

**РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ
В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА КАЗАХСТАНА И ЕГО
ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ**

Канд. геогр. наук Л.В. Лебедь
З.С. Беленкова

Рассматриваются способы решения некоторых агрометеорологических задач из области прогнозирования и программирования урожайности зерновых Казахстана в условиях нестабильного развития сельскохозяйственного производства.

В последние годы разрабатываемые агрометеорологические методы и расчетные схемы не всегда реализуются в практике обслуживания сельскохозяйственного производства Казахстана, часто не отражают его современного состояния и потребностей. Одной из причин этого является неустойчивость развития сельскохозяйственного производства республики, особенно в последнее десятилетие. Наглядно это видно на примере кривых динамики ежегодной урожайности и сглаженных кривых трендов урожайности зерновых культур (рис.1). В целом, по всем областям Казахстана кривые характеризуют общий подъем урожайности в 80-е годы (за счет повсеместного внедрения интенсивных технологий возделывания) и устойчивый ее спад в 90-е годы. Последний объясняется снижением, в первую очередь, агротехнического уровня возделывания зерновых. Наиболее заметные изменения урожайности зерновых отмечаются (см. рис. 1) на поливных землях, занятых под рис, кукурузу, озимую пшеницу (южные области). Также значительно в 90-е годы понизилась урожайность проса, гречихи, озимой пшеницы, высеваемых на относительно небольших площадях в западных и восточных областях, а также ячменя и овса, занимающих 3,4-ые места после пара в зональных севооборотах.

Менее заметное снижение урожайности отмечается у яровой пшеницы- ведущей культуры в полевых севооборотах северной половины Казахстана. По мнению авторов, спад урожайности яровой пшеницы был в определенной степени сглажен сокращением с 1991 года в масштабе республики ее посевных площадей, в основном на менее плодородных землях. Так, к примеру, только в Костанайской области посевные площади под яровой пшеницей сократились с 3200-3700 тыс.га (середина 80-х годов) до 2600 - 2200 тыс.га (первая половина 90-х годов).

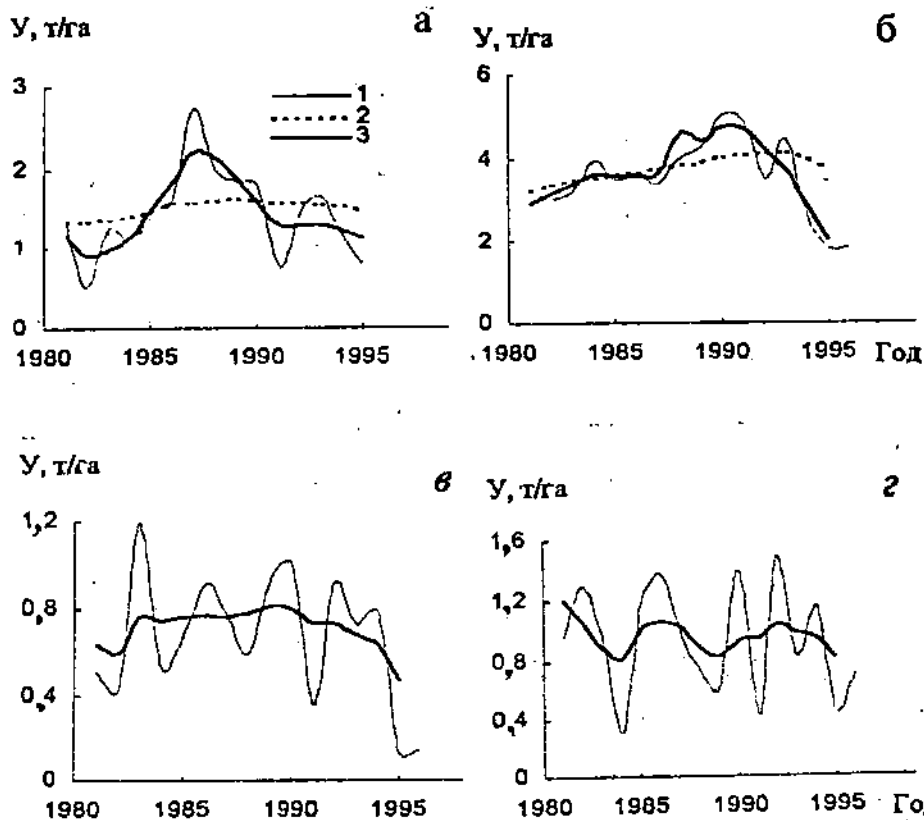


Рис. 1. Динамика урожайности зерновых по отдельным областям Казахстана за 1981-1996 гг.
 а - Алматинская область, озимая пшеница; б - Алматинская область, рис; в - Западно-Казахстанская область, яровая пшеница; г - Костанайская область, яровая пшеница. 1 - фактическая урожайность в т/га, 2 - тренд урожайности $t > 16$, 3 - тренд урожайности $t < 10$.

В сложившихся условиях агрометеорологическая информация, наряду с объективным отражением природно-климатического потенциала территории, должна также объективно отражать и уровень сельскохозяйственного производства. В этой связи необходимо, чтобы агрометеорологические модели и расчетные схемы гибко учитывали как фактическое состояние, так и хозяйственную стратегию аграрного сектора. Наряду с этим, они должны иметь современную научную и техническую базу, применяться для решения прогностических задач, агроклиматических расчетов, в том числе связанных с перспективным программированием урожайности. Кроме того, отвечая современным требованиям рыночной экономики, агрометеорологиче-

ская информация обязана быть относительно дешевой и окупаемой, ориентированной на различные уровни потребителя.

В статье рассматриваются случаи решения отдельных задач, касающихся прогнозирования и программирования агрометеорологических условий вегетации зерновых и их урожайности как при стабильном, так и резко меняющемся агротехническом уровне возделывания полей. Задачи решаются на базе динамико-статистической модели урожайности зерновых с использованием стандартной информации сети метеорологических станций. Урожайность зерновой культуры на год (Y_t) рассчитывается по формуле общего вида

$$Y_t = Y_{тр} \cdot C_t, \quad (1)$$

где $Y_{тр}$ - трендовая составляющая урожайности зерна как функция агротехнического фактора, плодородия почвы и длиннопериодных колебаний климата; C_t - интегральная оценка агрометеорологических условий произрастания и формирования продуктивности посевов на год (t).

Интегральная оценка условий вегетационного периода культуры в общем виде может быть представлена как

$$C_t = F(W, T, D), \quad (2)$$

где W - ресурсы влаги; T - ресурсы тепла; D - степень засушливости критического периода вегетации.

Модель подробно описана авторами [3]. Она использовалась при оценке уязвимости посевов пшеницы в связи с возможными изменениями климата Казахстана под влиянием увеличения концентрации углекислого газа в атмосфере. Такие расчеты на дальнюю перспективу выполнялись для случая устойчивого повышения агротехнического уровня возделывания зерновых [1].

Однако попытка использования модели для случаев, когда агротехнический фон резко изменялся, не дала положительных результатов. Анализ трендовой составляющей урожайности показал, что в нестабильных условиях производства более оправдывает себя гибкий нелинейный тренд, полученный с ограниченным временным шагом. Такие тренды урожайности зерновых с временным шагом $t < 10$ и $t > 10$ показаны в виде кривой 3 (см. рис. 1).

Для восстановления таких нелинейных трендов применялся метод гармонических весов [5]. Устойчивость трендовой составляющей на концах временных рядов достигается путем учета ее численных значений за несколько последних лет.

Нелинейные тренды с относительно коротким временным шагом использовались для авторских прогнозов среднеобластной урожайности зерновых на 1990-1991 и 1995-1996 годы. В качестве примера

в табл. 1 приводятся некоторые результаты прогнозирования урожайности зерновых для Западно-Казахстанской области. Заблаговременность прогнозов с использованием трендовой составляющей и фактической информации об агрометеорологических условиях вегетационного периода зерновых составляет от 1-2 и до 3-4 месяцев.

Таблица 1

Влияние точности аппроксимации тренда урожайности зерновых на точность прогноза ее средних величин для Западно-Казахстанской области

Культура	Год	Урожайность, т/га		
		рассчитанная		фактическая
		t > 16	t < 10	
Озимая пшеница	1990	2,35	2,55	2,61
	1991	1,33	1,65	1,58
Яровая пшеница	1990	1,12	1,23	1,00
	1991	0,39	0,43	0,36
	1995	0,20	0,18	0,13
	1996	0,33	0,26	0,15
Просо	1990	1,80	2,29	1,99
	1991	0,25	0,34	0,47
	1995	0,90	0,30	0,10

В некоторых случаях для определения резервов повышения урожайности полей и уточнения хозяйственной стратегии требуется отдельно оценить агрометеорологическую и агротехническую составляющие урожайности зерновых на конкретный год или период лет. В этой связи в табл. 2 для яровой и озимой пшеницы приводятся рассчитанные на 1996 год примерные потери урожайности зерна с гектара и в валовых сборах. Расчеты выполнены с учетом фактических агрометеорологических условий вегетационного периода 1996 года (C_t) и заданного агротехнического уровня полей на 1987 и 1991 годы ($AT\Phi_{87}$ и $AT\Phi_{91}$). Потери в валовых сборах зерна получены с учетом площадей, фактически засеваемых яровой и озимой пшеницей в эти годы. По оценке авторов, недобор зерна яровой пшеницы только по Костанайской области за счет агротехнического фактора составил около 30 % валового сбора его в 1996 году. По Западно-Казахстанской области этот недобор зерна, по той же причине, в несколько раз превысил зарегистрированный его сбор в 1996 году. Потери зерна озимой пшеницы для этой области в 1996 году за счет ухудшения агротехнических условий после 1991 года (год максимального эффекта интенсификации технологии возделывания озимой пшеницы) оцениваются величиной до 30 % его обычных валовых сборов. Для Алматинской области также отмечено уменьшение валовых сборов зерна озимой пшеницы и стабилизация их на одном уровне с 1991 года.

Таблица 2

Возможные недоборы урожая пшеницы (т/га) и валового сбора зерна (тыс. т) за счет агротехнического фактора (АТФ) в агрометеорологических условиях 1996 года (C_1) на примере отдельных областей Казахстана

Культура	Область	C_1	Недобор урожая		Потери валового сбора	
			АТФ ₈₇	АТФ ₉₁	АТФ ₈₇	АТФ ₉₁
Яровая пшеница	Западно-Казахстанская	0,69	-0,17	-0,15	-247	- 54
	Костанайская	0,85	-0,16	-0,07	-465	-480
Озимая пшеница	Западно-Казахстанская	1,13	-0,27	-1,34	+ 82	- 53
	Алматинская	0,61	-0,64	-0,09	- 60	+ 8

Как показывает практика, в сложившихся условиях кардинальное повышение продуктивности полей в Казахстане возможно после существенных материальных вложений в сельскохозяйственное производство. Однако, по агрометеорологическим расчетам, определенные резервы повышения урожайности зерновых имеются и в современных условиях. Рассмотрим это на примере возделывания яровой пшеницы в северной половине Казахстана. Известно, что здесь хозяйствами практикуются относительно поздние сроки ее сева. Для большинства районов это вторая половина, для западных и восточных - первая половина мая. Такие поздние сроки сева в основном ориентированы на использование посевами яровых зерновых так называемого июльского максимума атмосферных осадков. По мнению авторов статьи, эффект июльских осадков неоправданно завышен в практике возделывания яровой пшеницы на территории Северного Казахстана. Это наглядно представлено табл. 3, где обобщены результаты оценки агрометеорологических условий вегетационного периода яровой пшеницы при заданных и фактических сроках ее сева. Оценка условий влаго-и теплообеспеченности посевов выполнена на базе модели урожайности зерновых. Расчеты показывают, что в целом более благоприятные условия для вегетации пшеницы складываются при сроках сева на одну - две недели раньше обычных. Однако, на практике, сев пшеницы раньше обычных сроков возможен только в годы с ранним наступлением весны, как например в 1990, 1991, 1995 гг. (западные области) и в 1991, 1995 гг. (северные). Как показали расчеты (см. табл. 3), наибольший эффект от ранних сроков сева пшеницы отмечен в годы с достаточными запасами почвенной влаги на весен-

ний период. Нужно при этом отметить, что ранние сроки сева пшеницы весной требуют проведения предпосевной обработки почвы, направленной на сохранение влаги и уничтожение всходов сорняков, в более сжатые сроки.

Таблица 3

Возможные изменения агрометеорологических условий вегетации и урожайности яровой пшеницы в зависимости от сроков сева на примере отдельных областей Казахстана

Год	Сроки сева	Оценка агрометеорологических условий вегетации (относительные единицы)				Урожайность, т/га
		W	T	D	C ₁	
Западно-Казахстанская область						
1990	16-30.04	1,34	1,09	1,38	2,02	1,62
	26.04-10.05	1,03	1,08	1,38	1,54	1,23
	5-20.05	0,83	1,00	1,24	1,03	0,82
1991	16-30.04	1,13	1,10	1,24	1,40	1,25
	26.04-10.05	0,80	0,90	0,71	0,48	0,43
1995	16-30.04	0,69	0,89	0,60	0,36	0,19
	26.04-10.05	0,48	0,80	0,60	0,23	0,12
	10-25.05	0,44	0,65	0,60	0,17	0,09
Костанайская область						
1990	10-25.05	1,28	0,94	1,04	1,25	1,15
	20.05-5.06	0,98	0,90	1,04	0,92	0,85
1991	26.04-10.05	0,61	0,84	0,60	0,31	0,27
	10-25.05	0,49	0,80	0,62	0,24	0,21
1995	26.04-10.05	0,51	1,00	0,86	0,44	0,45
	10-25.05	0,45	0,90	0,60	0,30	0,31
	20.05-5.06	0,42	0,88	0,61	0,12	0,23
1996	10-25.05	0,90	0,91	0,89	0,73	0,64
	20.05-5.06	0,59	0,89	0,96	0,50	0,44

Одним из резервов повышения эффективности агрометеорологического обслуживания аграрного сектора Республики Казахстан является использование, наряду с традиционными данными сети метеорологических станций, новой, аэрокосмической информации. Аэро- и космическая съемки сельскохозяйственных полей позволяют одновременно получать несколько видов оперативных данных о состоянии посевов в динамике за вегетационный период с одновременным охватом больших территорий. Результатом таких съемок являются спектральные отражательные характеристики, наземная биомасса посевов и другая информация.

Практически, в конце 70-х - начале 90-х годов в Казахском научно-исследовательском институте мониторинга окружающей среды и климата (бывшем КазНИГМИ) выполнялись регулярные аэроспектрометрические обследования полей под зерновыми культурами, велись научно-методические работы по тематической интерпретации этой информации [7]. Оперативные сведения о состоянии посевов зерновых регулярно передавались для использования в хозяйственном производстве Казахстана.

В настоящее время для контроля состояния сельскохозяйственных полей и природных объектов успешно используется новая цифровая информация со спутника серии NOAA (радиометр AVHRR-3). Спутник NOAA выполняет съемку с шириной захвата на местности 2700 км. Полезная для цифровой обработки информация заключается в центральной части снимка шириной 800-900 км. Для получения характеристик растительности используются цифровые данные спектральных каналов 0,58-0,68 и 0,725-1,10 мкм с разрешением сигнала в надире 1100 м. В гидрометеорологических службах России, Казахстана, Узбекистана в настоящее время разработан ряд приемов и методик по использованию цифровой информации с ИСЗ NOAA [4, 6, 8]. Данные ИСЗ NOAA широко используются в США, Китае, от дельных государствах Африки для оценки засушливости территории и контроля растительного покрова. В Казахстане с 1994 года осуществляется прием цифровой информации с ИСЗ NOAA. Данные радиометра AVHRR позволяют оценить состояние растительности на уровне совокупности сельскохозяйственных полей. Тематической интерпретации космической информации предшествуют основные операции, связанные с приемом, географической привязкой, первичной обработкой и коррекцией сигнала на условия освещенности объекта, поглощение и рассеивание его толщей атмосферы. Одним из способов коррекции космического сигнала на оптическое состояние атмосферы является проведение подспутниковой аэроспектрометрической съемки [8]. На отражение солнечной радиации, наряду с перечисленными факторами, влияют морфометрические характеристики растительного покрова, фазовое и биоэкологическое его состояние, физические свойства почв, ее поверхностное увлажнение. В табл. 4, по материалам [2], показан диапазон возможных погрешностей измерения зеленой биомассы посевов за счет различных факторов.

Прием космической информации осуществляется в наиболее информативные для сельскохозяйственных культур периоды их вегетации. Выбор этих периодов для космических съемок зависит от участия сельскохозяйственных культур в зональных севооборотах и фенологического календаря их развития. Для каждого природного региона разрабатывается свой календарь космических съемок.

На рис. 2 в качестве примера показана динамика зеленой биомассы на полях с посевами озимой пшеницы по отношению к биоло-

гическому календарю их развития. Материалы получены в результате аэроспектрометрических съемок полей экспедицией КазНИГМИ на территории Талдыкорганской области за ряд лет.

Таблица 4

Величина погрешности при измерениях надземной биомассы растительности из космоса за счет влияющих факторов

Влияющий фактор	Погрешность, %	
	средняя	максимальная
Вид культуры и тип растительности	60 - 130	150
Фенологическое состояние растительности	30 - 110	140
Тип и увлажнение почвы	3 - 15	28
Оптическое состояние атмосферы	12 - 38	90
Высота Солнца	5 - 48	82
Неортоотропность рассеяния	5 - 75	-
Спутниковая аппаратура	12 - 42	-

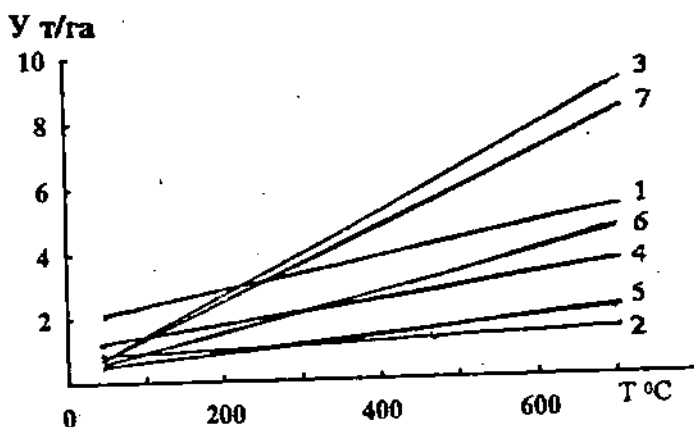


Рис. 2. Динамика зеленой биомассы посевов озимых культур на полях Талдыкорганской области по результатам аэроспектрометрических обследований в 1981-1987 годах (1-7)

Данные о зеленой биомассе посевов зерновых на больших площадях используются в расчетных схемах их урожайности. Одна из таких расчетных прогнозных схем приведена на рис. 3. Результаты ис-

пытаний прогноза урожайности озимых зерновых с использованием данных о зеленой биомассе посевов показывают приемлемую точность для практического их использования.

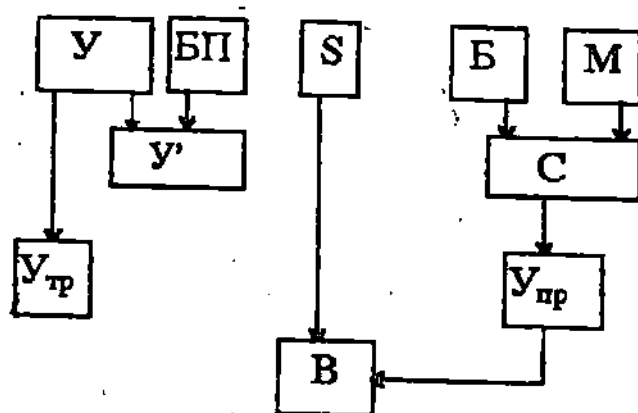


Рис. 3. Общая схема оценки и прогноза урожайности зерновых. У - урожайность зерна в т/га, БП - бонитет почвы в баллах, S - площадь посевов в тыс.га, Б - зеленая биомасса в т/га, М - метеорологическая информация, у' - урожайность зерна на 1 балл почвенного бонитета; С - агрометеорологическая оценка условий в относительных единицах, Утр - трендовая составляющая урожайности в т/га, Упр - урожайность прогнозируемая, В - сбор зерна в тыс.т.

Выполняемые в этих направлениях исследования позволят получить агрометеорологическую информацию более высокого уровня, направленную на повышение эффективности сельскохозяйственного производства Казахстана, его стабилизацию и перспективное развитие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Госсен Э.Ф., Лебедь Л.В. К оценке уязвимости и адаптации зерновых на территории Казахстана в связи с возможными изменениями климата // Гидрометеорология и экология. - 1996. - N 1. - С. 77-93.
2. Кондратьев К.Я., Козодеров В.В., Косолапов В.С. Проблемы изучения атмосферы из космоса // Исследование Земли из космоса. - 1992. - N 2. - С. 7-13.
3. Лебедь Л.В., Беленкова З.С. Агроклиматические прогнозы и расчеты урожайности зерновых в Казахстане в современных условиях хозяйствования // Тр. КазНИГМИ. - 1991. - Вып.110. - С. 115-121.
4. Методические указания. Оценка состояния посевов озимых культур в осенний и весенний периоды вегетации для южных районов

- европейской части СССР на основе цифровой обработки спутниковых данных / Госкомгидромет СССР. - Обнинск, 1991. - 14 с.
5. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 318 с.
 6. Рекомендации по использованию спутниковой информации для определения состояния посевов сельскохозяйственных культур / УГКС УзССР. - Ташкент, 1985. - 47 с.
 7. Рекомендации по организации и проведению аэрофотометрических обследований сельскохозяйственных угодий Казахстана / КазНИГМИ. - Алма-Ата, 1989. - 69 с.
 8. Разработка оперативной системы пастбищного мониторинга (пустынная зона) на базе аэрокосмической информации, оценка состояния сельскохозяйственных угодий в целях агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства Казахстана: Отчет НИР (заключительный) / КазНИИМОСК, отв. исполнитель Л.В. Лебедь. - ГР 01930011293. - Алматы, 1995. - 128 с.

Казахский научно - исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

БІРҚАТАР АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРДІ ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҚАЗІРГІ АУЫЛ- ШАРУАШЫЛЫҚ ӨНДІРІСТЕРІНІҢ ШАРТЫНА ЖӘНЕ ОНЫҢ КЕЛЕШЕКТЕГІ ӨРКЕНДЕУІНЕ БАЙЛАНЫСТЫ ШЕШУ

Геогр. г. канд. Л.В. Лебедь
З.С. Беленкова

Ауыл шаруашылығы өндірісінің тұрақсыз өркендеу жағдайында Қазақстан астығының түсімділігін болжау мен бағдармалау бойынша бірқатар агрометеорологиялық мәселелерді шешу тәсілдері қарастырылды.