию посевов и стеканию зерна, т. е. они вновь оказываются тем фактором, от которого в основном зависит формируемый урожай.

Наибольший вред посевам обильные осадки наносят в июне в северной зоне Краснодарского края и в мае в остальных зонах. Поэтому для этих зон предложены различные уравнения.

Общий вид уравнений для северной зоны Краснодарского края

$$y = a_1 n + a_2 x + a_3 h + a_5 r_v + a_6 t_v + a_7 r_{vI}^2 + a_8 r_{vI} + a_9 t_{vI} + a_{10} y_0 + a_{11}. \quad (10)$$

Общий вид уравнений для Краснодарского края в целом и всех его зон за исключением северной

$$y = a_2 x + a_4 r_v^2 + a_5 r_v + a_6 t_v + a_{10} y_0 + a_{11}. \quad (11)$$

Коэффициенты множественной корреляции этих уравнений равны 0,65–0,79.

Для удобства пользования уравнениями (7)–(11) составлена таблица, в которой приведены коэффициенты для каждого предиктора ($a_1, \dots, a_{10}$) уравнений и свободный член (a_{11}) уравнения (табл. 31).

Если необходимо рассчитать ожидаемую урожайность культуры, то вначале с помощью табл. 31 записывается уравнение, а затем проводится расчет.

Например, требуется рассчитать урожайность озимой пшеницы в предгорной и горной зонах Ставропольского края за 1988 г. Известны предикторы: $n = 0\%$, $x = 325$, $t_v = 13,1^\circ\text{C}$, $t_{vI} = 17,4^\circ\text{C}$, $y_{оп} = 2,20$ т/га.

Из табл. 31 записываем расчетное уравнение:

$$y_n = 0,48n + 0,072x + 0,05h - 2,56t_v - 0,61t_{vI} + 0,63y_{оп} + 37,7,$$

подставляем значения предикторов в уравнение и находим, что урожайность озимой пшеницы в этой зоне в 1988 г. ожидается 2,58 т/га вместо 2,65 т/га:

$$y_n = 0,48 \cdot 0 + 0,072 \cdot 325 + 0,05 \cdot 102 - 2,56 \cdot 13,1 - 0,61 \cdot 17,4 + 0,63 \cdot 2,2 + 37,7 = 2,58 \text{ т/га.}$$

Коэффициенты предикторов, входящих в уравнения (7)–(11) для расчета урожайности
всех озимых (y , Δy), озимой ржи (y_p , Δy_p), озимой пшеницы (y_n , Δy_n) и озимого ячменя ($y_{\text{я}}$, $\Delta y_{\text{я}}$)
на Северном Кавказе и в Волгоградской области

Область (край), зона области (края)	Величина расчета	a_1 (n)	a_2 (x)	a_3 (h)	a_4 ($r_{\text{г}}$)	a_5 (r_V)	a_6 (t_V)	a_7 ($r_{\text{г}1}$)	a_8 (r_{V1})	a_9 (t_{V1})	a_{10} (y_0)	a_{11} (свободный член)
Волгоградская область												
Область в целом	y	0,078	0,004	0,039	—	0,18	—	—	0,078	—	0,50	—7,7
	y_p	0,097	0,003	0,067	—	0,18	—	—	0,078	—	0,8	—25,8
	y_n	0,005	0,011	0,0145	—	0,25	—	—	0,086	—	0,348	—1,9
Сухостепная зона каштановых почв (ле- вобережье)	y	0,052	0,032	0,103	—	0,22	—	—	0,099	—	0,15	—10,2
	Δy	0,023	0,047	0,074	—	0,20	—	—	0,10	—	—	—29,2
	y_p	0,05	0,016	0,10	—	0,15	—	—	0,13	—	0,16	—12,5
	Δy_p	0,06	0,018	0,103	—	0,146	—	—	0,114	—	—	—26,7
	y_n	0,05	0,024	0,11	—	0,03	—	—	0,16	—	0,40	—15,8
	Δy_n	0,097	0,024	0,012	—	0,26	—	—	0,05	—	0,147	—11,7
Сухостепная зона каштановых почв, правобережье	y	0,051	0,036	0,06	—	0,24	—	—	0,055	—	—	—33,0
	Δy	0,017	0,0106	0,013	—	0,16	—	—	0,07	—	1,10	—15,2
	y_p	0,017	0,0105	0,013	—	0,16	—	—	0,07	—	—	—13,0
	Δy_p	0,032	0,041	0,013	—	0,26	—	—	0,059	—	0,002	—4,9
	y_n	0,014	0,05	0,28	—	0,24	—	—	0,065	—	—	—26,6
	Δy_n	0,0005	0,058	0,029	—	0,27	—	—	0,031	—	0,75	—26,0
Степная зона черноземных почв	y	0,005	0,068	0,04	—	0,27	—	—	0,027	—	—	—36,3
	Δy	0,019	0,056	0,043	—	0,20	—	—	0,083	—	0,61	—27,3
	y_p	0,021	0,054	0,045	—	0,20	—	—	0,08	—	—	—32,5
	Δy_p	0,006	0,04	0,023	—	0,28	—	—	0,036	—	1,42	—35,5
	y_n	0,0013	0,038	0,02	—	0,28	—	—	0,034	—	—	—23,9
	Δy_n	0,0013	0,038	0,02	—	0,28	—	—	0,034	—	—	—23,9

Область (край), зона области (края)	Величина расчета	σ_1 (n)	σ_2 (x)	σ_3 (h)
Сухостепная зона темно- каштановых почв	y	0,067	0,014	0,15
	Δy	0,05	0,07	0,05
	y_p	0,05	0,05	0,044
	Δy_p	0,05	0,23	0,074
	y_n	0,02	0,014	0,027
	Δy_n	0,058	0,05	0,03
Полупустынная зона светло- каштановых почв	y	0,0156	0,048	0,077
	Δy	0,028	0,058	0,117
	y_p	0,07	0,016	0,068
	Δy_p	0,04	0,023	0,066
	y_n	0,123	0,042	0,07
	Δy_n	0,08	0,003	0,06
Область в целом	y_n	0,23	0,063	0,11
	y_n	0,18	0,029	0,125
	Δy_n	0,188	0,035	0,12
Северо-вос- точная зона	y_n	0,24	0,010	0,129
	y_n	0,20	0,030	0,10
Северо-запад- ная зона	Δy_n	0,071	0,012	0,009
Приазовская зона	y_n	0,10	0,025	0,100
	Δy_n	0,10	0,035	0,001
Центральная орошаемая зона	y_n	0,30	0,041	0,18
	y_n	0,24	0,017	0,127
	Δy_n	0,28	0,03	0,186

Продолжение табл. 31

a_4 (r_V)	a_5 (r_V)	a_6 (t_V)	a_7 (r_{VI})	a_8 (t_{VI})	a_9 (t_{VI})	a_{10} (y_0)	a_{11} (свободный член)
—	0,287	—	—	0,001	—	1,70	—46,6
—	0,25	—	—	0,037	—	—	—38,2
—	0,14	—	—	0,10	—	0,2	—18,3
—	0,13	—	—	0,127	—	—	—27,3
—	0,07	—	—	0,386	—	0,05	—3,6
—	0,29	—	—	0,069	—	—	—33,0
—	0,127	—	—	0,185	—	0,998	—34,5
—	0,106	—	—	0,187	—	—	—38,5
—	0,125	—	—	0,14	—	0,098	—12,5
—	0,125	—	—	0,12	—	—	—24,7
—	0,17	—	—	0,129	—	0,31	—26,2
—	0,19	—	—	0,12	—	—	—21,5
Ростовская область							
—	0,116	—2,66	—	0,069	—0,65	1,90	—12,7
—	—	—2,20	—	—	—0,29	1,21	10,1
—	0,055	—2,20	—	0,033	—0,15	—	5,6
—	0,026	—1,86	—	0,008	—0,099	1,2	5,3
—	—	—2,00	—	—	—0,300	1,30	8,0
—	0,021	—1,03	—	0,007	—0,37	—	15,5
—	—	—1,70	—	—	—0,60	1,10	14,0
—	0,063	—2,37	—	0,013	—0,66	—	28,6
—	0,079	—1,6	—	0,038	—0,376	1,84	—37,1
—	—	—1,11	—	—	—0,187	1,79	—26,2
—	0,07	—1,49	—	0,046	—0,50	—	—4,2

Область (край), зона области (края)	Величина расчета	a_1 (n)	a_2 (x)	a_3 (h)	a_4 (r_V^2)	a_5 (r_V)	a_6 (t_V)	a_7 (r_{VI}^2)	a_8 (r_{VI})	a_9 (t_{VI})	a_{10} (y_0)	a_{11} (свободный член)
Южная зона	y_n	0,05	0,0132	0,014	—	0,003	-2,44	—	0,08	-1,50	0,47	68,8
	Δy_n	0,08	0,027	0,04	—	0,07	-2,93	—	0,013	-0,32	—	30,2
	y_n	0,07	0,097	0,0024	—	—	-2,34	—	—	-0,63	0,033	42,0
Восточная зона	y_n	0,13	0,002	0,16	—	0,03	-1,94	—	0,053	0,61	1,18	-7,6
	y_n	0,133	0,005	0,22	—	—	-1,86	—	—	0,042	0,795	7,3
	Δy_n	0,13	0,0018	0,17	—	0,036	-1,92	—	0,045	0,60	—	-5,7
Краснодарский край												
Край в целом	y	—	0,046	—	-0,002	0,13	-2,90	—	—	—	0,51	44,4
	Δy	—	0,056	—	-0,0039	0,337	-2,22	—	—	—	—	9,3
	y_n	—	0,023	—	-0,002	0,126	-2,86	—	—	—	0,916	38,6
	Δy_n	—	0,027	—	-0,0023	0,148	-2,77	—	—	—	—	32,4
	$y_{я}$	—	0,037	—	-0,0015	0,027	-3,76	—	—	—	0,49	64,9
Западная зона	y	—	0,062	—	0,00004	-0,036	-3,30	—	—	—	0,69	41,0
	y_n	—	0,056	—	0,0004	-0,062	-3,48	—	—	—	0,925	37,9
	Δy_n	—	0,055	—	0,0004	-0,067	-3,47	—	—	—	—	35,4
	$y_{я}$	—	0,065	—	0,002	-0,305	-5,31	—	—	—	0,327	89,8
Центральная зона	Δy	—	0,043	—	-0,0017	0,14	-1,64	—	—	—	—	7,6
	y_n	—	0,002	—	-0,0004	-0,009	-2,71	—	—	—	1,64	13,8
	Δy_n	—	0,0108	—	-0,0006	0,004	-2,56	—	—	—	—	37,5
	$y_{я}$	—	0,0023	—	0,0009	-0,20	-2,68	—	—	—	-0,44	108,5
	$\Delta y_{я}$	—	0,0079	—	0,00016	-0,10	-3,63	—	—	—	—	58,0
Южно-пред- горная зона	y	—	0,032	—	-0,0006	-0,0012	-2,50	—	—	—	1,15	24,7
	Δy	—	0,034	—	-0,0008	0,022	-2,46	—	—	—	—	27,3
	y_n	—	0,018	—	-0,002	0,185	-1,66	—	—	—	1,30	7,8
	Δy_n	—	0,024	—	-0,0018	0,17	-1,56	—	—	—	—	13,4
	$y_{я}$	—	0,037	—	-0,0018	0,15	-2,60	—	—	—	0,86	28,4
	$\Delta y_{я}$	—	0,035	—	-0,0016	0,128	-2,70	—	—	—	—	27,0

Область (край), зона области (края)	Величина расчета	a_1 (n)	a_2 (x)	a_3 (h)	a_4 (r_V^2)	a_5 (r_V)	a_6 ($t_V a$)	a_7 (r_{VI}^2)	a_8 (r_{VI})	a_9 (t_{VI})	a_{10} (y_0)	a_{11} (свободный член)
Северная зона	Δy	0,178	0,006	0,005	—	0,24	-4,53	0,00001	0,022	-0,52	—	49,7
	y_n	0,50	0,04	0,089	—	0,29	-4,55	—	0,06	-1,25	0,59	46,0
	Δy_n	0,595	0,044	0,058	—	0,35	-5,69	0,0008	-0,37	-1,24	—	47,0
	y_{Δ}	0,246	0,028	0,0013	—	0,24	-5,95	0,0014	-0,158	-0,865	0,205	103,0
	Δy_{Δ}	0,147	0,0004	0,02	—	0,176	-5,27	0,00036	-0,041	-0,16	—	66,6
Ставропольский край*												
Край в целом	y_n	0,063	0,11	0,010	—	0,08	-1,50	—	0,034	-0,038	1,88	-37,7
	Δy_n	0,15	0,142	0,010	—	0,07	-1,54	—	0,028	-0,12	—	-28,8
	y_n	0,028	0,10	0,03	—	—	-1,78	—	—	-0,25	1,92	-17,9
	Δy_n	0,069	0,10	0,04	—	—	-1,80	—	—	-0,08	—	-5,3
Северо-вос- точная зона	y_n	0,116	0,09	0,04	—	—	-1,59	—	—	-0,26	-0,016	14,2
	Δy_n	0,009	0,08	0,02	—	-0,044	-1,84	—	0,05	-0,26	—	2,1
Центральная зона	y_n	0,27	0,076	0,014	—	0,15	-2,02	—	0,125	-0,157	1,14	-26,2
	Δy_n	0,009	0,08	0,02	—	-0,044	-1,84	—	0,05	-0,26	—	2,1
	Δy_n	0,009	0,08	0,02	—	-0,044	-1,84	—	0,05	-0,26	—	2,1
Предгорная и горная зоны	y_n	0,09	0,069	0,0127	—	0,020	-3,34	—	0,021	-0,33	0,055	47,7
	y_n	0,048	0,072	0,05	—	—	-2,56	—	—	-0,61	0,63	37,7
	Δy_n	0,053	0,059	0,03	—	—	-3,08	—	—	-0,64	—	26,6
Восточная зона	y_n	0,11	0,048	0,166	—	0,031	-2,60	—	0,018	-0,059	0,55	13,9
	y_n	0,24	0,12	0,03	—	—	-2,29	—	—	-0,22	0,75	-4,0

* Для озимой пшеницы данные приведены по двум уравнениям, в одном из которых учитываются температура и осадки, а в другом — только температура.

Примечание. Здесь Δy означает, что в уравнение не включается y_0 . Для получения прогнозируемой урожайности к величине Δy прибавляется урожайность по тренду ($y = \Delta y + y_0$).

Урожайность по административным районам рассчитывается по средним многолетним отклонениям средней районной урожайности от зональной.

Например, в южной зоне Ростовской области средняя зональная урожайность в 1988 г. ожидается 30 т/га, тогда по Зерноградскому району с учетом среднего многолетнего отклонения (0,4 т/га) она будет равна 3,4 т/га.

2.2.3. Прогноз урожайности ярового ячменя, яровой пшеницы и зерновых в целом на примере Ростовской и Волгоградской областей

В Ростовской области зерновыми ежегодно занято 50–52 % пашни, в том числе на озимую пшеницу приходится в среднем 30 %, на яровой ячмень – 10 %, на все остальные зерновые культуры (кукуруза, просо, горох, рис и др.) – 10–12 %.

В отдельные годы посевные площади озимой пшеницы и ярового ячменя сильно варьируют. Тогда, когда отмечаются плохие условия перезимовки, доля озимых в структуре посевных площадей уменьшается до 6–10 % (1969, 1972, 1987 гг.), одновременно доля ярового ячменя увеличивается до 28–30 %. Остальные зерновые и зернобобовые культуры возделываются на небольших и сравнительно стабильных от года к году площадях.

Формирование урожая озимой пшеницы зависит от условий осеннего, зимнего и весенне-летнего периодов. Однако в процессе произрастания растений все же наибольшее влияние на урожай оказывают осенние условия и условия перезимовки. Так, если агрометеорологические условия осеннего периода были благоприятными для посева, роста и развития озимых и вследствие этого их перезимовка прошла хорошо, то даже неблагоприятные условия весенне-летнего периода не снизят урожайность озимой пшеницы ниже средней. Если же осенние условия складываются не очень благоприятно и часть посевов оказывается изреженной, а зимой больших изменений в состоянии озимых не происходит, то даже благоприятные весенне-летние агрометеорологические условия не создают очень высокого урожая. При хороших агрометеорологических условиях осени и благополучной перезимовке озимых или при удовлетворительных агрометеорологических условиях осени и очень теплой зиме, когда озимые за зиму проходят 1–2 начальных межфазных периода и заметно улучшают свое состояние, благоприятные агрометеорологические условия весенне-летнего периода (прохладная погода с достаточным количеством осадков в мае и июне) обеспечивают формирование высокого урожая озимой пшеницы [123, 129, 135].

Урожайность ярового ячменя в большей степени зависит от агротехники его возделывания, качества семян, сроков посева и благоприятности условий весенне-летнего сезона [122, 142, 144, 148].

Хорошие урожаи ярового ячменя в Ростовской области обычно формируются в годы с ранней весной, небольшой площадью пересева озимых, достаточными весенними запасами влаги в почве, прохладным весенне-летним периодом с обильными дождями в мае и июне (1973, 1976, 1978 гг.). Особенно большое влияние на формирование урожая ярового ячменя оказывает тепло- и влагообеспеченность в мае и июне. При высокой температуре воздуха и малом количестве осадков урожайность этой культуры снижается по сравнению со средней на 20–30 % (1979, 1986 гг.). (1979, 1986 гг.).

Урожайность проса с учетом его биологических особенностей в большей степени зависит от культуры земледелия, агрометеорологических условий. Особенно большое влияние на формируемый урожай оказывают агрометеорологические условия двух периодов вегетации. Первый период – посев, прорастание семян и появление всходов. От тепло- и влагообеспеченности этого периода зависит полнота всходов и равномерность распределения растений по площади, что в конечном счете заметно влияет на формируемый урожай.

Второй период – это период наиболее интенсивного нарастания вегетативной массы, формирования продуктивных органов, формирования и налива зерна [131]. Достаток тепла и хорошая влагообеспеченность в этот период могут повышать урожайность вдвое выше средней.

Просо сильно реагирует и на высокий уровень агротехники. Например, в двух соседних районах, расположенных в северной части Ростовской области, – Кашарском и Миллеровском, – где одинаковые почвы и близкие агрометеорологические условия, но разное отношение к выращиванию проса, урожаи формируются разные. В Миллеровском районе, где под просо отводят лучшие предшественники, своевременно и качественно проводят посев, вносят необходимое количество удобрений, урожайность в два с лишним раза выше, чем в соседнем Кашарском районе.

В целом по области просо высевается на небольших площадях и поэтому большого влияния на формируемый урожай зерновых не оказывает. Урожайность риса колеблется в пределах 3,0–3,6 т/га на стабильной площади. То же самое можно сказать о формируемом урожае зерна кукурузы. Таким образом, в основном урожай зерновых формируется за счет озимой пшеницы и ярового ячменя, на долю которых приходится 80 % всех зерновых и зернобобовых культур. Поскольку урожаи этих культур не одинаковые, то соотношение между ними является одним из факторов, оказывающих влияние на формируемый урожай всех зерновых культур.

Учитывая все эти особенности зернового поля области, мы разработали методику долгосрочного агрометеорологического прогноза урожая зерновых культур для области, зоны и административного района.

Методика основана на учете тех предикторов, которые оказывают наибольшее влияние на формирование урожайности озимой пшеницы и

ярового ячменя. Формируемый урожай всех зерновых за счет других культур учитывается косвенно, поскольку период формирования урожая озимой пшеницы и ярового ячменя совпадает с периодами формирования урожайности других культур (горох, яровая пшеница, овес) или является частью этого периода (просо, кукуруза, сорго и др.).

Методика учитывает уровень плодородия почвы (бонитет почвы, B); отношение озимой пшеницы к яровому ячменю в структуре посевной площади этих культур в конкретном году (i); суммарную оценку состояния озимых весной по результатам весенних авиа- и автомаршрутных обследований (x); глубину промачивания почвы на весну (h); количество осадков за май (r_v); среднюю температуру воздуха за май (t_v) и урожай по тренду за прошлый год (y_0). Полученная многофакторная связь описывается уравнением

$$y = -0,12b + 0,94i + 0,024x - 0,017h + 0,05r_v - 0,98t_v + 1,32y_0 + 11,4. \quad (12)$$

Расчет уравнения проведен по 137 годо-случаям для районов с разным плодородием почв и неодинаковыми агрометеорологическими условиями произрастания. Коэффициент множественной корреляции уравнения $R = 0,88 \pm 0,07$, ошибка уравнения $S_y = \pm 0,38$ т/га.

По приведенному уравнению прогноз урожая можно составлять для области, зоны или района. Если прогноз дается для области, то значения каждого предиктора берутся в среднем по области. При составлении агрометеорологического прогноза для зоны или административного района предикторы рассчитываются соответственно для зоны или района.

Например, в Зерноградском районе прогнозируемая урожайность всех зерновых культур в 1984 г. составила 3,21 т/га, фактическая урожайность была 3,51 т/га, следовательно, относительная ошибка прогноза 9,2 %.

В отличие от методики, предназначенной для всех зерновых культур, методика для расчета урожая ярового ячменя включает лишь те предикторы, которые характеризуют агрометеорологические условия весенне-летнего периода, агротехнику и уровень плодородия почвы, т. е. бонитет почвы по району, зоне или области (b), запасы влаги в метровом слое почвы на весну (W). Особое значение имеет предиктор, характеризующий отношение площади фактического посева ярового ячменя к плановой площади под этой культурой в структуре посевных площадей (x). Этот предиктор отражает величину посева ярового ячменя по погибшим озимым и этим учитывает снижение урожайности ячменя за счет ухудшения агротехники и запоздания с посевом на полях пересева озимых яровых ячменем [135]. Большое влияние на формирование урожая оказывают количество осадков и температура воздуха в мае и июне. Эти величины входят в уравнение в виде таких предикторов, как количество осадков за май (r_v) и средняя месячная температура за май и июнь (t_v , t_{VI}). Культура земледелия в уравнениях учитывается через урожайность по тренду за прошлый год (y_0).

С учетом указанных предикторов предлагается следующее уравнение:

$$y = -0,045b - 0,026W - 0,002x + 0,03r_v - 0,69t_v - 0,96t_{VI} + 1,2y_0 + 34,2. \quad (13)$$

Коэффициент множественной корреляции уравнения $R = 0,88 \pm 0,08$, ошибка уравнения $S_y = \pm 0,37$ т/га.

Прогноз составляется с 1–1,5-месячной заблаговременностью.

Например, рассчитанная по уравнению (13) урожайность ярового ячменя по Боковскому району за 1986 г. составила 1,06 т/га, фактическая урожайность была 0,77 т/га, следовательно, оправдываемость прогноза удовлетворительная. По северо-восточной зоне области прогнозируемый урожай ярового ячменя ожидался в 1986 г. 1,0 т/га, фактический был 0,95 т/га. В целом по области в том же году урожайность ячменя прогнозировалась 1,4 т/га, а фактическая была 1,24 т/га. Таким образом, оправдываемость прогноза по зоне составила 95 %, а по области 89 %.

Прогноз урожайности ярового ячменя в Волгоградской области в отличие от последнего по зонам и районам Ростовской области составляется с учетом меньшего числа параметров. Так же, как и для озимой пшеницы, урожайность ярового ячменя в Волгоградской области прежде всего зависит от влагообеспеченности растений в весенне-летний период и теплообеспеченности весной. Немалое значение имеет плодородие почвы. Поэтому для расчета урожайности ярового ячменя по зонам, административным районам и в целом по Волгоградской области можно использовать уравнение, отражающее все эти параметры:

$$y = 0,0325b - 0,0016r_v^2 + 0,214r_v + 0,087r_{VI} - 0,12t_v + 1,84; \quad (14)$$

$$R = 0,72 \pm 0,03; S_y = \pm 0,34 \text{ т/га.}$$

Здесь y – урожайность ярового ячменя по области (зоне, району), ц/га; b – бонитет почвы, %; r_v, r_{VI} – количество осадков соответственно за май, июнь, мм; t_v – средняя температура воздуха за май, °С.

Поскольку рост и развитие ярового ячменя и яровой пшеницы проходят примерно в один период, то между выращиваемым урожаем этих культур обнаруживается весьма тесная связь: коэффициент корреляции ее $r = 0,965 \pm 0,06$, ошибка уравнения $S_y = \pm 0,11$ т/га. Следовательно, рассчитав урожайность ярового ячменя, можно вычислить ожидаемый урожай яровой пшеницы по уравнению

$$y' = 0,78y - 0,06. \quad (15)$$

Здесь y' – урожайность яровой пшеницы, ц/га; y – урожайность ярового ячменя, ц/га.

Агрометеорологический прогноз урожая всех зерновых культур для Волгоградской области так же, как и для Ростовской области, составляется с учетом агрометеорологических условий, наиболее сильно влияющих на формирование урожая этих культур. Правда, уравнение, состав-

ленное для расчета урожайности всех зерновых в Волгоградской области, имеет несколько иной вид, чем уравнение (12), рассчитанное для Ростовской области.

Различие заключается в том, что вместо уровня плодородия почвы взят урожай всех зерновых за прошлый год. Это позволяет учитывать, с одной стороны, уровень плодородия почвы, а с другой — засушливость прошлого года, что очень существенно для Волгоградской области. Здесь за счет засух в предыдущем году заметно возрастает урожайность зерновых за счет этого фактора в текущем году, а после влажных лет это влияние снижается.

Такое влияние на урожай прослеживается даже в том случае, если из 10 параметров взять только один — урожай за прошлый год (рис. 14).

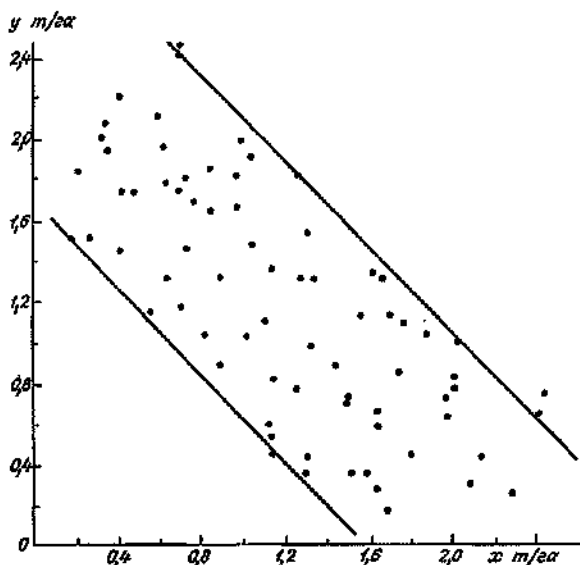


Рис. 14. Зависимость урожайности зерновых культур в Волгоградской области в текущем году (y) от их урожайности в прошлом году (x).

В уравнении, предложенном для прогноза областной урожайности всех зерновых культур в Волгоградской области, подчеркнута влияние осени (количество осадков за август и сентябрь), формирующей растения озимых к началу их зимовки.

Перезимовка озимых в Волгоградской области проходит при более суровых условиях, чем в Ростовской области, поэтому одним из показателей, оказывающим влияние на формирование урожайности озимых, принята сумма отрицательных средних суточных температур воздуха за зиму.

В отличие от Ростовской области Волгоградская область является более засушливой, поэтому на формирование урожая зерновых кроме

температуры существенно влияют осадки за весенне-летний период и показатель, характеризующий процентное отношение паровых площадей к площади посева всех зерновых культур.

Уравнение для прогноза урожайности всех зерновых культур по Волгоградской области, который может быть составлен с 2-месячной и уточнен с месячной заблаговременностью, можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} y = & -0,091x_1 + 0,045x_2 + 8,27x_3 - 0,11x_4 + 0,08x_5 - 0,037x_6 + 0,129x_7 + \\ & + 0,17x_8 - 0,14x_9 + 0,80x_{10} - 15,6; \\ R = & 0,96 \pm 0,05; S_y = \pm 0,14 \text{ т/га.} \end{aligned} \quad (16)$$

Здесь y – урожайность всех зерновых, ц/га; x_1 – урожайность всех зерновых за прошлый год, ц/га; x_2 – сумма температур ниже 0°C за зиму; x_3 – отношение посевных площадей озимых к яровым колосовым, отн. ед.; x_4 – отношение паровых площадей к площади посева всех зерновых, %; x_5 – глубина промачивания почвы (ГПП) на весну, см; x_6 – сумма осадков за август–сентябрь, мм; x_7 – сумма осадков за май, мм; x_8 – сумма осадков за июнь, мм; x_9 – средняя месячная температура воздуха за май, $^\circ\text{C}$; x_{10} – урожайность зерновых по тренду за прошлый год, ц/га.

2.3. Прогноз средней областной урожайности проса

Просо – культура теплолюбивая, позднего весеннего посева, засухоустойчивая.

На Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье возделываются сорта проса степной поволжской и степной украинской эколого-географических групп (по классификации ВИР). В эти группы входят такие средние засухоустойчивые, среднескороспелые сорта, как Саратовское 853, Скоропелое 66, Веселоподольское 367, Харьковское 25, Рубин 2 и др.

На Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье просо является культурой страховой. Наиболее значительные площади оно занимает в Ростовской и Волгоградской областях – по 150–200 тыс. га в каждой области. Это обстоятельство определяет территорию и объем ведения агрометеорологических наблюдений за просом и необходимость прогнозирования его урожайности.

В начальный период (до кущения) просо растет медленно, вследствие чего может сильно зарастать и угнетаться сорняками. В дальнейшем, после кущения и особенно после выхода в трубку и до выметывания метелки, когда идет интенсивное нарастание вегетативной массы, просо подавляет развитие сорной растительности.

В период от выхода в трубку до появления метелок идет наиболее интенсивный рост корней и надземной массы растений проса. Хорошая

влагообеспеченность в сочетании с оптимальными температурными условиями и достаток питательных веществ в почве в этот период особенно благотворно влияют на формирование урожая проса.

В период от кущения до выметывания просо потребляет свыше 50 % необходимого азота, калия и кальция. Фосфор растения усваивают больше во второй половине каждого периода, т. е. во время формирования и налива зерна (более 50 %).

В течение вегетационного периода просо предъявляет неодинаковые требования к метеорологическим факторам. Семена начинают прорастать при температуре воздуха 8–10 °С, но имеют низкую полевую всхожесть (в среднем около 60 % высеванных семян). Только при исключительно благоприятных условиях полевая всхожесть семян повышается до 80–90 %.

На полную всхожесть семян этой культуры влияет прежде всего увлажнение верхних слоев почвы и ее температура, а также глубина заделки семян.

Косвенным показателем увлажнения и влагообеспеченности посева проса является глубина промачивания почвы (ГПП) весной. Регулируя норму высева в зависимости от ГПП можно добиться оптимальной густоты всходов.

При оптимальных условиях увлажнения (около 50 % НВ), оптимальной температуре воздуха (18 °С) и заделке семян на глубину 4–6 см всходы проса появляются через 4–5 дней, в обычных же условиях – через 8–10 дней, а при недостатке влаги – через 15–20 дней.

Установлено [174], что оптимальная температура воздуха в периоды от всходов до кущения 18 °С, от кущения до выметывания 20 °С, от выметывания до цветения 23 °С, а от цветения до созревания 21 °С.

Просо экономно расходует влагу. Семена проса при прорастании поглощают влаги почти в два раза меньше, чем ячмень (25 % против 48 % от массы зерна). Оптимальная влажность почвы в период от всходов до молочной спелости проса составляет 50 % НВ [4].

Более экономное расходование влаги растениями проса по сравнению с другими хлебными злаками, сохраняющееся на протяжении всей вегетации, связано с формой построения у этой культуры проводящих тканей, размером устьиц, через которые испаряется влага. Устьица у проса почти в два раза меньше, чем у пшеницы или овса. Кроме того, устьица у проса при высокой температуре раскрываются значительно позже, нежели у зерновых злаков. При температуре 38–40 °С устьица у яровой пшеницы раскрываются через 10–17 ч, у ячменя – через 20–25 ч, а у проса они не открываются даже через 48 ч [92].

Все это позволяет просу быть более засухоустойчивой культурой и даже после длительного завядания растений не снижать урожайность

более чем на 10 %, тогда как овес после подобных условий снижает ее до 75 % [174]. С данным выводом можно согласиться лишь при условии, что с весны для семян обеспечена хорошая всхожесть.

Это хорошо подтверждается нашими наблюдениями, проведенными в 1976 и 1980 гг. в Миллеровском районе Ростовской области. В эти годы просо и яровой ячмень имели хорошую всхожесть. Вторая половина вегетационного периода для проса, а для ярового ячменя последняя треть были исключительно засушливыми. В результате засухи (по сравнению с максимальными урожаями: просо – 2,90 т/га, яровой ячмень – 2,70 т/га) в 1976 г. урожайность проса не изменилась, а в 1980 г. снизилась лишь на 12 %, тогда как урожайность ярового ячменя упала соответственно на 30 и 40 %.

В годы с ранней весенней засухой всходы ярового ячменя получаются хорошими (ранний посев), в то время как просо из-за более позднего посева оказывается сильно изреженным, и тогда летняя засуха вместе с плохой всхожестью могут снизить урожай проса на 52–76 % (1972–1979 гг.), в том числе 40–65 % снижения происходит из-за плохой всхожести семян. Яровой ячмень в эти годы, несмотря на хорошие всходы весной, снижает урожайность за счет засух на 68–79 % (табл. 32).

Таблица 32

Снижение урожайности проса и ярового ячменя относительно ее максимального уровня за счет засухи при разном состоянии всходов в Миллеровском районе Ростовской области

Год	Условия всходов проса	Состояние всходов		Снижение урожайности, % от максимальной	
		проса	ярового ячменя	проса	ярового ячменя
1972	Неблагоприятные	Изреженное	Хорошее	52	68
1979	То же	То же	То же	76	79
1976	Благоприятные	Хорошее	"	0	30
1980	То же	То же	"	12	40

Эти примеры подтверждают вывод о том, что просо более засухоустойчивая культура, но судьба его урожая в большей степени зависит от получения хороших всходов.

Просо отличается повышенной устойчивостью к „запалу“, но в то же время оно довольно отзывчиво на увлажнение. Как отмечает А. Ф. Якименко [174], если от начала выметывания до образования зерна (примерно за 20 дней) выпадает менее 30 мм осадков, то урожай проса формируется ниже среднего.

Просо более требовательно к свету, чем другие зерновые культуры. Наибольшая интенсивность его фотосинтеза отмечается в период от налива зерна до полной спелости. Поэтому ясная погода во второй половине вегетации этой культуры благоприятна для формирования урожая. Во время цветения недостаток освещения может привести к бесплодию цветков.

Просо относится к растениям короткого дня, поэтому фотопериодическая реакция оказывает значительное влияние на рост и развитие растений. При более коротком дне, и особенно в первые 15–20 дней после всходов, вегетационный период этой культуры сокращается, а при более продолжительном дне удлиняется.

Учитывая биологические особенности этой культуры и хозяйственные возможности ее возделывания на территории Ростовской и Волгоградской областей, а также агрометеорологические условия формирования урожая, мы выявили два особенно важных периода в развитии растений.

Первый период – это период посева, прорастания семян и появления всходов. От тепло- и влагообеспеченности этого периода зависят полнота и равномерность всходов и в будущем равномерность массы растений, что в конечном счете оказывает заметное влияние на формирование урожайности.

Период посев – появление всходов для Ростовской и Волгоградской областей совпадает с 1-й и 2-й декадами мая.

Второй период – это период интенсивного наращивания вегетативной массы, формирования репродуктивных органов, формирования и налива зерна. Он в среднем совпадает с периодом от 21 июня до 20 июля. В этот период растения потребляют особенно много влаги и питательных веществ, кроме того, они очень отзывчивы на температурные условия и светообеспеченность.

Просо в течение всей вегетации, и особенно в период интенсивного роста и формирования репродуктивных органов, отзывчиво на высокую культуру земледелия. Если в среднем просо использует 1,0–1,5 % поступающей фотосинтетически активной радиации (ФАР), то при высокой культуре земледелия у некоторых сортов коэффициент использования ФАР увеличивается до 5–6 %.

Наши исследования, проведенные в 70–80-е годы [131] в двух районах Ростовской области (Миллеровском и Кашарском), показали, что в Миллеровском районе, где просу уделяется особое внимание – для него отводятся лучшие предшественники, своевременно и качественно проводится посев, вносится необходимое количество удобрений, урожайность этой культуры в два с лишним раза превышает урожайность в соседнем Кашарском районе, где культура выращивания проса ниже, хотя почвен-

но-климатические и агрометеорологические условия этих районов примерно одинаковые.

Высокая агротехника выращивания проса в Миллеровском районе выделяет этот район по урожайности и относительно средней областной урожайности, хотя почвы в этом районе по бонитету хуже средних областных (90 % против 94 %) [123, 129]. Даже в наиболее благоприятном для проса 1987 г., когда практически на всей площади культура возделывалась по интенсивной технологии, урожайность ее в Миллеровском районе составила 2,62 т/га, а средняя по области – только 2,05 т/га.

Исследование влияния агрометеорологических факторов в процессе вегетации на урожайность проса с учетом биологических особенностей культуры позволило нам выработать методику прогноза его средней областной урожайности. Ее основу составляют статистические связи средней по области урожайности с агрометеорологическими факторами.

Методика учитывает влаго- и теплообеспеченность в период посева и формирования всходов и в период накопления вегетативной массы проса перед его вступлением в период формирования и налива зерна.

Степень влияния агротехники выращивания проса и его фотопериодическая реакция на продолжительность дня учитываются косвенно. Уравнения для прогнозирования средней областной урожайности составлены отдельно для Ростовской и Волгоградской областей.

Ожидаемую урожайность проса можно рассчитать с месячной заблаговременностью (после наступления фазы выметывания) по приведенным ниже четырем уравнениям:

для Ростовской области

с учетом тепло- и влагообеспеченности и урожайности по тренду,

$$y = 2,4x_1 + 7,2x_2 + 0,02x_3 + 1,0y_0 - 8,5; \quad (17)$$

с учетом тепло- и влагообеспеченности и урожайности по тренду на фазу выметывания (полное уравнение)

$$y = 0,59x_1 + 6,77x_2 + 0,011x_3 + 0,017x_4 - 4,0; \quad (18)$$

для Волгоградской области

с учетом только тепло- и влагообеспеченности

$$y = 3,14x_1 + 6,92x_2 + 0,09x_3 - 6,40; \quad (19)$$

с учетом тепло- и влагообеспеченности и числа стеблей на 1 м² на фазу выметывания (полное уравнение)

$$y = 3,36x_1 + 7,09x_2 + 0,099x_3 - 0,0078x_4 - 5,0. \quad (20)$$

Расчет уравнений проведен по данным 27 последних лет. Для уравнений (17) и (19) коэффициент корреляции равен 0,74–0,79, ошибка уравнений $S_y = \pm (0,27 \dots 0,31)$ т/га, для уравнений (18) и (20) соответственно $R = 0,76 \dots 0,79$, $S_y = 0,27 \dots 0,30$ т/га.

В приведенных уравнениях:

y – средняя областная урожайность проса;

y_0 – урожайность по тренду на прошлый год;

x_1 – гидротермический коэффициент (ГТК) за 1-ю и 2-ю декады мая;

x_2 – ГТК за три декады (за 3-ю декаду июня, 1-ю и 2-ю декады июля);

x_3 – глубина промачивания почвы (ГПП) на весну;

x_4 – число стеблей на 1 м² на фазу выметывания.

Все величины в уравнениях берутся средние областные по всем метеостанциям области или по тем районам, в которых сосредоточены посевы проса.

Расчет ожидаемой урожайности проводится после измерения густоты проса на дату массового наступления выметывания.

2.4. Прогноз средней областной урожайности риса

Рис на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье – культура сравнительно молодая и занимает самые северные районы рисосеяния на Европейской части РСФСР. Сейчас в этих районах рис высевается на площади около 400 тыс. га. В перспективе площадь рисосеяния здесь может быть увеличена до 1 млн га [92].

Рис – растение теплолюбивое, с длительным вегетационным периодом: от 100–110 дней для скороспелых до 120–130 дней для среднепоздних районированных сортов. В рассматриваемом регионе возделываются скороспелые, среднеспелые (Дубовский 129, Кубань 3, Приманычский, Донской 402, Донской 55–21) и среднепоздние (Донской 63, Краснодарский 424) сорта.

Сравнительно продолжительный вегетационный период и высокий нижний уровень биологически активных температур риса (15 °C) требуют проведения возможно раннего и быстрого посева, для того чтобы обеспечить формирование урожая в оптимальном температурном режиме. Вот почему Н. Б. Наталин [92] считает, что в районах рисосеяния Краснодарского края лучшими средними сроками посева являются 1–5 мая для сорта Краснодарский 424 и 6–10 мая для сорта Кубань 3. Рис, посеянный в эти сроки, дает самый высокий урожай. При более ранних и поздних сроках посева урожайность риса снижается.

Для районов рисосеяния Ростовской области лучшим сроком посева районированных сортов является 10–15 мая. З. Ф. Тулякова [156] рекомендует начинать посев в Ростовской области с 25 апреля и завершать его к 15 мая, чтобы обеспечить уборку в сентябре. В. И. Бут [19] считает, что лучшими сроками посева риса для Астраханской области с ранними веснами является конец апреля – начало мая, а для обычных весен – первая половина мая.

Для обеспечения более ранних сроков посева и завершения вегетации риса до перехода температуры осенью через 15 °C в северных районах

рисосеяния рекомендуется к посеву приступать при переходе температуры воздуха через 10–12 °C [92, 156, 157], повышая в течение 3–5 дней после посева температуру почвы с помощью тонкого слоя воды в чеках. В дальнейшем (после сброса воды) температура почвы повышается обычно до 15–16 °C и выше, что обеспечивает нормальное прорастание семян. Всходы в этом случае появляются через 7–8 дней после посева, обеспечивая нормальную их густоту.

Дальнейший рост и развитие риса до конца вегетации теснейшим образом связаны с теплом, светом и влагой – главными факторами, формирующими урожай [150]. Такие факторы, как ветер, влажность воздуха, осадки и другие, вносят только коррективы.

Поскольку рис – культура, выращиваемая при затоплении, то обеспеченность растений влагой находится в прямой зависимости от технологии затоплений и сбросов воды. При ее соблюдении рис всегда имеет оптимальную влагообеспеченность. Что касается тепло- и светообеспеченности, то они зависят как от погодных условий, так и от слоя затопления, увеличения или уменьшения проточности воды, т. е. от технологии этого процесса.

При выращивании риса слой воды на поле создает своеобразный микроклимат. После посева, с заделкой семян на глубину 1–2 см, поле затопливается слоем воды в 3–5 см, на засоленных участках – до 8–10 см [92, 157]. Под таким слоем воды температура поверхности почвы повышается на несколько градусов, что создает благоприятные условия для набухания и начала прорастания семян. Через 5 дней вода сбрасывается, и поле остается свободным от воды до появления массовых всходов. После появления массовых всходов рисовое поле вновь затопляется, но уже слоем воды в 12–15 см.

Для лучшего образования боковых побегов и формирования хорошей корневой системы перед началом кушения приостанавливается подача воды в чеки, и она постепенно сбрасывается. Вновь в чеках создается слой воды в 12–15 см уже после окончания кушения и удерживается таким до начала восковой спелости [92, 156, 157].

Таким образом, определенным слоем воды в рисовом чеке не только поддерживается необходимая влагообеспеченность растений, но и корректируется температурный режим почвы и воды и этим создаются благоприятные условия для выращивания риса.

Так, авторами [34, 35, 91, 157] установлено, что в период формирования метелки (образование 7–9-го листа) для повышения ее продуктивности температуру воды в чеках необходимо понижать до 21–23 °C. Это достигается путем увеличения слоя воды или большей ее сменяемостью за счет увеличения проточности через чеки.

Рис отзывчив на органические и минеральные удобрения. Обычно рекомендуется удобрения вносить в два приема: перед посевом – в виде основных органических и минеральных удобрений и в период кушения –

в виде подкормки, в то время когда сбрасывается вода [35, 92, 156, 157 и др.].

Важнейшим агрометеорологическим фактором, оказывающим влияние на формирование урожая риса, является свет. Он так же, как и температура, в некоторой степени может регулироваться агротехническими приемами. Установлено [35, 92, 156, 157], что густотой стояния можно регулировать освещенность посевов. Для указанного региона лучше всего, если густота посевов (число растений на 1 м^2) составляет 280–300.

Недостаток освещения из-за облачности, ветра и дождя, особенно в период формирования метелки и цветения, отрицательно сказывается на формировании урожая.

Таким образом, факторами, в наибольшей степени влияющими на формирование урожая риса в рассматриваемом регионе, являются температура и агротехника. Поэтому в наших расчетных уравнениях используются практически те же параметры, что и у Л. С. Чернышевой [181, 182], Ф. А. Муминова, Х. М. Абрамова [115]: температура, густота стояния растений, изменение урожайности по тренду.

Для каждой рисосеющей области (края) рассматриваемого региона получены прогностические зависимости.

Для Астраханской области предлагаются два уравнения:

$$y = 0,75x_1 + 0,015x_2 + 0,028x_3 - 11; \quad (21)$$

$$R = 0,81 \pm 0,04; S_y = \pm 0,21 \text{ т/га};$$

$$y = -0,043x_1^2 + 0,014x_2 + 0,026x_3 + 6,8; \quad (22)$$

$$R = 0,80 \pm 0,04; S_y = \pm 0,22 \text{ т/га}.$$

Для Ростовской области предлагается три уравнения:

$$y = -0,068x_1^2 + 1,56x_1 + 0,035x_2 - 0,0295x_3^2 + 1,18x_3 + 0,72; \quad (23)$$

$$R = 0,75 \pm 0,07; S_y = \pm 0,34 \text{ т/га};$$

$$y = 1,0x_1 + 0,025x_2 + 0,39x_3 - 16,0; \quad (23 \text{ а})$$

$$y = 0,00013x_2^2 - 0,089x_2 + 47; \quad (24)$$

$$R = 0,83 \pm 0,05; S_y = \pm 0,30 \text{ т/га}.$$

Для Краснодарского края предлагается одно уравнение:

$$y = 1,0x_1 - 0,00013x_2^2 + 0,17x_2 - 49; \quad (25)$$

$$R = 0,68 \pm 0,1; S_y = \pm 0,34 \text{ т/га}.$$

В представленных уравнениях:

y – средняя областная урожайность, ц/га;

x_1 – для уравнений (21), (23 а), (25) урожайность по тренду за прош-

лый год, ц/га; для уравнений (22), (23) порядковый номер года начиная соответственно с 1965 и 1959;

x_2 – для уравнений (21), (22) $\Sigma t_{<0}^{\circ}\text{C}$ за период с 21 мая по 30 июня; для уравнений (23)–(25) $\Sigma t_{15}^{\circ}\text{C}$ за период с 21 мая по 30 июля;

x_3 – для уравнений (21) и (22) густота стояния (число растений на 1 м²) на фазу 3-го листа; для уравнений (23) и (23 а) число дней с осадками 1 мм и более за период с 21 мая по 31 июля;

R – коэффициент множественной корреляции;

S_y – ошибка уравнения, т/га.

При использовании этих уравнений необходимо: 1) ежегодно уточнять графики для расчета урожайности по тренду за прошлый год (см. п. 2.2); 2) через 2–3 года уточнять уравнения, дополняя расчетный ряд данными за последние годы.

Прогноз по предлагаемым уравнениям составляется в конце июня с 2-месячной заблаговременностью.

2.5. Прогноз средней областной урожайности зеленой массы и зерна кукурузы

2.5. 1. Прогноз средней областной урожайности зеленой массы кукурузы

Кукуруза – однолетнее злаковое растение с высокими кормовыми достоинствами. Она используется на корм скоту в виде зеленой массы, силоса и зерна. Особенно большое значение кукуруза приобретает как силосная культура. Она отличается высокой урожайностью зеленой массы, высокой питательностью, хорошо силосуется.

В районах Северного Кавказа и южной половины Нижнего Поволжья кукуруза размещается на площади 3 млн га. Причем 80 % посевов кукурузы отведено на силос.

Принятая структура посевных площадей определилась хозяйственной необходимостью. Но даже такая структура из-за больших колебаний урожайности не всегда удовлетворяет потребностям животноводства в силосе, его недостаток приходится заменять кормами из других культур.

В этих условиях предложенная нами методика прогноза ожидаемой урожайности зеленой массы кукурузы приобретает большое значение при планировании потребностей в кормах и закладки их на зиму.

Кукуруза – теплолюбивая культура. Минимальная температура прорастания ее семян 8–10 °С, но при такой температуре семена прорастают медленно, часть их повреждается вредителями и болезнями, всходы сильно изреживаются.

Лучшей температурой для начала прорастания семян является температура на глубине заделки семян не ниже 12–13 °С, что соответствует температуре воздуха 10–12 °С [6,174].

Для хорошего роста и развития растений оптимальной температурой в период от всходов до выбрасывания метелки является температура воздуха 20–24 °С, на более поздних этапах – около 28 °С [113, 174]. При падении средней суточной температуры воздуха ниже 10 °С и повышении ее выше 33–36 °С формирование урожая кукурузы прекращается [113, 176].

Кукуруза – светолюбивая культура. При недостатке освещения образует уменьшенную листовую поверхность, что приводит к снижению урожая зеленой массы. Это растение короткого дня. При выращивании кукурузы в условиях длинного дня увеличивается урожайность зеленой массы, но удлиняется ее вегетационный период.

Немаловажное значение для роста и развития кукурузы имеет ее влагообеспеченность. Эта культура экономнее других расходует влагу, тем не менее недостаток влаги в почве – основная причина слабого использования растениями элементов минерального питания и снижения активности биохимических процессов.

При прорастании зерно кукурузы впитывает 40–44 % воды от своей начальной массы [113]. Прорастание обеспечивается при влажности почвы в слое 0–10 см более 15 мм [176]. Отношение кукурузы к влаге сохраняется примерно одинаковым на протяжении почти всего периода формирования вегетативной массы, но из-за неодинаковых запасов продуктивной влаги в весенний и летний периоды у кукурузы имеется уязвимый (критический) период по отношению к влаге. Этот период начинается примерно за 10 дней до выметывания метелки и длится около 30 дней. Недостаток влаги в почве в этот период сильно снижает урожай зеленой массы и зерна [36, 176]. Оптимальными запасами влаги в период нарастания вегетативной массы кукурузы на черноземных почвах являются запасы влаги в полуметровом слое почвы, равные 60–70 мм.

Условия осещения, тепло- и влагообеспеченности растений из года в год сильно меняются, и это обстоятельство является основной причиной колебания урожайности кукурузы. Кроме того, немалое влияние на колебание урожайности оказывают такие показатели, как полнота всходов, своевременность междурядных обработок кукурузы, определяющие густоту и состояние культуры, причем состояние посевов необходимо учитывать на различных фазах развития растений.

Конечно, кроме агрометеорологических факторов (тепла, влаги, света и состояния посевов) на урожайность влияют уровень технологии возделывания кукурузы, смена сортов, изменение доз удобрений и т. д. Однако в процессе производства эти агротехнические факторы в целом по административному району (области) могут изменяться лишь постепенно. Поэтому и урожайность под их влиянием меняется также постепенно. Эти изменения можно учитывать с помощью тренда [123, 163] (что нами и предложено в методике), вводя его изменения в предложенные ниже

уравнения в виде порядкового номера года, с которого начался счет.

Для учета роли тепла, влаги и состояния посевов в период вегетации кукурузы были исследованы связи между каждым из этих факторов и урожайностью зеленой массы кукурузы.

Поскольку на влагу кукуруза реагирует в течение всего периода вегетации одинаково активно, для целей прогнозирования рассматривалась большая часть этого периода. Связь между урожайностью зеленой массы определялась за период от декады, следующей за декадой массового посева, до декады появления 11-го листа и от декады, следующей за декадой массового сева, до начала фазы выметывания метелки. Для выявления связи использовались такие величины, как средние областные запасы продуктивной влаги в полутораметровом слое почвы и средние областные суммы осадков. Однако установить надежную связь с запасами влаги в почве из-за недостатка пунктов наблюдений за влажностью почвы по территории области оказалось сложно. С суммами средних областных осадков связь была линейной и довольно тесной. Коэффициент корреляции (r) такой связи для разных областей (краев) при учете осадков за период от декады, следующей за декадой массового посева, до декады появления 11-го листа составил 0,54–0,67, а за период от декады, следующей за декадой массового посева, до наступления фазы выметывания метелки – 0,65–0,77.

За эти же периоды рассмотрена связь урожайности зеленой массы с такими величинами, как сумма температур выше 0 °C, сумма температур выше 15 °C и сумма отклонений положительных температур от их средних многолетних значений. Лучшая линейная связь получена с суммой температур выше 0 °C, коэффициент корреляции (r) равен –0,24...–0,40 для первого периода и –0,31...–0,46 для второго.

Анализ связи между урожайностью зеленой массы и такими величинами, как высота растений, состояние посевов (процент площади с хорошим и отличным состоянием посевов и процент площади с плохим состоянием посевов), в фазу 11-го листа и выметывания метелки показал, что она не линейна. Наиболее тесная связь обнаружена между урожайностью зеленой массы и площадью (% от посевной) с хорошим и отличным состоянием посевов. Коэффициент корреляции этой связи изменяется от 0,36–0,49 в фазу 11-го листа и до 0,54–0,57 в фазу выметывания метелки.

С учетом того, что все расчеты проводятся отдельно для каждой области (края, АССР), величину, связанную с продолжительностью дня, не вводят в уравнение.

Для получения прогностических уравнений использовались следующие показатели: динамика урожайности (тренд), суммы средних областных осадков по периодам вегетации, сумма температур выше 0 °C и процент площадей с хорошим и отличным состоянием посевов.

Динамика урожайности, согласно уравнениям, учитывалась путем введения в многофакторные уравнения порядкового номера прогнозиру-

емого года.

Для упрощения уравнений (анализ показал, что упрощение не отражается на качестве прогноза) за продолжительность периода от декады, следующей за декадой посева, до декады появления 11-го листа, а также за период от декады, следующей за декадой массового посева, и до наступления фазы выметывания метелки принята средняя многолетняя продолжительность (табл. 33).

Таблица 33

Средние многолетние даты наступления периодов от декады, следующей за декадой массового посева, до 11-го листа и от той же декады до выметывания метелки

Территория	Продолжительность периодов	
	от декады, следующей за декадой массового посева, до 11-го листа	от декады, следующей за декадой массового посева, до выметывания метелки
Краснодарский край	I V—30 VI	I V—20 VII
Ставропольский край	11 V—10 VII	11 V—31 VII
Ростовская область	11 V—10 VII	11 V—31 VII
Волгоградская область	21 V—20 VII	21 V—10 VIII
Астраханская область	11 V—10 VII	11 V—31 VII
Калмыцкая АССР	11 V—10 VII	11 V—31 VII
Кабардино-Балкарская АССР	11 V—10 VII	11 V—31 VII
Чечено-Ингушская АССР	11 V—10 VII	11 V—31 VIII

С учетом всех вышеперечисленных факторов получен ряд уравнений, которые приведены в табл. 34.

В уравнениях (26)–(41) все величины являются средними областными (краевыми, АССР):

y – урожайность зеленой массы кукурузы, ц/га;

x_1 – порядковый номер года начиная с 1961 (для Ставропольского края с 1971 г., для Астраханской области с 1967 г., для Кабардино-Балкарской АССР с 1965 г.);

x_2 – площадь с хорошим и отличным состоянием посевов в фазы 11-го листа или выметывания метелки, % от посевной;

x_3 – сумма осадков за период от декады, следующей за декадой массового посева, до наступления фазы 11-го листа или выметывания метелки, мм;

x_4 – сумма температур выше 0 °C за те же периоды;

R – коэффициент множественной корреляции;

Sy – ошибка уравнения, т/га.

Таблица 34

Уравнения для прогноза средней областной (краевой, республиканской) урожайности зеленой массы кукурузы
на фазу 11-го листа и фазу выметывания метелки

Территория	Уравнение регрессии	R	S_{y_i} (t/га)	Номер уравне- ния
На фазу 11-го листа				
Краснодарский край	$y = 1,83x_1 + 0,0077x_2^2 - 1,06x_3 + 0,28x_4 - 0,029x_5 + 23,29$	$0,80 \pm 0,08$	2,15	(26)
Ставропольский край	$y = 4,28x_1 - 0,0078x_2^2 + 1,33x_3 + 0,57x_4 + 0,015x_5 - 45,03$	$0,75 \pm 0,10$	2,13	(27)
Ростовская область	$y = 2,64x_1 + 0,025x_2^2 - 2,087x_3 + 0,39x_4 - 0,038x_5 + 113,96$	$0,88 \pm 0,10$	1,65	(28)
Волгоградская область	$y = 1,06x_1 + 0,0098x_2^2 - 0,89x_3 + 0,57x_4 - 0,04x_5 + 85,41$	$0,91 \pm 0,10$	1,28	(29)
Чечено-Ингушская АССР	$y = 1,44x_1 - 0,021x_2^2 + 3,48x_3 + 0,42x_4 + 0,084x_5 - 211,78$	$0,73 \pm 0,09$	1,48	(30)
Кабардино-Балкарская АССР	$y = 0,73x_1 + 0,0038x_2^2 + 1,28x_3 + 0,16x_4 - 0,16x_5 + 134,58$	$0,79 \pm 0,07$	1,51	(31)
Калмыцкая АССР	$y = 1,00x_1 - 0,005x_2^2 + 1,07x_3 + 0,10x_4 - 0,004x_5 + 17,65$	$0,93 \pm 0,10$	0,75	(32)
Астраханская область	$y = -0,687x_1^2 + 9,765x_1 + 0,564x_2 + 0,231x_3 - 0,0243x_4 + 65,77$	$0,82 \pm 0,06$	1,06	(33)
На фазу выметывания метелки				
Краснодарский край	$y = 2,58x_1 + 0,023x_2^2 - 1,46x_3 + 0,29x_4 - 0,049x_5 + 165,42$	$0,83 \pm 0,06$	1,84	(34)
Ставропольский край	$y = 2,72x_1 + 0,0067x_2^2 - 0,27x_3 + 0,58x_4 - 0,04x_5 + 66,73$	$0,98 \pm 0,03$	0,61	(35)
Ростовская область	$y = 2,62x_1 + 0,0096x_2^2 + 0,014x_3 + 0,26x_4 - 0,041x_5 + 85,70$	$0,93 \pm 0,08$	1,28	(36)
Волгоградская область	$y = 1,38x_1 - 0,0035x_2^2 + 0,94x_3 + 0,42x_4 - 0,006x_5 - 14,72$	$0,94 \pm 0,08$	1,02	(37)
Чечено-Ингушская АССР	$y = 2,24x_1 - 0,065x_2^2 + 10,53x_3 + 0,56x_4 + 0,057x_5 - 536,99$	$0,88 \pm 0,07$	1,04	(38)
Кабардино-Балкарская АССР	$y = 0,95x_1 - 0,13x_2^2 + 23,63x_3 + 0,19x_4 - 0,16x_5 - 660,34$	$0,86 \pm 0,04$	1,26	(39)
Калмыцкая АССР	$y = 0,35x_1 - 0,0068x_2^2 + 1,22x_3 + 0,08x_4 - 0,0004x_5 + 26,32$	$0,90 \pm 0,14$	0,90	(40)
Астраханская область	$y = -0,576x_1^2 + 8,485x_1 + 0,277x_2 + 0,309x_3 + 0,0049x_4 + 39,711$	$0,75 \pm 0,08$	1,22	(41)

2.5.2. Определение оптимальных сроков уборки кукурузы на силос

В. И. Ткаченко, А. П. Синицина, Г. В. Чубарева [153] рекомендуют проводить уборку кукурузы в фазу восковой спелости. В этот период силос получается умеренно кислый (рН 4,1–4,3), и потери сухого вещества не превышают 10 %. В силосе такого срока заготовки содержится 65–70 % воды, 2,0–2,3 % протенна, 1,5–1,6 % белка, 0,6–0,7 % жира, 5,4–6,3 % клетчатки. При более ранней уборке, например, в фазу начала молочной спелости воды в силосной массе содержится до 75–80 %. Избыток воды увеличивает потери сухого вещества до 16–20 %. Протенна накапливается 1,6–1,8 %, белка 1,3–1,5 %, жира 0,4–0,7 %, клетчатки 4,5–5,6 %. При более поздней заготовке силоса (в фазу полной спелости) из-за обезвоживания растений без добавления воды или сочных кормов процесс силосования идет хуже [62].

Из вышеизложенного следует, что наилучшего качества силос достигает при его уборке в фазу восковой спелости [62, 153]. Продолжается эта фаза всего 6–8 дней, что практически не дает возможности убрать кукурузу даже на третьей части площади. Для этого необходим более длительный период. В связи с этим мы поставили перед собой цель научиться определять (прогнозировать) оптимальный, более длительный период уборки, который бы позволял сохранять высокое качество заготавливаемого силоса и в то же время давал возможность получать максимальное его количество.

С этой целью в 1986–1988 гг. были организованы и проведены тематические наблюдения на наблюдательных участках 15 метеорологических станций в разных зонах Краснодарского, Ставропольского краев и Ростовской области.

Наблюдались районированные средние и среднепоздние сорта и гибриды кукурузы: Днепровский 460, Краснодарский 440, Донская высококорослая, Одесский 80 и др.

Отбор проб проводился через 10–15 дней в период от наступления фазы выметывания метелки до вступления растений в массовую фазу полной спелости. При отборе проб выбиралось два типичных растения, каждое из которых взвешивалось и определялась сырая масса одного растения. Затем они высушивались до воздушно-сухой массы (влажность 14–16 %), после чего проводилось повторное взвешивание и определялась сухая масса одного растения. Одновременно с этим фиксировались фазы развития растений кукурузы и процент охвата растений данной фазой на наблюдательном участке.

Наблюдения показали, что максимум растительной массы кукурузы приходится на фазу молочной спелости: чаще всего – на конец этой фазы (75–100 % охвата растений этой фазой), реже – на период, предшествующий вступлению растений в массовую молочную спелость (20–40 % охвата фазой). Это хорошо иллюстрирует рис. 15.

С вступлением растений в фазу восковой спелости, когда идет про-

цесс значительного отмирания листьев, масса которых не восполняется приростом массы початков, начинается уменьшение вегетативной массы кукурузы.

Н. И. Гойса, Р. Н. Олейник, А. Д. Рогаченко [23] указывают, что ход нарастания площади листьев кукурузы на орошении имеет максимум в

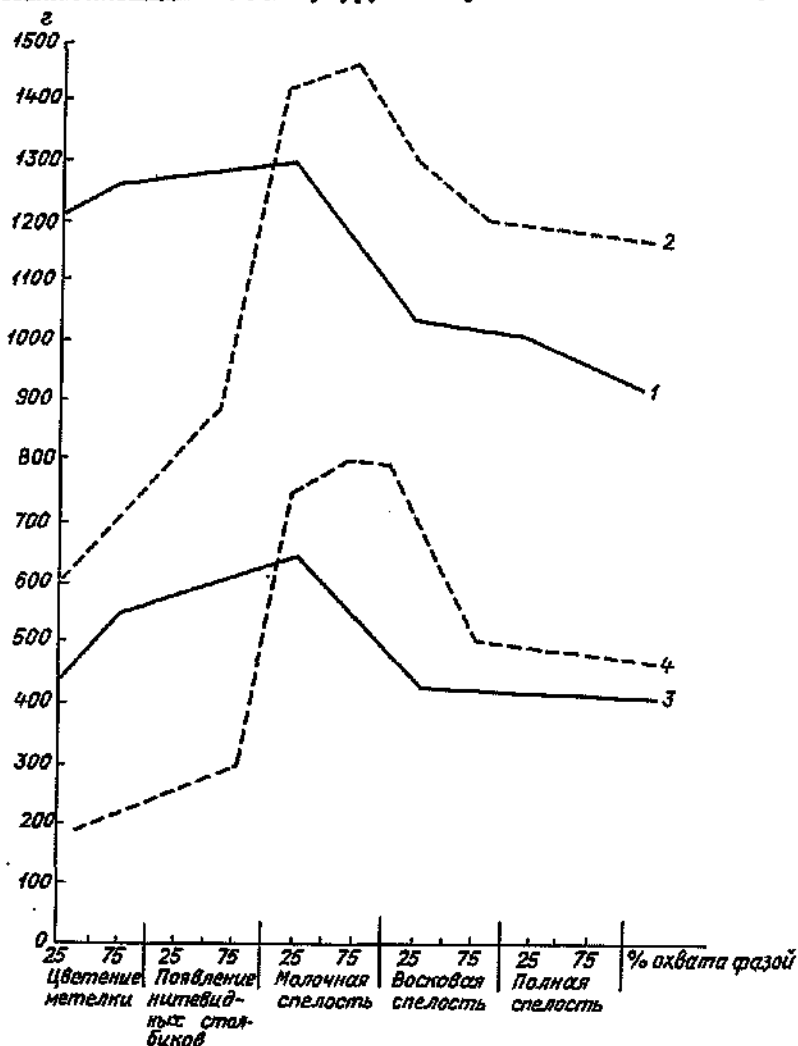


Рис. 15. Зависимость сырой и сухой массы (г) одного растения кукурузы от фазы ее развития (фаза, % охвата фазой) на агрометеорологической станции «Гигант» за 1987 и 1988 гг. 1 и 2 — сырая масса соответственно в 1987 и 1988 гг.; 3 и 4 — сухая масса соответственно в 1987 и 1988 гг.

период между фазами выметывания метелки и появления нитевидных столбиков. Поэтому нарастание вегетативной массы в период от появле-

ния нитевидных столбиков до массовой молочной спелости идет за счет роста початков.

В дальнейшем, когда замедляется прирост початка и происходит более быстрое отмирание листьев, вегетативная масса кукурузы начинает уменьшаться. Обычно это происходит при вступлении растений в фазу восковой спелости, на орошаемых полях этот процесс заметно замедляется и поэтому максимум вегетативной массы кукурузы приходится только на фазу восковой спелости (табл. 35).

Более полное представление об оптимальном периоде уборки кукурузы мы получили, обобщив все тематические наблюдения. Для этого все результаты взвешивания сырой и сухой массы приводились к одному показателю — изменению отдельно сырой и сухой массы во времени (в процентах от максимальной величины). Динамика накопления массы рассчитывалась для каждого опыта и года отдельно. Таким образом была получена относительная величина по динамике изменения отдельно сырой и отдельно сухой вегетативной массы растений.

Таблица 35

Динамика накопления вегетативной растительной массы кукурузы сорта Краснодарская 362 на поливном поле наблюдательного участка Семикаракорской ГМО в 1987 г.

Дата	Фаза развития кукурузы	Процент охвата фазой	Масса одного растения, г	
			сырая	сухая
27 VII	Выметывание метелки	80	628	133
10 VIII	Цветение початка	88	703	162
15 VIII	Молочная спелость	45	1026	275
31 VIII	Восковая спелость	52	1149	373
10 IX	Восковая спелость	100	1304	451
20 IX	Полная спелость	22	1082	446

Такой подход позволил объединить все результаты тематических наблюдений и получить достаточно убедительную связь динамики накопления изменения вегетативной массы кукурузы с суммарной оценкой охвата растений фазой в период от цветения метелки до полной спелости.

Эту связь можно описать следующими уравнениями:
для сухой массы

$$y = -0,00053x^2 + 0,32x + 42; \quad (42)$$

для сырой массы

$$y = -0,0007x^2 + 0,42x + 33. \quad (43)$$

Здесь y — масса (сухая, сырая), % от максимальной величины; x — процент охвата растений фазой нарастающим итогом: 1–100 % в фазу цветения метелки, 101–200 % в фазу появления нитевидных столбиков, 201–300 % в фазу молочной спелости, 301–400 % в фазу восковой спелости,

401–500 % в фазу полной спелости.

Приведенные в таком виде уравнения (42) и (43) использовать непосредственно для прогноза урожайности зеленой массы кукурузы нельзя, так как они получены по обобщенным данным, без учета сортов, почвенных и климатических условий, корреляционные отношения их небольшие 0,60–0,62; однако в перспективе такой подход к составлению подобного прогноза вполне возможен. Но для этого необходимо учесть все перечисленные параметры и научиться на раннем этапе роста и развития кукурузы (выметывание–цветение метелки) точно определять или рассчитывать зеленую массу кукурузы и включать эту величину в уравнение как один из параметров прогноза урожайности. Видимо, тогда можно будет уточнить существующую методику, избавившись от такой весьма субъективной величины, как состояние культуры, и этим повысить оправдываемость прогноза.

В том виде, в каком представлены здесь уравнения, они могут быть успешно использованы для установления оптимального, наиболее рационального срока уборки кукурузы на силос.

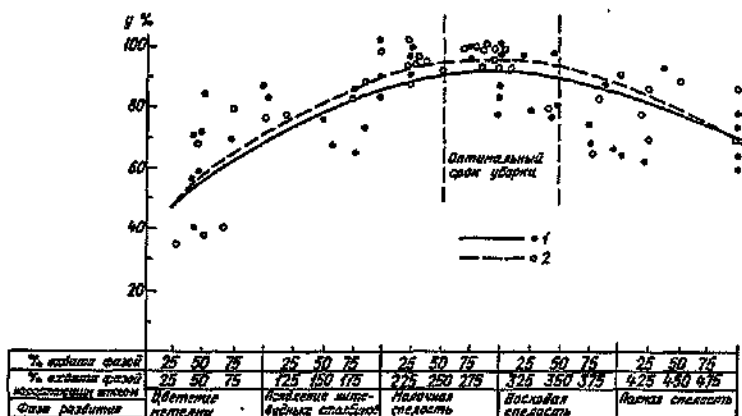


Рис. 16. Связь между накоплением сухой (1) и сырой (2) массы у (% от максимальной массы) и фазой развития кукурузы.

На основе приведенных уравнений построен рис. 16, по которому можно довольно четко определить оптимальный период для уборки кукурузы на силос. Он наступает при массовом вступлении кукурузы в фазу молочной спелости и завершается при массовой восковой спелости, т. е. продолжается 15–17 дней. Начало оптимального периода уборки

можно определить задолго до силосования культуры по агрометеорологическому прогнозу сроков наступления молочной спелости кукурузы, который составляется почти с месячной заблаговременностью. Если к прогнозируемой дате наступления молочной спелости прибавить 3–5 дней (за такой период кукуруза вступает в фазу массовой молочной спелости), то мы получим дату начала оптимального периода уборки кукурузы на силос, а прибавив к этой дате еще 15–17 дней, дату окончания этого периода.

Например, в 1988 г. по метеорологической станции Матвеев Курган наступление фазы молочной спелости ожидалось по прогнозу на 22 июля, отсюда оптимальным сроком уборки кукурузы для этого пункта должен был быть период с 26 июля по 11 августа.

2.5. 3. Прогноз средней областной урожайности зерна кукурузы

Для прогнозирования урожайности зерна кукурузы на территории Северного Кавказа и южной половины Нижнего Поволжья используются методики, разработанные в Гидрометеорологическом центре СССР. Это методики Ю. И. Чиркова [175], Л. В. Комоцкой и А. И. Страшной [58]. В этих методиках широко применяются величины тепло- и влагообеспеченности, элементы, характеризующие продуктивность и состояние посевов. Они полностью охватывают и характеризуют условия формирования урожайности зерна кукурузы, но в отдельные годы прогнозируемые урожаи оказываются значительно ниже, чем фактические.

Анализируя причины отклонения прогнозируемого урожая от фактического, мы пришли к заключению: такие отклонения отмечаются в неблагоприятные для выращивания кукурузы годы, когда хозяйства вынуждены часть посевов, предназначенных на зерно, переводить на корм. В этих условиях под уборку остаются лучшие посевы, с лучшим потенциальным видом на урожай. Естественно, что уборка кукурузы на зерно с этих площадей дает урожай выше, чем он мог быть получен со всей плановой площади.

Например, в Ростовской области площади под кукурузой на зерно в отдельные годы сокращаются на 50–60 и даже 70–80 %. В эти годы урожай, убраный с оставшихся площадей, оказывается значительно выше прогнозируемого (табл. 36).

Учитывая это обстоятельство, мы на материалах Ростовской области предложили методику, прогностическое уравнение которой предусматривает включение наряду с параметрами тепло- и влагообеспеченности такой величины, как уборочная площадь (в виде процента к плановой площади).

Агрометеорологический прогноз областной урожайности зерна кукурузы по предлагаемому уравнению (44) может быть составлен с

Фактическая и прогнозируемая средняя областная урожайность кукурузы
в Ростовской области при сокращении уборочной площади
в неблагоприятные для выращивания данной культуры годы

Год	Процент уборочной площади кукурузы от планируемой	Урожайность, т/га		
		прогнозиру- емая	фактичес- кая	разность, т/га
1978	31	2,30	2,88	-0,58
1979	17	1,10	1,71	-0,61
1983	44	1,90	2,85	-0,95
1984	47	1,60	3,07	-1,47
1986	42	1,70	2,39	-0,69

2-месячной и уточнен с. месячной заблаговременностью:

$$y = 0,008x_1 + 4,20x_2 + 9,27x_3 - 0,00017x_4^2 - 0,0065x_4 + 0,85x_5 - 6,68; \quad (44)$$

$$R = 0,79 \pm 0,1; S_y = \pm 0,36 \text{ т/га.}$$

Здесь y – урожайность зерна кукурузы, ц/га; x_1 – запасы влаги в полуметровом слое почвы на 18 мая, мм; x_2, x_3 – ГТК соответственно за июнь и июль; x_4 – процент уборочной площади к плановой; x_5 – урожайность по тренду за прошлый год (рассчитывается графическим способом, как было описано в п. 2.2.), ц/га; R – коэффициент множественной корреляции; S_y – ошибка уравнения, т/га.

Кроме расчета средней областной урожайности рекомендуется отдельно прогнозировать урожайность зерна для орошаемых площадей.

Методика такого прогноза была разработана под руководством автора данной книги в дипломной работе Л. М. Клопышко [53]. Полученное ею уравнение (45) успешно используется с 1987 г.:

$$y = 0,567x_1 + 0,053x_2^2 - 3,188x_2 + 0,00278x_3^2 - 0,922x_3 + 123,2; \quad (45)$$

$$R = 0,91 \pm 0,02; S_y = \pm 0,21 \text{ т/га.}$$

Здесь y – средняя областная урожайность зерна кукурузы на орошении, ц/га; x_1 – средняя температура воздуха за июль, °С; x_2 – средний дефицит влажности воздуха за июль, гПа; x_3 – средняя высота растений на фазу выметывания метелки, см.

2.6. Прогноз средней областной урожайности подсолнечника

Подсолнечник на Северном Кавказе и в южной половине Нижнего Поволжья как основная масличная культура этого региона занимает большие площади в посевах (см. п. 1.5). Часть посевов используется на корм скоту.

До 1987 г. для расчета урожайности подсолнечника в данном регионе использовалась методика Ю. С. Мельника [84, 85], учитывающая только условия увлажнения.

В 1988 г. Х. Х. Тебугевым [152] была предложена новая методика, в основе которой лежит динамическая модель, позволяющая по тепло- и влагообеспеченности проводить расчет агрометеорологических условий формирования урожайности. Им же предложен долгосрочный прогноз (на дату посева) урожая подсолнечника по коэффициенту сухости и избыточного увлажнения Д. А. Педя.

Учитывая то обстоятельство, что агрометеорологический прогноз урожайности подсолнечника, составляемый по методике Ю. С. Мельника, в отдельные годы имел невысокую оправдываемость, мы попытались разработать свою методику, цель которой максимально учесть те факторы, оказывающие наибольшее влияние на формирование урожайности подсолнечника.

Одним из таких факторов является прежде всего влагообеспеченность, что хорошо было показано при разработке методики оценки агрометеорологических условий произрастания подсолнечника (см. п. 1.5). Поэтому в прогностическом уравнении этот фактор нашел отражение в виде запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы на фазу образования соцветий (W) и суммы осадков за период от образования соцветий до цветения (x).

Кроме влагообеспеченности посевов в уравнении использованы средний дефицит влажности воздуха за период от образования соцветий до цветения (e), средняя высота растений подсолнечника на фазу образования соцветий (h) и урожайность по тренду за прошлый год (y_0). Последний фактор отражает изменение культуры земледелия и уровень урожайности, на котором эти изменения происходят. Тренд рассчитывается графическим путем, как было показано в п. 2.2.

Математическое выражение многофакторной связи урожая с представленными факторами описывается следующим уравнением:

$$y = -0,104h + 0,0011W + 0,0568x - 0,09e + 8,07y_0 - 78. \quad (46)$$

Коэффициент множественной корреляции равен $R = 0,77 \pm 0,07$; ошибка уравнения $S_y = \pm 0,12$ т/га.

По предложенному уравнению прогноз составляется с наступлением фазы образования соцветий и уточняется после наступления фазы цветения подсолнечника.

При уточнении прогноза следует кроме наиболее вероятной урожайности, которая может быть получена при завершении уборки подсолнечника в оптимальные сроки (за 10 дней), указывать возможное снижение урожайности при задержке уборки до 15, 20 дней. Эти величины можно вычислять по уравнению (2).

2.7. Расчет изменения влажности зерна кукурузы и подсолнечника в период их созревания

Кукуруза и подсолнечник так же, как и зерновые колосовые культуры, в начальный период вегетации содержат наибольшее количество воды [133]. В дальнейшем оно постепенно уменьшается: сначала в листьях и стеблях, а затем в початках, корзинках и зерне. В один и тот же момент разные части растений содержат неодинаковое количество воды: те органы растений, которые развились позже, содержат воды больше, чем те, которые образованы раньше [169].

Необходимо отметить, что так же, как и у зерновых колосовых культур, само зерно не подвергается внешнему воздействию воды до тех пор, пока оно вместе с растением является единым организмом. Однако, как только зерно созревает, оно отделяется от растения и уже является самостоятельным организмом. С этого момента зерно подвергается внешнему воздействию — под влиянием высокой влажности воздуха и дождя может набухать, увеличивать свою влажность. Правда, в процессе созревания у кукурузы и подсолнечника возможно некоторое повышение влажности зерна (семян) после дождей, но это является не следствием набухания самих зерен (семян), а сохранением капельной влаги на их поверхности из-за специфического строения корзинки и початка, в которых влага от дождей длительное время удерживается, медленно испаряясь.

Уборка кукурузы в зависимости от целей, для которых предназначаются початки или обрубленное зерно, может идти при разной влажности зерна. В связи с этим работникам сельского хозяйства должны быть интересны данные о ежедневном изменении влажности зерна на протяжении всего периода созревания — до достижения зерном полной спелости (влажность зерна 12–16 %). Не менее важно знать ход изменения влажности семян во время созревания подсолнечника и его готовности к уборке. Наши наблюдения за созреванием подсолнечника на ряде станций Северного Кавказа в 1984 г. показали, что вступление в фазу созревания семян подсолнечника совпадало с их влажностью около 40 %, реже влажность была более высокой. К этому времени корзинки в своей массе приобретают пожелтевший вид. При снижении влажности семян до 20 % отмечается массовое (50–75 %) побурение корзинок (табл. 37).

Подсолнечник, чтобы не потерять качества и всхожести семян, убирается лишь через определенный период после созревания семян, т. е. тогда, когда влажность последних снижается до 12–14 %. Обычно к этому времени внешний вид поля представлен одиночными растениями с желтыми корзинками (10–20 %), остальные корзинки желто-бурые, бурые и засохшие (80–90 %). При снижении влажности до 7 % семечки достигают физиологической сухости, лучше хранятся, не теряя всхожести и других

Изменение внешнего вида корзинок и влажности семян подсолнечника по данным наблюдений в 1984 г.

Станция	При массовом пожелтении корзинок			При массовом побурении корзинок		
	влажность семян, %	% желтых корзинок	% бурых корзинок	влажность семян, %	% желтых корзинок	% бурых корзинок
Краснодар, Круглик	43	75	25	18	25	75
„Гигант“	40	78	23	24	25	75
Семикаракорск	38	70	30	12	50	50
Новоалександровск	44	68	32	22	30	70
Красногвардейск	52	55	20	22	30	70

своих качеств. Таким образом, так же, как и у кукурузы, контроль за изменением влажности семян подсолнечника должен быть регулярным на протяжении всего созревания и уборки.

Для того чтобы иметь систематические данные об изменении влажности зерна созревающей кукурузы и подсолнечника, необходимо вести прямые наблюдения за изменением влажности или использовать расчетные методы для ее определения.

Такой расчетный метод мы предлагаем для контроля за изменением влажности зерна кукурузы и семян подсолнечника. Интегральной величиной в этом методе является температура воздуха. По сумме средних суточных температур, накопившихся за период от момента достижения влажности зерна кукурузы 64 % и ниже и подсолнечника 47 % и ниже и до даты, на которую проводится расчет, определяется влажность зерна кукурузы и семян подсолнечника (уравнения (47), (48), рис. 17 и табл. 38, 39).

Уравнения предложенной связи имеют следующие математические выражения:

для подсолнечника

$$y = 0,0001x^2 - 0,126x + 47; \quad (47)$$

$$\eta = 0,85 \pm 0,2; S_y = \pm 6 \%; n = 82;$$

для кукурузы

$$y = 0,0003x^2 - 0,074x + 64; \quad (48)$$

$$\eta = 0,88 \pm 0,1; S_y = \pm 6,2 \%; n = 110.$$

Здесь y — влажность зерна кукурузы или подсолнечника, %; x — сумма накопившихся средних суточных температур воздуха, °C; η — корреляционное отношение; n — число случаев; S_y — ошибка уравнения, %.

Расчеты по этим уравнениям можно проводить для подсолнечника начиная с периода начала созревания, а для кукурузы с молочной спелости. Графическое изображение связи представлено на рис. 17.

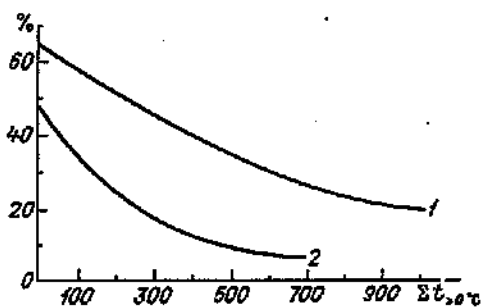


Рис. 17. Зависимость влажности (%) зерна кукурузы и семян подсолнечника в период их созревания от $\Sigma t > 0^\circ\text{C}$, накопившейся от начала созревания до даты расчета влажности.

Для удобства проведения расчетов по представленным уравнениям составлены табл. 38 и 39, по которым, зная сумму накопившихся температур, можно легко определить влажность зерна.

Таблица 38

Изменение влажности (%) семян подсолнечника в период их созревания в зависимости от накопления сумм положительных средних суточных температур воздуха

Температура, °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	47	46	45	44	42	41	40	39	38	36
100	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26
200	24	24	23	22	22	21	20	19	18	18
300	17	17	16	16	15	15	14	13	13	12
400	12	12	12	11	11	10	10	10	10	9
500	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8
600	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Таблица 39

Изменение влажности (%) зерна кукурузы в период его созревания в зависимости от накопления сумм положительных средних суточных температур воздуха

Температура, °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	64	63	63	62	61	60	60	59	58	58
100	57	57	56	56	55	54	53	53	52	52
200	51	51	50	50	49	48	48	47	47	46
300	45	45	44	44	43	43	42	41	41	40
400	40	39	39	38	38	37	36	36	35	35
500	34	34	34	33	33	32	32	31	31	30
600	30	30	29	29	28	28	28	27	27	27
700	27	26	26	26	25	25	25	25	24	24
800	24	24	23	23	23	22	22	22	22	21
900	21	21	21	21	21	20	20	20	20	20

Первое разовое определение влажности производится термостатно-весовым способом. Если влажность зерна кукурузы или семян подсолнечника окажется ниже начального предела (т. е. ниже 64 % для кукурузы и 47 % для подсолнечника), то по полученной фактической влажности устанавливается сумма средних суточных температур, которая должна была накопиться на момент определения влажности от начального предела.

Например, мы определили, что влажность зерна кукурузы в фазу молочной спелости на 20 августа составляет 53 %. По табл. 39 находим, что сумма средних декадных температур при такой влажности равна 160 °С. Прибавляя к этой сумме средние суточные температуры за последние дни, будем определять изменение влажности.

2.3. Прогноз средней областной урожайности продовольственных бахчевых культур

Одним из крупных регионов бахчеводства является Нижнее Поволжье и Северный Кавказ.

Особенно большие площади отведены под эти культуры в Астраханской и Волгоградской областях. Если сравнить их площади возделывания с площадями в Ставропольском, Краснодарском краях и Северо-Кавказских автономных республиках, то на долю Астраханской и Волгоградской областей приходится 44 %, а на долю Краснодарского, Ставропольского краев и Северо-Кавказских автономных республик — только 31 % посевов бахчевых, размещаемых на Северном Кавказе, в Ростовской области и южной половине Нижнего Поволжья.

Бахчевые культуры (арбузы, дыни, тыквы) обладают высокими пищевыми и кормовыми достоинствами. Они имеют важное агротехническое значение. Поле после уборки бахчевых выходит чище, чем из под других культур, вследствие его неоднократной обработки при борьбе с сорняками.

У бахчевых сильно развита сосудистая и корневая системы, поэтому они испаряют очень много воды, но несмотря на это, хорошо удаются в засушливых районах на легких и рыхлых почвах (супеси, пески), хуже на суглинистых и глинистых.

Арбуз и дыня лучшие урожай дают на темноцветных супесях и супесчаных черноземах, тыква — на суглинистых черноземах.

Бахчевые культуры нуждаются в значительном количестве тепла, света и требуют длительного безморозного периода.

Семена тыквы начинают прорастать при температуре почвы 13 °С, дыни — при температуре 15 °С, арбуза — при температуре 16, 17 °С. Оптимальной температурой прорастания являются 33–35 °С, а предельной 40 °С [147].

Бахчевые культуры исключительно неустойчивы к низким температурам и гибнут уже при заморозках $-0,5 \dots -1,0^{\circ}\text{C}$.

Высокая освещенность благоприятно сказывается на увеличении сахаристости. Тыква легче, чем арбуз и дыня, переносит недостаток солнечных дней, пониженный температурный режим и переувлажнение почвы.

В отдельных случаях, несмотря на обильное цветение, завязей на бахчевых образуется мало. Это бывает при дождливой погоде во время цветения, когда цветки мало посещают насекомые или же при знойной и очень ветреной погоде. В такие годы возможно значительное снижение урожая.

Учитывая особое отношение бахчевых к теплу и свету, мы на примере Астраханской области провели исследования связи между изменением этих величин и формированием урожайности продовольственных бахчей. Наилучший результат дала связь формируемого урожая с суммой эффективных температур выше 15°C за июнь-июль. За это время бахчевые проходят период от появления всходов до начала образования первых завязей.

Для учета уровня урожайности, на котором происходит ее изменение за счет совершенствования технологии выращивания бахчевых, используется тенденция изменения урожайности по тренду или сама урожайность, снятая с тренда за прошлый год. Для этого строится график динамики изменения урожайности и проводится линия тренда.

Используя эти два основных фактора, мы получили два прогностических уравнения для прогнозирования областной урожайности продовольственных бахчевых:

$$y = 5,64x_1 - 0,062x_2 + 117,6; \quad (49)$$

$$R = 0,92 \pm 0,06; S_y = \pm 0,12 \text{ т/га};$$

$$y = 1,03x_1 - 0,062x_2 + 28,35; \quad (50)$$

$$R = 0,95 \pm 0,05; S_y \pm 0,096 \text{ т/га}.$$

В этих уравнениях y – средняя областная урожайность продовольственных бахчевых, ц/га; x_1 – в уравнении (49) порядковый номер года, в уравнении (50) средний урожай по тренду за прошлый год, ц/га; x_2 – сумма эффективных температур выше 15°C за июнь-июль; R – коэффициент множественной корреляции; S_y – ошибка уравнения.

Прогноз составляется в конце июня, когда за этот месяц имеются фактические данные. За июль берутся прогнозируемые или средние климатические данные. Уточняется прогноз в конце июля по фактическим данным.

2.9. Прогноз урожайности овощных культур

Овощеводству открытого грунта в южных районах Европейской части СССР отводится большое место. Особое положение здесь занимают теплолюбивые культуры (помидоры, баклажаны, перец и др.), идущие на снабжение населения не только этих районов, но и на поставку в северные районы страны. Например, в Астраханской области только под помидоры отводится 70–80 % площадей овощных. В Ростовской области под эту культуру отводится 35–45 % площадей. Наряду с этим значительные площади отводятся под корнеплоды, капусту, огурцы. От года к году площади в целом под овощными и под отдельными культурами изменений почти не претерпевают, что дает возможность оценивать влияние агрометеорологических условий на урожай как отдельных овощных культур, так и всех овощных в целом.

Для оценки влияния агрометеорологических условий на формирование урожайности овощных использованы данные 15-летнего ряда параллельных наблюдений за овощными культурами и метеорологическими величинами стандартных наблюдений. Кроме того, в 1981–1982 гг. в ряде пунктов Ростовской области проводились специальные параллельные наблюдения за метеорологическими величинами и элементами продуктивности и структуры урожая помидоров и капусты.

Анализ этих материалов показал, что на формируемый урожай овощных наибольшее влияние оказывает температура воздуха. Особенно тесная связь урожая с температурой отмечается в наиболее ответственные для растений периоды вегетации.

Так, для помидоров в период от цветения до полной спелости связь урожая со средней температурой выражается коэффициентом корреляции $0,98 \pm 0,01$. Диапазон средних температур, при которых проводились сравнительные наблюдения, составил 20–25 °C [137]. В этом диапазоне наивысшие урожаи формировались при температуре 20 °C, далее с повышением температуры на 1 °C урожайность снижалась на 0,8–0,9 т/га. Иначе говоря, если при температуре 20 °C урожай составляет около 20 т/га, то при температуре 25 °C он понижается на 4,0–4,5 т/га, т. е. оптимальной температурой в указанный период является температура около 20 °C, хотя, как указывается в исследованиях [8, 51], наиболее благоприятными температурами на протяжении большей части вегетационного периода для помидоров являются температуры 20–25 °C. При температуре 30 °C и выше и низкой относительной влажности воздуха пыльца теряет жизнеспособность, рост растений замедляется, а при температуре 34–35 °C рост прекращается, задерживается бутонизация и образование плодов, появляются ожоги на плодах и листьях. Температура ниже 20 °C тоже неблагоприятна для помидоров. При температуре 15 °C у растений приостанавливается цветение, при температуре 10 °C прекращается рост, а при температуре 4–5 °C растения повреждаются от переохлаждения [8].

Менее требовательна к теплу белокочанная капуста. Температура 15–17 °С является для нее оптимальной в период вегетации [8].

Для капусты менее опасны весенние и особенно опасны осенние заморозки. Температура выше 25 °С уже отрицательно сказывается на ее росте и развитии, особенно семенников [51].

Ответственный период в развитии капусты (завивание кочана – техническая спелость) на основных площадях возделывания этой культуры обычно совпадает с критическим периодом развития помидоров и других основных овощных культур, что позволяет учитывать температурный фактор одновременно для большинства овощных культур и в целом, как фактор, влияющий на формирование урожая всех овощных.

Овощные культуры требовательны к влаге, хотя многие из них плохо переносят переувлажнение почвы и высокую влажность воздуха. При таких условиях большинство овощных культур поражается различного рода грибковыми заболеваниями (мучнистая роса, макроспориоз и др.), что отрицательно сказывается на величине и качестве выращиваемого урожая. Однако поскольку овощные культуры в южных районах в своей основной массе возделываются на орошении и влажность почвы под ними поддерживается близкой к оптимальной, то изменений в урожайности в зависимости от этого фактора не прослеживается, а вот связь с осадками существует и объясняется различной влажностью воздуха в зависимости от количества осадков.

При исследовании связи урожая овощных с количеством осадков, выпавших за июнь–июль, был выявлен ее нелинейный характер (табл. 40). При увеличении суммы осадков урожай повышается. При 110–125 мм осадков он достигает максимума. Дальнейшее увеличение осадков в июне–июле снижает урожайность. Такая связь объясняется прежде всего изменением насыщенности воздуха водяными парами. При частых дождях длительное время удерживается высокая влажность воздуха, что приводит к различного рода грибковым заболеваниям растений и снижению формируемого урожая. Все это хорошо видно в приведенной табл. 40.

Таблица 40

Связь между суммой осадков за июнь–июль и урожайностью
овощных по Ростовской области

Год	Сумма осадков за июнь–июль, мм	Урожайность, т/га
1981	70	13,6
1980	98	14,7
1976	111	16,1
1978	125	15,7
1974	133	14,1
1973	166	12,2
1977	181	11,3

Примечание. Годы расположены по возрастанию суммы осадков.

Прослеживается также тесная связь урожая с суммой средних суточных дефицитов влажности воздуха в период интенсивного роста растений (июнь—июль).

Так, сравнивая урожай капусты на отдельных полях различных хозяйств Ростовской области с суммой дефицитов влажности воздуха на ближайших станциях по 20 годо-случаям, мы установили довольно тесную параболическую связь, корреляционное отношение которой равно 0,80. Следовательно, и здесь сохраняется та же зависимость, что и с осадками, хотя у капусты она выражена слабее, чем у помидоров, так как первая менее подвержена разного рода заболеваниям при высокой влажности воздуха. Эта связь хорошо прослеживается по данным табл. 41.

Таким образом, учет теплообеспеченности, повышенных или пониженных температур, количества осадков и дефицита влажности воздуха в отдельные периоды может служить основой для разработки методики

Таблица 41

Среднее изменение урожая капусты в зависимости от изменения суммы средних суточных дефицитов влажности за июнь—июль

Изменение суммы средних суточных дефицитов влажности, гПа		Изменение урожая, т/га		Прибавка урожая, т/га
от	до	от	до	
1000	900	11,5	14,5	3,0
900	800	14,5	17,0	2,5
800	700	17,0	19,2	2,2
700	600	19,2	21,0	1,8
600	500	21,0	22,5	1,5

прогноза урожайности как для отдельных овощных культур, так и для всех овощных в целом.

Поскольку урожайность овощных культур зависит не только от агрометеорологических условий, но и от культуры земледелия, а в разных районах она пока неодинакова, то для каждой области или отдельной зоны и района мы составили свои прогностические уравнения с учетом величины тренда [138, 139].

Так, для расчета средней областной урожайности овощных культур и отдельно помидоров в Астраханской области мы использовали только величину тренда и температурный фактор и получили два уравнения:

для овощных культур в целом

$$y = 0,52x_1 - 1,13x_2 - 3,12x_3 + 203,26; \quad (51)$$

$$R = 0,76 \pm 0,07; S_y = \pm 1,66 \text{ т/га};$$

для помидоров

$$y = -0,052x_1 - 1,39x_2 - 3,46x_3 + 235,41; \quad (52)$$

$$R = 0,76 \pm 0,07; S_y = \pm 1,80 \text{ т/га.}$$

Здесь y – средняя областная урожайность, ц/га; x_1 – порядковый номер года начиная с 1965; x_2 – число дней со средней суточной температурой воздуха 15°C и выше за период с 11 мая по 30 июня; x_3 – число дней со средней суточной температурой воздуха 28°C и выше за июнь–июль.

При использовании уравнений (51) и (52) с введением лишь своих коэффициентов для Ростовской области точность прогноза заметно снижается (коэффициент корреляции $R = 0,65 \dots 0,70$). Поэтому в эти уравнения были включены дополнительные параметры: в одном случае – сумма осадков за критический период развития культуры, в другом – сумма дефицитов влажности за тот же период.

После введения в расчет данных о температуре и осадках было получено несколько уравнений для прогноза средней областной урожайности по Астраханской области:

для всех овощных в целом

$$y = 2,17x_1 - 0,135x_2 - 0,0055x_3^2 + 1,086x_3 + 239,3; \quad (53)$$

$$R = 0,86 \pm 0,04; S_y = \pm 0,93 \text{ т/га;}$$

для помидоров

$$y = 2,11x_1 - 0,116x_2 - 0,008x_3^2 + 1,284x_3 + 250,9; \quad (54)$$

$$R = 0,77 \pm 0,08; S_y = \pm 1,82 \text{ т/га;}$$

для капусты

$$y = 4,603x_1 - 0,266x_2 - 0,0174x_3^2 + 4,515x_3 + 213,8; \quad (55)$$

$$R = 0,74 \pm 0,1; S_y = \pm 3,9 \text{ т/га.}$$

Здесь y – урожайность, ц/га; x – порядковый номер года начиная с 1964 (для капусты, помидоров с 1965); x_2 – сумма температур воздуха выше 0°C за июнь–июль; x_3 – сумма осадков за июнь–июль.

При расчете уравнений для прогноза средней областной, зональной или районной урожайности по Ростовской области можно использовать температуру и дефицит влажности воздуха. С этими величинами для Ростовской области получен ряд уравнений:

для расчета средней областной урожайности овощных в целом

$$y = 2,92x_1 - 0,159x_2 - 0,0002x_3^2 + 0,34x_3 + 156,5; \quad (56)$$

$$R = 0,72 \pm 0,09; S_y = \pm 1,75 \text{ т/га;}$$

для расчета средней областной урожайности помидоров

$$y = 3,68x_1 - 0,314x_2 - 0,0004x_3^2 + 0,836x_3 + 130,7; \quad (57)$$

$$R = 0,71 \pm 0,09; S_y = \pm 1,96 \text{ т/га.}$$

Получены также уравнения для расчета урожайности этих культур по зонам области. Здесь мы приводим уравнение для расчета урожайности всех овощных по одной центральной орошаемой зоне:

$$y = 3,078x_1 - 0,337x_2 - 0,0002x_3^2 + 0,62x_3 + 332,4; \quad (58)$$

$$R = 0,80 \pm 0,06; S_y = \pm 1,39 \text{ т/га.}$$

Для расчета средней урожайности овощных по Семикаракорскому району этой зоны зависимость описывается уравнением

$$y = 2,54x_1 - 0,497x_2 - 0,0002x_3^2 + 0,62x_3 + 471,0; \quad (59)$$

$$R = 0,83 \pm 0,08; S_y = \pm 1,83 \text{ т/га.}$$

В уравнениях (56)–(59) y – урожайность овощных культур, ц/га; x_1 – порядковый номер начиная с 1961 (для помидоров с 1965); x_2 – сумма температур выше 0°C за июнь–июль, $^\circ\text{C}$; x_3 – сумма средних суточных дефицитов влажности воздуха за июнь–июль, г/га; R – множественный коэффициент корреляции; S_y – ошибка уравнения, т/га.

В этом разделе мы изложили принципы проведения расчетов урожайности по овощным в целом и отдельно по помидорам и привели некоторые уравнения для Астраханской и Ростовской области.

Полностью этот вопрос изложен в монографии [139], где приведены уравнения как в среднем по области (краю, республики), так и по каждой зоне, входящей в область (край, республику).

3. ПРОГНОЗЫ ЗАПАСОВ ВЛАГИ И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ

3.1. Оценка влагообеспеченности посева озимых по непаровым предшественникам

Для решения вопроса о возможности начала посева озимых по непаровым предшественникам в ряде работ [46, 47, 124, 129, 135] рекомендуется использовать необходимый минимум осадков за определенный предпосевной период.

Так, согласно П. Г. Кабанову [46, 47], за такой минимум принимается 50 мм осадков за июль и август. По нашим исследованиям [124, 129, 135], это 30 мм осадков за месяц до начала посева озимой пшеницы на подготовленном под посевом непаровом поле.

Количество осадков за предпосевной месяц (x) можно использовать и для расчета запасов влаги в слое почвы 0–20 см по непаровому предшественнику на начало посева (W). Уравнение для такого расчета выражается нелинейной связью

$$W = -0,0014x^2 + 0,45x - 3,0. \quad (60)$$

Корреляционное отношение $\eta = 0,96 \pm 0,18$; ошибка уравнения $S_W = \pm 3,1$ мм. Графическое изображение этой связи представлено на рис. 18.

Для удобства расчета запасов продуктивной влаги слоя почвы 0–20 см на начало предпосевного месяца составлена табл. 42.

Таблица 42
Оценки запасов влаги в слое почвы 0–20 см и всходов в зависимости от количества осадков, выпавших в предпосевной месяц на подготовленное под посев озимой пшеницы непаровое поле [135]

Количество осадков, мм	Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см, мм	Оценка запасов влаги, баллы	Оценка всходов, баллы
10–19	0–5	1 (очень плохие)	0 (всходы не появляются)
20–30	6–10	2 (плохие)	2 (всходы сильно изреженные)
31–65	11–20	3 (удовлетворительные)	3 (всходы слабо изреженные)
66–90	21–25	4 (хорошие)	4 (всходы хорошие)
> 90	26–35	5 (отличные)	5 (всходы отличные)

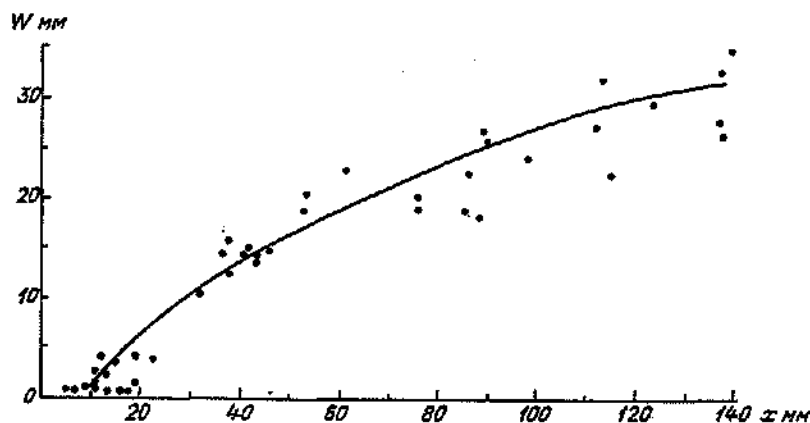


Рис. 18. Зависимость запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см (W) по непаровым предшественникам, подготовленной для посева озимой пшеницы, от суммы осадков за предпосевной месяц (x).

Такой расчет запасов влаги в пахотном слое правомерен при почти полном ее отсутствии в самом начале предпосевного месяца (менее 5 мм в 0–20 см слое), т. е. когда по визуальному определению почва пахотного слоя сухая.

При увеличении остаточных запасов влаги на начало предпосевного месяца минимум осадков, гарантирующих получение удовлетворительных всходов, может быть ниже 30 мм. Поэтому расчет запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы надо проводить, используя и осадки, и остаточные запасы влаги предпосевного периода.

Для такого расчета мы предлагаем учитывать запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см за месяц до начала посева (W) и число дней с осадками 5 мм и более за два предпосевных месяца (n). Предлагаемая зависимость описывается уравнением

$$y = 3,03n - 0,015w^2 + 0,72w - 2,4 \quad (61)$$

$$\eta = 0,81 \pm 0,09; S_y = \pm 2 \text{ мм.}$$

Графическое изображение зависимости представлено на рис. 19.

Наиболее неблагоприятные условия для посева озимых в осенний период отмечаются в годы, когда в предпосевной период складывается тип неудовлетворительного предпосевного увлажнения [135], т. е. когда запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы не превышает 10 мм. В такие годы посев по непаровым предшественникам необходимо переносить и проводить его только после хороших дождей, когда почва в начале оптимального периода посева промачивается на глубину 13–15 см, а в конце этого периода – не менее чем на 10–12 см.

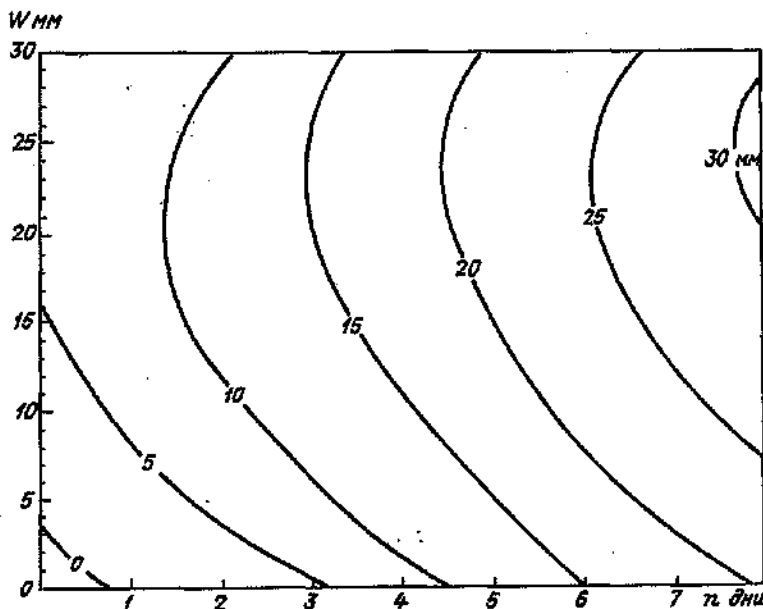


Рис. 19. Зависимость запасов продуктивной влаги (мм) в слое почвы 0—20 см в предпосевной период по непаровым предшественникам озимой пшеницы от числа дней с осадками 5 мм и более за два предпосевных месяца (n) и запасов продуктивной влаги в слое почвы 0—20 см за месяц до начала посева (W).

В такие годы можно примерно предвидеть площади недосева озимых по непаровым предшественникам.

Определить возможную площадь недосева озимых по непаровым предшественникам (относительно плановой) в Волгоградской и Ростовской областях, где поздний посев недопустим, можно по сумме осадков за предпосевной и послепосевной периоды (2 мес). Для Ростовской области такими месяцами являются август и сентябрь, для Волгоградской области — период с 21 июля по 20 сентября. За предпосевной месяц можно использовать фактические осадки, а за послепосевной — их прогнозируемую величину, тогда перед началом посева можно сказать, на какую посевную площадь озимых по непаровым предшественникам рассчитывать.

Возможную площадь недосева озимых по непаровым предшественникам можно определить по графику на рис. 20 или по уравнению

$$\ln y = -2,738 \ln x + 14,1; \quad (62)$$

$$\eta = 0,946 \pm 0,5; S_y = \pm 11 \%$$

Здесь y — площадь плохих и невзошедших озимых осенью по непаровым предшественникам, %, x — количество осадков, выпавших в предпосевной и послепосевной месяцы (2 мес), мм; η — корреляционное отношение;

S_y – ошибка уравнения, %.

В неблагоприятные по увлажнению осенние предпосевные периоды посев в сухую почву необходимо исключить, так как он приводит к большим потерям, и, как правило, такие посевы из-за большой гибели семян пересеваются.

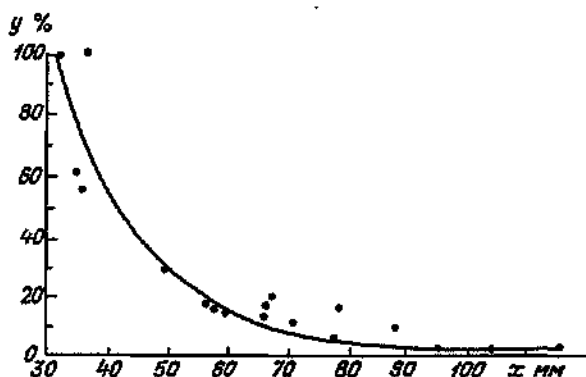


Рис. 20. Связь между количеством осадков, выпавших в предпосевной и послепосевной месяцы (x), и площадью плохих и незашедших осенью озимых по неурожаям предшественникам (y).

Таблица 43

Потеря всхожести семян озимой пшеницы в зависимости от продолжительности их нахождения в сухой почве в непроросшем состоянии

Продолжи- тельность нахождения семян в сухой почве, дни	Потеря всхожести, %	Продолжи- тельность нахождения семян в сухой почве, дни	Потеря всхожести, %
< 10	0	40	50
15	10	45	57
20	17	50	65
25	25	55	73
30	35	60	82
35	42		

При посеве в сухую почву в такие годы семена длительное время находятся в почве в непроросшем состоянии, что приводит к их гибели. Наши исследования [135] показали, что между потерей всхожести семян (y) и продолжительностью нахождения семян в сухой почве (x) существует довольно тесная связь, которая описывается уравнением:

$$y = 1,60x - 14; \quad (63)$$

$$r = 0,81 \pm 0,08; S_y = \pm 5 \%.$$

Приведенное уравнение можно представить в виде табл. 43.

3.2. Прогноз запасов влаги в почве по глубине ее промачивания на весну

В южных районах страны запасы продуктивной влаги в почве на весну имеют едва ли не решающее значение в хозяйственной деятельности колхозов и совхозов. Однако сложность, трудоемкость определения влагозапасов заставляют искать пути, которые позволяли бы проводить расчеты по большим площадям (хозяйствам, районам). Одним из путей является использование такой величины, как глубина промачивания почвы (ГПП) на начало весны. Ее можно использовать для прогнозирования средних запасов влаги не только по району, но и по отдельным хозяйствам или отдельным почвенным разностям в одном хозяйстве.

Теоретическая основа такого прогнозирования базируется на следующих положениях. Прогнозирование запасов влаги по глубине промачивания почвы возможно в степных районах недостаточного увлажнения с глубоким залеганием грунтовых вод. В этих районах после уборки сельскохозяйственных культур в почвенном профиле остается очень мало влаги (до 10–30 мм в слое 0–100 см). Распределяется она, как правило, равномерно по всему почвенному профилю. Это связано с особенностями ее расхода корневой системой [114, 148].

Увлажнение почвы за счет осенне-зимних осадков идет постепенно от слоя к слою; вначале увлажняется верхний слой, затем, как только его насыщение достигнет наименьшего значения (НВ), влага начинает проникать в нижележащий слой, насыщая его до уровня НВ. Такое послойное увлажнение происходит в течение всего осенне-зимнего периода по мере выпадения осадков [124, 132].

Постепенное увлажнение почвы небольшими порциями осадков способствует сравнительно равномерному ее промачиванию. От одного и того же количества осадков при прочих равных условиях больше на легких и меньше на более тяжелых почвах [124, 167]. Разные почвы имеют разный уровень НВ, который с глубиной уменьшается под влиянием давления вышележащих слоев [11]. На тяжелых почвах это уменьшение идет быстрее, на легких – медленнее [124]. Кроме того, на НВ оказывает влияние гумусность и солонцеватость почвы. Увеличение содержания гумуса увеличивает НВ в почвенном профиле, наоборот, увеличение солонцеватости уменьшает НВ [124].

Имея в виду все эти особенности и зная НВ по 10-сантиметровым слоям почвенного профиля и ГПП весной, можно определить количество продуктивной влаги в промоченном слое почвы.

Обычно при определении агротехнических свойств почвы НВ измеряют до глубины 200 см по 10-сантиметровым слоям. Эти данные и используют в дальнейшем для вычисления запасов влаги на весну по фактической или прогнозируемой ГПП. Такие расчеты для конкретной почвы могут быть проведены на любой метеорологической станции, где определены

агрогидрологические свойства почвы, в том числе и наименьшая влагоемкость.

Для того чтобы получить сведения о запасах влаги в целом по хозяйству (району), необходимо знать размеры площадей с определенными почвами в хозяйстве (районе), НВ по 10-сантиметровым слоям каждой из этих почв и определить среднее взвешенное значение НВ для хозяйства (района). Для этого надо использовать все имеющиеся по рассматриваемой территории (мы взяли Северный Кавказ и Нижнее Поволжье) данные об агрометеорологических свойствах почв, выписать значения НВ в метровом слое почвы по 10-сантиметровым слоям и на основе всего этого провести следующую работу.

1. По значениям НВ в слое 0–100 см построить карту, на которой отразить изменение этой величины в зависимости от гумусности и солонцеватости почв одного и того же механического состава.

Исследования [124] показали, что на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье НВ метрового слоя почв одного и того же механического состава не одинакова по территории, она уменьшается с запада-юго-запада на восток-северо-восток по мере увеличения солонцеватости почв и изменения их типов от мощных черноземов до каштановых почв и сероземов (рис. 21).

На тяжелосуглинистых, глинистых и суглинистых почвах по мере увеличения солонцеватости и уменьшения гумусности НВ уменьшается в указанном направлении быстрее, чем на легкосуглинистых почвах. На тяжелосуглинистых и глинистых почвах НВ в слое 0–100 см понижается от 180 до 140 мм, на суглинистых – от 160 до 110 мм, на легкосуглинистых – от 130 до 100 мм, на супесчаных и песчаных почвах заметного уменьшения НВ к востоку не отмечается, повсеместно эти почвы имеют НВ, близкую к 100 мм.

Имея карту изменения НВ по территории, всегда можно найти НВ для любого конкретного района.

2. Провести группировку почв по значениям НВ для слоя почвы 0–100 см. При этом значения НВ = 96...105 мм принять за 100 мм, НВ = 106...115 мм – за 110 мм, НВ = 116...125 мм – за 120 мм.

Анализ данных, сгруппированных таким образом для почв Северного Кавказа и Нижнего Поволжья до глубины 200 см, показал, что значение НВ каждого 10-сантиметрового слоя хорошо коррелирует с глубиной залегания слоя. Для указанной территории построены уравнения связи НВ почвы по 10-сантиметровым слоям с глубиной залегания нижней границы слоя (h_i). Параметры уравнения

$$w_R = a + bh_i \quad (64)$$

приведены в табл. 44. Ошибка уравнения $S = \pm 0,6 + 1,1$ мм, коэффициент корреляции $r = 0,88 \dots 0,94$.

Параметры уравнения для расчета НВ почвы по 10-сантиметровым слоям

Слой почвы, см	Параметры		Слой почвы, см	Параметры	
	a	b		a	b
90—100	-0,010	10,5	150—160	-0,038	17,9
100—110	-0,016	11,8	160—170	-0,035	18,7
110—120	-0,030	13,5	170—180	-0,035	19,6
120—130	-0,035	14,7	180—190	-0,030	20,5
130—140	-0,040	16,0	190—200	-0,030	21,5
140—150	-0,040	17,0			

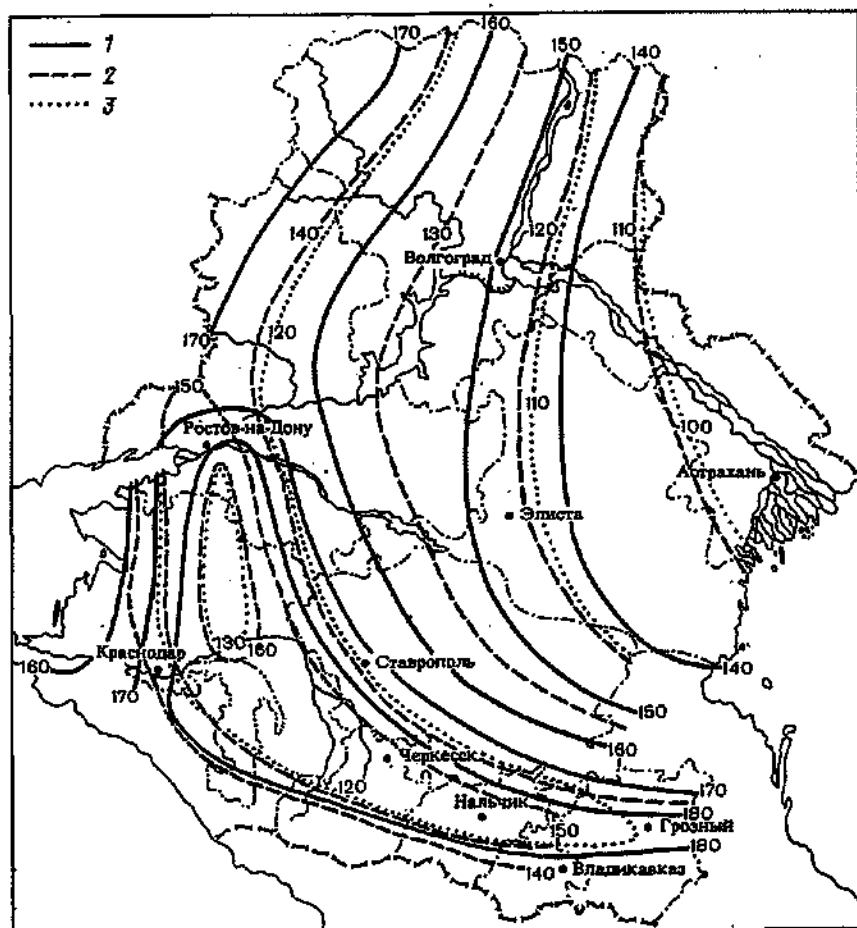


Рис. 21. Распределение наименьшей влагоемкости (мм) различных типов почв (слой 0—100 см) по территории Северного Кавказа и юга Нижнего Поволжья.

1 — тяжелосуглинистые (140—180 мм); 2 — суглинистые (110—160 мм); 3 — легкосуглинистые (100—130 мм) почвы.

3. Для удобства расчета запасов влаги по району по почвенной карте определить процент площадей с разными почвами, затем рассчитать НВ каждой из этих почв и среднюю взвешенную НВ по району. Подобный расчет можно провести по хозяйству.

В качестве примера в табл. 45 приведены данные по трем районам, расположенным на территории Северо-Кавказского территориального управления по гидрометеорологии.

Таблица 45

Процент площадей почв разного механического состава и запасы влаги в этих почвах в слое 0—100 см при наименьшей влагоемкости в трех районах, расположенных на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье

Район	Глины и тяжелые суглинки		Суглинки		Легкие суглинки		Пески и супеси		Средние взвешенные запасы влаги, мм
	площадь, %	запасы влаги, мм	площадь, %	запасы влаги, мм	площадь, %	запасы влаги, мм	площадь, %	запасы влаги, мм	
Боковский, Ростовская область	80	160	10	135	0	—	10	180	152
Алексеевский, Волгоградская область	46	168	33	140	16	122	5	100	148
Гречевский, Ставропольский край	89	167	6	138	0	—	5	100	162

Исходя из полученных уравнений (в которых использованы параметры из табл. 44), можно составить таблицу, по которой удобно рассчитывать по ГПП запасы влаги в промоченном слое почвы. Для примера приведена табл. 46, где дана НВ в диапазоне от 150 до 160 мм, а вообще таблица составляется для всех значений НВ от 100 до 200 мм [124].

Весной ГПП может быть определена обычным почвенным буром, копкой шурфов или щупом (щуп С. Ф. Нигвелова [94]). Для того чтобы найти среднюю влажность почвы по району, требуется не менее 20 измерений ГПП (необходимо несколько измерений в каждой почвенной разности).

Если необходимо составить прогноз ожидаемых запасов влаги в почве, то ГПП прогнозируют по следующему уравнению:

$$y = 47,31 + 0,00046x_1^2 - 0,037x_2 - 0,779x_3 + 0,504x_4, \quad (65)$$

Таблица 46

Необходимое количество продуктивной влаги (мм) для промачивания различных слоев почвы

НВ слоя почвы 0—100 см, мм	Слой почвы, см					
	0—50	0—60	0—70	0—80	0—90	0—100
150	80,6	95,4	109,7	123,6	137,6	150,0
152	81,3	96,5	111,0	125,1	138,8	152,0
154	82,4	97,6	112,3	126,7	140,6	154,0
156	83,3	98,7	113,6	128,2	142,4	156,0
158	84,2	99,8	115,0	129,8	144,2	158,0
160	85,2	101,0	116,4	131,4	145,9	160,0

НВ слоя почвы 0—100 см, мм	Слой почвы, см				
	0—110	0—120	0—130	0—140	0—150
150	162,5	174,6	186,2	197,4	208,2
152	164,7	177,1	188,9	200,4	211,4
154	166,9	179,6	191,6	203,4	214,6
156	169,1	182,1	194,3	206,3	217,8
158	171,4	184,6	197,0	209,2	221,0
160	183,7	187,0	199,8	212,2	224,2

где y — ГПП на весну, см; x_1 — средняя по району сумма осадков за сентябрь—март, мм; x_2 — средняя по району сумма отрицательных температур за зиму (ноябрь—март), °C; x_3 — отношение средней районной суммы осадков за сентябрь—октябрь к общей сумме осадков за сентябрь—март, %; x_4 — средняя ГПП по району за предшествующую весну, см.

Получив прогнозируемую ГПП, рассчитывают запасы влаги для района.

При расчете запасов влаги по ГПП весной необходимо учитывать, что к началу определения ГПП еще не вся влага успевает просочиться в почву и часть ее остается в почвенном профиле сверх наименьшей влажности. В дальнейшем эта влага несколько увеличивает глубину промачивания почвы.

Наши исследования [124] показали, что если ГПП менее 70 см, то дальнейшего ее увеличения уже не происходит. Если ГПП весной более 70 см, то она увеличивается в среднем на 10 %. Например, при ГПП = 90 см поправка составляет 9 см (ГПП = 99 см), при ГПП = 120 см поправка составляет 12 см, а окончательное значение ГПП = 132 см и т. д.

Поскольку ГПП, как правило, определяется на непаровых озимых и зяби, то и запасы продуктивной влаги по ГПП можно спрогнозировать для озимых по непаровым предшественникам и по зяби. Для того чтобы

Таблица 47

Ожидаемая ГПП в зависимости от суммы осадков
за период с 1 ноября по 31 марта

Количество осадков, мм	ГПП, см	Количество осадков, мм	ГПП, см
10	22	160	75
20	26	170	78
30	30	180	82
40	33	190	86
50	37	200	89
60	40	210	92
70	44	220	96
80	47	230	99
90	50	240	103
100	54	250	107
110	58	260	110
120	61	270	114
130	64	280	117
140	68	290	120
150	72	300	124

определить запасы влаги на паровых озимых, ГПП для них можно рассчитывать по уравнению

$$y_1 = 1,21y + 27, \quad (66)$$

где y_1 – ГПП на начало весны на озимых, посеянных по чистым парам, см;
 y – ГПП на начало весны на озимых по непаровым предшественникам и зяби, см.

В районах, где ГПП бывает менее 100 см, или в годы, когда ГПП во влажных районах вследствие неблагоприятных условий также меньше 100 см, или в годы с неглубоким промерзанием и слабой цементацией мерзлого слоя ГПП можно определять по зависимости, полученной между ГПП (y) и количеством осадков (x) за холодный период (ноябрь–март) [124]. Уравнение этой связи имеет вид

$$y = 0,35x + 19. \quad (67)$$

Для удобства расчетов ГПП в зависимости от суммы осадков за ноябрь–март приведена табл. 47.

4. ПРОГНОЗ ПЕРЕЗИМОВКИ ОЗИМЫХ

В этой главе мы не ставим перед собой целью осветить все существующие и используемые на нашей территории методы прогнозов перезимовки озимых [78, 88–90 и др.], а лишь приводим некоторые прогностические расчеты, позволяющие детализировать отдельные прогнозы перезимовки озимой пшеницы или более объективно оценивать складывающиеся условия перезимовки.

4.1. Влияние предшественника на перезимовку озимой пшеницы

При составлении прогноза перезимовки озимой пшеницы для конкретного района часто приходится учитывать общее состояние озимых не только по степени их развитости и сортам [88], но и по предшественникам [129]. Благодаря такому учету можно более точно прогнозировать площади изреживания озимых разных по зимостойкости сортов.

Для этого мы предложили [129] четыре уравнения, позволяющие по минимальной температуре на глубине залегания узла кушения рассчитать вероятное изреживание посевов озимой пшеницы, как зимостойких, так и незимостойких сортов по паровым и непаровым предшественникам.

Связи получены для различных по морозоустойчивости сортов пшеницы: типа Северодонецкая, Мироновская 808 (более морозоустойчивые) и Безостая 1 (менее морозоустойчивые).

Уравнения для раскутившейся озимой пшеницы типа сорта Мироновская 808 и Северодонецкая имеют вид:

посевы по паровым предшественникам

$$\ln y = 0,40 (x - 0,5) - 4,13; \quad (68)$$

посевы по непаровым предшественникам

$$\ln y = 0,45 (x - 0,5) - 4,34. \quad (69)$$

Уравнения для раскутившейся озимой пшеницы типа сорта Безостая 1 имеют вид:

посевы по паровым предшественникам

$$\ln y = 0,40x - 3,37; \quad (70)$$

посевы по непаровым предшественникам

$$\ln y = 0,42(x + 1) - 3,22. \quad (71)$$

Здесь y – изреженность озимой пшеницы, %; x – минимальная температура почвы на глубине залегания узла кущения с обратным знаком, °С.

Коэффициент корреляции предложенных уравнений равен 0,72–0,89; ошибка этих уравнений 7–12 %.

Для удобства пользования уравнениями (68)–(71) составлена табл. 48.

Таблица 48

Процент гибели раскустившейся озимой пшеницы
в зависимости от минимальной температуры на глубине залегания узла кущения,
предшественника и морозостойчивости сорта

Сорт	Предшес- венники	Минимальная температура на глубине залегания узла кущения, °С											
		-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
Более морозостойчивые сорта													
Мироновс- кая 808, Се- веродонецкая	Черный пар	2	3	4	5	7	9	13	19	28	37	55	80
	Непаровые	3	4	5	7	10	14	21	30	47	63	98	100
Менее морозостойчивые сорта													
Безостая 1	Черный пар	2	3	4	6	8	12	20	30	45	68	100	—
	Непаровые	3	4	6	10	14	21	31	50	76	100	—	—

Используя одновременно связи, предложенные В. А. Моисейчик [89, 90], по учету степени развитости растений и наши уравнения по учету влияния предшественников (68)–(71), можно более обоснованно прогнозировать площади изреживания посевов озимой пшеницы в зависимости от минимальной температуры на глубине залегания узла кущения.

4.2. Прогноз критической температуры вымерзания озимой пшеницы

Как показали наши исследования и исследования других авторов [65, 78, 99, 100, 185 и др.], наибольшее влияние на закаливание растений оказывает температурный режим. В ноябре – начале декабря, в период первой фазы закаливания, особенно большое значение имеют перепад между дневной и ночной температурами и минимальная температура воздуха в ночные часы. В конце ноября–декабре, в период второй фазы закаливания, важное значение приобретает ход снижения отрицательной средней суточной температуры.

Связь между этими величинами и критической температурой вымерзания озимых выражается уравнением

Таблица 49

Критическая температура (°C) вымерзания расклевывшейся озимой пшеницы более морозоустойчивых сортов
в зависимости от средней минимальной температуры воздуха за ноябрь и $\Sigma t_{<0}^{\circ}\text{C}$ за ноябрь—декабрь

Средняя минимальная температура за ноябрь (x_1), °C	$\Sigma t_{<0}^{\circ}\text{C}$ за ноябрь—декабрь											
	0	-30	-60	-90	-120	-150	-180	-210	-240	-270	-300	-330
8	-14,5	-14,8	-15,1	-15,4	-15,7	-16,0	-16,3	-16,6	-16,9	-17,2	-17,5	-17,8
6	-14,8	-15,0	-15,3	-15,6	-15,9	-16,1	-16,5	-16,7	-17,1	-17,4	-17,7	-18,0
4	-15,0	-15,3	-15,6	-15,9	-16,1	-16,4	-16,7	-17,1	-17,4	-17,7	-18,0	-18,3
2	-15,3	-15,6	-15,9	-16,1	-16,4	-16,7	-17,0	-17,3	-17,6	-17,9	-18,2	-18,5
0	-15,5	-15,8	-16,1	-16,4	-16,7	-17,0	-17,3	-17,6	-17,9	-18,2	-18,5	-18,8
-2	-15,8	-16,1	-16,4	-16,7	-16,9	-17,2	-17,5	-17,8	-18,1	-18,4	-18,7	-19,0
-4	-16,0	-16,3	-16,6	-16,9	-17,1	-17,4	-17,8	-18,1	-18,4	-18,7	-19,0	-19,3
-6	-16,2	-16,5	-16,8	-17,1	-17,4	-17,7	-18,0	-18,3	-18,6	-18,9	-19,1	-19,4
-8	-16,5	-16,8	-17,1	-17,4	-17,7	-18,0	-18,3	-18,6	-18,8	-19,2	-19,5	-19,8

$$y = 0,125x_1 - 0,00099x - 15,5; \quad (72)$$

$$R = 0,81 \pm 0,04;$$

$$S_y = \pm 0,8,$$

где y – критическая температура вымерзания озимых более морозоустойчивых сортов, имеющих с осени кустистость 2–5 стеблей на растение, °С; x_1 – средняя из минимальных температур воздуха за ноябрь, °С; x_2 – сумма температур воздуха ниже 0 °С за ноябрь–декабрь, °С.

Для удобства расчета критических температур вымерзания составлена табл. 49.

Для озимой пшеницы менее морозоустойчивых сортов (Безостая 1, Аврора, Кавказ и др.) вводится поправка. Она в среднем равна 2 °С [129].

В таком же соотношении (поправка примерно 2 °С) находится температура вымерзания раскустившихся озимых (2–5 побегов на растение) и озимых тех же сортов в фазе всходы – третий лист [135].

Таким образом, используя уравнение (72) и зная морозоустойчивость возделываемых в районе сортов озимой пшеницы, можно с достаточной точностью к 1 января спрогнозировать критическую температуру ее вымерзания в конкретную зиму.

4.3. Прогноз изменения кустистости и наступления фаз развития озимой пшеницы в зимний период

На рост и развитие озимой пшеницы в период зимних оттепелей оказывают влияние как положительные температуры в период оттепелей, так и отрицательные температуры в промежутках между оттепелями. Этот вопрос подробно изложен в нашей работе [135]. Здесь мы хотели бы поместить таблицу (табл. 50), используя которую можно определить продолжительность межфазных периодов, которые проходит озимая пшеница между отдельными фазами. Эта продолжительность зависит от уровня положительных температур во время оттепелей.

Таблица 50 может быть использована для прогнозирования наступления фаз развития озимой пшеницы во время интенсивных оттепелей.

Влияние уровня положительных температур на наступление различных фаз развития сохраняется в течение всей зимы, однако в зимний период возрастает влияние морозов между оттепелями. Морозы вызывают периодическое замерзание растений, на оттаивание которых затрачивается часть тепла. Удлиняется межфазный период и увеличивается сумма положительных температур, необходимая для его прохождения. Эффект низкого уровня температур сглаживается, что хорошо прослеживается при анализе межфазных периодов третий лист–кущение и всходы–кущение, период прохождения которых длится большую часть зимы. Здесь, как видно, с повышением уровня положительных температур для

Таблица 50

Средняя сумма положительных температур ($^{\circ}\text{C}$), необходимая для прохождения начальных межфазных периодов во время зимних оттепелей, в зависимости от уровня положительных температур

Межфазный период	Уровень положительных температур, $^{\circ}\text{C}$			
	2	3	4	5
Посев — всходы	88	120	150	180
Всходы — третий лист	—	28	48	75
Третий лист — кущение	—	178	172	152
Всходы — кущение	—	206	220	227

прохождения межфазных периодов сумма температур выше 0°C не увеличивается, а немного уменьшается. Влияние отрицательных температур в межоттепельные периоды хорошо прослеживается при анализе изменений кустистости у растений озимой пшеницы за зимний период.

Кустистость растений озимой пшеницы (y) увеличивается за зиму тем больше, чем больше накапливается положительных (x_1) и меньше отрицательных (x_2) сумм средних суточных температур воздуха. Уравнение этой связи имеет вид:

$$y = 0,0043x_1 - 0,0004x_2 + 0,07; \quad (73)$$

$$R = 0,83 \pm 0,03; S_y = \pm 0,2.$$

Для удобства расчета этого уравнения ниже приведена табл. 51.

Используя уравнение (73) или данные табл. 51, можно рассчитать изменение кустистости, которое произошло к началу возобновления вегетации озимой пшеницы весной.

Таблица 51

Изменение кустистости озимой пшеницы во время зимних оттепелей в период между прекращением осенней и возобновлением весенней вегетации озимых в зависимости от суммы положительных ($\sum t_{>0^{\circ}\text{C}}$) и отрицательных ($\sum t_{<0^{\circ}\text{C}}$) температур

$\sum t_{<0^{\circ}\text{C}}$ за зимний период, $^{\circ}\text{C}$	$\sum t_{>0^{\circ}\text{C}}$ за период от прекращения до возобновления весенней вегетации, $^{\circ}\text{C}$					
	50	100	200	300	400	500
-50	0,26	0,48	0,91	1,34	1,77	2,20
-100	0,24	0,46	0,89	1,32	1,75	2,18
-200	0,20	0,42	0,85	1,28	1,71	2,14
-300	0,16	0,38	0,81	1,24	1,67	2,10
-400	0,12	0,34	0,77	1,20	1,63	2,06
-500	0,08	0,30	0,73	1,17	1,59	2,02

$\Sigma t < 0^\circ\text{C}$ за зимний период, $^\circ\text{C}$	$\Sigma t > 0^\circ\text{C}$ за период от прекращения до возобновления весенней вегетации, $^\circ\text{C}$					
	50	100	200	300	400	500
-600	0,04	0,26	0,69	1,12	1,55	1,88
-700	0,00	0,22	0,65	1,08	1,51	1,84
-800		0,18	0,61	1,04	1,47	1,80
-900		0,14	0,57	1,00	1,43	1,76
-1000		0,10	0,53	0,96	1,39	1,72
-1100		0,06	0,49	0,92	1,35	1,68
-1200		0,02	0,45	0,88	1,31	1,64

Таблица 52

Сумма положительных средних суточных температур воздуха ($\Sigma t > 0^\circ\text{C}$), необходимая для начала активной вегетации озимой пшеницы при разном состоянии почвы перед и во время зимней оттепели

Состояние почвы		$\Sigma t > 0^\circ\text{C}$
перед оттепелью	во время оттепели	
Влажная, талая	Талая	15
Влажная, промерзшая на глубину менее 10 см	В первые 1-2 дня оттаивает полностью, в дальнейшем талая	40
Влажная, промерзшая на глубину 10 см и более	В первые 1-2 дня оттаивает полностью или на 15-20 см при глубоком промерзании; в отдельные ночи может промерзать на небольшую глубину, а днем быстро оттаивает	65
Слабо увлажненная, талая или ночью замерзшая, а днем талая	Талая, лишь в отдельные ночи слабо промерзает сверху, а днем оттаивает полностью	65
Слабо увлажненная, промерзшая на глубину 10 см и более	В первые 1-2 дня оттаивает полностью или при глубоком промерзании на 15-20 см. В отдельные ночи может слабо промерзать с поверхности, а днем оттаивать	85
Сухая, промерзшая на глубину 10 см и более	Талая или в первые 1-2 дня полностью оттаивает, а при глубоком промерзании оттаивает на 15-20 см; в отдельные ночи с поверхности слабо промерзает, днем оттаивает полностью	110

Немаловажное значение для практического работника имеет установление даты возможного возобновления активной вегетации озимых по накоплению сумм положительных температур, поскольку не всегда

возможно проведение натурных наблюдений.

В наших исследованиях по изменению состояния озимой пшеницы, степени ее отрастания и роста в период зимних оттепелей [129, 135 и др.] обращается внимание на то, что начало возобновления вегетации озимой пшеницы во время зимних оттепелей зависит от глубины покоя, в котором находится растение перед оттепелью.

Замечено [128], что слабая вегетация озимой пшеницы, судя по отрастанию подстриженных растений, начинается одновременно с переходом температуры воздуха через 0°C и оттаиванием почвы. Однако заметить такую вегетацию возможно только по меристемному отрастанию подрезанных растений.

Активную вегетацию озимых можно определить значительно позже, по появлению свежей зелени на верхних еще неразвернувшихся листьях растений. Ткани такой зелени обнаруживаются на нижней части этих листьев. Наши наблюдения за отрастанием подрезанных растений в период зимних оттепелей показали, что свежая зелень на неподрезанных растениях появляется в то время, когда подрезанные растения отрастают в среднем на 10 мм. Приняв эту величину за признак начавшейся активной вегетации, мы определили, что при разном состоянии почвы перед и во время оттепели для отрастания подстриженных растений пшеницы на 10 мм, т. е. для начала ее активной вегетации, должна быть затрачена неодинаковая сумма средних суточных температур выше 0°C . Полученные данные сведены в табл. 52, используя которую можно с достаточной точностью определить начало активной вегетации озимой пшеницы при разном состоянии почвы перед и во время оттепели.

5. ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ И ПРОГНОЗЫ НАЧАЛА ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

5.1. Прогноз скорости прорастания семян озимой пшеницы

Прогноз скорости прорастания семян озимой пшеницы можно составлять по сумме эффективных осадков, накопившихся к началу посева.

Подсчет сумм эффективных осадков проводится в течение предпосевного месяца. При этом учитывается, что по непаровым предшественникам к началу предпосевного месяца остаточных запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см остается не более 1–5 мм, а в восточных районах Северного Кавказа и на большей части Нижнего Поволжья практически не остается совсем [124]. В этих условиях накопление необходимых запасов влаги зависит только от количества осадков. Поскольку предпосевной месяц по температурным условиям довольно жаркий, то предполагается, что из всего количества осадков, выпавших на нагретую почву, потери равны испаряемости.

Испаряемость в этом случае рассчитывается по известной формуле Г. Т. Селянинова

$$Q = \frac{\sum t}{10},$$

где Q – испаряемость; $\sum t$ – сумма температур за сутки, поскольку учет накопления эффективных осадков проводится ежедневно ото дня ко дню в течение всего предпосевного месяца.

Подсчет суммы эффективных осадков начинается со дня выпадения осадков в начале предпосевного месяца. В дни, когда количество осадков, выпавших за прошедший период и текущий день, оказывается меньше испаряемости, сумма эффективных осадков приравнивается к нулю. Дальнейший расчет ведется начиная со дня выпадения осадков в очередной дождь. Таким образом, к началу посева выявляется сумма эффективных осадков, накопившаяся за предпосевной месяц сверх испаряемости. Эта сумма примерно равна запасам продуктивной влаги, которая может быть накоплена на подготовленном под посев озимых непаровом поле при сложившихся в предпосевной месяц температурных условиях и условиях увлажнения (осадки).

Сумма эффективных осадков по всем метеорологическим станциям в предпосевной месяц может быть использована для принятия решений о возможности посева озимой пшеницы по непаровым предшественникам.

Кроме того, эту величину также можно использовать для определения продолжительности прорастания зерна. Зависимость продолжительности периода посев-массовое прорастание зерна от количества

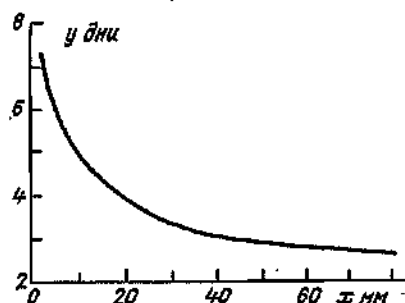


Рис. 22. Зависимость продолжительности периода посев — массовое прорастание семян озимой пшеницы (y) от количества эффективных осадков за месяц до начала посева (x).

эффективных осадков на начало посева (x) иллюстрирует рис. 22. Она имеет нелинейный характер:

$$\lg y = 0,93 - 0,27 \lg x; \quad (74)$$

$$r = 0,77 \pm 0,07; S_y = \pm 0,9.$$

При сумме эффективных осадков 5 мм на начало посева озимой пшеницы набухания и прорастания семян не происходит, при 10 мм осадков массовое прорастание наступает через 5 дней, при 30 мм осадков — через 3 дня.

5.2. Прогноз продолжительности периода посев-массовое кущение озимой пшеницы

Согласно нашим исследованиям [129], продолжительность периода от посева до массового кущения озимой пшеницы (y) может быть определена по средней температуре воздуха (x) за этот период (рис. 23). Коэффици-

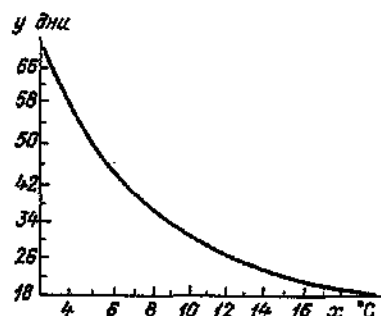


Рис. 23. Зависимость продолжительности периода посев — массовое кущение озимой пшеницы, возделываемой на черных парах или при орошении (y), от средней температуры воздуха за этот период (x).

ент корреляции между этими величинами составляет $0,92 \pm 0,008$. Уравнение регрессии имеет вид

$$\lg y = 2,203 - 0,723 \lg x; \quad (75)$$

$$S_y = \pm 2,5 \text{ дня.}$$

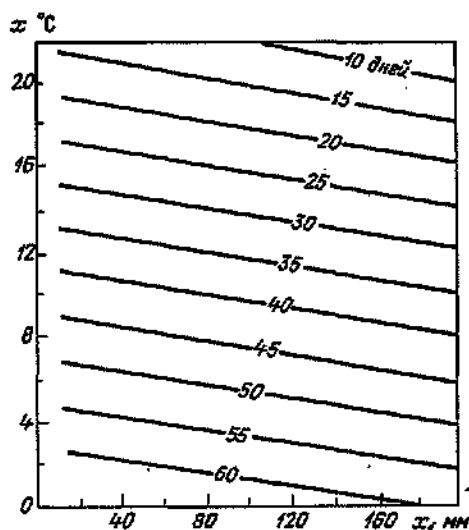


Рис. 24. Зависимость продолжительности (дня) периода посев — начало массового кушения озимой пшеницы, возделываемой по яровым предшественникам, от средней температуры воздуха за тот же период (x) и суммы эффективных осадков за месяц до посева (x_1).

По яровым предшественникам продолжительность этого периода можно определить по уравнению, в которое кроме температуры (x) вводится параметр, характеризующий сумму количества осадков за период от посева до массового кушения и количества осадков за предпосевный месяц (x_1). Зависимость описывается уравнением

$$y = 0,038x - 2,416x_1 + 66,705; \quad (76)$$

$$R = 0,96 \pm 0,004; S_y = \pm 2,3 \text{ дня.}$$

Графическое изображение этой зависимости представлено на рис. 24.

5.3. Метод расчета необходимой кустистости растений к моменту прекращения осенней вегетации озимой пшеницы

Исследования, проведенные нами [129], показывают, что рост и развитие озимой пшеницы зависят не только от тепло- и влагообеспеченности, но также и от предшественников, количества в почве нитратного азота, биологических особенностей сорта.

Установлено, что продолжительность осеннего развития для разных сортов и по разным предшественникам неодинакова. Необходимая продолжительность осеннего развития растений может быть определена по их кустистости перед прекращением осенней вегетации. На одних и тех же предшественниках она больше у более морозоустойчивых сортов. Это связано с биологическими особенностями сортов и прежде всего с продолжительностью их стадии яровизации.

Таблица 53

Наиболее рациональная средняя кустистость к началу перезимовки озимой пшеницы в зависимости от сорта, предшественника и суммы активных температур за период от прекращения осенней до возобновления весенней вегетации

Сорт	Предшественники	Сумма активных температур выше 0 °C за зиму			
		50	100	150	200
Безостая 1, Аврора, Кавказ	Черный пар	3,9	3,3	2,7	2,1
Донская остистая	Непаровые	3,2	2,8	2,4	2,0
	Черный пар	4,5	3,9	3,3	2,7
Ростовчанка	Непаровые	3,7	3,3	2,9	2,5
	Черный пар	4,6	4,0	3,4	2,8
Мироновская юбилейная, Одесская 51	Непаровые	3,9	3,5	3,1	2,7
	Черный пар	4,7	4,1	3,5	2,9
Краснодарская 39, Мироновская 808, Северодонецкая	Непаровые	4,0	3,6	3,2	2,8
	Черный пар	4,9	4,2	3,6	3,0
	Непаровые	4,1	3,7	3,3	2,9

С учетом сорта, предшественников и условий зимы найдена средняя необходимая кустистость озимой пшеницы к прекращению осенней вегетации (табл. 53).

Зная, что энергия кушения рассматриваемых сортов примерно одинакова, а образование разного количества побегов зависит от предшественников и накопления определенной суммы температур, мы получили два уравнения для расчета кустистости растений любого сорта озимых:

посевы по черным парам

$$y = 0,007x + 1,233; \quad (77)$$

$$r = 0,86 \pm 0,03; S_y = \pm 0,43;$$

посевы по непаровым предшественникам

$$y = 0,0043x + 1,19; \quad (78)$$

$$r = 0,76 \pm 0,04; S_y = \pm 0,34.$$

В уравнениях (77) и (78) y – кустистость растений; x – $\Sigma t_{>0}^{\circ}\text{C}$.

Степень необходимого кушения задается по табл. 54 с уменьшением значения кустистости на единицу, поскольку при определении продолжительности периода посев–кушение уже учтено образование одного побега, и по уравнениям (77) и (78) определяется дополнительная кустистость.

Для удобства пользования уравнениями составлена табл. 54.

Расчеты, изложенные в пп. 5.2 и 5.3, могут быть использованы как для

Таблица 54
Кустистость растений,
рассчитанная по уравнениям (77) и (78)
по парам и непаровым предшественникам,
в зависимости от накопившейся суммы
положительных температур ($\Sigma t_{>0}^{\circ}\text{C}$)
за период от кущения до
прекращения осенней вегетации

$\Sigma t_{>0}^{\circ}\text{C}$	Предшественники	
	черный пар	непаровые
50	1,6	1,4
100	2,0	1,6
150	2,3	1,8
200	2,7	2,1
250	3,0	2,3
300	3,4	2,5
350	3,8	2,7
400	4,1	3,0
450	4,5	3,3
500	4,8	3,5

установления средних многолетних оптимальных сроков посева для разных сортов, так и для установления оптимального срока посева в конкретном году.

5.4. Упрощенный метод расчета оптимального срока посева для конкретного года

Как показали исследования [121, 129], в южных и предгорных районах Северного Кавказа и особенно в районе Кубано-Приазовской равнины, т. е. в районах, где очень большая вероятность неустойчивых зим, дата оптимального срока посева в отдельные годы в 74–86 % случаев совпадает с аналогичной средней многолетней величиной. В северных районах Ростовской и Волгоградской областей, где больше количество неустойчивых зим и короче оптимальный период посева, оптимальные сроки посева по отдельным годам совпадают со средними в 64–73 % случаев, т. е. средние многолетние оптимальные сроки посева в первом приближении можно использовать для установления сроков посева в конкретном году.

В экстремальные по температурным условиям годы (20–40 % лет) в сроки посева необходимо вводить поправку на температуру. Если по прогнозу в послепосевный месяц (считая от среднего многолетнего срока посева) температура воздуха ожидается ниже нормы, то срок посева необходимо сдвинуть на более ранний. Если же температура прогнозируется выше нормы, то срок посева будет более поздним.

**Поправка (дни) на смещение сроков посева относительно средних многолетних
в зависимости от отклонения температуры от нормы в предпосевной месяц
по паровым и непаровым предшественникам**

Предшественники	Ожидаемые отклонения температур от нормы, °С								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Черный пар	10	7	4	2	0	-2	-4	-5	-6
Непаровые	10	8	5	3	0	-3	-6	-8	-10

Для удобства расчета таких отклонений составлена табл. 55.

При выборе сроков посева кроме поправок на температуру по разным предшественникам необходимо учитывать сортовой состав озимой пшеницы, поскольку в каждом районе возделывается обычно не один, а несколько сортов с разной морозостойкостью.

5.5. Оценка продолжительности оптимального периода посева озимой пшеницы

Как показали наши исследования [125, 129], на Северном Кавказе и в южной половине Нижнего Поволжья продолжительность оптимального периода посева не одинакова. Она зависит от хода перезимовки, которая определяется суровостью зимы. Чем суровее зима, тем более стойкими должны быть озимые. Стойкость озимых в свою очередь зависит от степени их развитости, поэтому, чтобы обеспечить наиболее благополучную перезимовку и получить максимально возможный урожай, необходимо добиваться строго определенной развитости растений. Так, например, в северных районах рассматриваемой территории наилучший урожай среди зимостойких сортов дают озимые с кущением около 3 побегов, в центральных районах такой урожай могут обеспечить озимые с кущением от 2 до 4 побегов, а в южных — озимые, находящиеся между фазой начала кущения и кустистостью до 5 побегов.

Продолжительность оптимального периода посева хорошо коррелирует с суммой отрицательных температур воздуха за зиму. Комплексная зависимость урожайности от срока посева и суровости зимы выражается уравнением

$$z = -0,027x^2 - 0,0016y + 101,7; \quad (79)$$

$$\eta = 0,85 \pm 0,02; S_x = \pm 8,4 \%,$$

где z — урожайность озимой пшеницы при данном сроке посева, % от урожайности при оптимальном сроке посева; x — разность между данным сроком посева и оптимальной датой, дни; y — сумма отрицательных

Продолжительность (дни) оптимального периода посева для районов с разной суммой отрицательных средних суточных температур воздуха ($\Sigma t_{<0}^{\circ}\text{C}$) за зиму

$\Sigma t_{<0}^{\circ}\text{C}$											
-50	-100	-200	-300	-400	-500	-600	-700	-800	-900	-1000	-1100
28	26	22	17	16	14	12	11	10	9	8	7

средних суточных температур воздуха за зиму, $^{\circ}\text{C}$; η – корреляционное отношение; S_z – ошибка уравнения.

Примем z за постоянную величину, равную 95 %, т. е. будем считать

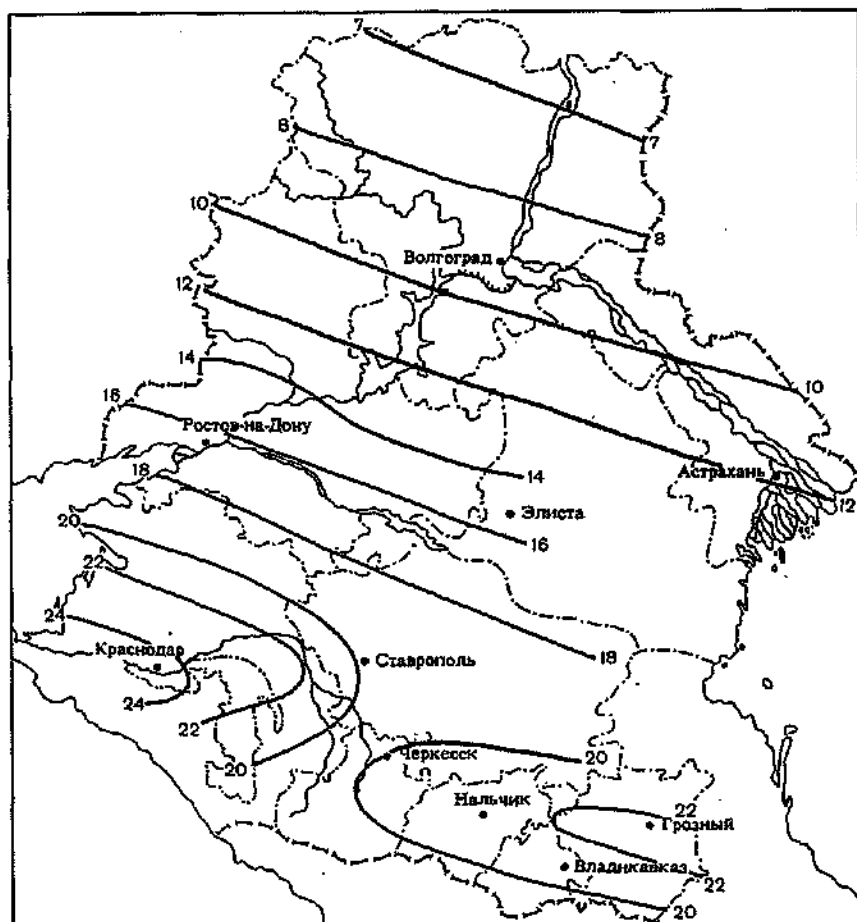


Рис. 25. Средняя многолетняя продолжительность (дни) оптимального периода посева озимой пшеницы.

оптимальным такой период посева, при котором урожайность снижается не более чем на 5 %. Тогда, решая уравнение (79) относительно x (считая y переменной величиной), запишем его следующим образом:

$$x = \frac{-0,0016y \pm \sqrt{(0,0016y)^2 + 0,72}}{0,054} \quad (80)$$

Подставляя в (80) разные значения y , мы получим оптимальную продолжительность посева озимой пшеницы в зависимости от суммы отрицательных температур воздуха за зиму. Поскольку отклонения сроков посева от оптимальных в ту или иную сторону имеют одинаковые значения, то для расчета продолжительности оптимального периода посева значения x удвоены (табл. 56).

Средняя многолетняя продолжительность оптимального периода посева на Северном Кавказе и в южной половине Нижнего Поволжья представлена на рис. 25.

5.6. Прогноз сроков начала ранних весенних полевых работ

Прогноз сроков начала ранних весенних полевых работ имеет важное значение, ибо с ним связана своевременная подготовка к этим работам и проведение их в лучшие сроки. Методики такого прогноза были разработаны и успешно применяются в Северо-Западном экономическом районе СССР, Белоруссии, на Дальнем Востоке [79]. Все эти методики увязываются с такими величинами, как даты схода снега, глубина промерзания почвы, даты перехода температуры через определенные пределы.

В южных районах ЕЧС эти методики не работают, поскольку зимы здесь с частыми оттепелями и неустойчивым залеганием снежного покрова, т. е. условия совершенно иные. В этом регионе необходимо учитывать характер зимы, количество осадков за зимний период, глубину промерзания почвы и высоту снежного покрова, если он сохраняется перед самым наступлением весны.

Для прогноза сроков начала ранних весенних полевых работ в южных районах ЕЧС мы предложили уравнение, учитывающее все эти параметры:

$$y = 0,0217x_1 + 0,037x_2 + 0,49x_3 + 0,097x_4 + 26,7; \quad (81)$$

$$R = 0,71 \pm 0,09; S_y = \pm 6 \text{ дней.}$$

Здесь y — продолжительность периода от 1 февраля до даты начала полевых работ, дни; x_1 — сумма отрицательных температур воздуха за зиму, °C; x_2 — сумма осадков за ноябрь–февраль, мм; x_3 — высота снежного покрова по снегосъемке на 10 февраля, см; x_4 — максимальная

глубина промерзания почвы, см; R – коэффициент множественной корреляции; S_y – ошибка уравнения.

Прогноз составляется после 10 февраля и при необходимости уточняется на 1 марта. Расчет проводится для каждой станции области и результаты представляются в виде карты с кратким текстом прогноза.

Например, в 1989 г. для Ростовской области прогноз был составлен 12 февраля. Прогнозируемые даты начала ранних полевых работ представлены на карте (рис. 26). Прогноз оправдался на 94 %.

Прогноз начала ранних полевых работ дополняется характеристикой плотности пахотного слоя почвы. Последняя определяет характер предпосевной обработки и позволяет решить ряд других вопросов, связанных с проведением ранних весенних полевых работ.

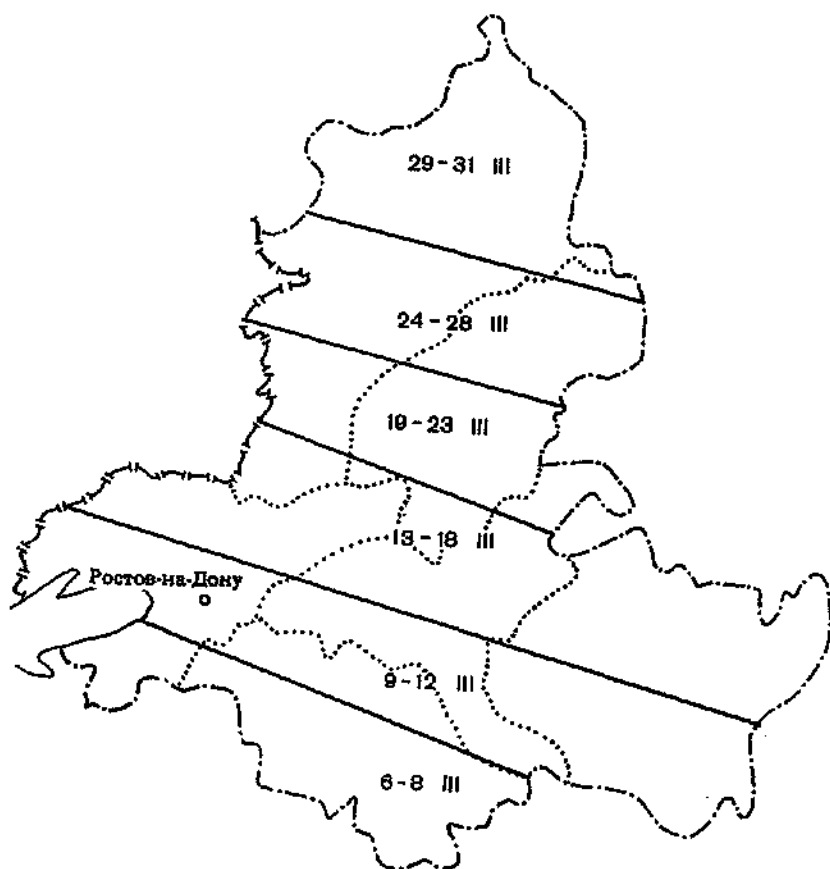


Рис. 26. Даты начала ранних весенних полевых работ, прогнозируемые на весну 1989 г. в Ростовской области.

Наши исследования [135], проведенные в некоторых районах Северного Кавказа, показали, что здесь плотность пахотного слоя в большой степени зависит от условий зимы: в очень теплые и влажные зимы, когда выпадает много осадков и почва практически не промерзает, ее верхние слои сильно уплотняются.

Уплотнение почвы может произойти и вследствие обильных осенних дождей, если после этого устанавливается сравнительно устойчивая зима без глубоких оттепелей. Однако такие годы даже в южных районах отмечаются редко, поэтому особого внимания они не заслуживают.

Обычно зимний период на рассматриваемой территории характеризуется частой сменой погоды. Похолодания сменяются глубокими оттепелями с оттаиванием и новым замерзанием пахотного слоя почвы. Такие явления наблюдаются в течение зимы по несколько раз, что и приводит к рыхлости пахотного слоя. Если за зиму таких оттаиваний и замерзаний отмечается 1–2, то плотность почвы сохраняется такой, какой она была перед началом зимы. При 6–7 оттаиваниях и замерзаниях плотность пахотного слоя уменьшается на $0,15–0,20 \text{ г/см}^3$. То есть отмечается прямолинейная связь:

$$y = -0,39x + 0,08; \quad (82)$$

$$r = -0,90 \pm 0,03; S_y = \pm 0,04 \text{ г/см}^3.$$

Здесь y – изменение плотности пахотного (0–20 см) слоя почвы за зиму, г/см^3 ; x – частота (число случаев) оттаивания и замерзания почвы на глубину 10–20 см за зиму; r – коэффициент корреляции; S_y – ошибка уравнения.

Таблица 57

Изменение плотности (г/см^3) слоя почвы 0–20 см
в зависимости от частоты оттаивания и замерзания верхнего (10–20 см) слоя почвы за зиму

Повторяемость явлений (число случаев)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,04	0,00	-0,03	-0,08	-0,11	-0,15	-0,19	-0,23	-0,27	-0,30

Для удобства пользования уравнением (82) рассчитана табл. 57.

5.7. Прогноз сроков выхода озимой пшеницы в трубку

Наши исследования [129, 135] позволили разработать и успешно применять методику прогноза сроков наступления фазы выхода в трубку. Это имеет большое значение, поскольку данная фаза является некоторым ориентиром для проведения ряда весенних уходовых работ. Например, это сигнал для окончания подкормки озимых прикорневым способом,

окончания боронования посевов, начала обработки посевов препаратом ТУР и т. д.

Сроки наступления фазы выхода в трубку зависят от характера зимы и кустистости растений озимой пшеницы. Чем больше кустистость растений и теплее зима, тем раньше озимые выходят в трубку.

Для составления прогноза сроков выхода озимых в трубку мы предлагаем уравнение для расчета суммы активной (выше 0°C) средней суточной температуры воздуха ($\Sigma t_{>0^{\circ}\text{C}}$) в зависимости от средней кустистости озимой пшеницы к началу возобновления ее вегетации (x) и суммы отрицательных температур за зиму (y). Уравнение имеет следующий вид:

$$\Sigma t_{>0^{\circ}\text{C}} = -57,6x + 0,444y + 152; \quad (83)$$

$$R = 0,93 \pm 0,06; S_y = \pm 1,2^{\circ}\text{C}.$$

Для удобства пользования уравнением рассчитана табл. 58. По этой

Таблица 58

Сумма положительных температур воздуха ($^{\circ}\text{C}$), необходимая для прохождения периода от возобновления вегетации озимой пшеницы до выхода ее в трубку, в зависимости от $\Sigma t_{<0^{\circ}\text{C}}$ за зиму и кустистости растений на начало возобновления вегетации весной

Кустистость	$\Sigma t_{<0^{\circ}\text{C}}$ за ноябрь-март									
	-100	-200	-300	-400	-500	-600	-700	-800	-900	-1000
1,0	139	183	228	272	316	361	405	450	467	538
1,5	110	154	198	243	287	332	376	421	438	510
2,0	81	126	169	214	258	303	348	392	409	481
2,5	53	97	140	186	230	274	319	363	380	452
3,0	24	68	111	157	201	246	290	334	352	423
3,5		39	82	128	172	217	261	306	323	394
4,0			53	99	143	188	232	277	294	366
4,5				70	114	159	204	248	266	336
5,0				42	86	130	175	219	237	306

таблице, зная сумму температур воздуха выше 0°C , необходимую для прохождения периода от возобновления вегетации озимой пшеницы до выхода ее в трубку, легко определить дату наступления фазы выхода в трубку.

5.8. Прогноз сроков начала колошения озимой пшеницы и ярового ячменя

Прогноз сроков начала колошения озимой пшеницы и ярового ячменя служит ориентиром для проведения внекорневых подкормок, окончания или проведения различных уходовых работ на полях. Для составления такого прогноза мы вынуждены были использовать имеющиеся

константы для прогнозирования межфазного периода от выхода в трубку до колошения, предложенные в [116].

Температурные константы для определения сроков наступления фазы начала колошения у возделываемых на Северном Кавказе сортов озимой пшеницы, ярового ячменя в целом дают неплохие результаты при прогнозировании сроков наступления межфазных периодов от колошения до молочной спелости, от колошения до восковой спелости и от молочной до восковой спелости [116]. Хуже оправдываются прогнозы продолжительности межфазного периода от выхода в трубку до колошения по сумме эффективных (выше 5°C) температур воздуха, накапливающихся за межфазный период ($t_{>5^{\circ}\text{C}}^{\text{эф}}$). Это, очевидно, связано с тем, что в разные периоды наблюдений признаки, определяющие выход в трубку растений, были неодинаковыми и изменился сортовой состав этих культур. Для более надежного прогнозирования наступления фазы колошения мы провели уточнения константы — необходимой $t_{>5^{\circ}\text{C}}^{\text{эф}}$ для наступления этого межфазного периода у озимой пшеницы и ярового ячменя.

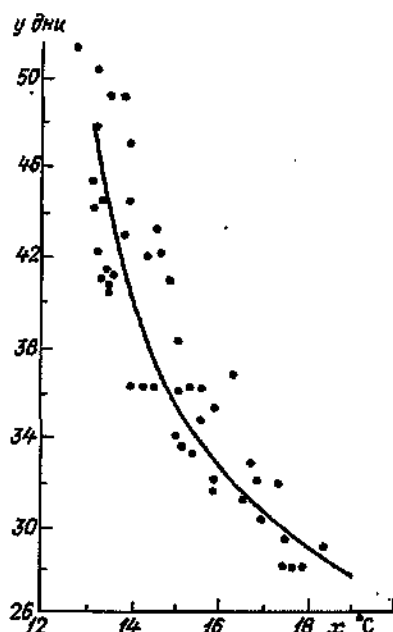


Рис. 27. Зависимость продолжительности межфазного периода от выхода в трубку до колошения озимой пшеницы (y) от уровня температуры воздуха за этот период (x).

Оказалось, что районированным сортам озимой пшеницы требуется накопить большую сумму температур (365°C относительно $312-330^{\circ}\text{C}$), а яровому ячменю меньшую сумму (305°C относительно 330°C), чем рекомендовано в [116]. Однако если для ярового ячменя в большинстве лет

Таблица 59

Продолжительность межфазного периода
от выхода в трубку до колошения пшеницы
и необходимая $\Sigma t_{>5}^{эф}$ при разном уровне температур
за межфазный период

Средняя суточная температура, °C	$\Sigma t_{>5}^{эф}$	Продолжительность межфазного периода, дни
13—14	360	44
14—15	362	38
15—16	368	34
16—17	368	32
17—18	375	30

$\Sigma t_{>5}^{эф}$ мало отличается от средней величины и ошибка прогноза не превышает $\pm 2-4$ дня, то для озимой пшеницы те же отклонения могут быть значительно большими. Связано это с разными сроками возобновления вегетации и прохождения этого межфазного периода при разных уровнях температуры.

Следовательно, продолжительность прогнозируемого периода может колебаться в среднем от 30 до 42 дней. Причем, чем ниже уровень средней температуры за межфазный период, тем продолжительнее этот период и тем меньше необходимо эффективных температур для его прохождения. Это хорошо иллюстрирует рис. 27 и составленная нами по осредненным данным табл. 59.

5.9. Оценка продолжительности формирования и налива зерна озимой пшеницы.

Влияние продолжительности формирования на урожай

Как наши исследования [129], проведенные на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье, так и исследования А. И. Носатовского [95] показывают, что при достаточной влагообеспеченности и температуре воздуха 20—22 °C процесс формирования и налива зерна озимой пшеницы продолжается 20—24 дня. К концу этого периода в зерновке накапливается около 90 % сухого вещества.

Период восковой спелости в среднем длится 10 дней, при сухой и жаркой погоде он может сократиться до 5—6 и даже до 3—4 дней, а при влажной и прохладной погоде растянуться на 12—14 дней. В этот период в зернах происходит превращение питательных веществ в запасные. Зерно подсыхает до 15—20 %, т. е. наступает его полная спелость.

В целом период формирования, налива зерна и преобразование питательных веществ в запасные длится 32—35 дней. Недостаток влаги и

высокая температура воздуха в этот момент отрицательно сказываются на урожае. При сухой и жаркой погоде этот период сильно сокращается, вследствие чего уменьшается масса зерна — оно преждевременно подсыхает, становится щуплым, что ведет к снижению урожая.

Прохладная и влажная погода при достаточной влагообеспеченности благоприятно влияет на процесс формирования и налива зерна. Масса 1000 зерен увеличивается до 45–50 г и более (при средней массе 38–42 г).

Анализ многолетних наблюдений, проведенных в Ростовской области, за массой 1000 зерен показал, что между продолжительностью периода формирования и налива зерна (цветение–восковая спелость) (x) и массой 1000 зерен (y) существует довольно тесная связь. Уравнение этой связи имеет вид

$$y = 1,49x - 4,72; \quad (84)$$

$$r = 0,86 \pm 0,04; S_y = \pm 0,09.$$

Для удобства пользования уравнением (84) составлена табл. 60.

Таблица 60

Связь между массой (y) 1000 зерен озимой пшеницы и продолжительностью периода от начала цветения до начала восковой спелости

Продолжительность периода, дни								
20	21	22	23	24	25	26	27	28
25,0	26,5	28,0	27,5	31,0	32,5	34,5	35,5	37,0

Продолжительность периода, дни							
29	30	31	32	33	34	35	36
38,5	40,0	41,5	43,0	44,5	46,0	47,5	49,0

Эта связь может быть использована как для оценки продолжительности периода формирования и налива зерна, так и (в первом приближении) для оценки формируемого урожая, поскольку между массой 1000 зерен и урожайностью существует неплохая связь.

Так, сопоставив данные о массе 1000 зерен с урожаем озимой пшеницы в южных районах Ростовской области за 1981–1988 гг., мы обнаружили, что эти величины между собой хорошо коррелируют: $r = 0,83 \pm 0,04$.

Данная связь описывается уравнением

$$y = -12,58 + 1,47x, \quad (85)$$

где y – урожайность, т/га; x – масса 1 000 зерен, г.

Таким образом, зная продолжительность периода от цветения до восковой спелости, можно определить не только массу 1 000 зерен, но приблизительно и величину урожая. Последняя для каждого района будет своя, поскольку на урожай влияют также и природно-климатические факторы, и уровень культуры земледелия. То есть оценка видов на урожай должна быть привязана к конкретному району и уравнение (85) для каждого конкретного района и даже хозяйства должно иметь свои коэффициенты регрессии.

6. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ И ОБОСНОВАНИЯ

6.1. Наиболее оптимальные районы для возделывания озимого ячменя на Северном Кавказе

В 50-е годы на территории Северного Кавказа отмечалось общее потепление. Перезимовка озимых в эти годы проходила в основном благополучно. Это и вызвало значительное расширение площадей посева озимого ячменя.

К 1963 г. под озимым ячменем в Краснодарском крае было занято более 430 тыс. га пашни, в Ставропольском крае — более 360 тыс. га, в Ростовской области площадь увеличилась до 200 тыс. га, а всего на Северном Кавказе стало высеваться более 1 млн га.

Зима 1963 г. была суровой. Она показала, что агрометеорологические условия возделывания озимого ячменя на Северном Кавказе не везде одинаковые. В ряде районов условия настолько жесткие, что выращивать здесь озимый ячмень явно нецелесообразно. Таким образом, вопрос размещения озимого ячменя требует особой разработки.

Зимой 1963 г. на территории, расположенной севернее линии Староминская—Сосыка (Краснодарский край)—Светлоград—Благодарное—Прикумск (Ставропольский край), озимый ячмень вымерз на 90—100 %. От 60 до 90 % ячменя погибло на территории, ограниченной с севера указанной линией и с юга линией, проходящей севернее станицы Тимашевской на Кропоткин—Армавир—Невинномысск. В остальных районах Краснодарского края, в предгорьях Ставрополья и в Северо-Кавказских автономных республиках повреждения озимого ячменя были менее значительными.

Причиной массовой гибели озимого ячменя явились сильные морозы, вызвавшие понижение температуры на глубине залегания узла кущения до $-8 \dots -15^{\circ}\text{C}$ в Краснодарском крае, до $-12 \dots -19^{\circ}\text{C}$ в Ставрополье и до $-17 \dots -20^{\circ}\text{C}$ в Ростовской области. Кроме того, в период значительных похолоданий (вторая половина января) на всей территории отмечались сильные ветры и метели, вызвавшие снос снега с полей.

После январских похолоданий в Ростовской области, на северо-востоке Краснодарского края, севере и северо-востоке Ставропольского края гибель этой культуры уже превышала 50—70 %, а после февральских и мартовских похолоданий посевы на указанной территории почти полностью погибли.

В отдельные годы причиной повреждения озимого ячменя может быть выпирание посевов. Частично культура изреживается под воздействием ледяной корки и пыльных бурь. Наиболее сильные повреждения во всех случаях возникают на фоне слабого развития растений с осени, особенно в годы засушливой осени. Но если взять даже один основной фактор — вымерзание, который, на наш взгляд, наиболее сильно влияет на перезимовку озимого ячменя, то в условиях Северного Кавказа и Нижнего Дона этот фактор имеет довольно частую повторяемость.

На рис. 28 показана повторяемость зим, в которые возможны сильные (до 50 %) повреждения озимого ячменя от мороза.

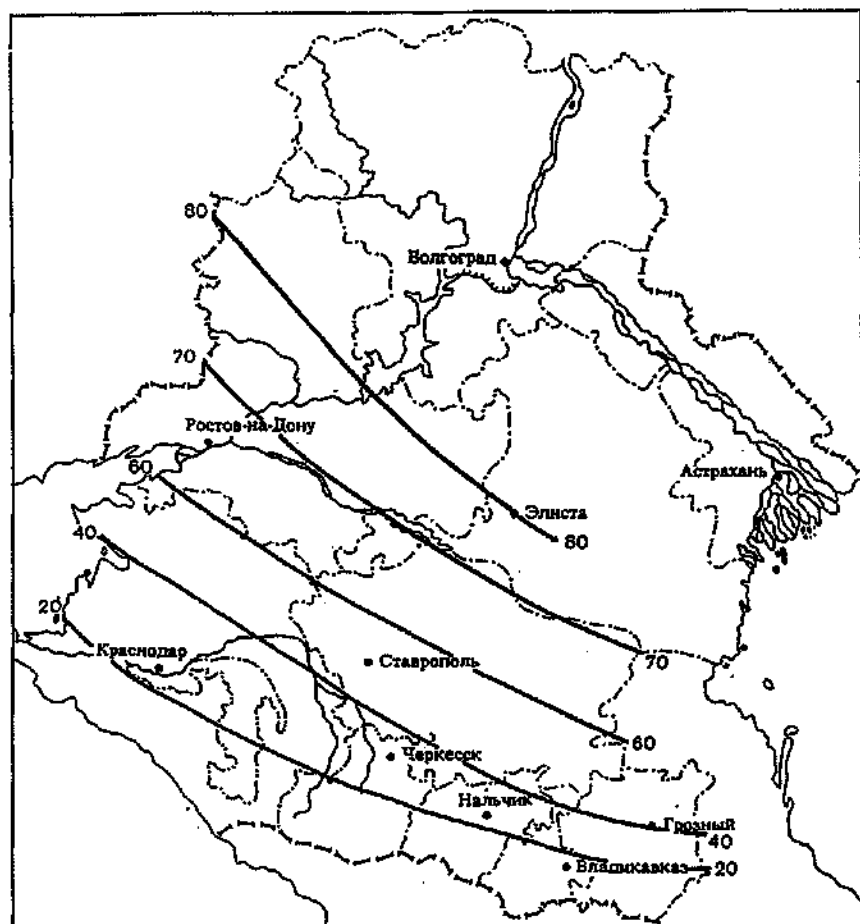


Рис. 28. Повторяемость (%) зим, в которые возможны значительные повреждения озимого ячменя.

Практически только в предгорьях Северного Кавказа не наблюдается опасных зим для этой культуры, а уже севернее линии Краснодар–Белореченск–Майкоп 20 % зим являются неблагоприятными для перезимовки озимого ячменя. Севернее линии Каневская–Кропоткин–Армавир–Невинномысск–Прохладная–Наурская количество неблагоприятных для перезимовки зим увеличивается до 40 %. При продвижении дальше на север и северо-восток вероятность неблагоприятных зим возрастает.

Сравнивая средние урожаи ярового и озимого ячменя, мы убедились, что в Ставрополье, в северо-восточных районах Краснодарского края и на юге Ростовской области урожайность озимого ячменя выше урожайности ярового ячменя на 0,1–0,4 и даже на 0,4–0,6 т/га. Наибольшая разность

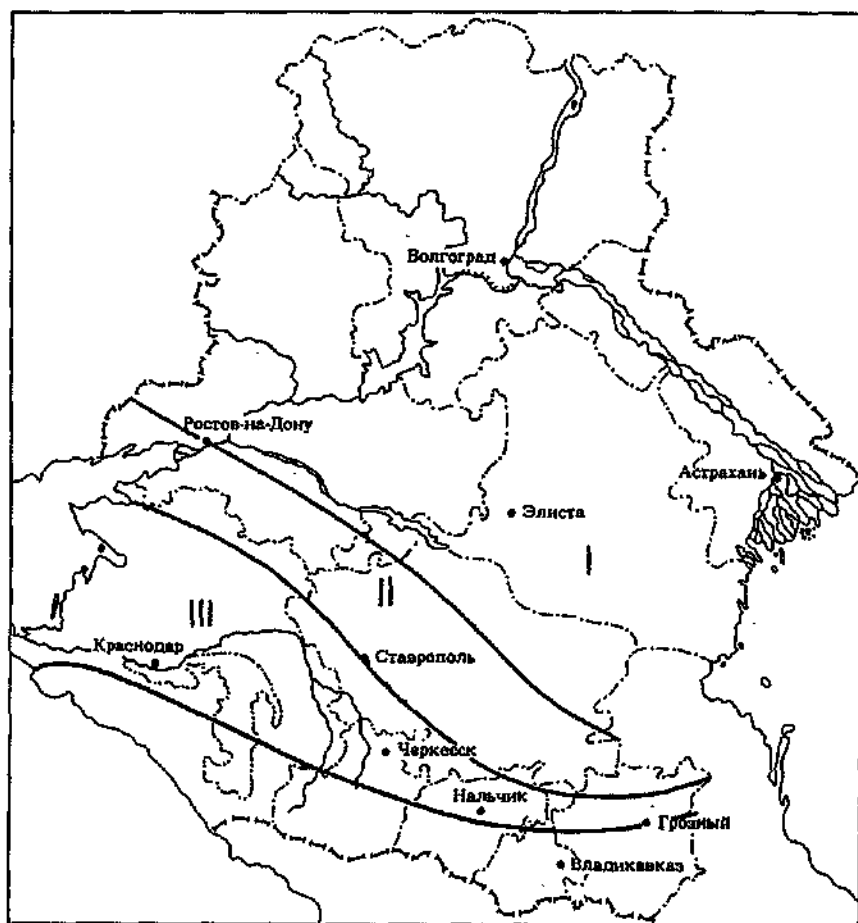


рис. 29. Районирование территории по разности в урожаях ярового и озимого ячменя.
Зона I — $у_{о.я.} > у_{я.я.}$; зона II — $у_{о.я.} < у_{я.я.}$.

наблюдается в центральных и южных районах Краснодарского края (0,6–1,0 и даже 1,4 т/га).

В расчет вошли лишь годы с обычными и теплыми зимами, если же учесть холодные зимы, когда отмечалось большое изреживание озимого ячменя, то оказывается, что в юго-западных районах Ростовской области, северо-восточных районах Краснодарского края и на большей части Ставропольского края урожаи озимого и ярового ячменя по величине не отличаются (рис. 29).

Вследствие этого в указанных районах часть посевов ячменя должна занимать озимыми сортами, а часть яровыми. Причем в более сухие осени, когда ожидается слабое развитие озимого ячменя, преимущество должно отдаваться яровому ячменю, и наоборот, во влажные осени большую площадь должен занимать озимый ячмень. Посев озимого ячменя здесь должен проводиться неширокими полосами вдоль хорошо продуваемых лесных полос. Такие посевы лучше укрываются снегом и имеют более надежную гарантию перезимовки.

В центральных и предгорных районах Краснодарского края, в предгорьях Ставрополя и в Северо-Кавказских автономных республиках урожаи озимого ячменя значительно превышают урожаи ярового ячменя, даже с учетом изреженности первого в неблагоприятные годы. На этой территории целесообразно возделывать озимый ячмень. В районах, расположенных севернее и восточнее линии, проходящей через Шахты–Пролетарск–Дивное–Арзгир, рекомендуется возделывать яровые сорта ячменя.

6.2. Структура предшественников под посев озимых и валовой сбор зерна

Наши исследования [121, 129, 135] показали, что в Ставропольском, Краснодарском краях и Северо-Кавказских автономных республиках посев озимых даже в поздние сроки более выгоден, чем посев яровых. Здесь озимые всегда дают урожай выше, нежели яровые колосовые культуры.

В Волгоградской и Ростовской областях большая часть поздних озимых, размещаемых по непаровым предшественникам, гибнет. Значительная гибель растений отмечается в годы с засушливой осенью, когда поздних озимых бывает особенно много. Такие озимые зимуют в фазах всходы–третий лист и подвержены значительному вымерзанию. Например, за период с 1977 по 1986 г. в этих областях в среднем пересевалась 1/4 часть посевов озимых (23–25 %). Причем наиболее сложная обстановка ежегодно создается в Ростовской области, где больше половины озимых (около 60 %) размещаются по непаровым предшественникам.

В среднем в Ростовской области ежегодно пересевается 600 тыс. га и только от этого теряется 420 тыс. т зерна (120 тыс. т – потери семян при

посеве, 300 тыс. т – потери, связанные с запаздыванием сроков посева и нарушением агротехники). Однако в отдельные годы эти потери могут значительно колебаться. Так, например, расширение площадей посева озимых влечет за собой увеличение площадей пересева, что в свою очередь снижает урожайность и валовой сбор зерна, и наоборот.

Данная зависимость хорошо прослеживается и в том случае, если поля, подготовленные под посев озимых, пересеваются весной яровым ячменем. Это и понятно, так как на пересеиваемой площади необходимо провести дополнительную предпосевную обработку почвы, что затягивает сроки посева ячменя и снижает его урожайность. Кроме того, снижение урожайности происходит из-за нарушения подготовки почвы (почва готовилась под посев озимых). Вот почему в 50–60-е годы, когда площадь посева озимых была несколько меньше, чем в 70–80-е годы, озимых весной пересевалось не более 100–300 тыс. га и урожайность ярового ячменя была ниже урожайности озимой пшеницы всего на 0,1–0,3 т/га, а в 70–80-е годы, когда площадь посева озимых увеличилась до 2 млн га, пересев озимых возрос до 600 тыс. га, а урожайность ячменя по сравнению с озимой пшеницей снизилась на 0,7–1,0 т/га.

Повреждаются и пересеваются в основном слаборазвитые, т. е. поздние посевы, вот почему в Ростовской области такие посевы нежелательны. В лучшем случае, поздние озимые при их благополучной перезимовке дают урожай, равный урожаю яровых колосовых культур, а в большинстве лет он оказывается даже ниже.

Мы считаем, что положение можно изменить и добиться почти полной ликвидации пересева озимых и увеличения валовых сборов зерна с той же площади, если плановые посевные площади озимых и яровых колосовых культур ежегодно корректировать в зависимости от складывающихся осенних условий и устанавливать реально необходимую площадь под озимые. Она должна соответствовать площади, которая может быть полностью засеяна в оптимальные сроки при сохранении предшественников в принятых севооборотах и соблюдении агротехнически необходимых сроков предпосевной обработки почвы.

Например, в Ростовской области площадь посева озимой пшеницы необходимо уменьшить на 200 тыс. га, сохраняя при этом из года в год стабильной площадь под основными зерновыми (под озимой пшеницей и яровым ячменем), равной 2660 тыс. га, и изменяя соотношение посевных площадей этих культур в зависимости от условий осени: от 1800 до 800 тыс. га для озимой пшеницы и от 860 до 1860 тыс. га для ярового ячменя. Обосновать это можно следующим: во-первых, таким образом предотвращается снижение урожайности и валового сбора зерна, которая происходит за счет снижения урожайности ячменя в годы больших пересевов озимых (из-за их большой посевной площади и гибели семян озимых на пересеиваемых площадях); во-вторых, появляется возможность предотвратить поздние посевы.

Сейчас в Ростовской области под озимые отводится 2 млн га пашни, в том числе по парам высевается 800 тыс. га. Нам кажется, что 2 млн га — это большая площадь. Она должна быть сокращена на 200 тыс. га при сохранении парового клина под посев озимых. Увеличение посевных площадей озимых даже в исключительно благоприятные осенние периоды приведет к затягиванию посева из-за нехватки подготовленных предшественников и тем самым к увеличению поздних лесов.

При учете осенних условий для корректировки посевных площадей озимых и яровых колосовых общая их посевная площадь должна быть из года в год постоянной. То есть если уменьшается площадь озимых, то на столько же гектаров должна быть увеличена площадь под яровыми колосовыми.

В структуре посевных площадей под яровой ячмень в области отведено 860 тыс. га. Такая площадь может быть выдержана лишь в том случае, если озимые хорошо перезимовывают и не пересеваются.

Ежегодный выбор наиболее рационального количества посевных площадей для озимых и ярового ячменя может в первом приближении проводиться по сумме осадков за два месяца — предпосевной и послепосевной (см. рис. 20); для Ростовской области это август и сентябрь (табл. 61).

Таблица 61

Изменение посевных площадей ярового ячменя и озимых
в зависимости от суммы осадков
за предпосевной и послепосевной месяцы в Ростовской области

Среднее областное количество осадков, мм	Посевная площадь, тыс. га		
	общая	под озимыми	под яровым ячменем
>120	2660	1800	860
100	2660	1770	890
90	2660	1760	900
80	2660	1740	920
70	2660	1700	960
60	2660	1670	990
50	2660	1500	1160
40	2660	1220	1440
≤32	2660	800	1860

Изменяя соотношение посевных площадей, занятых яровым ячменем и озимыми, можно добиться посева озимых на всей площади в оптимальные сроки и тем самым создать условия для их хорошей перезимовки.

Только за счет этого урожайность озимой пшеницы повысится в среднем на 0,2 т/га, что даст дополнительно 360 тыс. т зерна озимой пшеницы в благоприятные годы и 160 тыс. т в неблагоприятные. Кроме того, за счет своевременного посева и хорошей подготовки почвы средняя урожай-

ность ярового ячменя в благоприятные для озимых годы также увеличится на 0,5–0,7 т/га; в годы же расширения посевных площадей ячменя его урожайность из-за запаздывания с посевом увеличилась бы в среднем только на 0,1–0,2 т/га.

В целом на площади 2660 тыс. га урожайность зерновых возрастет в среднем на 0,28 т/га, а валовой сбор – более чем на 700 тыс. т.

6.3. Погода и оценка труда при выращивании озимой пшеницы в Ростовской области

При выращивании любой сельскохозяйственной культуры погодные условия учитываются пока очень робко, хотя это один из факторов, который оказывает наибольшее влияние на формируемый урожай.

Хорошо известно, например, что с ростом урожайности зерновых культур ее колебания за счет погодных условий не только не уменьшаются, а напротив, увеличиваются [72, 129, 164 и др.].

Естественно, что в благоприятные по погодным условиям годы при одинаковых затратах на возделывание, скажем, озимой пшеницы ее урожайность оказывается выше, чем в неблагоприятные годы. Поэтому и себестоимость 1 т озимой пшеницы в благоприятные годы будет ниже, чем в неблагоприятные. Но это, если так можно выразиться, подвижная часть влияния погодных условий на формируемый урожай. Ее учет возможен при ежегодной оценке условий.

Большое влияние на формируемый урожай оказывает не только погода в конкретном году, но и климатические особенности района, степень плодородия почвы, культура земледелия. Эти факторы более устойчивы и их влияние на урожай может быть выражено средней скользящей урожайностью (трендом).

Урожайность по тренду от года к году изменяется медленно и в основном за счет культуры земледелия. Что же касается двух других характеристик (плодородия почвы и климата), то для практических целей их считают постоянными вследствие очень малой изменчивости. При этом сама урожайность по тренду может служить комплексной оценкой влияния почв, климата и культуры земледелия на формируемый урожай.

Таким образом, чтобы оценить труд через выращенный урожай, необходимо учитывать почвенно-климатические условия района, применяемую технологию возделывания культуры и сложившиеся в вегетационный период погодные условия. Именно этим требованиям отвечают зависимости, полученные для отдельных областей [41, 72, 115, 164] и зон районов [41, 129]. Эти зависимости можно использовать и для расчета закупочных цен.

Закупочная цена 1 т продукции должна быть ниже в районах с благо-

приятными почвенными и климатическими условиями, и наоборот, к тому же она должна повышаться в неблагоприятные и понижаться в благоприятные по погодным условиям годы.

Средняя по Ростовской области закупочная цена 1 т зерна озимой пшеницы без учета надбавок за его качество составляет 87 руб., причем в южной зоне выплаты идут по 73 руб. за 1 т, в восточной – по 100 руб., а в остальных районах по 86 руб. Из года в год эти цены сохраняются. Таким образом, хотя и грубо, учитываются почвенно-климатические различия области.

На наш взгляд, такой учет не полный, поскольку совершенно исключает погодные условия конкретного года.

В связи с этим мы предлагаем закупочные цены формировать, с одной стороны, в зависимости от почвенно-климатических условий и культуры земледелия, сложившихся в зоне (районе), с другой стороны, в зависимости от погодных условий конкретного года.

В связи с этим мы предлагаем закупочные цены формировать, с одной стороны, в зависимости от почвенно-климатических условий и культуры земледелия, сложившихся в зоне (районе), с другой стороны, в зависимости от погодных условий конкретного года.

Для оценки почвенно-климатических условий и культуры земледелия можно воспользоваться разным уровнем урожайности по тренду в зависимости от среднего областного ее уровня. Для этого определяется урожайность по тренду в области и каждой зоне на конкретный год. Областная урожайность по тренду принимается за 100 %, средняя по области цена 1 т пшеницы (87 руб.) также принимается за 100 %.

Имея такие данные, можно по уравнению (86) рассчитать фактическую закупочную цену 1 т озимой пшеницы для любой зоны (района) области:

$$C_p = \frac{Y_{10} C_0}{Y_{z(p)}} \quad (86)$$

Здесь C_p – цена 1 т зерна в зоне (районе), руб.; C_0 – средняя областная цена 1 т зерна, руб.; Y_{10} – средняя областная урожайность по тренду, т/га; $Y_{z(p)}$ – средняя зональная (районная) урожайность по тренду или расчетная за текущий год, т/га.

Расчеты, проведенные по этому уравнению, для выявления влияния почвенно-климатических условий и культуры земледелия на стоимость 1 т зерна озимой пшеницы приведены в табл. 62.

Уравнение (86) можно также использовать для расчета закупочной цены 1 т зерна в конкретном году. Для этого в него вместо урожайности по тренду ($Y_{z(p)}$) подставляется урожайность, рассчитанная с учетом агрометеорологических условий конкретного года.

Такой подход вполне правомерен, так как рассчитанная урожайность

Таблица 62

Закупочная цена 1 т озимой пшеницы в различных зонах Ростовской области
в зависимости от уровня урожайности по тренду* за 1981—1986 гг.
при неизменной средней областной цене (87 руб. за 1 т)

Зона	Год	Урожайность по тренду, т/га	Заку- почная цена, приня- тая в облас- ти, руб.	Закупочная цена (руб.) с учетом урожайности по тренду					
				1981 г.	1982 г.	1983 г.	1984 г.	1985 г.	1986 г.
Северо-запад- ная	1981	1,7		107					
	1982	1,7			107				
	1983	1,6	86			114			
	1984	1,6					114		
	1985	1,6						120	
	1986	1,7							113
Северо- восточная	1981	1,9		106					
	1982	2,0			102				
	1983	2,0	86			102			
	1984	2,0					102		
	1985	2,0						102	
	1986	2,0							102
Приазовская	1981	2,6		70					
	1982	2,6			70				
	1983	2,6	86			70			
	1984	2,6					70		
	1985	2,6						73	
	1986	2,7							70
Центральная орошаемая	1981	2,3		79					
	1982	2,2			83				
	1983	2,2	86			83			
	1984	2,2					83		
	1985	2,2						87	
	1986	2,3							83
Южная	1981	2,9		63					
	1982	2,8			65				
	1983	2,8	73			65			
	1984	2,9					63		
	1985	3,0						63	
	1986	3,1							61
Восточная	1981	1,7		107					
	1982	1,6			114				
	1983	1,6	100			114			
	1984	1,5					121		
	1985	1,5						128	
	1986	1,5							128

* Средний областной урожай по тренду за 1981—1986 гг. составил 2,1 т/га.

для какой-либо зоны района уже включает почвенно-климатические условия и культуру земледелия и в то же время учитывает агрометеорологические условия конкретного года.

Если необходимо рассчитать цену зерна с учетом только погодных условий, то используют уравнение

$$\Delta C_p = \left(\frac{Y_{70} C_0}{Y_{z(p)}} \right) - \left(\frac{Y_{70} C_0}{\Delta Y_{z(p)}} \right), \quad (87)$$

где ΔC_p — цена зерна с учетом только погодных условий; $\Delta Y_{z(p)}$ — отклонение расчетной урожайности по тренду.

В табл. 63 представлен расчет закупочных цен 1 т зерна для зон области и некоторых административных районов в разные по погодным условиям годы.

Расчет проведен по уравнению (86).

Данные табл. 63 показывают, что прогнозируемая урожайность при сложившихся агрометеорологических условиях учитывает одновременно и частичные средние потери, которые присущи для сложившейся

Таблица 63

Закупочная цена 1 т озимой пшеницы на различной территории Ростовской области в зависимости от прогнозируемой урожайности в благоприятном (1983) и менее благоприятном (1985) годах

Зона и административный район	Закупочная цена, принятая в области, руб.	1983 г.			1985 г.		
		урожайность, т/га		закупочная цена, руб. коп.	урожайность, т/га		закупочная цена, руб. коп.
		фак- тичес- кая	прог- нози- руемая		фак- тичес- кая	прог- нози- руемая	
Северо-западная	86	2,2	2,0	91,35	1,86	2,0	95,70
Миллеровский		2,32	2,4	76,12	2,2	2,1	91,14
Северо-восточная	86	2,61	2,4	76,12	1,88	1,9	100,74
Константиновский		2,36	2,2	83,04	1,61	1,9	100,74
Приазовская	86	2,83	2,7	67,67	2,45	2,6	73,62
Аксайский		2,79	2,8	65,25	2,52	2,7	70,89
Центральная	86	2,98	2,7	67,67	1,56	2,2	87,00
Веселовский		3,59	3,0	60,90	28,7	2,5	76,56
Южная	73	3,24	3,20	57,09	2,51	2,7	70,89
Зерноградский		3,72	3,50	52,20	3,06	3,1	61,74
Восточная	100	1,84	1,60	114,19	0,93	1,3	147,23
Ремонтненский		1,63	1,7	107,47	1,07	1,6	119,62
В целом по области	87	2,62	2,6	70,27	1,87	2,0	95,70
Средняя урожайность по тренду, т/га		2,1			2,2		

технологии. Некоторые отклонения фактического урожая от среднего в ту или другую сторону являются результатом изменения технологии, уменьшения или увеличения потерь.

При такой оценке труда выигрывает тот, кто уменьшает потери и улучшает технологию.

Например, в Веселовском районе в 1983 г. при прогнозируемой урожайности 3,0 т/га озимой пшеницы фактический урожай составил 3,59 т/га, т.е. с каждого 1 га район мог получить дополнительно по 35 руб. 94 коп. ($60,90 \cdot 3,59 - 60,90 \cdot 3,0$), а вот в 1985 г. в Ремонтненском районе снижение фактического урожая относительно прогнозируемого привело бы к снижению выплат на 63 руб. 40 коп. ($119,62 \cdot 1,07 - 119,62 \times 1,6$).

Таблица 64

Масштаб изменения закупочных цен* (руб.) из озимой пшеницы в Ростовской области в зависимости от урожайности в конкретном году и уровня урожайности по тренду

Урожайность озимой пшеницы, т/га	Средняя урожайность по тренду, т/га						
	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
1,0	174	182	194	200	209	218	226
1,1	158	165	174	182	190	198	206
1,2	145	152	160	167	174	181	188
1,3	134	140	147	154	161	167	174
1,4	124	130	137	143	149	155	162
1,5	116	121	128	133	139	145	151
1,6	109	114	120	125	130	136	141
1,7	102	107	113	118	123	128	133
1,8	97	102	106	111	116	121	126
1,9	92	96	102	105	110	114	119
2,0	87	91	96	101	104	111	113
2,1	83	87	91	95	101	104	108
2,2	79	83	87	91	95	101	103
2,3	76	79	83	87	91	94	98
2,4	72	76	80	83	87	91	94
2,5	70	73	76	80	83	87	90
2,6	68	70	73	76	80	83	87
2,7	65	68	70	73	76	80	83
2,8	63	65	68	71	73	76	81
2,9	61	63	65	69	71	73	77
3,0	59	61	63	66	69	71	75
3,1	57	59	61	64	66	70	73
3,2	54	57	60	62	65	67	71
3,3	52	55	58	60	63	66	68
3,4	51	53	56	59	61	64	66
3,5	50	52	55	58	60	62	64
3,6	48	51	53	56	58	60	63

* Средняя по области закупочная цена равна 87 руб. за 1 т.

Для удобства определения закупочной цены в зависимости от изменения урожайности в конкретном году предлагается шкала, по которой можно определить закупочные цены 1 т озимой пшеницы для любой зоны и района области (табл. 64).

Таблица 65

Закупочная цена за 1 т озимой пшеницы и стоимость продукции с 1 га
в 1983 г. в Ростовской области

Район	Урожайность		Закупочная цена, руб. коп	Стоимость продукции с 1 га, руб. коп.		
	факти- чес- кая	прог- нози- руемая		по прогнози- руемой уро- жайности	по фактичес- кой уро- жайности	разность
Миллеровский	2,32	2,4	76,12	182,70	176,60	-6,10
Константиновский	2,36	2,2	83,04	182,70	195,97	13,29
Аксайский	2,79	2,8	65,25	182,70	182,04	-0,66
Веселовский	3,59	3,0	60,90	182,70	218,63	35,93
Зерноградский	3,72	3,5	52,20	182,70	194,18	11,48
Ремонтненский	1,63	1,7	107,47	182,70	175,18	-7,52

Правомерность такого подхода к установлению закупочных цен за одинаковую работу по выращиванию озимой пшеницы в разных районах Ростовской области объясняется тем, что затратив одинаковый труд, любой район области получает одинаковую цену за выращенный урожай. Ну, а если какая-то бригада, отделение, хозяйство или район, улучшив технологию, сумеет вырастить урожай выше прогнозируемого, то получит дополнительную цену за эту часть продукции (табл. 65).

6.4. Агрометеорологическое обоснование предельных норм внесения минеральных удобрений для получения экологически чистых посевов озимой пшеницы

Как наши исследования [134, 135], так и исследования других авторов [60, 71, 167], показывают, что количество вносимых удобрений под сельскохозяйственные культуры зависит от погодных условий, климатических и почвенных факторов.

Чем выше влажность почвы, больше глубина промачивания ее весной, тем эффективнее действие минеральных удобрений. Минеральные удобрения способствуют повышению урожая; однако при достижении определенных доз удобрений прибавка урожая постепенно уменьшается и даже может наблюдаться снижение урожайности [135]. Величина, характеризующая максимальную прибавку, и должна быть показателем предельных норм внесения удобрений. Для Северного Кавказа и Южной половины Нижнего Поволжья, где в почвах недостает фосфора и в избыт-

ке калий, предельной дозой внесения сложных удобрений под озимую пшеницу на непаровых полях является 120 кг д.в/га для фосфора и по 60 кг д.в/га для азота и калия [135]. Такие дозы, с одной стороны, способствуют увеличению урожая, с другой — исключают загрязнение почвы лишними удобрениями.

Лишние дозы удобрений, которые не используются растениями, ухудшают экологическую обстановку не только на поле, но и в окружающей его местности, загрязняя водоемы стекающими с полей дождевыми и тальными водами. Часть удобрений, особенно легко растворимых, вымывается вглубь почвы, ухудшая качество грунтовых вод.

Поскольку на территории Северного Кавказа зимы неустойчивые, азотные удобрения с осени лучше не вносить, чтобы избежать их смыва и вымывания в более глубокие слои почвы. Осеннее внесение азота допускается лишь в исключительных случаях, когда по какой-либо причине почва испытывает большой дефицит в азоте.

Азотные удобрения, как правило, рекомендуется вносить весенними подкормками. Подкормка должна быть дробной и вноситься сразу после возобновления вегетации озимых и перед выходом растений в трубку. Чем раньше возобновляется вегетация, тем меньше должна быть доза первой подкормки. При позднем возобновлении вегетации доза первой подкормки должна превышать дозу второй подкормки [83]. Такое распределение обеспечивает более полное использование азота растениями, предотвращает его вымывание в глубокие слои почвы и тем самым — загрязнение грунтовых вод, к тому же меньшее количество азота смывается в окружающие поля водоемы.

Суммарную величину весенней азотной подкормки можно определить по предложенному нами в [134, 135] уравнению:

$$y = 0,037x_1 + 0,008x_2 + 0,009x_3 + 0,013x_4 - 0,0044x_5 + 0,0011x_6 - 4,1, \quad (88)$$

где y — прибавка урожая озимой пшеницы, ц/га; x_1 — доза азотных удобрений, внесенных осенью, кг д.в/га; x_2 — сумма осадков за июль–октябрь, мм; x_3 — то же за ноябрь–март, мм; x_4 — то же за апрель–июнь, мм; x_5 — $\sum t_{<0^\circ\text{C}}$ за ноябрь–март, $^\circ\text{C}$; x_6 — $\sum t_{>0^\circ\text{C}}$ за апрель–июль, $^\circ\text{C}$.

В первую очередь рассчитывается ожидаемая прибавка урожая (количество осадков и температура воздуха за апрель–июль берутся по климатической норме). Затем определяется необходимое количество азотных удобрений, которое требуется внести подкормкой, чтобы получить оптимальную прибавку урожая при создавшемся комплексе условий.

По уравнению (88) окончательная величина необходимого количества азотных подкормок может быть определена с достаточной точностью только в конце зимы.

В табл. 66 приведены рассчитанные суммарные нормы азотных подкормок. Они даны с учетом осенней подкормки, если такая проводилась.

Поэтому, чтобы получить дозу суммарной весенней подкормки, необходимо от данных, приведенных в табл. 66, отнять дозу осенней подкормки.

Внесение в подкормку ранней весной (до выхода растений в трубку) доз азота, превышающих те, которые указаны в табл. 66, приведет к перенасыщению почвы азотом, что вызовет увеличение нитратов в выращиваемой продукции.

Поздние азотные подкормки, которые приводятся в период от выхода растений в трубку до начала молочной спелости для повышения белковости и содержания клейковины в зерне, также необходимо согласовывать со складывающимися погодными условиями. При пониженном

Таблица 66

Доза (кг д.в./га) суммарной весенней азотной подкормки в зависимости от количества осадков за июль—октябрь, ноября—март и суммы отрицательных температур воздуха за зиму ($\Sigma t_{<0^{\circ}\text{C}}$) на удобренных с осени навозных предшественниках озимых

Количество осадков, мм		$\Sigma t_{<0^{\circ}\text{C}}$ за ноябрь—март.				
VII—X	XI—III	—900	—700	—500	—300	—100
125	150	3	26	50	74	98
"	175	9	33	57	80	104
"	200	15	39	63	86	110
"	225	21	45	69	92	116
"	250	27	51	75	98	122
"	275	33	57	80	104	128
"	300	39	63	86	110	134
150	150	8	33	56	80	104
"	175	14	39	62	86	110
"	200	20	45	68	92	116
"	225	26	51	74	98	122
"	250	32	57	80	104	128
"	275	38	63	86	110	133
"	300	44	69	92	116	139
200	150	19	43	67	98	114
"	175	25	49	73	96	120
"	200	31	55	79	103	126
"	225	37	61	85	109	132
"	250	43	67	91	114	138
"	275	50	74	98	120	145
"	300	56	80	104	126	151
250	150	30	54	78	101	125
"	175	36	60	84	107	131
"	200	42	66	90	113	137
"	225	48	72	96	119	143
"	250	54	78	102	125	149
"	275	60	84	108	131	155
250	300	66	90	114	137	161

фоновом содержании белка в зерне (10–12 %) азот можно вносить дробно в фазы выхода в трубку, колошения и начала молочной спелости дозой до 110 кг д.в./га. При ожидаемом фоновом содержании белка в зерне 13–14 % для получения сильной и ценной пшеницы в эти же фазы достаточно внести по 30–60 кг д.в./га азота. Если вносить в это время большее количество азота, тем более не зная ожидаемой фоновой белковости, можно нанести вред экологической обстановке на поле.

Для прогноза фоновой белковости зерна озимой пшеницы рекомендуется использовать полученное нами уравнение.

$$y = 0,0027x_1^2 - 0,273x_1 + 0,012x_2 - 0,00055x_3 - 0,00051 + 0,0135x_5 + \\ + 0,144x_6 + 13,09; \quad (89) \\ R = 0,78 \pm 0,03; S = \pm 0,51 \%,$$

где y – ожидаемое содержание белка в зерне, %; x_1 – прогнозируемая урожайность озимой пшеницы, ц/га; x_2 – бонитет почвы, %; x_3 – $\Sigma t_{<0}^{\circ}\text{C}$ за ноябрь–март, $^{\circ}\text{C}$; x_4 – количество осадков за ноябрь–март, мм; x_5 – количество осадков, ожидаемое в период формирования зерна (месяц до созревания), мм; x_6 – средняя температура воздуха, ожидаемая в период формирования и налива зерна (месяц до созревания), $^{\circ}\text{C}$.

Содержание клейковины в зерне определяется по уравнению

$$y = 2,267x - 2,53, \quad (90)$$

где y – содержание сырой клейковины, %; x – ожидаемая фоновая белковость зерна, %.

Прогноз фоновой белковости и содержания клейковины в зерне составляется одновременно с прогнозом урожайности за два месяца и уточняется за месяц до уборки. Это дает возможность определить дозы подкормок, которые необходимо внести, чтобы получить сильное и ценное зерно, сохранив нормальную экологическую обстановку на полях.

6.5. Наиболее оптимальные районы для выращивания картофеля в горах и предгорьях Северного Кавказа

Картофель своим происхождением связан с горными районами Северной Америки, Курил, Аляски и Камчатки. С климатической точки зрения эти территории характеризуются пониженным фоном температур и высоким увлажнением. Здесь складываются благоприятные условия для выращивания высоких урожаев картофеля.

Климат северных гор и предгорий Северного Кавказа во многом сходен с климатами только что упомянутых районов. Поэтому биологические особенности вегетации картофеля хорошо согласуются с погодными и климатическими условиями данного региона и здесь можно

достаточно продуктивно выращивать эту культуру.

Первая половина вегетационного периода картофеля (от посадки до цветения ботвы) проходит при температуре воздуха 10–18, реже 20 °С и достаточном увлажнении пахотного слоя почвы.

В большинстве случаев в горных и предгорных районах Северного Кавказа запасы продуктивной влаги в пахотном слое превышают 20 мм. Это является благоприятным условием для формирования хорошей массы ботвы картофеля. Правда, в отдельные годы из-за недостатка влаги в пахотном слое условия могут ухудшаться, тогда ботвы нарастает меньше 18–20 т/га, а это снижает урожай клубней.

Чтобы учесть влияние влажности почвы на урожай картофеля О. М. Поповская [116] предложила использовать данные о запасах влаги в пахотном слое почвы за четыре декады, предшествующие цветению картофеля, на основании которых затем оценивать урожай. Например, если в одной декаде из четырех запасы влаги в пахотном слое почвы оказываются ниже 20 мм, то снижение урожая клубней считается равным 5 %; если низкие запасы влаги наблюдаются в двух декадах, снижение достигает 10 %, а при малой влажности почвы в трех или четырех декадах урожай снижается соответственно на 20 или 30 %.

Период клубнеобразования – от цветения до увядания ботвы – более требователен к теплу и влаге. Лучшей средней температурой для этого периода является температура 16–18 °С при влажности почвы в полуметровом слое 80–100 % НВ. Изменение данных условий ведет к уменьшению прироста клубней картофеля и тем самым к снижению урожая. О. М. Поповская предложила [116] специально шкалу для оценки условий периода клубнеобразования (табл. 67).

Таблица 67

Прирост (% от прироста при оптимальных условиях) клубней картофеля в период клубнеобразования в зависимости от температуры воздуха и влажности почвы [116]

Средняя декадная температура воздуха, °С	Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–50 см (% от НВ)									
	10–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100	101–110
21,1–22,0	10	20	30	40	—	—	—	—	—	—
20,1–21,0	10	20	30	40	55	65	—	—	—	—
19,1–20,0	10	20	35	50	60	65	70	80	85	85
18,1–19,0	10	20	45	55	60	65	75	85	90	90
17,1–18,0	10	25	45	55	60	70	80	90	100	95
16,1–17,0	10	30	50	55	60	70	80	100	100	95
15,1–16,0	10	25	50	55	65	75	85	95	95	95
14,1–15,0	10	25	50	60	70	75	85	90	90	85
13,1–14,0	—	25	50	60	70	75	85	85	85	80
12,1–13,0	—	—	45	55	70	80	80	80	80	75
11,1–12,0	—	—	45	55	65	75	75	75	75	75
10,1–11,0	—	—	40	50	60	65	70	70	70	70

Таблицу 67 используют для оценки каждого дня в период от цветения до увядания ботвы картофеля. Причем каждый день оценивается в условных единицах нарастающим итогом. Таким образом к концу данного периода мы получаем суммарно оценку условий клубнеобразования.

Оценка принимается за 1, если прирост клубней по табл. 67 равен 100 %; если, к примеру, прирост составляет 70 %, то день оценивается условной единицей 0,7 и т. д.

Суммарную оценку приростов за период клубнеобразования мы увязали с высотой места над уровнем моря, что позволило нам выделить районы разной благоприятности для выращивания картофеля.

Таблица 68

Суммарная оценка условий клубнеобразования в зависимости от высоты места над уровнем моря

Высота места над уровнем моря, км								
0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
19	24	28	34	38	44	49	53	56

Высота места над уровнем моря, км								
1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
56	54	50	45	42	36	32	28	25

Районирование территории Северного Кавказа по высоте места над уровнем моря мы проводили по графику на рис. 30, с которого снимали средние оценки условий клубнеобразования за период от цветения до увядания ботвы. Эти величины приведены в табл. 68.

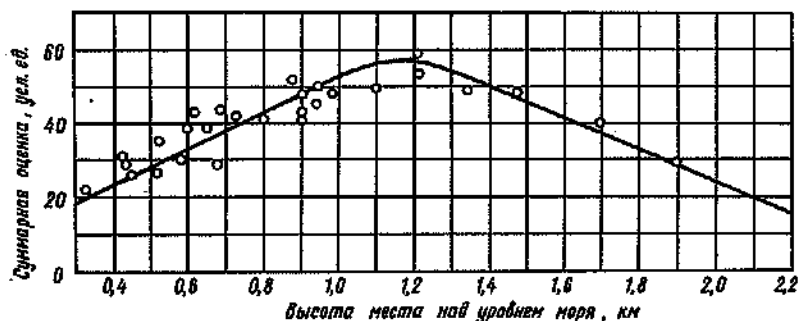


Рис. 30. Связь между суммарной оценкой условий клубнеобразования в период от цветения до увядания ботвы картофеля и высотой местности над уровнем моря.

Всего на рассматриваемой территории можно выделить четыре зоны.

Первая зона включает две подзоны: 1) предгорья до высоты 500 м над ур. м., 2) горные районы в виде узкой полосы выше 1800 м над ур. м.

В среднем в этой зоне условия клубнеобразования оцениваются в 2 раза ниже (30–50 %), чем в районах с оптимальными условиями. Ухудшение условий в предгорных районах обуславливается высокой температурой, а в горных районах, наоборот – недостатком тепла в период клубнеобразования.

Вторая зона расположена на севере в предгорных районах до высоты 500–700 м над ур. м. и на юге в горных районах с высотой местности 1600–1800 м над ур. м. В северной части эта зона более прохладная, а в южной – более теплая, чем первая зона. Это создает лучшие условия для выращивания картофеля. Суммарная оценка условий клубнеобразования в этой зоне составляет 28–38 ед., т. е. 50–70 % оптимума.

Третья зона охватывает районы, находящиеся между высотами 700–900 м в северной части Северного Кавказа и 1400–1600 м на южной части склона. В этой зоне условия клубнеобразования повышаются до 80 %.

Четвертая зона – обширная и благоприятная для выращивания картофеля – ограничена высотами 900–1400 м над ур. м. Здесь условия клубнеобразования достигают 80–100 %. Лучшие условия для роста и развития картофеля складываются на полях, расположенных на высоте 1100–1300 м над ур. м., при хорошем увлажнении.

Выделение зон мы провели по средним многолетним данным, поэтому они отражают средние условия. В отдельные годы эти условия могут изменяться в ту или иную сторону, однако границы зон будут сохраняться.

В приведенном примере районирования (выделения зон) мы рассматривали картофель средних сортов, период клубнеобразования которых приходится на июль–август, когда температура воздуха и увлажнение почвы не являются оптимальными.

Раннеспелые сорта картофеля проходят период клубнеобразования в июне–июле. Этот период более благоприятен для развития клубней. Однако раннеспелые сорта менее урожайные, чем среднеспелые и среднепоздние, что и является их недостатком. Тем не менее выращивание ранних сортов картофеля, особенно в предгорьях первой зоны, несомненно представляет интерес.

Здесь, как нам кажется, картофель раннеспелых сортов давал бы больший урожай, чем среднеспелые и среднепоздние сорта, так как период его клубнеобразования проходил бы в более благоприятных условиях. Однако при этом необходимо учитывать, что достигнуть высокого урожая можно лишь в том случае, если проводить посадку картофеля в самые ранние сроки, которые только возможны в этой зоне.

Лучше всего посадку раннеспелого картофеля проводить одновременно с посевом ранних яровых колосовых, с тем чтобы закончить ее не позднее даты перехода температуры почвы на глубине 10 см через 7–8 °С (начальная температура прорастания клубней).

Научными сотрудниками Зеленчукского ГСУ, расположенного в горном районе Карачаево-Черкесской автономной области, установлено, что как бы рано посадка картофеля не проводилась, она не только не задерживает развития растений и не снижает урожая, а, напротив, заметно увеличивает его. Правда, картофель, как бы он рано ни высаживался, начинает прорастать только после перехода температуры воздуха через 7–8 °С.

Это говорит о том, что раннее высаживание картофеля в непрогретую почву в горных и предгорных районах Северного Кавказа не представляет опасности. Задержка развития картофеля в этом случае, хотя и имеет место, но настолько мала, что ею можно пренебречь. Зато посадка картофеля до наступления температуры прорастания клубней будет обеспечивать самые ранние, а поэтому и самые лучшие по тепло- и влагообеспечению сроки прохождения клубнеобразования.

В рассматриваемом регионе картофель почти везде повреждается фитофторой. Ранние сорта менее устойчивы к заражению этой болезнью. Поэтому возделывание картофеля ранних сортов в предгорных и горных районах Северного Кавказа может быть успешным лишь в том случае, если будет вестись постоянная борьба с фитофторой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексная агрометеорологическая оценка условий вегетации для любой сельскохозяйственной культуры, в том числе оценка засух, имеет большое практическое значение, на что обращают внимание в своих работах многие авторы [10, 96, 117, 162, 166 и др.].

Комплексная оценка вегетационного периода, проведенная в ряде упомянутых работ, отвечает на вопрос: каков вегетационный период того или иного года и района. На наш взгляд этого недостаточно. Необходимо иметь метод комплексной оценки для каждой отдельно взятой культуры, на что и было обращено внимание в наших разработках оценок агрометеорологических условий по межфазным периодам отдельных сельскохозяйственных культур. Однако и этот метод требует привлечения значительного количества агрометеорологических данных, какие не всегда могут оказаться под рукой практического работника. Поэтому наряду с разработанными методиками мы в заключении предлагаем на примере озимой пшеницы упрощенный комплексный метод оценки вегетационного периода в целом и его отдельных этапов. (Для озимой пшеницы основными этапами в ее развитии являются периоды посева, перезимовки и весенне-летний период.)

Оценка агрометеорологических условий произрастания культуры ведется в основном по параметрам, характеризующим тепло- и влагообеспеченность. Немалое влияние на формируемый урожай, а значит, и на комплексную агрометеорологическую оценку оказывают отношение площадей под паровыми предшественниками к общей площади посева озимых, степень плодородия почвы и культура земледелия. Все эти параметры мы и закладываем в предлагаемую методику комплексной агрометеорологической оценки условий произрастания озимой пшеницы.

Расчетное уравнение комплексной оценки вегетационного периода с учетом всех перечисленных параметров может быть записано в следующем виде:

$$\gamma = 1/8 \left(\frac{t_{ср IX}}{t_{IX}} + \frac{\sum t_{< 0^{\circ}C}^{ср XI-III}}{\sum t_{< 0^{\circ}C}^{ср XI-III}} + \frac{t_{ср V-VI}}{t_{IV-VI}} + \frac{P_{\Phi IX}}{P_{ср IX}} + \frac{P_{\Phi XI-III}}{P_{ср XI-III}} + \frac{P_{\Phi V}}{P_{ср V}} + Q + \frac{S_{\Phi}}{S_{ср}} \right).$$

(91)

Здесь γ – комплексная агрометеорологическая оценка условий произрастания озимой пшеницы в вегетационный период конкретного года;

$\frac{t_{cp IX}}{t_{ф IX}}$ – отношение средней многолетней температуры воздуха за сентябрь к фактической температуре за этот же месяц в районе, для которого проводится оценка в конкретном году;

$\frac{\sum t_{<0^{\circ}C}^{cp XI-III}}{\sum t_{<0^{\circ}C}^{ф XI-III}}$ – отношение средней многолетней суммы среднесуточных отрицательных температур воздуха за холодный период (ноябрь–март) к аналогичной сумме за конкретный год;

$\frac{t_{cp V-VI}}{t_{ф V-VI}}$ – отношение средней многолетней температуры воздуха за май–июнь по району к аналогичной величине за конкретный год;

$\frac{P_{ф IX}}{P_{cp IX}}$ – отношение фактического количества осадков за сентябрь по району за конкретный год к среднему многолетнему за этот же месяц;

$\frac{P_{ф XI-III}}{P_{cp XI-III}}$ – отношение фактического количества осадков за ноябрь–март по району за конкретный год к среднему многолетнему за этот же период;

$\frac{P_{ф V}}{P_{cp V}}$ – отношение фактического количества осадков за май по району за конкретный год к среднему многолетнему за этот же месяц;

Q – оценка условий на стекание зерна в зависимости от количества осадков за предуборочный месяц, июнь (определяется по табл. 69).

$\frac{S_{ф}}{S_{cp}}$ – отношение фактической площади под парами в текущем году к средней величине, принятой для района.

Такие параметры, как культура земледелия и плодородие почвы, используются при переходе от условных единиц комплексной агрометеорологической оценки к расчетной урожайности с учетом урожайности по тренду. Нетрудно заметить, что оценка условий по температуре выступает везде как отношение средней многолетней к фактической величине. И это вполне понятно, поскольку с ростом температуры воздуха в сентябре ухудшаются условия посева и осенней вегетации, в весенне-летний период ускоряется развитие растений, из-за чего ухудшаются условия формирования урожая пшеницы. В зимний период (ноябрь–март) рост суммы средней суточной отрицательной температуры воздуха ведет к

ухудшению перезимовки посевов и в конечном итоге к снижению оценки за этот период.

Суммы осадков во всех случаях взяты как отношение фактической величины к средней многолетней. В этом отражена положительная роль осадков в осенний, зимний и весенний периоды. Осадки апреля особого влияния на формирование урожая озимой пшеницы не оказывают, поскольку в верхних слоях почвы еще сохраняется достаточное количество запасов влаги. Вследствие этого данный параметр не входит в уравнение.

Напротив, учет количества осадков за май, когда формируется основная вегетативная масса пшеницы, очень важен. Чем больше в этот месяц осадков, тем благоприятнее условия для формирования урожая.

Осадки за июнь также влияют на формируемый урожай: он возрастает с увеличением осадков. Оптимальные условия отмечаются при сумме осадков 70–80 мм; дальнейшее увеличение осадков снижает урожай вследствие полегания посевов, повреждения их болезнями и стекания зерна [129]. Оценка по июньским осадкам определяется по табл. 1.

Таким образом, комплексная оценка условий вегетационного периода складывается из оценки условий тепло- и влагообеспеченности озимой пшеницы в ответственные периоды развития растений и пребывания их в состоянии покоя и зависит от площади паров под посев озимых.

Комплексная оценка может быть использована для расчета урожайности по уравнению

$$y_p = y_i \gamma - n, \quad (92)$$

где y_p – расчетная урожайность по району, т/га; y_i – урожайность по тренду за данный год, т/га; γ – комплексная агрометеорологическая оценка вегетационного периода озимой пшеницы в конкретном районе;

Таблица 69

Оценка формирования, налива и созревания зерна озимой пшеницы с учетом возможного его стекания в зависимости от суммы осадков в июне [129]

Сумма осадков, мм							
10	20	30	40	50	60	70	80
0,67	0,78	0,86	0,93	0,96	0,98	0,99	1,00

Сумма осадков, мм							
90	100	110	120	130	140	150	160
0,98	0,96	0,90	0,84	0,81	0,78	0,67	0,56

n – поправка на урожай зерна озимой пшеницы, зависящая от плодородия почвы (бонитета) и комплексной агрометеорологической оценки условий ее вегетации, т/га (определяется по табл. 70).

Поправка на урожай зерна по бонитету близка к нулю при условиях, близких к среднему по области бонитету (96 %) и при комплексной агрометеорологической оценке, близкой 1,1. При одинаковой комплексной агрометеорологической оценке поправка увеличивается от почв более плодородных к почвам менее плодородным. Так, если комплексная агрометеорологическая оценка условий вегетации равна 1,1, то в Завятинском районе, при бонитете почвы 47 %, поправка к ожидаемому урожаю составит 0,6 т/га, в Тарасовском районе, при бонитете 90 %, она уже будет лишь 0,1 т/га, а в Целинском районе, при бонитете 151 %, урожайность уменьшится на 0,8 т/га (т. е. поправка отрицательная).

По иному ведет себя поправка при изменении комплексной агрометеорологической оценки. С увеличением последней поправка постепенно уменьшается.

В целом в районах с бедными почвами поправка больше, нежели в районах с более плодородными почвами. Это хорошо видно на примере табл. 71.

Таблица 70

Поправка на урожайность зерна озимой пшеницы, зависящая от плодородия почвы (бонитета) и комплексной агрометеорологической оценки условий вегетационного периода

Бонитет почвы, %	Комплексная агрометеорологическая оценка	Поправка, т/га
50	0,60	0,6
60	0,75	0,5
70	0,80	0,4
75	0,85	0,3
85	0,95	0,2
90	1,05	0,1
95	1,10	0,0
103	1,15	-0,1
Бонитет почвы, %	Комплексная агрометеорологическая оценка	Поправка, т/га
110	1,23	-0,2
117	1,30	-0,3
123	1,37	-0,4
130	1,45	-0,5
135	1,50	-0,6
143	1,55	-0,7
150	1,65	-0,8

Поправка ($\pi/\text{га}$) на урожайность
в зависимости от изменения комплексной агрометеорологической оценки
при разном бонитете почвы в Целинском и Заветинском районах Ростовской области

Район	Бонитет почвы, %	Комплексная агрометеорологическая оценка				
		0,6	0,8	1,1	1,3	1,5
Заветинский	47	1,2	1,0	0,4	0,1	-0,2
Целинский	151	0,0	-0,2	-0,8	-1,1	-1,2

Достаточную надежность предлагаемой методики комплексной агрометеорологической оценки условий вегетационного периода демонстрируют данные, приведенные в табл. 72 и на рис. 31. Для сравнения в табл. 72 и на рис. 31 взяты средние областные данные за 1982–1988 гг. и данные по отдельным районам в годы с аномальными условиями. Как видим, при разных условиях комплексная агрометеорологическая оценка дает относительно неплохие результаты.

Предлагаемая методика может быть использована и для отдельных наиболее важных периодов в развитии озимых. Например, условия осеннего периода можно оценить по температуре, сумме осадков и площади паров под посев озимых; условия перезимовки – по количеству паров, сумме отрицательных температур и сумме осадков за зиму и т. д.

Кроме предложенной в заключении методики комплексной оценки вегетационного периода формирования урожая озимой пшеницы хочется

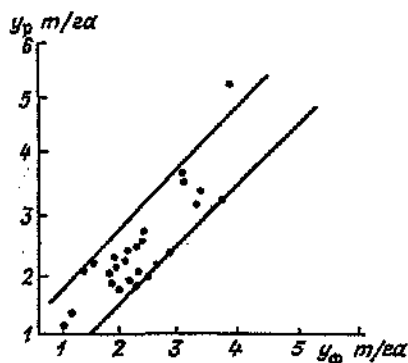


Рис. 31. Связь между расчетной урожайностью озимой пшеницы (y_p) по комплексной агрометеорологической оценке и фактической урожайностью ($y_ф$).

обратить внимание еще на одну дополнительную возможность оценки и прогноза урожайности зерновых.

Многочисленные методики по прогнозу урожайности сельскохозяйственных культур, приведенные в монографиях, строятся на связях, отражающих влияние одного или нескольких агрометеорологических факторов

Таблица 72

Комплексная агрометеорологическая оценка условий вегетации озимой пшеницы.
Расчетная и фактическая урожайность озимой пшеницы в Ростовской области и отдельных районах за 1982—1988 гг.

Область, район	Год	Оценка по теплообеспеченности			Оценка по количеству паров S_{ϕ}/S_{cp}	Оценка по влагообеспеченности				Комплексная оценка	Урожайность, т/га		
		t_{cp}/t_{ϕ}	$\Sigma t_{<0}^{\phi} \text{ } ^{\circ}\text{C}$			P_{ϕ}/P_{cp}		по табл. I	по тренду		расчетная	фактическая	
			IX	V—VI IX—III		IX	XI—III V						VI
Ростовская	1982	0,94	1,10	1,08	0,80	0,78	1,70	1,26	0,95	1,08	2,10	2,27	1,97
	1983	0,96	1,80	0,96	1,32	0,22	0,99	1,12	0,86	1,03	2,15	2,21	2,53
	1984	0,96	1,32	0,61	1,16	0,27	0,86	0,45	0,83	0,81	2,15	1,74	2,11
	1985	0,92	0,61	0,95	0,88	0,37	1,17	1,33	0,99	0,90	2,15	1,94	1,94
	1986	1,09	1,04	0,96	0,82	3,63	1,23	0,74	0,95	1,31	2,20	2,85	2,40
	1987	0,96	0,63	0,97	1,32	0,85	1,54	0,81	0,98	1,01	2,25	2,27	2,46
	1988	1,13	0,92	0,98	0,71	1,81	1,08	0,76	0,98	1,05	2,30	2,40	2,91
Боковский	1984	0,99	0,47	0,98	0,73	0,15	1,34	2,55	0,78	1,00	1,90	1,90	1,91
	1988	1,27	1,32	0,98	0,72	0,92	1,01	3,24	0,93	1,30	2,40	3,12	3,25
Миллеровский	1984	0,96	0,50	0,99	1,28	0,11	1,15	2,70	0,86	1,22	2,05	2,50	2,31
	1988	1,27	1,32	1,01	0,90	0,92	0,90	1,06	0,76	1,02	2,50	2,55	3,00
Морозовский	1984	0,93	0,53	0,96	1,08	0,33	0,92	3,00	0,78	1,07	2,10	2,25	1,99
	1988	1,19	1,51	1,00	0,56	0,63	0,84	0,86	0,92	0,94	2,30	2,16	2,58
Матвеево-Курганский	1985	0,88	0,69	0,95	0,62	0,15	1,19	1,53	1,00	0,88	2,90	2,55	2,43
	1988	1,10	2,53	0,98	0,95	1,52	1,26	0,44	0,45	1,15	3,40	3,91	3,08
Семикаракорский	1985	0,92	0,66	0,94	1,25	0,18	1,25	1,00	0,98	0,90	2,40	2,16	1,32
	1988	1,09	2,54	0,97	0,91	1,11	1,29	0,51	0,99	1,10	2,80	3,30	3,71
Зерноградский	1985	0,87	0,72	0,95	1,44	0,30	1,59	1,84	0,81	1,06	3,50	3,71	3,02
	1988	1,08	3,27	0,99	0,76	2,11	1,38	1,36	0,70	1,45	3,70	5,36	3,58

Окончание табл. 72

Область, район	Год	Оценка по теплообеспеченности		Оценка по количеству паров S_{ϕ}/S_{cp}	Оценка по влагообеспеченности				Комплексная оценка	Урожайность, т/га			
		t_{cp}/t_{ϕ}	$\Sigma t_{<0^{\circ}C}^{cp}$ $\Sigma t_{<0^{\circ}C}^{\phi}$		P_{ϕ}/P_{cp}	по табл. I	по тренду	расчетная		фактическая			
IX	V-VI	IX-III	IX	XI-III	V	VI							
Сальский	1985	0,86	0,76	0,94	0,80	0,89	1,04	1,27	0,99	0,94	2,30	2,16	2,00
	1988	1,04	3,58	0,98	0,83	1,78	1,57	0,39	0,96	1,39	2,50	3,48	3,32
Зимовниковский	1985	0,93	0,64	0,93	1,23	0,48	0,82	1,42	0,93	0,92	1,20	1,14	1,00
	1988	1,09	2,84	0,96	0,82	1,89	1,11	0,63	0,99	1,21	1,60	1,94	2,47
Ремонтненский	1985	0,90	0,67	0,94	1,00	0,07	2,32	3,77	0,99	1,13	1,10	1,24	1,07
	1988	1,09	2,81	0,98	1,00	0,89	1,15	1,63	0,98	1,51	1,30	1,96	2,43

Примечание. Здесь расчетная урожайность (Y_p) вычисляется по уравнению $Y_p = Y_t \cdot Y - \Pi$, где Y_t — урожайность по тренду, Y — комплексная оценка, Π — поправка, которая определяется по табл. 2.

на процесс формирования урожая той или иной культуры. Наряду с этим установлено, что урожайность отдельных сельскохозяйственных культур может быть своеобразным индикатором для прогноза урожайности других культур.

На Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье для зерновых культур таким индикатором может быть озимая пшеница. Весенне-летний период формирования урожая этой культуры проходит в сроки, совпадающие с вегетацией большей части зерновых и зернобобовых культур, высеваемых в данном регионе. Поздние яровые зерновые культуры (кукуруза, рис) занимают небольшие и в то же время примерно одинаковые из года в год площади, поэтому условия, благоприятные для формирования урожайности озимой пшеницы, оказываются благоприятными и для всего основного зернового поля. Вот почему прогнозирование урожайности какой-либо зерновой культуры или в целом зерновых по урожайности озимой пшеницы дает неплохой результат. Хорошая результативность таких прогнозов основана также на том, что для прогноза урожайности озимой пшеницы разработан ряд надежных методик.

В качестве примера мы воспользовались урожайностью озимой пшеницы для прогноза урожайности зерновых культур в целом.

Для каждой области, края или автономной республики мы получили уравнения, используя которые можно прогнозировать ожидаемый урожай зерновых культур (табл. 73).

В большинстве приведенных в табл. 73 уравнений в качестве предиктора используется урожайность озимой пшеницы, хотя в отдельных районах (Ростовская область, Северо-Осетинская и Кабардино-Балкар-

Таблица 73

Уравнения для прогноза урожайности зерновых культур в целом по урожайности озимой пшеницы

Территория	Уравнение	Коэффициент корреляции	Ошибка уравнения, т/га	Номер уравнения
Ростовская область	$y = 0,9y_n + 0,5x_1 - 5,0$	$0,90 \pm 0,07$	0,19	(93)
Волгоградская область	$y = 0,8y_n - 2,4$	$0,82 \pm 0,09$	0,23	(94)
Ставропольский край	$y = 0,9y_n + 1,0$	$0,93 \pm 0,03$	0,13	(95)
Краснодарский край	$y = 1,0y_n$	$0,91 \pm 0,04$	0,16	(96)
Калмыцкая АССР	$y = 0,97y_n - 3,76$	$0,91 \pm 0,06$	0,18	(97)
Кабардино-Балкарская АССР	$y = 0,88y_n - 148,6x_2 + 68,0$	$0,81 \pm 0,09$	0,28	(98)
Северо-Осетинская АССР	$y = 0,56y_n - 30,0x_2 + 27,0$	$0,92 \pm 0,07$	0,19	(99)
Чечено-Ингушская АССР	$y = 0,83y_n + 3,24$	$0,90 \pm 0,09$	0,21	(100)

Примечание. Здесь y — урожайность зерновых в целом, ц/га; y_n — урожайность озимой пшеницы, ц/га; x_1 — отношение площадей под озимой пшеницей и яровыми ячменем; x_2 — отношение площадей под озимой пшеницей и всеми зерновыми культурами.

ская АССР), где площади под озимой пшеницей заметно изменяются от года к году по сравнению с площадями посева ярового ячменя или всех зерновых культур, приходится вводить дополнительный предиктор, определяющий изменение площадей под озимой пшеницей. Таким предиктором является отношение площадей под озимой пшеницей и яровым ячменем для Ростовской области или площадей под озимой пшеницей и всеми зерновыми культурами для Кабардино-Балкарской и Северо-Осетинской АССР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксарина Е. А., Пасов В. М. Использование особенностей циркуляции тропосферы при прогнозировании урожайности // Экспресс-информация ВНИИГМИ-МЦД. — 1977. — Вып. 1(48). — С. 10—14.
2. Аксарина Е. А., Пасов В. М. Прогноз урожайности яровой пшеницы до сава в Казахстане на основе использования особенностей циркуляции атмосферы // Экспресс-информация ВНИИГМИ-МЦД — 1978. — Вып. 1(51). — С. 12—20.
3. Аксарина Е. А., Пасов В. М., Лещенко В. Ф. Климатическая изменчивость урожаев и влияние циркуляции атмосферы на произрастание некоторых зерновых в США // Метеорология и гидрология. — 1978. — № 6. — С. 84—90.
4. Алпатыев А. М. Влагооборот культурных растений. — М.—Л.: Гидрометеиздат, 1954. — 246 с.
5. Андреева А. М., Егорова Р. Н. Нитрификационная способность почвы и ее применение для прогноза величины урожая ячменя // Тр. БСХА. — 1975. — Т. 137. — С. 56—62.
6. Андреевко С. С., Куперман Ф. М. Физиология кукурузы. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1959.
7. Андропова Т. М., Добрецов А. Н. Прогнозирование урожая яровой пшеницы в условиях Красноярского края // Химия в сельском хозяйстве. — 1977. — № 11. — С. 64—66.
8. Баланов Н. Н. Выращивание картофеля и овощей в условиях орошения. — М.: Колос, 1976. — 304 с.
9. Бантинг Э. С. Агрометеорологические и физиологические факторы, влияющие на производство кукурузы на корм // Кукуруза на корм. Производство и использование. — М.: Колос, 1983. — С. 62—93.
10. Бова Н. В. Климат юго-востока Европейской части СССР. — Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1961. — 134 с.
11. Богачук Г. К. К вопросу о накоплении влаги в почве // Свекловичное полеводство. — 1983. — № 1. — С. 11—14.
12. Беленцев Д. Н. Индустриальная технология возделывания подсолнечника на Дону. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1978. — 34 с.
13. Беленцев Д. Н., Лукашев А. И. Рекомендации по возделыванию масличных культур в Ростовской области. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1981. — 18 с.
14. Борисонник Э. Б. Яровой ячмень. — М.: Колос, 1974. — 255 с.
15. Бородин Н. Н. Озимая пшеница на Дону. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1967. — 176 с.
16. Бородин Н. Н. Пшеница на Дону. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1976. — 128 с.
17. Бородин Н. Н., Смородин И. И. Лучшая площадь питания кукурузы на Дону // Тр. Донского зонального НИИСХ. Т. 1. Растениеводство. — М.: Россельхозиздат, 1965. — С. 110—117.
18. Бринкен Д. А., Сухов Л. Н. Методическое пособие по составлению прогноза урожайности ярового ячменя на минеральных осушаемых землях Прибалтики, Белоруссии. — М.: Гидрометеиздат, 1977. — 12 с.
19. Бут В. И. Термические условия возделывания риса в Астраханской области. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — 64 с.
20. Вавилов Н. И. Проблемы происхождения географии, генетики, селекции растений, растениеводства и агрономии // Избранные труды. Т. 5. — М.: Наука, 1965. — 357 с.

21. Вериго С. А. Прогноз агрометеорологических условий формирования урожая озимых в весенне-летний период // Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. — Л.: Гидрометеоиздат, 1962. — С. 165—187.
22. Володарский Н. И. Биологические основы возделывания кукурузы. — М.: Колос, 1975. — 256 с.
23. Гойса Н. И., Олейник Р. Н., Рогаченко А. Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1983. — 230 с.
24. Гольцберг И. А. Засухи и суховеи // Лекции по сельскохозяйственной метеорологии. — Л.: Гидрометеоиздат, 1966. — С. 148—175.
25. Горбулин Ф., Линник Ф. Посевы кукурузы в смеси с сорго дают высокий урожай // Опыт выращивания высоких урожаев на Дону в 1977 году. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1978. — С. 27—28.
26. Грушка Я. Монография о кукурузе. — М.: Колос, 1965. — 502 с.
27. Грушка Г. И. Метод долгосрочного прогноза средней областной урожайности озимого ячменя на Украине // Тр. УкрНИГМИ. — 1968. — Вып. 72. — С. 55—63.
28. Губанов Я. В., Тихвинский С. Ф., Горелов Е. П. и др. Технические культуры. — М.: Агропромиздат, 1986. — 287 с.
29. Гулинова Н. В. Теплообеспеченность формирования урожая риса на Северном Кавказе // Тр. Гидрометцентра СССР. — 1971. — Вып. 85. — С. 75—86.
30. Дмитренко В. П. Об оптимальных значениях и закономерностях влияния осадков и температуры воздуха на урожайность сельскохозяйственных культур // Тр. УкрНИГМИ. — 1969. Вып. 84. — С. 26—46.
31. Дмитренко В. П. Метод расчета урожайности озимой пшеницы на территории СССР // УкрНИГМИ. — 1975. — Вып. 139. — С. 3—13.
32. Дмитренко В. П., Бенедичук А. Э. Методика и опыт составления прогноза урожайности ярового ячменя на примере районов Днепропетровской области // Тр. УкрНИГМИ. — 1976. — Вып. 151. — С. 77—85.
33. Дмитренко В. П., Короткова А. Я. Метод расчета урожайности озимой ржи и его проверка // Тр. УкрНИГМИ. — 1977. — Вып. 159. — С. 14—28.
34. Елагин П. С. Физиология риса // Физиология сельскохозяйственных растений. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. — С. 266—416.
35. Елагин П. С., Фенелюнова Т. М. Роль водного режима в формировании урожая риса // Биологические основы орошаемого земледелия. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1966. — С. 115—120.
36. Еремеев Ю. Н., Михайлин А. С. Кукуруза на орошаемых землях Дона. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1975. — 159 с.
37. Ермаков В. П. Возделывание озимой пшеницы по интенсивной технологии в Ростовской области // Возделывание зерновых культур: Интенсивные технологии. — М.: Агропромиздат, 1988. — С. 109—115.
38. Жапбасбаев М. Агроклиматические условия произрастания риса в континентальном климате (в Казахстане). — Л.: Гидрометеоиздат, 1969. — 168 с.
39. Желтая Н. Н. О связи областной урожайности ярового ячменя с основными метеорологическими элементами в различных зонах ЕТС // Тр. Гидрометцентра СССР. — 1973. — Вып. 3. — С. 21—30.
40. Жуков В. А. К вопросу оптимизации размещения сельскохозяйственных культур с учетом влияния неблагоприятных погодных условий // Метеорология и гидрология. — 1982. — № 11. — С. 99—107.
41. Забелин В. Н. Определение динамики урожайности зерновых культур при агрометеорологическом прогнозировании // Метеорология и гидрология. — 1982. — № 10. — С. 103—109.
42. Зондз Е. К. Погода, климат и эффективность труда в земледелии. — Л.: Гидрометеоиздат, 1987. — 224 с.
43. Иванов А. Ф. и др. Основные принципы программирования урожая // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / А. Ф. Иванов, А. А. Климов, Г. Е. Листопад, Г. П. Устеев. — М.: Колос, 1975. — С. 18—34.

44. Ильченко Н. А. и др. Возделывание озимой пшеницы по интенсивной технологии в правобережной степи Украины // *Возделывание зерновых культур: Интенсивные технологии* / Н. А. Ильченко, В. М. Гринев, Н. И. Блохин, Н. В. Душко. — М.: Агропромиздат, 1988. — С. 122—131.
45. Ищенко П. С. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур // *Тр. Волгоградского СХИ.* — 1974. — Т. 49. — С. 67—70.
46. Кабанов П. Г. Дифференцированное применение агротехники. — Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1968. — 227 с.
47. Кабанов П. Г. О дифференцированном подходе к применению агротехники в районах Поволжья // *Агрометеорологические аспекты повышения продуктивности земледелия.* — Л.: Гидрометеиздат, 1970. — С. 41—47.
48. Кажугинян Э. А., Узянова В. П. К вопросу прогнозирования урожая яровой пшеницы // *Сб. работ Свердловской ГМО.* — 1966. — Вып. 5. — С. 27—32.
49. Калинин И. Г. Поля юга сильную пшеницу. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1970. — 195 с.
50. Калинин И. Г. Пшеницы Дона. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1979. — 240 с.
51. Квасников Б. В. Овощные культуры. — М.: Сельхозиздат, 1960. — 257 с.
52. Кирилчева К. В. Методическое пособие по составлению прогноза средней областной урожайности яровой пшеницы. — М.: Гидрометеиздат, 1965. — 8 с.
53. Клопышко Л. М. Прогноз урожайности зерна кукурузы на орошении // *Дипломный проект.* — Одесса: ОГМИ, 1986. — 103 с.
54. Климов А. А., Листопад Г. Е., Усенко Г. Н. Программирование урожая // *Тр. Волгоградского СХИ.* — 1971. — Т. 36. — С. 37—58.
55. Коган Ф. Н. Урожай зерновых культур в Черноземной зоне Европейской территории СССР и возможности его предсказания на основе данных о погоде // *Тр. Гидрометцентра СССР.* — 1977. — Вып. 174. — С. 3—23.
56. Колосков П. Н. Агроклиматическое районирование Казахстана. — М.: Изд-во АН СССР, 1947. — 268 с.
57. Константинов А. Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. — Л.: Гидрометеиздат, 1978. — 263 с.
58. Комоцкая Л. В., Страшная А. И. Кукуруза // *Методические указания по составлению долгосрочных прогнозов средней областной (краевой) урожайности и валового сбора озимой пшеницы, яровой пшеницы, ярового ячменя, кукурузы, картофеля, сахарной свеклы и подсолнечника в Черноземных районах Европейской части РСФСР.* — М.: Гидрометцентр СССР, 1984. — С. 51—77.
59. Корнев Г. В. Биологическое обоснование сроков и способов уборки хлебов. — Киев: Урожай, 1967. — 160 с.
60. Коровин А. И. Роль температуры в минеральном питании растений. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 271 с.
61. Кравченко М. Л. О откании зерна и мерах по его предотвращению // *Зерновое хозяйство.* — 1975. — № 1. — С. 23.
62. Краснокутский В. П. Силосные культуры и заготовка силоса // *Производство кормов в Ростовской области.* — Ростов н/Д: Ростиздат, 1967. — С. 106—120.
63. Краснопищева В. Ф., Шашкова Г. Д. К вопросу о долгосрочном планировании урожайности сельскохозяйственных культур по республикам и экономическим районам // *Тр. ВНИИ кибернетики.* — 1973. — Вып. 12. — С. 115—134.
64. Краснянская В. П. Зависимость урожая яровой пшеницы от агрометеорологических условий периода вегетации в Приморском крае // *Тр. ДВНИГМИ.* — 1977. — Вып. 59. — С. 9—11.
65. Крутилин А. С. и др. Пшеница на севере Ростовской области / А. С. Крутилин, А. И. Дубейко, И. И. Ушаков, А. И. Грабовец, Ф. Я. Яньшин, П. И. Боков. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1973. — 134 с.
66. Кузнецова Р. Я. Масляничные культуры на корм. — Л.: Колос, 1977. — 151 с.
67. Кулаковская Т. П. Прогнозирование эффективности удобрений и урожая зерно-

вых культур в БССР // Плодородие почвы нечерноземной полосы и приемы его регулирования. — Пушкино, 1975. — С. 98—103.

68. Кулаковская Т. П. Прогнозирование урожая зерновых // Вести с.-х. науки. — 1976. — № 2. — С. 112—116.

69. Кулаковская Т. П., Богдевич И. М. Прогнозирование урожая зерновых культур и эффективность минеральных удобрений в БССР // Химия в сельском хозяйстве. — 1973. — № 8. — С. 2—6.

70. Кулик М. С. Оценка сложившихся и засухливых явлений // Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. — Л.: Гидрометеоздат, 1962. — С. 45—57.

71. Кулик М. С. Погода и минеральные удобрения. — Л.: Гидрометеоздат, 1966. — 140 с.

72. Кулик М. С. Агрометеорологические факторы, определяющие колебания урожая озимых зерновых в нечерноземной зоне // Агрометеорологическое обеспечение зернового хозяйства СССР. — Л.: Гидрометеоздат, 1968. — С. 30—38.

73. Кулик М. С., Вольвач И. Е., Излева Л. К. Методическое пособие по составлению прогноза средней областной урожайности озимых зерновых в нечерноземной зоне. — М.: Гидрометеоздат, 1977. — 15 с.

74. Куперман Ф. М. Морфология растений. — М.: Высшая школа, 1973. — 255 с.

75. Куперман Ф. М. Методы диагностики состояния озимых посевов // Составление исследований по изучению перезимовки озимых зерновых и многолетних культур (оценка, прогноз, защита). — М.: Россельхозиздат, 1975. — С. 5—7.

76. Куперман Ф. М., Пономарев В. И. Диагностика зимостойкости озимых зерновых культур // Обзор литературы. — М.: ВНИИ ТЭИСХ МСХ СССР, 1971. — 134 с.

77. Лебедин А. Н. Экологическая эффективность прогрессивного способа уборки озимой пшеницы // Сельское хозяйство Северного Кавказа. — 1958. — № 5. — С. 17—21.

78. Личикаки В. М. Перезимовка озимых культур. — М.: Колос, 1974. — 287 с.

79. Лубнин М. Г., Деревянко А. Н., Пятовская Л. К. и др. Методы прогнозов оптимальных сроков начала полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур // Руководство по агрометеорологическим прогнозам. Т. 1. — Л.: Гидрометеоздат, 1984. — С. 16—29.

80. Лукьяненко П. П. Задача удвоения урожайности будет решена // Семеноводство. — 1961. — № 5.

81. Манесян А. И. и др. Динамика урожайности сельскохозяйственных культур в РСФСР / А. И. Манесян, Н. Н. Нагнибедова, А. А. Френкель, Л. И. Васьков. — М.: Статистика, 1972. — 192 с.

82. Масловская А. Д. Метод долгосрочного агрометеорологического прогноза среднереспубликанского урожая озимой пшеницы в Казахстане // Тр. КазНИГМИ. — 1974. — Вып. 47. — С. 117—130.

83. Мединец В. Д. Результаты экспериментальной проверки дифференцированного ухода за посевами озимой пшеницы при интенсивной технологии производства зерна. — Полтава: Областугуправление, 1986. — 12 с.

84. Мельник Ю. С. Климат и произрастание подсолнечника. — Л.: Гидрометеоздат, 1972. — 192 с.

85. Мельник Ю. С. Метод прогноза урожайности подсолнечника в зоне Черноземных почв ЕТС // Руководство по агрометеорологическим прогнозам. Т. 2. — Л.: Гидрометеоздат, 1984. — С. 61—73.

86. Мещерская А. В., Леднева К. В., Пасов В. М. Опыт физико-статистического прогноза урожая ярового ячменя с большой заблаговременностью // Тр. ГГО. — 1975. — Вып. 353. — С. 70—79.

87. Мкртчян Р. С., Арустамян М. А. Методические указания по долгосрочному агрометеорологическому прогнозу урожайности озимой пшеницы в Армянской ССР. — Ереван: ЗагНИГМИ, 1975. — 27 с.

88. Моисейчик В. А. Перезимовка озимых зерновых культур в зависимости от

агрометеорологических условий на территории СССР. — Л.: Гидрометеонадат, 1971. — 20 с.

89. Моисейчик В. А. Методы составления долгосрочных агрометеорологических прогнозов перезимовки озимых культур на территории областей, республик и в целом по СССР. — М.: Гидрометеонадат, 1972. — 104 с.

90. Моисейчик В. А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. — Л.: Гидрометеонадат, 1975. — 295 с.

91. Морозов А. Ф., Пугачев А. Н. Пути снижения потерь зерна при уборке урожая. — М.: Колос, 1969. — 248 с.

92. Наталкин Н. Б. Рисоводство. — М.: Колос, 1973. — 280 с.

93. Нейбауэр В. П. Прогнозирование урожайности методом экстраполяции // Тр. Омского СХИ. — 1975. — Т. 142. — С. 68—71.

94. Нигвелов С. Ф. Методика определения запасов продуктивной влаги при помощи „колья“ на черноземных почвах // Информ. письмо 6/86. — Ростов н/Д: СК УГКС, 1965.

95. Носатовский А. И. Пшеница. — М.: Колос, 1965. — 568 с.

96. Обухов В. М. Урожайность и метеорологические факторы. — М.: Госпланиздат, 1949. — 316 с.

97. Огнезова В. В. и др. Ретаданты на посевах среднестебельных и короткостебельных сортов озимой пшеницы // Возделывание зерновых культур: Интенсивные технологии / В. В. Огнезова, Б. И. Сандухалзе, Н. Г. Пома, М. Т. Утенбетов. — М.: Агропромиздат, 1988. — С. 116—121.

98. Оспанов Х. О. К прогнозу о прогнозировании урожайности зерновых культур по совхозам Нурикского района Карагандинской области // Математические методы в планировании и организации производства. — Целиноград, 1974. — С. 65—67.

99. Панченко Н. П. Морозостойкость и закалывание растений // Пшеница в СССР. — М.: Сельхозгиз, 1957. — С. 221—227.

100. Панченко Н. П. Исследования по теории закалывания и их значение в повышении зимостойкости зерновых культур // Зимостойкость с.-х. культур. — М.: Изд-во МСХ СССР, 1960. — С. 28—38.

101. Пасечнюк А. Д. Агрометеорологические условия возделывания зерновых культур // Метеорология и гидрология. — 1972. — № 4. — С. 95—101.

102. Пасечнюк А. Д. Влияние агрометеорологических условий на максимальную высоту ячменя в связи с проблемами полетания посевов // Тр. ИЭМ. — 1974. — Вып. 2(39). — С. 216—223.

103. Пасов В. М. Прогнозирование урожая ячменя // Земледелие. — 1971. — № 11. — С. 68—69.

104. Пасов В. М. Оценка видов на урожай ярового ячменя сорта „Винер“ в нечерноземной зоне Европейской территории СССР // Тр. Гидрометцентра СССР. — 1971. — Вып. 85. — С. 66—74.

105. Пасов В. М. Роль климата в получении стабильных урожаев зерновых культур. — М.: Гидрометеонадат, 1982. — 8 с.

106. Пасов В. М., Аксарина Е. А. Синоптико-статистический метод прогноза урожая зерновых культур до сева // Тр. ИЭМ. — 1979. — Вып. 13(91). — С. 16—43.

107. Пономарев Б. П. Методическое указание по составлению агрометеорологических прогнозов среднеобластной урожайности яровой пшеницы в степной и лесостепной зонах Западной Сибири. — М.: Гидрометеонадат, 1974. — 11 с.

108. Полевой А. Н. О прогнозе случайной составляющей временных рядов урожайности ярового ячменя // Метеорология и гидрология. — 1975. — № 4. — С. 84—90.

109. Полевой А. Н., Гончарова Т. А. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза суммарного валового сбора всех зерновых и зернобобовых культур в Прибалтике, Белоруссии и Ставропольской части РСФСР. — М.: Гидрометеонадат, 1981. — 11 с.

110. Полевой А. Н., Мызяна Т. И. Изменение структуры влияния агрометеорологических условий на урожайность ярового ячменя // Метеорология и гидрология. — 1975. — № 8. — С. 82—87.

111. Полевой А. Н., Мызина Т. И. Методические указания по составлению агрометеорологического прогноза среднеобластной урожайности ярового ячменя в нечерноземной зоне БТС. — М.: Гидрометеиздат, 1976. — 39 с.
112. Пасов В. М., Аскария Е. А. Синоптико-статистический метод прогноза урожая зерновых культур до сева // Тр. ИЭМ. — 1979. — Вып. 13(91). — С. 16—43.
113. Рогаченко А. Д., Строкач Н. К., Шелудько Н. Г. Влияние температуры воздуха на формирование урожая орошаемой кукурузы // Тр. УкрНИГМИ. — 1978. — Вып. 164. — С. 104—112.
114. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Т. 2. — Л.: Гидрометеиздат, 1969. — 287 с.
115. Руководство по агрометеорологическим прогнозам: В 2 т. — Л.: Гидрометеиздат, 1984.
116. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. — Л.: Гидрометеиздат, 1962. — 269 с.
117. Руденко А. И. Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай. — Л.: Гидрометеиздат, 1958. — 207 с.
118. Саложников С. А. Опыт агроклиматического районирования территории СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. — М.: Гидрометеиздат, 1958. — С. 14—37.
119. Свислук И. В. Агрометеорологические условия развития озимой пшеницы в Петровском районе Ставропольского края // Материалы по изучению Ставропольского края. — Ставрополь: Ставроп. кн. изд-во, 1956. Вып. 8. — С. 33—41.
120. Свислук И. В. О целесообразности возделывания озимого ячменя на Северном Кавказе и Нижнем Дону // Сб. работ Ростовской ГМО. — 1966. — Вып. 4. — С. 125—127.
121. Свислук И. В. Погода и сроки сева озимой пшеницы. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1969. — 137 с.
122. Свислук И. В. Прогнозирование среднего областного урожая ярового ячменя и яровой пшеницы // Метеорология и гидрология. — 1971. — № 7. — С. 80—86.
123. Свислук И. В. Методическое указание по составлению долгосрочных производственно-агрометеорологических прогнозов средней районной урожайности озимой пшеницы на Северном Кавказе, Нижнем Дону и Нижнем Поволжье. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1973. — 42 с.
124. Свислук И. В. Запасы влаги в почве и урожай. Ростов н/Д: Ростиздат, 1975. — 71 с.
125. Свислук И. В. Продолжительность оптимального периода // Земледелие. — 1975. — № 1. — С. 39—40.
126. Свислук И. В. Метод прогноза средней районной урожайности озимой пшеницы // Совершенствование методов прогнозов урожая зерновых культур: Тез. докл. — М.: ВДНХ, 1977. — С. 48—50.
127. Свислук И. В. Причины «стекания» зерна и меры его предупреждения // Метеорология и гидрология. — 1978. — № 11. — С. 101—106.
128. Свислук И. В. Степень активности вегетации озимой пшеницы во время зимних оттепелей // Метеорология и гидрология. — 1979. — № 1. — С. 94—97.
129. Свислук И. В. Погода и урожайность озимой пшеницы на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — 207 с.
130. Свислук И. В. Экономическое обоснование необходимого количества чистых паров под посев озимой пшеницы // Тр. КазНИИ. — 1982. — Вып. 77. — С. 16—21.
131. Свислук И. В. Влияние агрометеорологических условий на урожайность проса // Метеорология и гидрология. — 1983. — № 6. — С. 105—109.
132. Свислук И. В. Прогнозирование запасов влаги по глубине промачивания почвы на весну // Проблемы и пути развития методов наблюдений за влагообеспеченностью посевов. — Л.: Гидрометеиздат, 1983. — С. 52—56.
133. Свислук И. В. Контроль за ходом изменения влажности зерна озимой пшеницы и ярового ячменя в процессе их созревания // Метеорология и гидрология. — 1984. — № 7. — С. 96—101.
134. Свислук И. В. Рекомендации по учету агрометеорологических условий при

внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу. — Ростов н/Д: СевКавгидромет, 1987. — 22 с.

135. Свисюк И. В. Погода, интенсивная технология и урожай озимой пшеницы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1989. — 226 с.

136. Свисюк И. В. Агрометеорологические особенности формирования урожайности озимых и возможность составления прогноза по области, зоне и административному району // Метеорология и гидрология. 1989. — № 5. — С. 97—102.

137. Свисюк И. В., Васенина Г. Г. Агрометеорологические условия формирования урожайности овощных культур в южных районах БТС // Метеорология и гидрология. 1984. — № 9. — С. 112—115.

138. Свисюк И. В., Васенина Г. Г. Рекомендации по составлению долгосрочного агрометеорологического прогноза урожайности овощных. — Ростов н/Д: НТО СХ, 1985. — С. 15.

139. Свисюк И. В., Васенина Г. Г. Погода и урожайность овощных культур. — Л.: Гидрометеоиздат, 1989. — 112 с.

140. Свисюк И. В., Клопышко Л. М. Рекомендации по установлению оптимальных сроков уборки кукурузы на силос. — Ростов н/Д: УФОП СевКавгидромета, 1988. — 9 с.

141. Свисюк И. В., Мылыгонова Л. И. Влияние агрометеорологических условий на урожайность зеленой массы кукурузы // Метеорология и гидрология. — 1983. — № 1. — С. 93—97.

142. Свисюк И. В., Русеева Э. М. Погода и урожай зерновых культур. Ростов н/Д: Ростиздат, 1980. — 144 с.

143. Селянников Г. Т. Принципы агроклиматического районирования в СССР // Вопросы агроклиматического районирования в СССР. — М.: Гидрометеоиздат, 1958. — С. 7—13.

144. Сергеев В. З. Культура ячменя на Дону. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1970. — 135 с.

145. Сиротенко О. Д., Бойко А. П. О построении замкнутой системы управлений энерго- и массообмена для расчета биомассы сельскохозяйственных культур // Метеорология и гидрология. — 1975. — № 2. — С. 78—87.

146. Сиротенко О. Д., Бойко А. П. Динамическая модель агроценоза. // Тр. ИЭМ. — 1977. — Вып. 8(67). — С. 12—36.

147. Смирнов А. И. Растениеводство. — М.: Сельхозгиз, 1952. — 608 с.

148. Сокол А. А. Ячменное поле Дона. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1985. — 112 с.

149. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — 527 с.

150. Станков Н. З. Корневая система полевых культур. — М.: Колос, 1964. — 280 с.

151. Сухов Л. Н. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза средней областной урожайности озимой ржи в центральной черноземной зоне и Среднем Поволжье. — Л.: Гидрометеоиздат, 1975. — 14 с.

152. Тебуев Х. Х. Методы долгосрочного прогноза урожайности подсолнечника // Метеорология и гидрология. — 1989. — № 6. — С. 110—115.

153. Ткаченко Ф. М., Синицина А. П., Чубарова Г. В. Сильные культуры. — М.: Колос, 1974. — 287 с.

154. Травин И. С. Весенний агробиологический прогноз урожая зерновых культур // Тр. Рязанского СХИ. — 1974. — Т. 36. — С. 58—65.

155. Требования сельскохозяйственных культур к условиям внешней среды / Под ред. И. В. Свисюка. — Ростов н/Д: СК УГКС, 1980. — 25 с.

156. Тулякова З. Ф. Рис на Северном Кавказе. — Ростов н/Д: Ростиздат, 1973. — 116 с.

157. Тулякова З. Ф. Рис на засоленных землях. — М.: Колос, 1978. — 239 с.

158. Туровский А. И., Кузмицкая В. А., Кузмина А. П. Озимому полю — интенсивную технологию // Возделывание зерновых культур: интенсивные технологии. — М.: Агропромиздат, 1988. — С. 59—64.

159. Угроватова Т. М. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур // Научно-технический бюллетень. — 1974. — Вып. 3(13). — С. 35—48.

160. Уланова Е. С. Методика оценки сложившихся и ожидаемых агрометеорологи-

ческих условий развития и роста озимых в осенний период // Сб. методических указаний. — Л.: Гидрометеонадат, 1957. — С. 43–105.

161. Уланова Е. С. Метод долгосрочного агрометеорологического прогноза урожая озимой пшеницы весенним запасам влаги в почве и числу уцелевших после перезимовки стеблей // Тр. ЦИЛ. — 1965. — Вып. 145. — С. 67–89.

162. Уланова Е. С. Главные инерционные агрометеорологические факторы для формирования урожая озимой пшеницы в Черноземной зоне и долгосрочных прогнозов ее урожайности // Тр. Гидрометцентра СССР. — 1967. Вып. 9. — С. 10–22.

163. Уланова Е. С. Методические указания по составлению долгосрочных агрометеорологических прогнозов средней областной урожайности озимой пшеницы на Украине, в Молдавии и Нижнем Поволжье. — Л.: Гидрометеонадат, 1969. — 30 с.

164. Уланова Е. С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. — Л.: Гидрометеонадат, 1975. — 302 с.

165. Уланова Е. С. Методы оценки агрометеорологических условий и прогнозов урожайности зерновых культур. — Л.: Гидрометеонадат, 1988. — 53 с.

166. Федоров Б. К. Погода и урожай. — Л.: Гидрометеонадат, 1973. — 57 с.

167. Федосеев А. П. Климат и пастбищные травы Казахстана. — Л.: Гидрометеонадат, 1964. — 317 с.

168. Федосеева А. П. Агротехника и погода. — Л.: Гидрометеонадат, 1979. — 240 с.

169. Чекина Т. А. Исследования связи между оводненностью листьев кукурузы и гидрометеорологическими элементами // Тр. УкрНИГМИ. — 1973. — Вып. 122. — С. 72–76.

170. Чернышева Л. С. Теплообеспеченность возделывания риса в Приморском крае // Тр. ДВНИГМИ. — 1967. — Вып. 25. — С. 14–21.

171. Чернышева Л. С. О прогнозе урожая риса в Приморском крае // Тр. ДВНИГМИ. — 1974. — Вып. 48. — С. 30–35.

172. Чернышева Л. С. Агрометеорологический прогноз урожая риса в Приморском крае // Тр. ДВНИГМИ. — 1981. — Вып. 98. — С. 93–97.

173. Чижевский А. Н. Земное эхо солнечных бурь. — М.: Знание, 1973. — 228 с.

174. Чирков Ю. И. Методическое письмо по оценке агрометеорологических условий кукурузы. — М.: Гидрометеонадат, 1961. — 22 с.

175. Чирков Ю. И. Методическое письмо по составлению прогноза урожая зерна кукурузы. — М.: Гидрометеонадат, 1965. — 12 с.

176. Чирков Ю. И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. — Л.: Гидрометеонадат, 1969. — 251 с.

177. Чистов Н., Шевченко П. Более 100 процентов зерна кукурузы с гектара в пойме // Опыт выращивания высоких урожаев на Дону в 1977 году. — Ростов н/Д.: Ростиздат, 1978. — С. 46–47.

178. Чугай В. Г. Метод прогноза урожайности озимой пшеницы новых сортов интенсивного типа на Украине // Метеорология и гидрология. — 1978. — № 4. — С. 88–92.

179. Шабрин В. А., Белянин А. С. Некоторые приемы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур // Тр. Пермского СХИ. — 1973. — Т. 99. — С. 5–9.

180. Шатилов И. С., Чудновский А. Ф. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая. — Л.: Гидрометеонадат, 1980. — 329 с.

181. Шашко Д. И. Агроклиматическое районирование СССР. — М.: Колос, 1967. — 335 с.

182. Шигалев А. А. Об определении термических показателей скоростей развития кукурузы // Тр. ЦИЛ. — 1956. — Вып. 47(74). — С. 51–58.

183. Шиян Н., Колисниченко Л. Более 100 центнеров зерна кукурузы с гектара // Опыт выращивания высоких урожаев на Дону в 1977 году. — Ростов н/Д.: Ростиздат, 1978. — С. 19–21.

184. Якименко А. Ф. Просо. — М.: Ростсельхозиздат, 1975. — 235 с.

185. Яковлев Н. Н. Климат и зимостойкость озимой пшеницы. — Л.: Гидрометеонадат, 1966. — 420 с.

186. Binder J. Analyse und frahetige Prognosedes Hektarertrages von Winterweizen in

Osterreich // Bodenkybtur. — 1977. — Bd 28, N 3. — S. 263—276.

187. Haun J. R. Prediction of spring wheat yields from temperature and precipitation data // Agron. J. — 1974. — Vol. 66, N 3. — P. 405—409.

188. Pechop L. O, Cornia R. Z., Becker C. F. Prediction of winter wheat yield from short-term weather factors // Agron. J. — 1975. — Vol. 67, N 1. — P. 4—7.

189. Strumpf C. Untersuchungen über die Möglichkeiten einer Ertragsvoraussage bei Winterweizen durch Bestimmung von Bestandesmerkmalen // Arch. Acker — Pflanzenbau Bodenk. — 1975. — Bd. 19, N 4. — S. 287—299.

190. Szalai C. C. Methodenforschung zur Getreideschätzung in der Ungarischen Volksrepublik // Tagungsber. Akad. Landwirtschaftswiss. DDR. — 1975. — Bd 139. — S. 331—334.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Оценка агрометеорологических условий формирования урожая сельскохозяйственных культур	5
1.1. Использование ГТК для оценки условий формирования урожая сельскохозяйственных культур	—
1.2. Озимая пшеница	16
1.3. Яровой ячмень	39
1.4. Кукуруза	43
1.5. Подсолнечник	52
2. Агрометеорологические прогнозы урожайности сельскохозяйственных культур	60
2.1. Агрометеорологические прогнозы урожайности и их использование	60
2.2. Агрометеорологические прогнозы урожайности и учет причин ее изменения	63
2.2.1. Прогноз урожайности озимой пшеницы по оценке сезонов года	74
2.2.2. Прогноз урожайности озимых по области, зоне, району	77
2.2.3. Прогноз урожайности ярового ячменя, яровой пшеницы и зерновых в целом на примере Ростовской и Волгоградской областей	85
2.3. Прогноз средней областной урожайности проса	90
2.4. Прогноз областной урожайности риса	95
2.5. Прогноз средней областной урожайности зеленой массы и зерна кукурузы	98
2.5.1. Прогноз средней областной урожайности зеленой массы кукурузы	98
2.5.2. Определение оптимальных сроков уборки кукурузы на силос	103
2.5.3. Прогноз средней областной урожайности зерна кукурузы	107
2.6. Прогноз средней областной урожайности подсолнечника	108
2.7. Расчет изменения влажности зерна кукурузы и подсолнечника в период их созревания	110

2.8. Прогноз средней областной урожайности продовольственных бахчевых культур	112
2.9. Прогноз урожайности овощных культур	115
3. Прогнозы запасов влаги и влагообеспеченности	120
3.1. Оценка влагообеспеченности посева озимых по непаровым предшественникам	120
3.2. Прогноз запасов влаги в почве по глубине ее промачивания на весну	124
4. Прогноз перезимовки озимых	130
4.1. Влияние предшественника на перезимовку озимой пшеницы	130
4.2. Прогноз критической температуры вымерзания озимой пшеницы	131
4.3. Прогноз изменения кустистости и наступления фаз развития озимой пшеницы в зимний период	133
5. Фенологические прогнозы и прогнозы начала проведения полевых работ	137
5.1. Прогноз скорости прорастания семян озимой пшеницы	137
5.2. Прогноз продолжительности периода посев—массовое кущение озимой пшеницы	138
5.3. Метод расчета необходимой кустистости растений к моменту прекращения осенней вегетации озимой пшеницы	139
5.4. Упрощенный метод расчета оптимального срока посева для конкретного года	141
5.5. Оценка продолжительности оптимального периода посева озимой пшеницы	142
5.6. Прогноз сроков начала ранних полевых работ	144
5.7. Прогноз сроков выхода озимой пшеницы в трубку	146
5.8. Прогноз сроков начала колошения озимой пшеницы и ярового ячменя	147
5.9. Оценка продолжительности формирования и налива зерна озимой пшеницы, влияние продолжительности формирования на урожай	149
6. Агрометеорологические расчеты и обоснования	152
6.1. Наиболее оптимальные районы для возделывания озимого ячменя на Северном Кавказе	152
6.2. Структура предшественников под посев озимых и валовой сбор зерна	155
6.3. Погода и оценка труда при выращивании озимой пшеницы в Ростовской области	158
6.4. Агрометеорологическое обоснование предельных норм внесе-	

ния минеральных удобрений для получения экологически чистых посевов озимой пшеницы	163
6.5. Наиболее оптимальные районы для выращивания картофеля в горах и предгорьях Северного Кавказа	166
Заключение	171
Список литературы	180

Монография

Сви́сток Иван Васильевич

**АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ,
РАСЧЕТЫ, ОБОСНОВАНИЯ**

Редактор О. О. Штанникова. Художник С. В. Богородский.

Художественный редактор Б. А. Бураков.

Технический редактор Л. И. Киселева. Корректор О. В. Андреева

Н/К

Набрано в издательстве на тайпierre.

Подписано в печать 20.03.91. Формат 60 x 90 1/16. Бумага книжная. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Печ. л. 12,0. Кр.-отг. 12,25. Уч.-изд. л. 14,35. Тираж 2 420 экз.

Индекс ПРЛ-8. Заказ 422 Цена 1 р. 70 к.

Гидрометеониздат, 199226, Ленинград, ул. Беринга, 38.

ФОП ВНИИГМИ-МЦД, 249020, Обнинск, ул. Королева, д. 6.