

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны

*Сборник докладов Всесоюзного совещания
Целиноград, сентябрь 1988 г.*

Под редакцией
канд. биол. наук И. Г. ГРИНГОФА
канд. геогр. наук А. Г. ПРОСВИРКИНОЙ



Ленинград Гидрометеониздат 1991

Представленные доклады охватывают целый ряд проблем развития агрометеорологии: итоги и перспективы разработки агрометеорологических прогнозов состояния и продуктивности посевов сельскохозяйственных культур; вопросы развития дистанционных методов наблюдений и автоматизированной обработки агрометеорологической информации и др.

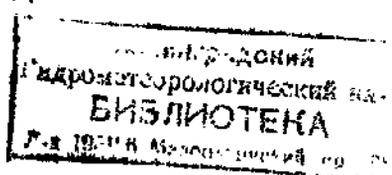
Ряд докладов посвящен опыту, методам и формам агрометеорологического обеспечения сельскохозяйственного производства в различных природно-экономических зонах страны.

Сборник рассчитан на специалистов в области гидрометеорологии и сельского хозяйства.

This collection contains reports on the following problems: experience of providing agrometeorological services to the USSR agro-industrial complex; results and prospects of scientific research in agrometeorology; state of the art and prospects in the development of the remote sensing techniques and automatic processing of agrometeorological information

It is shown which way testing and introduction of the new methods for yield forecasting and the new measuring devices (techniques) is being carried out in different regions of our country.

355 220



Г 3702030000-043 11-90 (2)
069 (02)-91

ISBN 5-286-00693-0

© Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии (ВНИИСХМ), 1991 г.

ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

И. Г. Грингоф

Всесоюзный научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной метеорологии

Совершенствование гидрометеорологического обеспечения сельского хозяйства в значительной степени зависит от уровня агрометеорологических исследований, выполняемых в институтах Госкомгидромета СССР и некоторых институтах ВАСХНИЛ.

Современная агрометеорология представляет собой обширную и разветвленную область знаний. Центральная научная проблема агрометеорологии — изучение причинно-следственных связей между метеорологическими условиями и продуктивностью агроэкосистем.

Итоги развития различных направлений агрометеорологической науки за последние годы и перспективы их развития неоднократно обсуждались ведущими специалистами ВНИИСХМ на страницах всесоюзных журналов „Метеорология и гидрология“, „Вестник сельскохозяйственной науки“, „Доклады ВАСХНИЛ“, „Известия АН СССР“, а также на заседаниях научного совета „Агрометеорология“ и здесь нет необходимости подробно останавливаться на этом.

В настоящее время особенно отчетливо выявились следующие три прикладные проблемы, требующие решения и систематического постоянного внимания:

1) развитие научно-технических разработок с целью технического перевооружения сети наблюдений и повышения уровня научных и экспериментальных исследований;

2) автоматизация сбора, обработки и хранения агрометеорологической информации, и создание режимно-справочного банка данных (РСБД) „Агрометеорология“;

3) расширение сферы (форм) оперативного и режимного агрометеорологического обеспечения АПК различных уровней.

Каждая из этих крупных проблем предполагает решение широкого круга научных и технических задач в области фундаментальных, прикладных исследований и конструкторских работ. Рассмотрим подробнее вышеназванные проблемы.

1. Развитие научно-технических разработок с целью технического перевооружения сети наблюдений и повышения уровня научных и экспериментальных исследований

Техническое состояние агрометеорологической сети наблюдений определяет уровень информативности, оперативности и достоверности первичных материалов наблюдений, лежащих в основе агрометеорологического обес-

печения сельского хозяйства.

Как видно из нормативных документов, техническое оснащение агрометеорологической сети Госкомгидромета СССР крайне слабое. Подавляющее большинство наблюдаемых параметров не обеспечено средствами измерения; они определяются визуально или с применением простейших средств. Перечислим действующие (табельные) приборы, требующие модернизации и замены:

1. Электротермометр АМ-29А и транзисторный электротермометр ТЭТ-2. Они имеют ряд недостатков, необходима их замена на универсальный электротермометр ТЭТ-11Ц после модернизации последнего (разработан в АФИ).

2. Максимально-минимальный манометрический термометр узла кушения АМ-17. Из-за большой погрешности измерения ($\pm 2,0^{\circ}\text{C}$) и низкого качества изготовления этот прибор морально устарел; требуется его модернизация (в настоящее время на сети станций даже этого термометра не хватает).

3. Мерзлотометр АМ-21. Этот прибор морально устарел; требуется разработка нового прибора.

4. Влагомер почвенный глубинный радиометрический ВПГР-1. Прибор имеет ряд недостатков, выпуск его ограничен; требуется замена его на нейтронный влагомер „Электроника” ВНП-1.

5. Бур почвенный объемный АМ-27. Этот прибор малопроизводителен, качество его изготовления низкое, работа с ним очень трудоемка; требуется его замена на бур БП-50 (бур Скипского). Промышленное изготовление этого прибора уже начато в НПО „Аэрозоль” (г. Ереван).

6. Сушильный шкаф СНОЛ. Он малопроизводителен, энергоемок, имеет большую массу; необходима его замена на устройство для высушивания при заданной температуре образцов почвы и растений.

7. Весы технические Т-200 и Т-1000. Они морально устарели, малопроизводительны; требуется их замена на весы электрические ВЛТК-1 или ВЛД П-200.

8. Дождемер полевой М-99. Этот прибор морально устарел; требуется разработка современной его модификации.

На стадии внедрения находятся следующие приборы:

1. Влагомер нейтронный переносной „Электроника ВНП-1” (массой около 5 кг). Прибор предназначен для измерения влажности почвы до глубины 2 м. Его преимущества по сравнению с ВПГР-1: на 7–8 кг легче, источник излучения на порядок меньше и не превышает допустимых норм. Этот прибор одобрен ЦМК Госкомгидромета СССР; разработана методика измерений и начат серийный выпуск промышленностью. Прибор можно использовать на опорной сети станций и на посевах сельскохозяйственных культур, включая пропашные.

2. Прибор для измерения жизнеспособности растений „Тигран-Д” (НПО АНИ, г. Ереван). Этот прибор одобрен ЦМК Госкомгидромета СССР; разработана методика его применения и начат серийный выпуск промышленностью.

3. Агрометеорологическая измерительная лаборатория АИЛ-1. Она предназначена для автоматизированных агрометеорологических измерений.

Серийный выпуск не налажен; для сети требуется ежегодно 150—200 шт.

4. Научно-исследовательский агроклиматический (информационно-измерительный) комплекс (НИИАК). Комплекс разработан Центром автоматизации и метрологии Ан МолдССР по техническому заданию ВНИИСХМ на базе вездехода УАЗ-452. В комплекс входят 6 локально-измерительных устройств (ЛИУ), обеспечивающих измерения метеорологических параметров на 7 уровнях. Каждое ЛИУ является также независимым измерительным устройством и может размещаться на расстоянии от Центра до 0,5 км. В постоянной памяти хранится программное обеспечение автоматического сбора, первичной обработки и занесения информации в память ЛИУ. Центр НИИАК смонтирован внутри салона автомашины и включает в себя микроЭВМ „Электронику“ НИ-8020, накопитель на магнитном диске, устройство ввода и вывода данных, алфавитно-цифровой дисплей и т. д.

Такой комплекс, включающий в программное обеспечение прикладные модели продуктивности сельскохозяйственных культур и технологических процессов их возделывания, мог бы служить материально-технической базой при организации „автоматизированного рабочего места агрометеоролога“ в стационарных условиях и для маршрутных обследований, а также при реализации автоматизированной системы управления на нижнем уровне сельскохозяйственного производства. Для осуществления этой идеи необходим серийный выпуск комплекса и обеспечение им управлений Госкомгидромета СССР, областных и районных их подразделений (ГМЦ, ГМО, агрометстанции и т. д.).

5. Биометрический двухканальный фотометр ФОН-БВ-701. Этот прибор разработан ВНИИСХМ и НПО „Ветрозн“; он предназначен для определения различных фитометрических характеристик на сети наземных метеорологических и агрометеорологических станций и постов. Изготовлены опытные образцы и малая серия (60 шт.) прибора для проведения производственных испытаний в различных почвенно-климатических зонах страны.

6. Измеритель параметров почв ИПП-1. Этот прибор разработан в УкрНИГМИ; он предназначен для измерения влажности и температуры почвы на глубинах до 1 м. ИПП-1 прошел производственные испытания и находится на доработке.

7. Самолетный комплекс фотометрической аппаратуры (СКФА). Комплекс представляет собой полевой спектрофотометр наземного и аэродистанционного применения. Функциональное назначение — измерение спектральных коэффициентов энергетической яркости (СКЭЯ) природных объектов в условиях их естественного залегания. Имеет 8 спектральных каналов, перекрывающих видимую и ближнюю ИК области спектра (от 450 до 900 нм); угол поля зрения 23° , быстродействие 1 спектр/с, относительная погрешность определения СКЭЯ не хуже 7 %. Прибор метрологически аттестован по СКЭЯ (впервые в СССР).

Целевое агрометеорологическое назначение СКФА — дистанционное определение состояния посевов сельскохозяйственных культур, пастбищ и почвенного покрова. С его помощью можно определять биомассу пастбищ и сельскохозяйственных культур, состояние посевов в ранневесенний и поздневесенний периоды, содержание гумуса в пахотном слое почв и др.

Выпуск и испытание 6 самолетных и 6 наземных комплексов завершены. Заканчивается доработка и производственные испытания модернизированного гамма-спектрометрического самолетного комплекса „Снег-2”.

9. Во ВНИИСХМ разработан макет нового самолетного комплекса, объединяющего в себе гамма-спектрометр для определения влажности почвы „Снег”; радиометр для определения влажности верхних слоев почвы СВЧ-РМК и двухканальный фотометр А. В. Бондаря. Этот комплекс будет одновременно обеспечивать сбор и обработку дистанционной информации о состоянии подстилающей поверхности почвы — растительность. Этот перечень можно было бы несколько продолжить.

Выполненные в последние годы в институтах Госкомгидромета СССР исследования спектральных отражательных характеристик растительного покрова, а также разработка средств и методов измерений свидетельствуют о технической и методической возможности перехода к массовым наземным фотометрическим измерениям на сети станций и постов.

Совокупность наземных фотометрических измерений, проводимых по единой методике однотипным прибором, может служить уникальным инструментом в практике обслуживания сельского хозяйства.

С 1988 г. во ВНИИСХМ проводится первый эксперимент по спутниковой агрометеорологии. В рамках эксперимента проводятся работы (совместно с НПО „Планета”) по приему, регистрации и накоплению на машинных носителях информации с метеорологического спутника США NOAA (разрешение 1,1 км) с 15 апреля и с советского спутника „Космос — Ресурс 01” (разрешение 50 и 300 м) с 15 июня 1988 г. Квазисинхронно со съемками со спутников проводятся экспериментальные работы по сбору опорных данных на Херсонском полигоне и тестовых полигонах Венгрии и Болгарии.

Разработан и опробован ряд программ по обработке и интерпретации спутниковой информации на задействованном во ВНИИСХМ комплексе технических средств (КТС „ДИСК”) ГДР. Результаты обработки представлялись в виде карт, на которых наносились площади с различной оценкой состояния посевов озимых культур; карты передавались в Гидрометцентр СССР. Это — первая реальная попытка практического использования космической информации применительно к зерновым культурам.

В результате выполнения перечисленных выше технических разработок приборов и оснащения этими приборами сети наблюдений должна повыситься точность информации:

- о распределении запасов влаги в почве по административным территориям республик, краев, областей и районов („Электроника ВМП-1, ИПП-1, БП-50 (бур Скипского), радиометр СВЧ-РМК, гамма-спектрометр „Снег-2” и др.);

- о состоянии посевов сельскохозяйственных культур и пастбищной растительности (пустыни, горы, луга) по административным территориям (фотометры ФОН БВ-701 и других модификаций, СКФА, гамма-спектрометрический самолетный комплекс „Снег-2”, радиометр СВЧ-РМК, двухканальный фотометр Бондаря, АИЛ-1, НИИАК и др.);

- об агрометеорологических условиях перезимовки озимых культур по административным территориям („Тигран-Д”, универсальный термо-

метр ТЭТ-11Ц, АИЛ-1).

В конечном итоге при использовании усовершенствованных приборов должны повыситься качество и оперативность информации о сложившихся агрометеорологических условиях, о состоянии почвы, посевах и естественных пастбищ и начнется, наконец, реальное снижение трудоемкости большинства видов работ, выполняемых на сети станций и постов.

2. Автоматизация сбора, обработки и хранения агрометеорологической информации и создание режимно-справочного банка данных (РСБД) „Агрометеорология”

Одно из важных направлений деятельности ВНИИСХМ является организация и обеспечение автоматизированной обработки оперативной и режимной агрометеорологической информации.

Конкретные задачи института в этом направлении – разработка, методическое и программное обеспечение полной многоступенчатой технологии сбора, обработки на ЭВМ и доведения до пользователей информации о складывающихся агрометеорологических условиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Во ВНИИСХМ разработаны основные методические материалы, предназначенные для решения задач автоматизации: код для зашифровки данных агрометеорологических наблюдений (совместно с Гидрометцентром СССР), формы табличной выходной документации – результаты обработки агрометеорологических данных и др. В настоящее время автоматизированная обработка агрометеорологической информации по коду КН-21 проводится в Гидрометцентре СССР, в Главном вычислительном центре Госкомгидромета СССР, а также в Северо-Западном, Украинском, Северном, Верхне-Волжском и Белорусском управлениях по гидрометеорологии.

В ближайшие годы автоматизированная обработка оперативной агрометеорологической информации будет распространяться по территории Советского Союза.

Другим не менее важным направлением деятельности ВНИИСХМ является создание базы данных исторической агрометеорологической информации за период 1960–1985 гг. Работы по созданию Режимно-справочного банка данных (РСБД) „Агрометеорология” выполняются на основе Агрометеорологических ежегодников, содержащих наиболее полную и качественную информацию об условиях выращивания основных сельскохозяйственных культур. В настоящее время проходит стадию опытной эксплуатации первая очередь этих работ (обобщение данных ряда управлений по гидрометеорологии за период 1969–1979 гг.). С этой целью разработаны и внедрены в управлениях Госкомгидромета и ВЦ ЗапСибНИГМИ соответствующие методические указания, согласно которым данные ежегодников в промежуточном формате заносятся на магнитные ленты ЕС ЭВМ; последние контролируются и направляются во ВНИИСХМ для последующей перезаписи в рекомендованный ВНИИГМИ – МЦД формат (ЯОД) и для передачи их в Гидрометфонд. К настоящему времени подготовлено 14 МЛ и сдано в Гидрометфонд 9 МЛ (данные за 1969–1979 гг.).

В 1991–1992 гг. информационная база данных, доступная для использования, увеличится и составит период 1960–1985 гг.

Для выполнения заявок держатель РСБД „Агрометеорология” ВНИИСХМ сможет поставлять информацию в виде информационных массивов по запросам, содержащим все необходимые параметры (территория, временной ряд, пункты, необходимые данные и т. д.) на техническом носителе пользователя (магнитные ленты, магнитные диски), перфокартах или специальных распечатках (на местинге).

В настоящее время ВНИИСХМ приступил к разработке технологии пополнения информационной базы РСБД текущей информацией за счет поступающей оперативной информации и унификации подготовки режимной информации (разработка новых форм записи данных наблюдений КСХ-1, КСХ-2).

Как считают во ВНИИСХМ, один из перспективных путей решения проблемы организации данных, обеспечивающий эффективность их обработки на этапе обслуживания пользователей всех уровней – разработка специализированных банков данных, объединенных в высокоэффективную информационную систему, размещенную на устройствах прямого доступа и управления, диалоговой системой обработки данных с расширением форм запросов и разделением их на два потока – „оперативный”, выполняющийся на основе специализированных баз данных, и „режимный” или „отюженный”, реализуемый средствами РСБД в установленные сроки.

В конечном итоге разработка и внедрение автоматизированной подсистемы сбора и обработки агрометеорологической информации позволит существенно повысить оперативность и полноту ее выдачи на различных уровнях управления сельским хозяйством и в директивные органы, расширить содержание и повысить достоверность информации в декадных и недельных агрометеорологических бюллетенях.

Разработка гибкой автоматизированной технологии создания и ведения РСБД „Агрометеорология” позволит обеспечить свободный доступ потребителей к режимной агроклиматической и агрометеорологической информации и обмен ею между потребителями.

Третья проблема, требующая безотлагательного решения, – расширение сферы (форм) оперативного и режимного агрометеорологического обеспечения АПК различных уровней, как отмечалось выше, зависит от качества агрометеорологических исследований, выполняемых в институтах Госкомгидромета и других организациях.

Рассмотрим кратко содержание основных направлений агрометеорологических исследований и их результаты.

Математическое моделирование и исследование влияния возможных изменений климата на сельское хозяйство

Как известно, в последние годы во ВНИИСХМ, в АФИ и других институтах, а также за рубежом успешно развивается направление исследований, основанное на физико-математическом моделировании энергомассообмена и продуктивности агроэкосистем. Создана первая в СССР динамическая модель продуктивности посева, большая численная схема для имитации

обменных процессов в системе почва – растение – атмосфера. Эти работы способствовали созданию теоретической базы для разработки принципиально новых методов агрометеорологических расчетов и прогнозов.

На базе этой теории были разработаны основанные на динамических моделях методики оценки агрометеорологических условий формирования урожайности зерновых культур. Эти методики уже внедрены в Белорусском и Западно-Сибирском управлениях по гидрометеорологии (для ярового ячменя) и в Приволжском управлении по гидрометеорологии (для ярового ячменя и яровой пшеницы).

Разработан метод прогнозирования урожайности овощных культур для консервной промышленности, который прошел испытания и с 1986 г. внедрен в системе НИО „Консервпромкомплекс” с хорошим экономическим эффектом.

Завершена идентификация нового перспективного варианта динамической модели погоды – урожай с моделированием минерального питания и комплексным учетом параметров почвенного плодородия. На основе этой модели совместно с Гидрометцентром СССР разработана и внедрена численная схема оценки агрометеорологических условий формирования урожайности зерновых культур на территории Европейской части СССР. Особенность этой схемы – суточный шаг по времени (срочная информация по коду КН-01), расчет в узлах регулярной сетки 60х60 км и предварительный численный анализ полей всех метеорологических величин.

Схема позволяет также осуществлять агрометеорологическую оценку прошедшей декады (в процентах от климатической нормы) и прогнозировать конечный урожай зерна яровой и озимой пшеницы и ярового ячменя. Принципиальные возможности схемы для расширения обслуживания агропромышленного комплекса велики – с ее помощью можно решать важнейшие задачи, касающиеся оптимизации использования минеральных удобрений, осуществлять мониторинг состояния сельскохозяйственных культур, проводить многовариантное прогнозирование, оценивать (в терминах урожайности) складывающиеся аномалии погодных условий.

Разработан метод оценки влияния возможных изменений климата на урожайность и составлены соответствующие прогнозы по территории СССР для нескольких климатических сценариев.

Анализ результатов расчетов показывает, что до 2000 г. непреодолимого падения продуктивности посевов сельскохозяйственных культур агрометеорологических условий не ожидается. После 2000 г. возможна быстрая (в течение двух-трех десятилетий) перестройка климатических условий, связанная с экспоненциальным развитием процесса потепления. При потеплении на 2,5–3,5 °С к 2025 г. границы почвенно-климатических зон сместятся и может произойти кардинальная перестройка систем ведения сельского хозяйства. При менее интенсивном потеплении (до 1 °С) следует ожидать ухудшения фитосанитарного состояния посевов основных сельскохозяйственных культур и обострения проблемы борьбы с большинством видов вредителей и болезней растений.

Особого внимания заслуживает изучение эффектов прямого влияния концентрации углекислоты в атмосфере на водный режим (через устьичную регуляцию) и урожайность сельскохозяйственных культур. В настоя-

щее время этому не уделяется должного внимания. Необходимо расширить также комплексные исследования по проблемам засух, влагосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур и агроклиматической оптимизации структуры посевных площадей.

Разработка новых и совершенствование действующих методов агрометеорологических прогнозов

В 1976–1985 гг. во ВНИИСХМ, в Гидрометцентре СССР, в зональных НИИ и управлениях по гидрометеорологии организованы и проведены производственные испытания методов агрометеорологических прогнозов урожайности и валового сбора ведущих сельскохозяйственных культур, перезимовки озимых и многолетних трав, состояния и условий формирования урожая сельскохозяйственных культур, оценки и прогнозов влагообеспеченности, сроков и норм орошения, полегания, оценки условий уборки урожая, прогноза развития вредителей сельскохозяйственных культур.

Результаты испытаний рассмотрены и утверждены ЦМКП. Методы прогнозов внедрены в практику агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства страны.

Необходимо отметить последние работы в этом направлении: создание динамических моделей продукционного процесса. На основе этих моделей разработаны численные методы оценки агрометеорологических условий произрастания сельскохозяйственных культур и прогнозирования их урожайности. Применительно к культурам озимой ржи, озимой пшеницы, ярового ячменя и картофеля методы прошли производственные испытания и решением ЦМКП рекомендованы к внедрению. Эти методы позволяют проводить оценку агрометеорологических условий произрастания сельскохозяйственных культур и прогнозировать их урожайность. Отработана система обработки и внедрения этих методов.

Созданы методы прогнозирования урожайности яровой пшеницы и всех яровых зерновых культур в целом до сева по территориям ЕЧС, Казахстана и Сибири. Методы успешно прошли производственные испытания и внедрены (ВНИИСХМ, САНИГМИ).

Разработан и внедрен метод прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур с помощью дистанционной информации. Разработана динамическая модель формирования качества урожая яровой пшеницы по территории СССР. Основными показателями качества урожая яровой пшеницы выбраны: содержание в зерне белка, клейковины и крахмала. Метод прогноза качества урожая зерна проходит производственные испытания (ВНИИСХМ).

Разработаны научно-методические основы агрометеорологического прогноза урожайности сельскохозяйственных культур по административным районам. Метод исследования – сочетание статистического метода с моделированием продуктивности сельскохозяйственных культур и географической интерполяции данных. Получены первые научные разработки агрометеорологического прогнозирования средней районной урожайности сельскохозяйственных культур динамико-статистическим методом (ВНИИСХМ и др.).

ВНИИСХМ совместно с Гидрометцентром СССР (отдел автоматизированных систем) разработаны и внедрены (в 1988 г.) автоматизированная ежедневно-декадная оценка условий формирования урожая и прогноз урожайности зерновых культур (озимая пшеница, озимая рожь, яровая пшеница, яровой ячмень и овес) на территории СССР с выдачей соответствующих карт и таблиц.

Таким образом, для каждой из указанных пяти основных зерновых культур, произрастающих на территории СССР, имеется ежедневно-декадная количественная оценка влияния агрометеорологических условий на формирование урожая и прогноз конечной урожайности.

Для повышения агрометеорологического обеспечения на региональном уровне под руководством ВНИИСХМ ведутся работы по созданию подобной автоматизированной системы выдачи агрометеорологических прогнозов в Северо-Западном управлении по гидрометеорологии, где реализована автоматизированная обработка оперативной (суточной и декадной) агрометеорологической информации и проводится сопоставление этой информации с численными методами оценки условий и прогнозами урожайности.

Таким образом, к концу 80-х гг. будут разработаны и внедрены новые усовершенствованные методы агрометеорологических прогнозов урожайности и валового сбора всех зерновых, зернобобовых и технических культур по различным административным территориям с учетом интензивных технологий в земледелии.

Эти прогнозы будут использованы при планировании подготовительных работ к уборке урожая (транспорт, хранилища, техника для сушки зерна и т. д.), а также при планировании государственных закупок сельскохозяйственных продуктов, страховых запасов и т. д.

К числу важных задач по дальнейшему совершенствованию агрометеорологического обеспечения пастбищного животноводства относится также разработка динамико-статистических методов агрометеорологических и зоометеорологических оценок и прогнозов:

- развития и формирования продуктивности сенокосно-пастбищной растительности по всем почвенно-климатическим зонам страны;
- фитомелиорированных пустынных, полупустынных и горных пастбищ;
- количества и качества вторичной (животноводческой) продукции (овцеводство, северное оленеводство и т. д.);
- процессов опустынивания;
- состояния (степени повреждения) сельскохозяйственных культур после градобитий и заморозков.

К настоящему времени по всем этим вопросам нет завершенных научно-методических разработок; лишь некоторые из них исследованы в ограниченных объемах и для отдельных территорий; еще меньше объемы их практического внедрения (например, отдельные районы Якутии для северного оленеводства, ВНИИСХМ).

Агроклиматические исследования, проводимые в институтах Госкомгидромета СССР, направлены на совершенствование системы агроклиматического обеспечения сельскохозяйственного производства.

Обеспечение агроклиматической информацией потребителей осуществ-

ляется путем составления и передачи режимно-справочных пособий (справочники, атласы, обзоры) и специальных справок и рекомендаций по запросам различных организаций. С этой целью предварительно проводятся соответствующие научно-методические разработки.

Во ВНИИСХМ совместно с другими НИИ и управлениями по гидрометеорологии разработана и издана серия агроклиматических справочников и атласов; разработаны научно-методические основы и начаты работы по составлению научно-прикладных справочников по агроклиматическим ресурсам территории СССР.

С целью улучшения агроклиматического обеспечения сельского хозяйства проведен цикл исследований, направленных на разработку методических основ экономической интерпретации агроклиматической информации и использования ее при решении задач планирования и организации сельскохозяйственного производства. В частности, разработаны новые методические основы по учету агроклиматической информации при размещении сельскохозяйственных культур и усовершенствовании системы материального стимулирования в растениеводстве (ВНИИСХМ). Совместно со Всесоюзным институтом экономики сельского хозяйства ВАСХНИЛ разработаны методические рекомендации по организации оплаты труда и премированию работников растениеводства с учетом метеорологических условий (по зонам неустойчивого земледелия). Эти рекомендации одобрены и направлены в соответствующие районы для использования в практике оплаты труда страны. Помимо создания традиционных агроклиматических режимно-справочных материалов в последнее время во ВНИИСХМ положено начало разработке с целью создания имитационно-информационных агрометеорологических (агроклиматических) систем.

Интеграция динамических моделей продуктивности сельскохозяйственных культур, энергомассообмена, плодородия почв и соответствующей информационной базы создает уникальную возможность имитации поведения глобальной системы климат-урожай как фрагмента биосферы.

Выделяются три типа задач и соответственно три режима функционирования системы климат-урожай:

- 1) справочный режим;
- 2) режим контроля состояния и оперативного прогнозирования;
- 3) режим перспективного прогнозирования.

К задачам первого типа относятся поиск и визуализация материалов о фактическом состоянии системы в конкретном году, статистический анализ заложенных в систему и рассчитанных временных рядов, включая урожайность, влажность почвы, компоненты водно-теплового баланса. Задачи второго типа включают оценку текущего состояния климатической системы в терминах прогнозируемой урожайности. К задачам третьего типа относятся расчеты на два-три десятилетия вперед тенденций изменения продуктивности земледелия с учетом динамики климатических условий, плодородия почв и возможных крупномасштабных мелиоративных воздействий.

Основное назначение создаваемой имитационной системы климат-урожай — давать количественную информацию, отвечая на широкий круг запросов потребителей.

В конечном итоге для обеспечения сельскохозяйственных организаций информацией об агроклиматических ресурсах с целью обоснования размещения сельхозкультур, перерабатывающих предприятий и уточнения зональных систем земледелия в XIII пятилетке должны быть уточнены агроклиматические ресурсы и микроклиматические особенности территорий, повторяемость стихийных гидрометеорологических явлений (засух, ливней, ветров и т. д.), внедрены рекомендации по комплексному размещению основных сельскохозяйственных культур на территории ЕЧС с учетом влияния неблагоприятных агрометеорологических условий на выход сельхозпродукции (совместно с ВНИИЭСХ); наконец, должна быть завершена разработка и внедрение имитационно-информационной агрометеорологической системы климат-урожай.

Агроклиматическое обоснование агротехнических мероприятий

Агрометеорологами ВНИИЭСХ и региональных НИИ Госкомгидромета СССР разработаны и внедрены рекомендации, охватывающие практически все основные этапы возделывания важнейших сельскохозяйственных культур и защиты их от некоторых вредителей.

С 1977 г. ВНИИЭСХ передает в ЦИНАО прогнозы эффективности весенних азотных подкормок озимых зерновых и доз азотных удобрений под яровые культуры по Черноземной и Нечерноземной зонам ЕЧС в зависимости от осенне-зимних осадков; с 1987 г. — прогноз эффективности применения ретардантов (тур) под зерновые культуры от полегания по Нечерноземной зоне; с 1984 г. — прогноз интенсивности размножения колорадского жука и областных объемов химических обработок Нечерноземной зоны (по 18 областям).

В последние годы в связи с развитием интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур возросла роль использования гидрометеорологической информации при программировании урожаев сельскохозяйственных культур.

Во ВНИИЭСХ, АФИ и других институтах сформулированы основные принципы расчета величины программируемых урожаев. Выявлены лимитирующие природные факторы для отдельных почвенно-климатических зон (тепло- или влагообеспеченность, плодородие почв, фотосинтетически активная радиация). Определены потребности культур и сортов в удобрениях, поливах и т. д. Методы расчета программированных урожаев по обобщенным почвенным и биоклиматическим показателям прошли проверку в полевых условиях. Основные принципы использования агрометеорологической информации при программировании урожаев изложены в работах А. П. Федосеева, Е. Е. Жуковского и др. Гидрометеорологическая информация при выращивании программированного урожая используется на двух этапах. На первом необходимо до сева научно обосновать величину программируемого урожая, а на втором — оптимизировать основные процессы его формирования, корректируя технологию его возделывания в зависимости от складывающихся условий погоды.

Необходимость отступлений от агротехнических правил может быть обусловлена особенностями погодных условий. Это нарушение сказывается

ся на величине урожая. Такие агротехнические мероприятия, как дозы минеральных подкормок, требуют уточнения величины программируемого урожая в течение вегетационного периода.

Использование гидрометеорологической информации при программировании урожая возможно в процессе его выращивания путем комплексного внедрения агрометеорологических рекомендаций в виде технологических карт, в которых систематизированы агротехнические операции, необходимые для выращивания урожая сельскохозяйственных культур. Так, для Нечерноземной зоны во ВНИИСХМ составлены и прошли испытание агрометеорологические разделы технологических карт для озимых яровых колосовых культур и картофеля.

Известно, что на величину урожая существенное влияние оказывает изменчивость в пределах конкретных полей общего и фитосанитарного состояния посевов и характеристик среды их обитания. В рамках существующих технологий при современном состоянии сельскохозяйственных машин этот резерв повышения устойчивости сельскохозяйственного производства остается неиспользованным.

Как видно, агрометеорологи могут внести реальный вклад и в эту, по существу, новую сферу применения агрометеорологической информации в сельском хозяйстве и в этом направлении необходимо работать.

Наконец, рассмотрим еще одно важное современное направление агрометеорологических исследований. В последние годы во ВНИИСХМ ведутся теоретические и экспериментальные работы по активным воздействиям на заморозки. Один из разделов работ предусматривает создание методики динамического способа воздействия на радиационные заморозки.

Установлено, что с помощью легкого вертолета типа Ка-26, летящего на высоте 15–20 м над посевами, температура поверхности почвы и приземного слоя воздуха может быть повышена на 3,5–5,5 °С. Время сохранения положительного результата воздействия вертолетом на температурный режим приземного слоя воздуха составляет 8–25 мин и зависит от состояния атмосферы. Таким образом, вертолет типа Ка-26 может обеспечить защиту посевов от заморозков на площади от 15 до 40 га, а вертолет Ми-8 — на площади от 25 до 75 га.

Такая методика разработана и утверждена летной службой МГА и УАВ Госкомгидромета СССР с учетом действующего в системе МГА регламента начала полетов за 30 мин до восхода солнца. Следовательно, основным препятствием для широкого внедрения динамического способа борьбы с заморозками (использование вертолетов) является отсутствие разрешения МГА на выполнение полетов вертолетов в ночное время.

Исследуются и другие способы теплового воздействия на заморозки с помощью дисперсного распыления влаги, тепловых источников и т. д.

Таким образом, в последние годы агрометеорологами выполнены серьезные теоретические, экспериментальные исследования и опытно-конструкторские работы. Главной задачей на ближайшую перспективу является скорейшее внедрение новых образцов технических средств, методов наблюдений, оценок прогнозов и научных рекомендаций выдержавших производственные испытания, в оперативную практику агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства.

ПРИКЛАДНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

*А. Н. Полевой, Т. И. Русакова, Р. П. Коченова,
Ф. С. Рачкулик, И. Е. Вольвач*

Всесоюзный научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной метеорологии

Настоящая статья является продолжением работ [11, 12], в результате которых создана базовая динамическая модель формирования урожая основных сельскохозяйственных культур. Базовая модель получила дальнейшее развитие, а именно:

- в модель введен детализированный блок формирования зерна;
- учтено влияние на продукционный процесс минерального питания растений;
- моделируются нарушения процессов жизнедеятельности растений при засухе;
- предложены новые зависимости для расчета ростовых функций периода репродуктивного роста;
- ведется расчет функционирующих биомасс отдельных органов растений;
- найдены зависимости для определения оптимальных температур и коэффициентов водопотребления с учетом их изменчивости в онтогенезе растений;
- при расчете онтогенетических коэффициентов фотосинтеза и дыхания учтен период, в течение которого сохраняются максимальные значения интенсивности фотосинтеза и дыхания.

Длиннопериодная динамическая модель продуктивности сельскохозяйственных культур предназначена для решения прикладных агрометеорологических задач.

Продукционный процесс растений можно представить как взаимодействие совокупности физиологических процессов, конечным результатом которого является урожай. Формирование урожая рассматривается как развивающийся во времени процесс.

Динамическое моделирование продукционного процесса и формирования урожая сводится к описанию прироста общей биомассы и биомассы отдельных органов растений за определенные интервалы времени.

Усовершенствованная модель продуктивности сельскохозяйственных культур состоит из 7 блоков: 1) блок исходной агрометеорологической информации, 2) радиационный блок, 3) блок обеспеченности минеральным питанием, 4) блок фотосинтеза, 5) блок дыхания, 6) блок роста, 7) блок формирования зерна.

Блок-схема модели представлена на рис. 1.

Рассмотрим содержание блоков модели формирования урожая сельскохозяйственных культур.

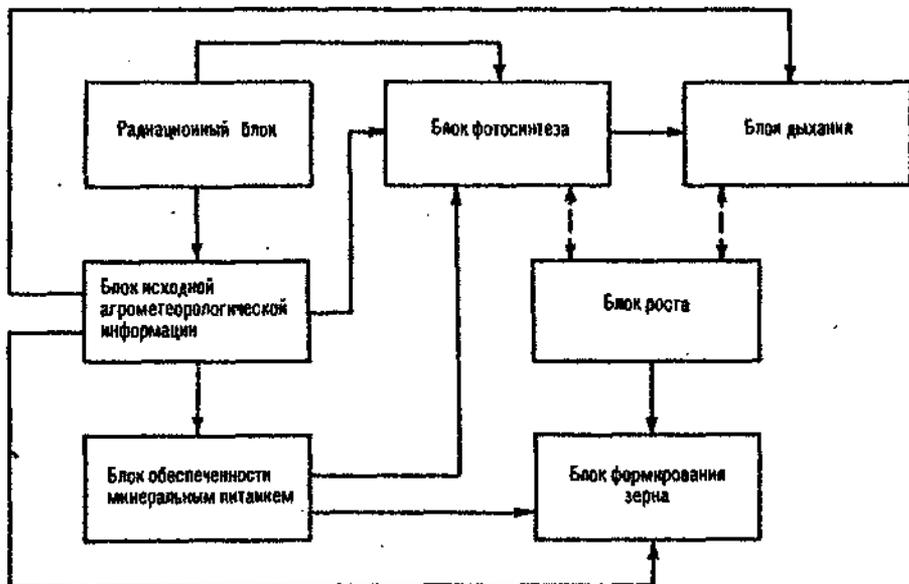


Рис. 1. Блок-схема прикладной динамической модели формирования урожая сельскохозяйственных культур.

Блок исходной агрометеорологической информации

Для реализации счета по модели используется следующая стандартная агрометеорологическая информация:

- географическая широта;
- дата всходов (возобновление вегетации) сельскохозяйственной культуры;
- дата созревания;
- средняя декадная температура воздуха по декадам расчетного периода;
- запасы продуктивной влаги в полуметровом слое почвы по декадам расчетного периода;
- наименьшая влагоемкость в полуметровом слое почвы;
- число часов солнечного сияния по декадам расчетного периода (среднее за один день декады);
- относительная влажность воздуха по расчетным декадам;
- начальная биомасса отдельных органов растения и площадь листовой поверхности;
- число продуктивных стеблей (для зерновых культур);
- число колосков в колосе (для зерновых культур);
- количество внесенных удобрений в год с максимальным урожаем.

В данном блоке предусмотрено преобразование декадной агрометеорологической информации в суточную.

Расчеты ведутся с шагом времени — сутки.

Радиационный блок

Для расчета интенсивности фотосинтеза необходимо иметь значение интенсивности фотосинтетически активной радиации (ФАР) в посевах (J^j). Она может быть рассчитана по формуле Будаговского [13/

$$J^j = \frac{J_0^j}{1 + cL^j}, \quad (1)$$

где J_0^j — интенсивность ФАР на верхней границе посева, c — показатель поглощения, L^j — площадь листовой поверхности, j — номер суток расчетного периода.

Интенсивность ФАР на верхней границе посева определяется по выражению

$$J_0^j = 0,5 \frac{Q^j}{\tau_n^j}, \quad (2)$$

где Q^j — суммарная радиация за сутки, τ_n^j — длина дня.

Суммарная радиация рассчитывается по формуле Сивкова [15/

$$Q^j = 12,66(S^j)^{1,91} + 315(\sin h_n^j)^{2,1}, \quad (3)$$

где S^j — продолжительность солнечного сияния за сутки; h_n^j — полуденная высота солнца.

Полуденная высота солнца определяется по формуле

$$\sin h_n^j = A^j + B^j, \quad (4)$$

где $A^j = \sin(0,017453\varphi) \sin \delta^j$,

$$B^j = \cos(0,017453\varphi) \cos \delta^j,$$

φ — географическая широта места, δ^j — склонение солнца.

Таблица склонения солнца для весенних и летних месяцев аппроксимирована полиномом

$$\delta^j = 0,017453 \left\{ 23,41 \sin \left[\frac{2\pi}{372,5} (t_0 + j - 0,75) \right] \right\}. \quad (5)$$

Здесь t_0 — номер суток расчетного периода, отсчитываемого от 20 марта.

Продолжительность дня можно вычислить по формулам

$$\tau_n^j = \tau_n^j - \tau_3^j,$$

$$\tau_3^j = 12 + \frac{12}{\pi} \arccos \left(-\frac{A^j}{B^j} \right),$$

$$\tau_n^j = 24 - \tau_3^j, \quad (6)$$

где τ_2^j — время восхода солнца, τ_3^j — время захода солнца.

Блок обеспеченности минеральным питанием

Минеральное питание играет существенную роль в повышении урожая сельскохозяйственных культур и имеет для растений столь же существенное значение, как и световое.

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства вопрос о количестве вносимых удобрений и их влиянии на продукционный процесс приобретает важное значение.

В разных почвенно-климатических условиях потребность в каждом питательном элементе неодинакова. Однако почти повсеместно для формирования высокого урожая сельскохозяйственных культур прежде всего требуется азот, фосфор и калий.

Действие полного удобрения (NPK) благодаря дополняющему взаимодействию слагающих порознь менее устойчиво. Так, по данным А. П. Федосеева /17/, варьирование эффективности азотных удобрений в отдельности повышается до 50 %, фосфорных до 65 % и калийных до 75 %, варьирование же эффективности полного удобрения составляет 44 %.

В связи с этим мы рассматриваем влияние на продукционный процесс только полного удобрения (NPK).

В настоящее время для каждой почвенно-климатической зоны имеются установленные опытным путем средние нормы внесения минеральных удобрений.

Однако эффективность удобрений значительно колеблется из года в год. Эффективность удобрений определяется целым комплексом условий: почвенным плодородием, биологическими особенностями культур, агротехникой, количеством и качеством внесенных удобрений, климатическими и погодными условиями. Последние часто имеют решающее значение /17/.

К агрометеорологическим факторам, определяющим эффективность удобрений относятся температура воздуха и влажность почвы.

Температурный режим определяет накопление подвижных питательных веществ в почве, мобилизацию ее потенциального плодородия и поглощения их растениями из почвы и внесенных удобрений.

В работах А. П. Федосеева /17/, М. С. Кулика /6/, А. И. Коровина /5/, В. Д. Паникова /10/ показано, что при температуре 5—6 °С и ниже поглощение корнями азота и фосфора резко снижается и почти прекращается.

При температуре 10 °С и ниже заметно задерживается поступление питательных элементов в растение.

Наиболее благоприятные условия для усвоения минеральных элементов создаются при температуре 15 °С и выше.

Повышенные температуры (выше 20 °С) приводят к незначительному уменьшению поглощения питательных элементов.

На основании этих исследований предложены следующие зависимости для оценки эффективности NPK от температуры:

$$K_{эф.т} = \begin{cases} 0 & \text{при } \overline{TSR} \leq 5 \text{ } ^\circ\text{C}, \\ 0,005 (\overline{TSR})^2 - 0,024 \overline{TSR} + 0,247 & \text{при } 5 \text{ } ^\circ\text{C} < \overline{TSR} \leq 15 \text{ } ^\circ\text{C}, \\ e^{-0,099 \left(\frac{\overline{TSR} - 15}{10} \right)^2} & \text{при } \overline{TSR} > 15 \text{ } ^\circ\text{C}, \end{cases} \quad (7)$$

где $K_{эф.т}$ — коэффициент эффективности NPK в зависимости от температурного режима, показывающий какая доля NPK используется растением; TSR — температура воздуха.

Коэффициент $K_{эф.т}$ изменяется от 1 до 0. Значение $K_{эф.т} = 1,0$ означает, что температурные условия не лимитируют поступление питательных веществ в растение, при $K_{эф.т} = 0$ поступление питательных веществ в растение прекращается.

Уровень обеспеченности почв влагой влияет на доступность питательных веществ в почве и на использование их растениями. При значительном недостатке воды в почве удобрения не дают положительного эффекта.

Избыточное увлажнение, нарушая водно-воздушный режим почвы, подавляет процесс нитрификации, уменьшает поступление в растения азота из почвы и внесенных удобрений. Наибольшая эффективность удобрений отмечается при запасах влаги в почве, составляющих 80–90 % наименьшей влагоемкости [17].

По данным работы [17] построена зависимость эффективности NPK от запасов влаги за период вегетации зерновых культур (рис. 2).

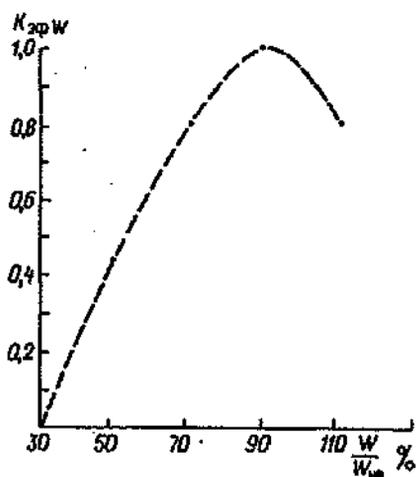


Рис. 2. Зависимость эффективности NPK (в долях от единицы) от запасов влаги за период вегетации зерновых культур.

Аналитическое выражение этой зависимости имеет вид

$$K_{эф. W} = -0,000\ 003\ 6 \left(\frac{W}{W_{нв}} \cdot 100\right)^3 + 0,000\ 5 \left(\frac{W}{W_{нв}} \cdot 100\right)^2 - 0,001\ 5 \left(\frac{W}{W_{нв}} \cdot 100\right) - 0,299, \quad (8)$$

где W — запасы продуктивной влаги в почве, $W_{нв}$ — наименьшая влагоемкость.

Общий коэффициент эффективности удобрений $K_{эф. NPK}$ за счет условий погоды определяется следующим образом:

$$K_{эф. NPK} = K_{эф. T} \cdot K_{эф. W} \quad (9)$$

Так как влияние одинаковых доз NPK на продукционный процесс растений в различных почвенно-климатических зонах неодинаково, вводится показатель обеспеченности растений удобрениями $K_{об. NPK}$, который представляет собой отношение дозы NPK с учетом эффективности за счет погодных условий к оптимальной дозе NPK для конкретной почвенно-климатической зоны ($NPK_{опт.}$):

$$K_{об. NPK} = \frac{NPK \cdot K_{эф. NPK}}{NPK_{опт.}} \quad (10)$$

За оптимальную дозу NPK принимается количество удобрений, внесенное в год с максимальным урожаем.

Блок фотосинтеза

Фотосинтез является основной составляющей продукционного процесса. Во время световой фазы фотосинтеза происходит превращение световой энергии в химическую и фотолиз воды, а в период темновой фазы углекислота восстанавливается до углеводов. Интенсивность фотосинтеза зависит от освещенности, температуры, водоснабжения, обеспеченности элементами минерального питания. Элементы минерального питания, воздействуя на фотосинтез главным образом при формировании структуры и субстанций пигментов и энзимов, определяет активность последних. От содержания элементов минерального питания в растениях зависит проницаемость мембран, устьичная регуляция, размеры, количество, анатомическая структура и продолжительность жизни листьев.

При описании процесса фотосинтеза листьев за основу взято уравнение

$$\Phi_0^j = \frac{\Phi_{max} K_{ф. NPK} \alpha_{ф} J^j}{\alpha_{ф} J^j + \Phi_{max} K_{ф. NPK}}, \quad (11)$$

где Φ_0^j — интенсивность фотосинтеза листьев при оптимальных условиях тепло- и влагообеспеченности в реальных условиях освещенности; Φ_{max} — интенсивность фотосинтеза при световом насыщении; $\alpha_{ф}$ — начальный

наклон световой кривой фотосинтеза; $K_{\phi.NPK}$ — поправка, учитывающая изменение плато световой кривой в зависимости от уровня минерального питания.

Параметры Φ_{max} и α_{ϕ} представляют собой характеристики световой кривой фотосинтеза. Общий вид кривой интенсивности фотосинтеза в зависимости от плотности светового потока показан на рис. 3.

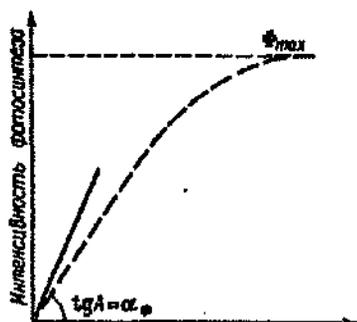


Рис. 3. Световая кривая фотосинтеза.

Различный характер световых кривых зависит от видового различия растений. Чтобы это учесть, Φ_{max} и α_{ϕ} определяются для световых кривых, подобранных применительно к конкретной сельскохозяйственной культуре.

Влияние минерального питания на фотосинтез носит разносторонний и комплексный характер. От уровня минерального питания зависит характер световых кривых фотосинтеза (высота плато). В связи с этим в формулу для расчета интенсивности фотосинтеза введена поправка, учитывающая влияние обеспеченности растений NPK на изменение высоты плато световой кривой фотосинтеза. По данным, приведенным в работах /1, 2, 4/, подобрана функция, описывающая эту зависимость:

$$K_{\phi.NPK} = \frac{1,276K_{об.NPK} + 0,134}{K_{об.NPK} + 0,431} \quad (12)$$

Для расчета интенсивности фотосинтеза в реальных условиях необходимо учитывать влияние факторов тепла и влаги, фазы развития растений:

$$\Phi^j = \Phi_0^j \psi^j \gamma^j \alpha_{\phi}^j, \quad (13)$$

где ψ^j и γ^j — функции влияния на фотосинтез температуры воздуха и влажности почвы, соответственно; α_{ϕ}^j — коэффициент, учитывающий изменение интенсивности фотосинтеза в онтогенезе.

Температурная кривая фотосинтеза аппроксимирована выражением

$$\psi^j = \left(\frac{t^j}{2t_{opt}^j} \right)^{7,74} \left(\frac{t^j/t_{opt}^j - 1}{10} \right) \cdot \left(\frac{11,4 - t^j/t_{opt}^j}{0,4} \right)^{38} \left(\frac{t^j/t_{opt}^j - 1}{10} \right) \quad (14)$$

где t^j — температура воздуха; t_{opt}^j — оптимальная температура воздуха для фотосинтеза.

Оптимальные температуры воздуха изменяются в течение вегетационного периода по следующей зависимости:

$$t_{opt}^j = a(TS2^j)^b + t_{opt0}^j \quad (15)$$

где a и b — эмпирические коэффициенты; $TS2^j$ — сумма эффективных температур, представляющая собой шкалу времени; t_{opt0}^j — оптимальная температура на момент всходов или возобновления вегетации растений.

Кривая, характеризующая влияние влажности почвы на фотосинтез описывается в выражением

$$\gamma^j = -1,163 \left(\frac{W^j}{c_W^j W_{нв}} \right)^2 + 2,187 \frac{W^j}{c_W^j W_{нв}} \quad (16)$$

где c_W^j — параметр, характеризующий изменение оптимальных значений влажности почвы в онтогенезе.

Динамика c_W^j аппроксимируется зависимостью

$$c_W^j = e^{-\frac{a(TS2_{opt}^j)^2}{10}} \quad (17)$$

где a — эмпирический коэффициент; $TS2_{opt}^j$ — сумма температур, при которой c_W^j принимает наибольшее значение.

Фотосинтетическая активность листьев различна на разных этапах онтогенеза отдельного листа и растения в целом. В онтогенезе целого растения наименьшей интенсивностью фотосинтеза обладают листья в фазе всходов у яровых культур и в фазе возобновления вегетации у озимых, когда анатомическая и морфологическая структура листа не обеспечивает оптимума фотосинтетической активности. К фазе колошения формируется оптимальная структура листьев. Это учтено в модели через функцию α_Φ^j :

$$\alpha_\Phi^j = e^{-a \left(\frac{(TS2 - TS2_{opt\Phi})^2}{10} \right)} \quad (18)$$

где a — параметр кривой; $TS2_{opt\Phi}$ — сумма эффективных температур, при которой наблюдается максимальная интенсивность фотосинтеза листьев.

В период колошения — цветения наблюдается максимальная интенсивность фотосинтеза и α_Φ в течение этого периода вегетации принимается равным своему максимальному значению.

Суммарный фотосинтез посева Φ^j за светлое время суток рассчитывается по формуле

$$\Phi^j = \epsilon \Phi_r^j L^j \tau_d^j, \quad (19)$$

где ϵ — коэффициент эффективности фотосинтеза.

Блок дыхания

При моделировании дыхания используется общепринятая концепция о двухкомпонентном дыхании. Затраты на дыхание подразделяются на дыхание, связанное с поддержанием структурной организации тканей, и на дыхание, связанное с передвижением веществ, фотосинтезом и созданием новых структурных единиц:

$$R^j = \alpha_R^j (c_1 M^j + c_2 \Phi^j). \quad (20)$$

Здесь R^j — затраты на дыхание; M^j — сухая биомасса посева; c_1 — коэффициент, характеризующий затраты на поддержания структуры; c_2 — коэффициент, характеризующий затраты, связанные с передвижением веществ, фотосинтезом и созданием новых структурных единиц; α_R^j — параметр, характеризующий влияние фазы развития растений на уровень дыхания.

Уровень дыхательного газообмена подвержен сильным изменениям, связанным с возрастом и развитием растения. Наиболее интенсивно дышат молодые, растущие ткани, при старении уровень дыхательного метаболизма падает.

В соответствии с принятой нами структурной моделью онтогенетическая функция имеет вид одновершинной кривой. Метод определения функции α_R аналогичен методу определения онтогенетической функции фотосинтеза.

Расходы органических веществ на дыхание мало различаются у растений, выращенных в различных условиях минерального питания [16]. Поэтому влияние дозы NPK на дыхательный газообмен не рассматривается.

Блок роста

Рост — это составная часть продукционного процесса, который сопровождается увеличением массы и размеров органов и живого организма в целом.

Наиболее простой показатель роста биомассы — это прирост за расчетный период времени Δt . При определении приростов биомассы учитываются основные физиологические процессы — фотосинтез и дыхание:

$$\Delta M^j / \Delta t = \Phi^j - R^j. \quad (21)$$

Решающее значение при моделировании процесса формирования урожая приобретает оценка прироста биомассы отдельных органов, в том числе репродуктивных, т.е. распределение ассимилятов между органами.

Для описания динамики сухой биомассы отдельных органов в течение вегетационного периода принята следующая система уравнений:

$$m_i^{j+1} = m_i^j + \beta_i^j \frac{\Delta M^j}{\Delta t} - v_i^j \tilde{m}_i^j, \quad (22)$$

$$m_p^{j+1} = m_p^j + \beta_p^j \frac{\Delta M^j}{\Delta t} + \sum_i^{1,2,3} v_i^j \tilde{m}_i^j,$$

где m_i^j — общая сухая биомасса отдельных органов; m_i^j — функционирующая биомасса отдельных органов (l — листья, z — стебли, r — корни, p — репродуктивные органы); β_i^j — функции распределения „свежих”, вновь созданных ассимилятов; v_i^j — функция перераспределения между органами „старых”, ранее запасенных ассимилятов.

Ростовые функции являются функциями времени. Это характеризует стратегическую генетическую составляющую ростовых процессов, тесно связанную с процессом развития растений.

Методика определения ростовых функций в вегетативный период определяется по выражению

$$\beta_i^j = \frac{c_i \Delta m_i^j / \Delta t}{\sum_i^{1,2,3} c_i \Delta m_i^j / \Delta t}, \quad (23)$$

где c_i — доля органа в растении; величина c_i определяется по данным экспериментов.

Известно, что соотношение между надземной биомассой и корневой системой варьирует в значительной степени в зависимости от условий выращивания и особенно от условий минерального питания. Чем ниже уровень минерального питания, тем большая относительная доля биомассы отчисляется на рост корневой системы. Это положение четко прослеживается на ростовых функциях корней [3].

В различных экологических условиях доля прироста биомассы, отчисляемая в корни, будет тем больше, чем напряженнее будут условия минерального режима.

В конечном итоге это приводит к известному факту увеличения отношения биомассы корней к надземной массе при ухудшении условий питания растений, а через них — к изменению доли каждого надземного органа в общей биомассе.

В модели это учитывается следующим образом. Считаем, что изменение уровня минерального питания влияет не на характер ростовых функций, а только на их величину. Если обеспеченность элементами минерального питания хорошая ($K_{об. нрк} \geq 1$), то пересчет c_i не производится. Если

$K_{\text{об. NPK}} < 1$, то необходимо пересчитать долю корней в растении по формуле

$$c_{\text{rNPK}} = c_{\text{r}} k_{\text{сгNPK}}, \quad (24)$$

где $k_{\text{сгNPK}}$ — коэффициент, учитывающий изменение доли корней в зависимости от обеспеченности NPK.

Основываясь на исследованиях и ряде экспериментальных данных, приведенных в работе [3], нами предлагается следующая зависимость для расчета $k_{\text{сгNPK}}$ (рис. 4):

$$k_{\text{сгNPK}} = -0,223K_{\text{об. NPK}}^2 - 0,070K_{\text{об. NPK}} + 1,295. \quad (25)$$

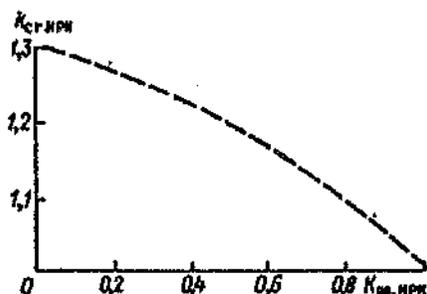


Рис. 4. Изменение доли корней зависимости от обеспеченности NPK.

Будем считать, что соотношение между долями отдельных надземных органов остается одним и тем же при любом уровне минерального питания.

Так как $\sum_i^{l,s,p,r} c_i = 1$, доли листьев, стеблей и колосьев при недостатке NPK легко рассчитать по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} c_{\text{lNPK}} &= k_{\text{cl}} (1 - c_{\text{rNPK}}), \\ c_{\text{sNPK}} &= k_{\text{cs}} (1 - c_{\text{rNPK}}), \\ c_{\text{pNPK}} &= k_{\text{cp}} (1 - c_{\text{rNPK}}), \end{aligned} \quad (26)$$

где k_{cl} , k_{cs} , k_{cp} — соответственно доли листьев, стеблей и колосьев в надземной биомассе растения:

$$\begin{aligned} k_{\text{cl}} &= \frac{c_l}{1 - c_r}, \\ k_{\text{cs}} &= \frac{c_s}{1 - c_r}, \\ k_{\text{cp}} &= \frac{c_p}{1 - c_r}. \end{aligned} \quad (27)$$

При напряженном водном режиме происходит нарушение основных процессов жизнедеятельности растений. Увеличение дефицита влаги сопровождается непрерывным усилением дыхания; изменения фотосинтеза противоположны изменениям дыхания. Отмечается замедление роста и уменьшение отношения надземной массы растения к массе корней.

С момента наступления засухи показатели, характеризующие интенсивность процессов фотосинтеза, дыхания и прироста биомассы, неуклонно понижается. Надземная часть растений не в состоянии освоить образующиеся в процессе фотосинтеза углеводы. Корневая система, ориентируясь вдоль градиента влажности почвы находится в более благоприятных условиях и может использовать углеводные „излишки“ на освоение новых объемов почвы.

В условиях дальнейшего усиления засухи в результате снижения интенсивности фотосинтеза и ухудшения условий роста массообмен падает до компенсационного уровня. Такое состояние может сохраняться некоторое время, а затем продукты фотосинтеза перестают покрывать расходы на дыхание, происходит прекращение фотосинтеза — поддержание структурной целостности системы обеспечивается только за счет запасенной ранее энергии.

Полагаем, что под воздействием засухи в период вегетативного роста изменения характера роста надземной части растения происходит при $\Delta M^{j+1} / \Delta t < \Delta M^j / \Delta t$, если $\Delta M^{j+1} / \Delta t \neq 0$.

Предположим, что прирост биомассы корней сохраняется на одном уровне или же он равен приросту биомассы всего растения $||1||$:

$$\frac{\Delta m_r^{j+1}}{\Delta t} = \begin{cases} \frac{\Delta m_r^j}{\Delta t}, & \text{если } \frac{\Delta M^{j+1}}{\Delta t} \geq \frac{\Delta m_r^j}{\Delta t} \\ \frac{\Delta M^{j+1}}{\Delta t}, & \text{если } \frac{\Delta M^{j+1}}{\Delta t} < \frac{\Delta m_r^j}{\Delta t} \end{cases} \quad (28)$$

Тогда прирост надземной биомассы определим из соотношения

$$\frac{\Delta m_{\text{надз.}}^{j+1}}{\Delta t} = \begin{cases} \frac{\Delta M^{j+1}}{\Delta t} - \frac{\Delta m_r^{j+1}}{\Delta t}, & \text{если } \frac{\Delta m_r^{j+1}}{\Delta t} < \frac{\Delta M^{j+1}}{\Delta t} \\ 0, & \text{если } \frac{\Delta m_r^{j+1}}{\Delta t} \geq \frac{\Delta M^{j+1}}{\Delta t} \end{cases} \quad (29)$$

где $m_{\text{надз.}}$ — биомасса надземных органов.

Распределение продуктов фотосинтеза между надземными органами растения проведем, введя ростовые функции надземной части растения:

$$\beta_{k(dr)}^j = \beta_j^j / \sum_i^{LSP} \beta_i^j \quad (30)$$

где $\beta_{(dr)}^j$ — ростовая функция вегетативного роста надземного органа в условиях засухи.

Уравнение динамики биомассы надземных органов запишем в виде

$$\frac{\Delta m_{(dr)}^{j+1}}{\Delta t} = \beta_{(dr)}^{j+1} \frac{\Delta m_{надз.}^{j+1}}{\Delta t}, \quad (31)$$

где $\Delta m_{(dr)}^{j+1} / \Delta t$ — прирост сухой биомассы i -го надземного органа в условиях засухи.

Ростовые функции репродуктивного периода предлагается определять исходя из общебиологических закономерностей жизни растений в этот период.

Процесс убывания биомассы m_i в относительных единицах можно описать зависимостью, приведенной на рис. 5.

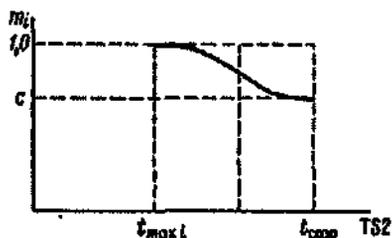


Рис. 5. Динамика биомассы i -го вегетативного органа m_i (в относительных единицах) в период от прекращения роста ($t_{\max i}$) до созревания ($t_{\text{соор}}$).

Аналитическое выражение этой зависимости имеет вид

$$m_i = \frac{1 - c}{1 + 10^{-a + bTS2^j}} + c, \quad (32)$$

где a и b — параметры кривой; $1 - c$ — критическая величина, на которую снижается биомасса вегетативного органа, прежде чем орган отмирает.

Продифференцировав уравнение обратной логической кривой по времени, получим скорость уменьшения биомассы i -го органа:

$$\frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} = \frac{-2,3026 b \cdot 10^{a + bTS2^j} (1 - c)}{(1 + 10^{-a + bTS2^j})^2} = -\nu_1^j. \quad (33)$$

Выражение (33) представляет собой ростовые функции репродуктивного роста в относительных единицах.

При старении количество общей биомассы снижается вследствие преобладания процессов распада над процессами синтеза; количество функцио-

пирующей биомассы можно определить как долю общей биомассы:

$$-\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} = -\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t k_{sl}}, \quad (34)$$

где k_{sl} — параметр, характеризующий долю жизнедеятельных структур и подвижных углеводов в общей биомассе органа.

Продуктивность посева в значительной мере определяется площадью ассимилирующей поверхности растений, от которой зависит суммарный фотосинтез посева.

Рост площади листьев посева определяется при положительном приросте биомассы листьев по формуле

$$L^{j+1} = L^j + \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\text{УПП}}, \quad (35)$$

где УПП — удельная поверхностная плотность листьев.

Уравнение для расчета площади ассимилирующей поверхности при „старении” листьев имеет следующий вид:

$$L^{j+1} = L^j + \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\text{УПП}k_1}, \quad (36)$$

где k_1 — параметр, характеризующий критическое значение уменьшения живой биомассы листьев, при котором начинается ее отрицание.

Блок формирования зерна

Формирование зерен — процесс сложный, поддающийся разделению на этапы.

На основе изучения закономерностей органогенеза зерновых культур /8, 9/ процесс формирования соцветия у злаков рассматривается с образования на конусе нарастания зачатков ветвей соцветия и интенсивной дифференциацией колосковых бугорков.

Процесс дифференциации колосковых бугорков — формирование цветков происходит на V этапе органогенеза.

Количество заложившихся цветковых бугорков S_{III}^j в расчете на один колосок за V этап органогенеза определяется максимально возможной скоростью их образования $(\Delta S_{III}^j \text{max} / \Delta t)$ и обеспеченностью колоса ассимилянтами k_{III} (ΔM_p) :

$$S_{III}^{j+1} = S_{III}^j + \frac{\Delta S_{III}^j \text{max}}{\Delta t} k_{III}^j (\Delta M_p). \quad (37)$$

Максимально возможную скорость образования цветковых бугорков легко рассчитать, зная максимальное количество цветков, которое может заложиться в колоске /9/, и время, в течение которого происходит дифференциация колосковых бугорков.

Функцию $k_{III}^j(\Delta M_p)$ предлагаем определять по зависимости

$$k_{III}^j \left(\frac{\Delta m_p}{\Delta t} \right) = \frac{\Delta m_p^j / \Delta t}{(1/\text{tg } \beta) + \Delta m_p^j / \Delta t}, \quad (38)$$

где $\text{tg } \beta$ – тангенс угла наклона кривой.

Количество заложившихся цветков в одном колосе S_{IV} к концу V этапа органогенеза определяется произведением: $S_{IV} = S_{III} \cdot \text{ЧК}$, где ЧК – фактическое число колосков в колосе, а S_{III} – число шетковых бугорков на конец V этапа органогенеза.

На последующих этапах органогенеза (VI–VIII) наблюдается редукция цветков за счет асинхронности заложения цветков и необеспеченности колоса ассимилятами.

Количество цветков, оставшихся к моменту цветения, определяется этими факторами:

$$S_{IV}^{j+1} = S_{IV}^j - \frac{\Delta D_{IV}^j}{\Delta t} \cdot k_{ДНРК} - S_{IV}^j \cdot K_{IV}^j \left(\frac{\Delta m_p}{\Delta t} \right), \quad (39)$$

где $\Delta D_{IV}^j / \Delta t$ – скорость деградации цветков, обусловленная асинхронностью их заложения; $k_{ДНРК}$ – коэффициент, учитывающий деградацию цветков за счет необеспеченности НРК; $K_{IV}^j(\Delta m_p / \Delta t)$ – функция, учитывающая отмирание цветков за счет необеспеченности ассимилятами.

Аналитическое выражение функции $K_{IV}^j(\Delta m_p / \Delta t)$ имеет вид

$$K_{IV}^j \left(\frac{\Delta m_p}{\Delta t} \right) = c^* / \Delta m_p^j / \Delta t, \quad (40)$$

где c^* – параметр обратно пропорциональной зависимости.

Исходным для образования зерен является процесс опыления и оплодотворения.

С момента цветения (IX этап органогенеза) рассчитывается количество оплодотворенных цветков S_V^j :

$$S_V^{j+1} = S_V^j + \frac{\Delta S_{IV}^j}{\Delta t} \cdot k_V^j(T) \cdot k_V^j(R) \quad \text{при } T > T_{кр}, \quad (41)$$

$$S_V^{j+1} = 0 \quad \text{при } T \leq T_{кр}.$$

где $\Delta S_{IV}^j / \Delta t$ – скорость оплодотворения цветков, которая определяется количеством цветков, сохранившихся к моменту цветения и продолжительностью IX этапа органогенеза.

Процесс оплодотворения в значительной мере зависит от условий среды. Обычно температура 20...25°C и влажность воздуха 40–50 % ускоряют этот процесс, а высокая (30...40 °C) и низкая (5...10 °C) температура, так же как и высокая (90–100 %) и низкая (< 40 %) относительная влажность воздуха, замедляют процессы опыления и оплодотворения [8, 11].

В связи с этим расчет количества оплодотворенных цветков ведется с учетом воздействия на этот процесс температуры $[k_V(T)]$ и влажности $[k_V(R)]$ воздуха. Оплодотворенная завязь начинает быстро расти. Количество сформировавшихся зерен принимается равным количеству оплодотворенных цветков: $ЧЗ^j = S_V^j$

Решающее значение при моделировании процесса формирования урожая приобретает оценка прироста биомассы зерна.

Полагаем, что скорость роста зерна является функцией количества притекающих в колос ассимилятов $(\Delta m_p^j / \Delta t)$ и максимально возможной в данных реальных условиях скорости роста зерна $(\Delta m_{g \max}^j / \Delta t)$:

$$\frac{\Delta m_g^j}{\Delta t} = \frac{(\Delta m_{g \max}^j / \Delta t) \Delta m_p^j / \Delta t}{(\Delta m_{g \max}^j / \Delta t) (1/\text{tg}\alpha) + (\Delta m_p^j / \Delta t)} + v_p^j (m_p - m_g)^j, \quad (42)$$

где $\text{tg}\alpha$ — тангенс угла наклона кривой прироста биомассы зерна; m_g — биомасса зерна; v_p^j — функция притока ассимилятов в зерно из колосковых чешуй и стержня.

Величина $\Delta m_{g \max}^j / \Delta t$ должна отображать биологические возможности культуры в „идеальных” агрометеорологических условиях. Для получения максимально возможного прироста зерна необходимо иметь „идеальную” кривую накопления биомассы зерна.

В качестве такой кривой принята логическая кривая [14]. Продифференцировав уравнение логической кривой по времени, получим:

$$\frac{\Delta m_{g \max}^j}{\Delta t} = \frac{2,3026 b \cdot 10^a - bTS2^j m_{g \max}^j}{(1 + 10^a - bTS2^j)^2}, \quad (43)$$

где $m_{g \max}^j$ — максимально возможная биомасса зерна в реальных условиях.

Максимально возможная биомасса зерна определяется с учетом генетических возможностей культуры, а также реально сформировавшихся продуктивных стеблей (ЧПС) и заложившихся зерен (ЧЗ):

$$m_{g \max}^j = \frac{M_{g \max}}{1000} \cdot \text{ЧПС} \cdot \text{ЧЗ}^j, \quad (44)$$

где $M_{g \max}$ — максимальная масса 1000 зерен, которая определяется генетическими возможностями сельскохозяйственной культуры.

Усовершенствованная базовая модель продуктивности сельскохозяйственных культур описывает основные процессы жизнедеятельности растений, в результате которых создается урожай, а также влияние на эти процессы погодных условий и уровня минерального питания.

Усовершенствованный вариант модели будет использован для агрометеорологического прогнозирования урожайности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева Т. Ф. Фотосинтез и азотный обмен растения. – В кн.: Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982, с. 89–104.
2. Баранина И. И. Влияние минерального питания на фотосинтетическую деятельность озимой пшеницы. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. – Кишинев, 1970. – 24 с.
3. Галлямин Е. П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. – Л.: Гидрометеониздат, 1981. – 272 с.
4. Дорохов Б. Л., Баранина И. И. Фотосинтез озимой пшеницы при различном минеральном питании. – Кишинев, 1976. – 25 с.
5. Коровин А. И. Роль температуры в минеральном питании растений. – Л.: Гидрометеониздат, 1972. – 283 с.
6. Кулик М. С. Погода и минеральные удобрения. – Л.: Гидрометеониздат, 1966. – 139 с.
7. Куперман И. А., Хитрово Е. В. Дыхательный газообмен как элемент продукционного процесса растений. – Новосибирск: Наука, СО, 1977. – 181 с.
8. Куперман Ф. М. Физиология развития, роста и органогенеза пшеницы. – Физиология сельскохозяйственных растений. – М.: изд. МГУ, 1969, т. IV, с. 7–204.
9. Куперман Ф. М., Уланова Е. С., Анкиьева Л. В., Быкова М. С. Оценка влияния агрометеорологических условий на продолжительность этапов органогенеза, формирование элементов продуктивности и урожайности озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеониздат, 1985. – 42 с.
10. Паников В. Д., Минаев В. Г. Почва, климат, удобрение и урожай. – М.: Колос, 1977. – 413 с.
11. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеониздат, 1988. – 320 с.
12. Полевой А. Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеониздат, 1983. – 175 с.
13. Росс Ю. К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. – Л.: Гидрометеониздат, 1975. – 341 с.
14. Сакуи В. А. О рациональном уравнении процесса роста растений. – Вестн. с.-х. науки, 1973, № 7, с. 81–86.
15. Сивков С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. – Л.: Гидрометеониздат, 1968. – 232 с.
16. Строганова Л. Е. О величине расхода органических веществ на дыхание в различных условиях минерального питания растений. – Физиология растений, 1968, т. 15, вып. 2, с. 272–279.
17. Федосеев А. П. Агротехника и погода. – Л.: Гидрометеониздат, 1979. – 240 с.

МЕТОДЫ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ОБОСНОВАНИЙ И ПРОГНОЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КAVКАЗА

И. В. Свисюк

Северо-Кавказское территориальное управление по гидрометеорологии

В работе по обеспечению сельскохозяйственного производства в Северо-Кавказском экономическом районе мы используем, наряду с разработками Гидрометцентра СССР и ВНИИСХМ, также свои собственные разработки. Причем, если методики Гидрометцентра СССР и ВНИИСХМ позволяют составлять прогнозы по областям, то наши методики дают возможность составлять основные прогнозы не только по областям но и по зонам и административным районам. Это -- прогнозы запасов влаги в почве на весну, перезимовки озимых, урожайности овощных культур и томатов, урожайности озимых (ржи, пшеницы, ячменя), ярового ячменя и всех зерновых культур.

Рассмотрим методики составления прогнозов урожайности зерновых культур.

Такой прогноз в Гидрометцентре Северо-Кавказского управления по гидрометеорологии составляется на 1 мая и уточняется на 1 июня, т. е. с двухмесячной и месячной заблаговременностью. Прогноз составляется для каждой области, края, в разрезе зон и административных районов.

Для того чтобы охватить основные зерновые культуры и в целом составить прогноз для всех зерновых и зернобобовых культур, разработано и используется несколько методик. Рассмотрим эти методики подробнее.

1. *Прогнозирование средней районной урожайности озимой пшеницы.* Эта методика опубликована в монографии „Погода и урожайность озимой пшеницы на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье“ (Л., Гидрометеопиздат, 1980).

2. *Прогнозирование урожайности озимых (ржи, пшеницы, ячменя и всех озимых) по области, зоне и административному району.*

В отличие от методики прогнозирования урожайности озимой пшеницы, расчетное уравнение которой пригодно для любого района Северного Кавказа, эта методика исключает использование плодородия почвы, а поэтому для каждой области (края) и зоны получены свои уравнения. Каждое из них отражает биологические, агрометеорологические условия и культуру земледелия. Причем, если учет культуры земледелия и биологических особенностей культур и сортов благодаря своему очень медленному изменению может быть выражен некоторой малоизменчивой и даже косвенной величиной, например изменением по тренду, то агрометеорологические условия в силу большой их изменчивости и влияния на формируемый урожай на фоне сложившегося плодородия почвы и культуры земледелия должны учитываться непосредственно в зависимости от лимитирующих факторов. В каждом регионе лимитирующие агрометеорологические факторы не одинаковы.

Поскольку озимые (рожь, пшеница, ячмень): культуры в своем разви-

тии отличаются мало одна от другой, для прогнозирования их урожайности предлагается использовать одни и те же лимитирующие агрометеорологические факторы.

Для Волгоградской области, где лимитирующим фактором является влагообеспеченность, в общем виде уравнение имеет следующее выражение:

$$Y, Y_p, Y_n = a_0 + a_1x + a_2h + a_3t_V + a_4t_{VI} + a_5Y_0, Y_{0p}, Y_{0n} + a_6, \quad (1)$$

$$R = 0,77-0,97, \quad S_y = 2,3 \text{ ц/га},$$

где Y — урожайность всех озимых; Y_p — урожайность озимой ржи; Y_n — урожайность озимой пшеницы; n — процент паров под посев озимых; x — суммарная оценка состояния состояния озимых после перезимовки; h — ГПП на весну; t_V, t_{VI} — температура воздуха за май и июнь; t_V, t_{VI} — сумма осадков за май и июнь; Y_0, Y_{0p}, Y_{0n} — урожай по тренду за прошлый год.

Для Ростовской области и Ставропольского края, где лимитирующими факторами в зависимости от года являются осадки и температура, рекомендуется использовать следующие уравнения:

$$Y_n = a_0 + a_1x + a_2h + a_3t_V + a_4t_V + a_5t_{VI} + a_6Y_{0n} + a_7, \quad (2)$$

$$Y_p = a_0 + a_1x + a_2h + a_3t_V + a_4t_{VI} + a_5Y_{0n} + a_6. \quad (3)$$

Первое уравнение дает хорошие результаты для более засушливых лет, а второе — для влажных и умеренно влажных лет.

Для Краснодарского края, где лимитирующими факторами являются температура и осадки мая, в общем виде уравнение можно записать так:

$$Y, Y_p, Y_n = ax + a_1t_V^2 + a_2t_V + a_3t_V + a_4Y_0, Y_{0n}, Y_{0n} + a_5. \quad (4)$$

3. *Прогнозирование областной и зональной урожайности озимой пшеницы.* Методика сводится к оценке сезонов года.

Для этого разработана шкала, позволяющая оценить каждый из сезонов в баллах (от 1 до 5); отдельно оцениваются осень, зима и весна. К началу составления прогноза такую оценку можно уже провести. Летний период вегетации озимой пшеницы оценивается по месячному и сезонному прогнозам. Согласно этой методике, урожайность озимой пшеницы прогнозируется по уравнению

$$y = 1,75x_1 + 0,8x_2 - 10,3, \quad R = 0,92, \quad S_y = \pm 2,3 \text{ ц/га}, \quad (5)$$

где y — ожидаемая урожайность озимой пшеницы, ц/га; x_1 — суммарная оценка сезонов года, баллы; x_2 — урожайность озимой пшеницы по тренду за прошлый год, ц/га.

4. *Прогнозирование урожайности ярового ячменя по области, зоне и административному району.*

Методика основывается на использовании культуры земледелия (урожая по тренду), плодородия почвы (бонитет почвы) и агрометеорологических условий (запасы влаги на весну W , площадь фактического сева по сравнению с плановой x , температура и сумма осадков за май и июнь t_V, t_{VI}).

Зависимость описывается уравнением

$$Y = -0,045b - 0,026W - 0,002x + 0,03r_V - 0,69t_V - 0,96t_{VI} + 1,2y_0 + 34,2, \quad (6)$$
$$R = 0,88, \quad S_y = \pm 3,7 \text{ ц/га.}$$

5. Прогнозирование урожайности всех зерновых культур.

Прогностическое уравнение этой методики включает плодородие почвы b , отношение площади озимой пшеницы к площади ярового ячменя i , суммарную оценку состояния озимых на весну x , ГПП (h), количество осадков за май r_V , среднюю температуру воздуха за май t_V и урожайность по тренду за прошлый год y_0 .

Зависимость описывается уравнением

$$Y = -0,12b + 0,94i + 0,024x - 0,017h + 0,05r_V - 0,98t_V + 1,32y_0 + 11,4, \quad (7)$$
$$R = 0,88, \quad S_y = \pm 3,8 \text{ ц/га.}$$

6. Прогнозирование содержания белка и клейковины в зерне пшеницы.

Методика разработана в Гидрометцентре Северо-Кавказского управления по гидрометеорологии.

Согласно этой методики, учитываются урожайность по прогнозу x_1 , бонитет почвы x_2 , $\Sigma t < 0^\circ\text{C}$ за ноябрь—март x_3 , количество осадков за ноябрь—март x_4 , количество осадков, ожидаемое за последний месяц до созревания x_5 и средняя температура этого месяца x_6 .

Уравнения для прогнозирования имеют вид:

1) содержание белка в зерне пшеницы

$$Y = 0,0027x_1^2 - 0,273x_1 - 0,0123x_2 - 0,0006x_3 - 0,0005x_4 + 0,0135x_5 + 0,14x_6 + 13,09; \quad (8)$$

2) содержания клейковины в зерне пшеницы

$$Y_k = 2,27Y - 2,53, \quad (9)$$

где Y — содержание белка.

К этим расчетам добавляются расчеты по срокам наступления восковой спелости озимой пшеницы, ячменя (по методикам Гидрометцентра СССР).

После этого оформляется прогноз. Данные прогноза обычно наносятся на карту с небольшим пояснительным текстом.

Перед началом уборки, за 2–3 дня до наступления восковой спелости, по разработанной методике начинаем вести расчеты изменения влажности зерна, озимой пшеницы и ярового ячменя. Расчеты ведутся до достижения растениями массовой полной спелости по уравнению

$$y = 0,084x_1 + 0,034x_2 + 0,87, \quad (10)$$

где y — суточное уменьшение влажности зерна, %; x_1 — средний суточный дефицит влажности воздуха, гПа; x_2 — средняя суточная температура воздуха, °С.

Изменение влажности зерна по зонам и районам используется для рекомендаций по уборке (свал, прямое комбайнирование) и вывозке зерна непосредственно минуя ток на элеватор и т. д., что позволяет раньше приступить и закончить уборку.

Большое внимание в нашей работе по обеспечению сельскохозяйственного производства уделяется агрометеорологическим обоснованиям.

В свое время было проведено обоснование сроков сева озимых на Северном Кавказе и в Волгоградской области. Сейчас эти сроки приняты и используются на практике.

Были обоснованы и приняты площади черных паров под посев озимых.

При сложившейся структуре посевных площадей озимой пшеницы и ярового ячменя и стремлении в любой год разместить озимые на всей пашенной площади приводит к тому, что в среднем ежегодно области не успевают засеять в оптимальные сроки около 200 тыс. га даже в очень благоприятные годы. Причина такого положения в том, что хозяйства области не успевают подготовить под посев поля по отдельным непаровым предшественникам. На таких полях посевы зимуют в начальных фазах развития и вымерзают, повреждаются ледяными корками или гибнут при пыльных бурях. При сокращении площадей озимых культур на 200 тыс. га в области эта причина устранится, и в благоприятные годы все озимые будут высеваться в оптимальные сроки, будут хорошо развитыми, способными переносить зимовку практически без большого ущерба.

В неблагоприятные осенние периоды, когда озимые по непаровым предшественникам невозможно посеять в оптимальные сроки, площади надо уменьшить до таких пределов, при которых посеянные озимые будут уходить в зиму раскустившимися, имея хорошее и удовлетворительное состояние. В отдельные очень сухие осенние периоды, такие, например, как осень 1985 г., уменьшение посевной площади может достигать 47–50 %. Посевная площадь ярового ячменя в такие годы должна увеличиться соответственно на величину, на которую уменьшена площадь посева озимых.

Таким подходом к структуре посевных площадей этих двух культур обеспечиваются хорошая перезимовка озимых, так как они будут уходить в зиму только раскустившимися, и заблаговременная подготовка хорошими семенами ячменя на всю посевную площадь; агротехнически правильно можно подготовить почву под посев ячменя и провести его сев в лучшие сроки. Сейчас при пересеве озимых мы запаздываем со сроками сева ячменя и из-за этого сильно снижаем его урожайность. Расчеты показывают, что если озимые не пересеваются, а яровой ячмень посеян в оптимальные сроки, то его урожай практически не отличается от урожая озимой пшеницы. Если в области пересеиваются 300 тыс. га, то урожай ячменя снижается на 3 ц/га, а при пересеве 500–600 тыс. га это снижение достигает 7–8 ц/га. В 1979 и 1983 гг. при пересеве 660–760 тыс. га урожайность ячменя оказалась ниже, чем пшеницы, на 11,6–12,1 ц/га.

То есть если принять такую подвижную структуру для основных зерновых культур, то увеличится урожайность как ярового ячменя, так и озимой пшеницы.

Наши расчеты показывают, что за счет этого, не увеличивая посевных площадей, можно увеличить валовой сбор зерна в среднем на 700 тыс. т ежегодно. Эта величина складывается из ликвидации потерь семян на осеннем севе (120 тыс. т) и предотвращения потерь урожайности ячменя (580 тыс. т).

Вторым очень важным мероприятием является полный переход к противоэрозионной обработке почвы, который приостановит ее эрозию и повысит урожайность даже в тех районах, где на данный момент по сравнению с обычной обработкой урожайность остается одинаковой.

Правда, такое сравнение не учитывает те разовые повреждения пашни, которые могут случаться в годы сильных пыльных бурь без внедрения противоэрозионной обработки. Если такие повреждения учесть, то на полях с противоэрозионной обработкой урожай окажется в среднем по области на 1,5 ц/га выше, чем при обычной обработке, что будет давать ежегодно дополнительно 300 тыс. т зерна.

Таким образом, без увеличения площадей зерновых их средний валовой сбор за счет этих мер можно увеличить на 1 млн т.

МЕТОДЫ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ УРОЖАЙНОСТИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ И В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Г. Г. Васенина

Северо-Кавказское территориальное управление по гидрометеорологии

Человек потребляет овощи с незапамятных времен. В настоящее время в мире производится в среднем на душу населения около 60 кг овощей. Учеными же установлено, что средняя норма потребления овощей должна составлять 120—150 кг на одного человека в год.

В нашей стране выращивают более 70 видов овощных растений. На юге Европейской части СССР возделываются как холодостойкие, так и теплолюбивые овощные культуры, которыми снабжается население не только этой зоны, но и северных районов. На юге ЕЧС теплолюбивые овощные культуры в структуре посевных площадей занимают больше половины. Например, в Ростовской области, Краснодарском крае только под томаты отводится до 35—45 %, а в Астраханской области — до 70—80 % и более площадей овощных культур.

Плодородные почвы территории Северного Кавказа, Нижнего Дона и Нижнего Поволжья позволяют постоянно получать высокие урожаи овощных культур. В этом регионе преобладают черноземные и каштановые почвы. Тем не менее колебания урожаев овощных из года в год велики. Поэтому при планировании потребностей населения в овощных культурах большое значение приобретают прогнозы ожидаемой их урожайности. Несмотря на то что в последнее десятилетие прогнозы урожайности основных сельскохозяйственных культур приобрели особенно большое значение и в практике они широко используются [3], к сожалению, прогнозирование урожайности именно овощных культур в основных зонах их возделывания практически не выполняется из-за отсутствия надежных методик. Например, в настоящее время известна методика прогнозирования урожая томатов в Приморском крае [1, 2]. Начаты разработки метода прогноза урожайности овощных культур в Закавказье. В Северо-Кавказском территориальном управлении по гидрометеорологии разработки методов агрометеорологического прогнозирования овощных культур начаты намного раньше — в 1982 г. и были выполнены для административных районов Северного Кавказа и Нижнего Поволжья.

Общезвестно, что нестабильность урожаев обусловлена не только погодными условиями, поэтому при разработке методики мы считали необходимым учитывать и меняющийся уровень культуры земледелия, поскольку овощеводство отличается от других отраслей растениеводства высокой интенсификацией производства, применением различных источников тепла при выращивании рассады, большого количества удобрений, гербицидов, ядохимикатов, с интенсивным использованием в южных районах ЕЧС оросительных систем. Таким образом, в разработках методов прогноза урожаев овощных культур нами учтено влияние на урожайность как биологических особенностей овощных культур и изменения уровня

культуры земледелия, так и условий погоды на территории Нижнего Поволжья, Нижнего Дона и Северного Кавказа.

Следует отметить, что поиску связей областных (краевых) урожаев с различными агрометеорологическими факторами было уделено много внимания. Пришлось ознакомиться с многими статистическими отчетами, сводками, материалами метеорологических и агрометеорологических наблюдений за последние 20–25 лет на сети метеорологических станций, расположенных в Волгоградской, Ростовской областях, в Краснодарском, Ставропольском краях, в Кабардино-Балкарской, Северо-Осетинской АССР. Предварительно, в 1981–1982 гг. в ряде районов Ростовской области и Краснодарского края были проведены полевые экспериментальные исследования по вопросам формирования элементов продуктивности, структуры урожая ведущих овощных культур (из холодостойких — капусты, а из теплолюбивых — томаты) в связи с агрометеорологическими условиями.

Колебания урожаев за счет почвенных и агротехнических факторов выявляли по изменению средней скользящей урожайности овощных культур. Например, в районах с более высоким плодородием почвы и уровнем культуры земледелия наблюдается и больший рост урожайности. Так, в центральной орошаемой зоне Ростовской области только за счет этих факторов прирост урожайности составляет в среднем по 3,1 ц/га в год.

Если агротехнические и почвенные факторы в течение короткого промежутка времени (из года в год) не вызывают больших колебаний в средней урожайности в административном районе, то из-за погоды наблюдаются почти ежегодные значительные отклонения их от средней скользящей величины /4, 5/.

Для выявления причин колебания урожаев статистические и агрометеорологические данные были сгруппированы по отклонениям фактических средних областных урожаев от скользящей средней урожайности (тренда) овощных культур. Годы с урожаями меньше тренда на 20 % и более относили к неурожайным, а больше тренда на 20 % и более — к высокоурожайным. Исходя из этого определяли, что в среднем по региону неурожайные годы наблюдаются один раз в 10 лет. Наибольшая повторяемость неурожайных лет для томатов и капусты (16 %) отличается в Ставропольском крае, для огурцов (29 %) — в Краснодарском крае.

Анализ связей урожая овощных культур со значениями тепла и влаги показал, что при возделывании их на орошаемых полях колебание урожайности обусловлено главным образом температурным режимом. Так, в условиях юга европейской части СССР томаты лучше растут и развиваются в период от цветения до полной спелости плодов при средней температуре за период около 20...22 °С. Температура в среднем за период выше 23 °С ведет к снижению урожая. Высокие урожаи капусты ранних и средне-спелых сортов формируются при средней температуре воздуха за период от завивания кочана до технической спелости 18 °С, среднепоздних и позднеспелых сортов — при температуре воздуха 16...17 °С за период.

Ввиду того что овощные культуры в южных районах в основной массе возделываются на орошении и влажность почвы под ними поддерживается близкой к оптимальной, то почти не прослеживается связь изменений урожайности от этого фактора. Но существует связь с дефицитом

влажности воздуха и суммой выпавших осадков в период интенсивности роста растений. Так, при уменьшении дефицита влажности воздуха урожайность овощных культур повышается. Повышение урожайности происходит и при увеличении суммы осадков в ответственный период развития растений до 100–110 мм. Дальнейшее увеличение их количества не только не способствует повышению урожая, а наоборот, он снижается. Такая связь объясняется тем, что при частых дождях длительное время удерживается высокая влажность воздуха и почвы. В таких условиях ряд овощных культур повреждается грибными заболеваниями, что весьма существенно снижает величину и качество урожая.

В ходе исследований обратили внимание на то обстоятельство, что ответственные периоды в развитии ведущих холодостойких и теплолюбивых овощных культур на основных возделываемых площадях совпадают и приходятся на июнь–июль, а в Краснодарском крае — на период с 21 мая по 20 июля. В этот период формируется основная масса урожая. Так, к концу июля у большинства сортов томатов ранних и средних сроков высадки рассады уже проводится массовая уборка урожая, у растений более поздних сортов продолжается рост сформированных 80–100 % плодов. Лишь на поздних июньских посевах к этому сроку бывает сформировано только 70–75 % плодов. Такая особенность позволяет оценивать влияние агрометеорологических условий июня–июля на формирование урожайности не только отдельных культур, но и всех овощных культур в целом.

Проведенные нами агроклиматические исследования позволили выявить в регионе наиболее благоприятные районы для возделывания овощных культур. Для выращивания томатов наиболее благоприятные климатические условия создаются в Нижнем Поволжье, где в июне–июле температура воздуха составляет в среднем около 21...22 °С, а сумма выпавших осадков не превышает 100 мм. В Нижнем Поволжье формируются урожаи в среднем на 30–42 % выше, чем в среднем по региону и в Ростовской области.

Капуста формирует наиболее высокий урожай в Волгоградской области (в 1,5 раза выше, чем в среднем по региону). В остальных районах урожайность составляет 78–97 % средней по региону. В этой же области также наиболее хорошо удаются и огурцы. Урожайность здесь составляет 125 % средней по региону. Хуже всего огурцы удаются в Ставропольском и Краснодарском краях, где их урожайность составляет около 73–85 % средней в целом по региону. В этих административных районах урожай огурцов снижены в связи с обильными дождями и, как следствие этого, грибными заболеваниями.

Таким образом, для возделывания овощных культур наиболее благоприятна орошаемая зона территории Нижнего Поволжья и Нижнего Дона. Изолиния суммы выпавших в июне–июле осадков, равной 100 мм, является южной границей высокопродуктивного овощеводства. Средняя урожайность овощных культур за последние 20 лет в этой зоне составляет 106–149 % средней урожайности в целом по региону за те же годы. Южная граница высокопродуктивного овощеводства проходит по низовью Дона, южнее р. Маныч и далее по линии Дивное — Арзгир — Ачикулак, затем по северной границе Чечено-Ингушской АССР.

К югу от этой границы урожайность овощных культур намного ниже и составляет всего 74—87 % средней урожайности по региону исследований. Причем наиболее низкая урожайность (74 % средней по региону) наблюдается в районе обильных осадков в течение июня и июля, превышающих 100 мм, и при средней температуре воздуха за эти же два месяца менее 20 °С.

Учет почвенных особенностей, уровня агротехнических мероприятий в административном районе, учет теплообеспеченности, количества дней с высокими и низкими температурами воздуха, количества выпавших осадков, дефицита влажности воздуха в ответственный период развития овощных были основой для разработки методики прогноза урожайности овощных культур.

Для расчета средней по области (краю) урожайности были получены прогностические уравнения (табл. 1).

Исследования связей районных урожаев овощных с теми же параметрами, что использованы в уравнениях для расчета областной урожайности, показало приемлемость подобного подхода и при расчетах урожаев овощных культур для более мелких административных территорий: зон, районов, даже отдельных хозяйств, объединенных по их специализации.

Прогнозы урожайности овощных культур составляются в конце июня, с поступлением прогноза погоды на июль. В уравнениях исходные данные отображают фактически сложившиеся условия в июне в сумме с значениями тех же элементов, но определенных по прогнозу погоды на июль. Подставляя полученные значения в прогностические уравнения и решая их, находят ожидаемую в текущем году урожайность овощных культур. Уточняется прогноз в последних числах июля по фактическим данным элементов погоды в июне—июле. При составлении прогноза в конце июня заблаговременность расчетов — более трех месяцев. Оправдываемость прогностических расчетов хорошая и отличная в целом для всех овощных культур в 90—95 % случаев, для томатов — в 80—95 %, для огурцов — в 80—90 %.

В 1983—1985 гг. проведено испытание методов прогноза урожайности овощных культур. Испытания на независимом материале показали, что в условиях юга Европейской части СССР метод прогноза урожайности овощных культур, разработанный нами, показал в основном хорошую и отличную оправдываемость расчетов и может быть использован в практической работе агрометеорологического обеспечения сельскохозяйственных органов региона (табл. 2).

С 1986 г. решением технического совета Северо-Кавказского управления по гидрометеорологии метод прогноза урожайности овощных культур внедрен в Астраханской, Волгоградской, Ростовской областях, Краснодарском, Ставропольском краях, Кабардино-Балкарской и Северо-Осетинской АССР. В 1986—1987 гг. оправдываемость прогнозов была также хорошей и отличной, т. е. составила 87—97 %.

Все случаи снижения оправдываемости прогностических расчетов были тщательно проанализированы. В результате анализа выявлено, что одна из причин снижения оправдываемости прогнозов — стихийные гидрометеорологические явления. Например, при хороших агрометеорологических условиях вегетационного периода формируется хороший урожай овощных

Прогностические уравнения

Район	Уравнение	Множественный коэффициент корреляции	Ошибка (т/га) уравнения
Все овощные культуры			
Волгоградская обл.	$Y = 0,0882N_{61} + 0,0222\Sigma t - 0,0129\Sigma x - 11,35$	$0,78 \pm 0,05$	$\pm 1,75$ (1)
Зоны:			
Степная черноземных почв	$Y = -0,0506N_{61}^2 + 1,0472N_{61} - 0,0127\Sigma t - 0,0338\Sigma x + 27,80$	$0,73 \pm 0,10$	$\pm 2,1$ (2)
Степная каштановых почв	$Y = -0,028N_{61} - 0,01\Sigma t + 0,011\Sigma x + 23,30$	$0,78 \pm 0,06$	$\pm 1,2$ (3)
Сухостепная, правобережье	$Y = -0,0384N_{61}^2 + 1,2393N_{61} - 0,0192\Sigma t - 0,0107\Sigma x + 39,40$	$0,72 \pm 0,09$	$\pm 2,9$ (4)
Сухостепная, левобережье	$Y = -0,408N_{61} - 0,0079\Sigma t + 0,0011\Sigma x + 26,80$	$0,83 \pm 0,10$	$\pm 1,7$ (5)
Полупустынь	$Y = 0,396N_{61} - 0,009\Sigma t + 0,004\Sigma x + 28,35$	$0,85 \pm 0,04$	$\pm 1,6$ (6)
Астраханская обл.	$Y = 0,141N_{61} - 0,113n_{15} - 0,283n_{28} + 19,50$	$0,79 \pm 0,05$	$\pm 1,4$ (7)
Зоны:			
Северная	$Y = 0,064N_{64} - 0,014\Sigma t - 0,0199\Sigma x + 37,80$	$0,80 \pm 0,09$	$\pm 2,8$ (8)
Центральная	$Y = -0,0514N_{64}^2 + 1,450N_{64} - 0,0228\Sigma t - 0,0313\Sigma x + 48,80$	$0,79 \pm 0,06$	$\pm 2,2$ (9)
Южная	$Y = -0,019N_{64}^2 + 0,5737N_{64} - 0,0353\Sigma t + 0,0165\Sigma d + 51,30$	$0,79 \pm 0,06$	$\pm 1,3$ (10)
Ростовская обл.	$Y = 0,179N_{61} - 0,008\Sigma t + 0,00049\Sigma x^2 + 20,83$	$0,69 \pm 0,07$	$\pm 1,7$ (11)
Зоны:			
Северо-западная	$Y = 0,003N_{65} - 0,016\Sigma t + 0,004\Sigma d + 26,07$	$0,82 \pm 0,05$	$\pm 0,8$ (12)
Северо-восточная	$Y = -0,083N_{65} - 0,013\Sigma t - 0,011\Sigma x + 28,63$	$0,85 \pm 0,04$	$\pm 0,4$ (13)
Центральная	$Y = 0,3078N_{61} - 0,0337\Sigma t - 0,000024\Sigma d^2 + 0,0526\Sigma d + 33,24$	$0,80 \pm 0,06$	$\pm 1,4$ (14)
Приазовская	$Y = 0,148N_{65} - 0,019\Sigma t + 0,003\Sigma d + 35,52$	$0,71 \pm 0,08$	$\pm 1,4$ (15)
Южная	$Y = 0,227N_{65} - 0,012\Sigma t - 0,005\Sigma x + 24,73$	$0,84 \pm 0,05$	$\pm 1,0$ (16)
Восточная	$Y = -0,192N_{65} - 0,016\Sigma t - 0,014\Sigma x + 35,08$	$0,85 \pm 0,04$	$\pm 1,0$ (17)
Краснодарский край	$Y = 0,091N_{67} - 0,002\Sigma t_K - 0,002\Sigma d_K + 13,12$	$0,70 \pm 0,08$	$\pm 0,9$ (18)

Район	Уравнение	Множественный коэффициент корреляции	Ошибка (т/га) и номер уравнения
Зоны:			
Северная	$Y = 0,39N_{67} - 0,0086\Sigma t_{\text{к}} - 0,0025\Sigma d_{\text{к}} + 21,54$	$0,94 \pm 0,02$	$\pm 0,7$ (19)
Западная	$Y = 0,451N_{67} - 0,0084\Sigma t_{\text{к}} + 0,00246\Sigma d_{\text{к}} + 17,33$	$0,88 \pm 0,04$	$\pm 1,1$ (20)
Центральная	$Y = 0,177N_{67} - 0,0143\Sigma t_{\text{к}} + 0,0082\Sigma d_{\text{к}} + 23,94$	$0,68 \pm 0,09$	$\pm 0,8$ (21)
Южнопредгорная	$Y = Y_0 - 0,24\Delta\Sigma t_{\text{к}} - 0,001\Delta\Sigma d_{\text{к}}^2 + 0,25\Delta\Sigma d_{\text{к}} + 11,7$	$0,60 \pm 0,10$	$\pm 1,8$ (22)
Ставропольский край	$Y = 0,091N_{61} - 0,0067\Sigma t + 0,0013\Sigma d + 16,94$	$0,65 \pm 0,08$	$\pm 1,0$ (23)
Кабардино-Балкарская АССР	$Y = 0,223N_{66} - 0,003\Sigma t - 0,009\Sigma x + 13,90$	$0,84 \pm 0,04$	$\pm 1,0$ (24)
Северо-Осетинская АССР	$Y = 0,226N_{60} - 0,003\Sigma t - 0,015\Sigma x + 12,91$	$0,88 \pm 0,03$	$\pm 1,1$ (25)
Томаты			
Волгоградская обл.	$Y = -0,314N_{73} - 0,006\Sigma t - 0,031\Sigma x + 29,69$	$0,60 \pm 0,12$	$\pm 1,5$ (26)
Астраханская обл.	$Y = 0,096N_{64} - 0,095n_{15} + 0,314n_{28} + 18,86$	$0,75 \pm 0,07$	$\pm 1,8$ (27)
Зоны:			
Центральная	$Y = -0,0589N_{64}^2 + 1,651N_{64} - 0,0197n_{15} - 0,0332n_{28} + 46,2$	$0,75 \pm 0,06$	$\pm 2,5$ (28)
Ростовская обл.	$Y = 0,089N_{65} - 0,007\Sigma t - 0,057\Sigma x + 29,78$	$0,72 \pm 0,07$	$\pm 1,8$ (29)
Краснодарский край			
Зоны:			
Северная	$Y = 0,371N_{70} - 0,0098\Sigma t_{\text{к}} + 0,013\Sigma x_{\text{к}} + 14,32$	$0,54 \pm 0,12$	$\pm 2,7$ (30)
Западная	$Y = 0,631N_{70} - 0,0121\Sigma t_{\text{к}} + 0,0121\Sigma d_{\text{к}} + 19,15$	$0,82 \pm 0,06$	$\pm 1,9$ (31)
Центральная	$Y = Y_0 - 0,082N_{70} - 0,00014\Sigma t_{\text{к}}^2 + 0,041\Sigma t_{\text{к}} + 5,13$	$0,90 \pm 0,05$	$\pm 2,1$ (32)
Южнопредгорная	$Y = 0,2763N_{70} - 0,0274\Sigma t_{\text{к}} + 0,0267\Sigma d_{\text{к}} + 26,77$	$0,66 \pm 0,10$	$\pm 1,7$ (33)
Ставропольский край	$Y = -0,091N_{64} - 0,02\Sigma t - 0,012\Sigma d + 28,83$	$0,53 \pm 0,10$	$\pm 1,6$ (34)
Кабардино-Балкарская АССР	$Y = -0,098 N_{65} - 0,009\Sigma t - 0,036\Sigma x + 29,88$	$0,64 \pm 0,09$	$\pm 2,3$ (35)

Капуста

Волгоградская обл.	$Y = 0,1515N_{73} - 0,0398\Sigma t - 0,496\Sigma x + 81,64$	$0,80 \pm 0,07$	$\pm 2,5 (36)$
Ростовская обл.	$Y = 0,065N_{65} - 0,026\Sigma t - 0,027\Sigma x + 47,95$	$0,73 \pm 0,07$	$\pm 2,8 (37)$
Краснодарский край	$Y = -0,0467N_{70} - 0,0505\Sigma t_{\kappa} + 0,019\Sigma x + 69,48$	$0,74 \pm 0,08$	$\pm 2,6 (38)$
Зоны:			
Северная	$Y = 1,2305N_{70} - 0,0642\Sigma t_{\kappa} + 0,0127\Sigma d_{\kappa} + 85,00$	$0,85 \pm 0,05$	$\pm 4,0 (39)$
Западная	$Y = -0,176N_{70} - 0,0094\Sigma t_{\kappa} - 0,0126\Sigma x_{\kappa} + 30,16$	$0,60 \pm 0,11$	$\pm 2,6 (40)$
Центральная	$Y = -0,1345N_{70} - 0,0106\Sigma t_{\kappa} - 0,066\Sigma d_{\kappa} + 8,99$	$0,76 \pm 0,07$	$\pm 1,8 (41)$
Южнопредгорная	$Y = -0,2993N_{70} - 0,0007\Sigma t_{\kappa} - 0,0023\Sigma x_{\kappa} + 12,88$	$0,69 \pm 0,09$	$\pm 1,6 (42)$
Кабардино-Балкарская АССР	$Y = 0,239N_{65} - 0,014\Sigma t - 0,005\Sigma x + 29,12$	$0,59 \pm 0,10$	$\pm 2,8 (43)$

Огурцы

Волгоградская обл.	$Y = -0,2611N_{73} + 0,0108\Sigma t - 0,0107\Sigma x + 0,93$	$0,60 \pm 0,12$	$\pm 1,4 (44)$
Ростовская обл.	$Y = 0,0796N_{65} + 0,005\Sigma t - 0,0068\Sigma x + 2,16$	$0,65 \pm 0,08$	$\pm 1,0 (45)$
Краснодарский край	$Y = 0,095N_{70} - 0,013\Sigma t_{\kappa} + 0,027\Sigma x_{\kappa} + 10,06$	$0,90 \pm 0,03$	$\pm 0,8 (46)$
Зоны:			
Северная	$Y = 0,466N_{70} - 0,017\Sigma t_{\kappa} + 0,0134\Sigma x + 20,08$	$0,70 \pm 0,09$	$\pm 1,97 (47)$
Западная	$Y = 0,3025N_{70} - 0,0639\Sigma t_{\kappa} + 0,0474\Sigma d_{\kappa} + 61,75$	$0,71 \pm 0,09$	$\pm 2,2 (48)$
Южнопредгорная	$Y = 0,186N_{70} - 0,0244\Sigma t_{\kappa} + 0,0281\Sigma d_{\kappa} + 19,77$	$0,73 \pm 0,08$	$\pm 1,3 (49)$
Ставропольский край	$Y = 0,082N_{70} - 0,0032\Sigma x + 0,0036\Sigma d + 8,23$	$0,51 \pm 0,11$	$\pm 0,9 (50)$
Кабардино-Балкарская АССР	$Y = 0,338N_{70} - 0,0031\Sigma t - 0,0141\Sigma x + 12,06$	$0,71 \pm 0,07$	$\pm 2,1 (51)$

По районам и совхозам

Ростовская обл.			
Семикаракорский район			
овощные	$Y = 0,183N_{71} - 0,054\Sigma t + 0,029\Sigma d + 65,04$	$0,93 \pm 0,02$	$\pm 1,16 (52)$
томаты	$Y = 1,395N_{71} - 0,0082\Sigma t - 0,00018\Sigma d^2 + 0,294\Sigma d - 10,36$	$0,96 \pm 0,06$	$\pm 2,10 (53)$
Плодоовощные совхозы	$Y = 0,616N_{71} + 0,0030\Sigma t - 0,00009\Sigma d^2 + 0,136\Sigma d - 42,15$	$0,85 \pm 0,03$	$\pm 1,60 (54)$
Виноградарские совхозы	$Y = -0,293N_{71} - 0,0006\Sigma t - 0,00003\Sigma d^2 + 0,0514\Sigma d - 6,18$	$0,86 \pm 0,07$	$\pm 1,27 (55)$
Облинянский район, томаты	$Y = -0,401N_{65} - 0,001\Sigma t - 0,016\Sigma d + 20,90$	$0,71 \pm 0,07$	$\pm 2,30 (56)$
Мартыновский район, томаты	$Y = -0,458N_{65} - 0,005\Sigma t - 0,027\Sigma d + 24,83$	$0,70 \pm 0,12$	$\pm 3,10 (57)$

Район	Уравнение	Множественный коэффициент корреляции	Ошибка (т/га) и номер уравнения
Краснодарский край			
Горячключеский район			
овощные	$Y = 0,455N_{65} + 0,006\Sigma t_K - 0,013\Sigma x_K + 5,76$	$0,87 \pm 0,04$	$\pm 1,48$ (58)
томаты	$Y = -0,314N_{65} - 0,026\Sigma t_K - 0,063\Sigma x_K + 60,33$	$0,67 \pm 0,09$	$\pm 4,99$ (59)
Белореченский район			
овощные	$Y = -0,14N_{65} - 0,004\Sigma t_K - 0,036\Sigma x_K + 25,44$	$0,67 \pm 0,09$	$\pm 2,18$ (60)
томаты	$Y = -0,063N_{65} - 0,0002\Sigma t_K - 0,062\Sigma x_K + 27,12$	$0,67 \pm 0,09$	$\pm 3,33$ (61)
капуста	$Y = -0,266N_{65} - 0,013\Sigma t_K - 0,028\Sigma x_K + 37,80$	$0,62 \pm 0,10$	$\pm 2,72$ (62)

П р и м е ч а н и е. Параметры прогностических уравнений: Y — урожайность, т/га; Y_0 — урожайность за предыдущий год, т/га; N_{65} — порядковый номер года начиная с определенного года — 1961, 1965, 1967 или 1971 г.; n_{15} — число дней со средней суточной температурой 15°C и менее за период с 11 мая по 30 июня включительно; n_{28} — число дней со средней суточной температурой 28°C и более за июль-июль; Σt — сумма активных температур воздуха выше 10°C за июль-июль, $^\circ\text{C}$; Σt_K — сумма активных температур выше 10°C за период с 21 мая по 20 июля, $^\circ\text{C}$; $\Delta\Sigma t_K$ — разность между суммой активных температур воздуха выше 10°C за период с 21 мая по 20 июля за прошедший и текущий годы; Σd — сумма дефицитов влажности воздуха за июль-июль, гПа; Σd_K — сумма дефицитов влажности воздуха за период с 21 мая по 20 июля, гПа; $\Delta\Sigma d_K$ — разность между суммой дефицитов влажности воздуха за период с 21 мая по 20 июля за прошлый и текущий годы; Σx — сумма осадков за июль-июль, мм; Σx_K — сумма осадков за период с 21 мая по 20 июля, мм.

культур; предполагается и высокая оправдываемость прогноза урожайности овощных, но ранний осенний заморозок за одни сутки на корню уничтожает урожай теплолюбивых овощных культур, и точность прогноза ожидаемого урожая снижается.

Нередко наблюдается комплекс неблагоприятных условий. Так, в 1972 г. в регионе отмечались и шквалы, и сильные ливни, и градобития, и длительная весенне-летняя засуха, и необычно низкая водоносность рек бассейна Дона и ряд других стихийных гидрометеорологических явлений, носивших локальный характер. Большинство явлений (ливни, градобития, шквалы) наблюдалось в Краснодарском крае и на юге Ставропольского края. Летняя жара и засуха распространились почти на всю характеризующую территорию. Такие условия были неблагоприятными для произрастания всех овощных культур, поэтому урожай различных видов овощных в 1972 г. был значительно снижен.

Но все же чаще большие убытки овощеводству региона приносит заморозки — поздние весенние и особенно ранние осенние. Таким образом, поздние посевы создают предпосылки потери урожая за счет неполного сбора его до наступления ранних осенних заморозков.

Первые же заморозки на большей части территории начинаются с переходом температуры воздуха через 10°C в сторону понижения, т. е. в основном в первой половине октября. Особенно важно учитывать сроки наступления первых заморозков при выращивании томатов в Волгоградской и северной половине Ростовской области, где они начинаются наиболее рано — уже в первой декаде октября. Потери урожая вследствие осенних заморозков менее вероятны в Краснодарском и Ставропольском краях, поскольку заморозки в этих краях наступают значительно позже — во второй — третьей декадах октября.

При ранних же посевах в холодную почву семена долго не прорастают, а ранние всходы погибают от поздних весенних заморозков.

В связи с заморозками большое значение для теплолюбивых овощных культур имеют своевременные сроки сева. Обычно заморозки заканчиваются в конце апреля; заморозки на почве в 75 % лет прекращаются в первой половине мая. При размещении овощных культур в пониженных частях рельефа сроки окончания последних весенних заморозков могут на неделю запаздывать по сравнению с указанными. Обычно в это время воздух прогревается до 15°C . Поэтому оптимальными сроками высадки рассады раннеспелых сортов томатов на юге Европейской части СССР являются даты перехода температуры воздуха через 15°C в сторону повышения; в большинстве районов эти даты приходятся на вторую декаду мая, на севере Ростовской области, в предгорьях Краснодарского и Ставропольского краев — на конец второй — начало третьей декады мая. Наиболее ранняя высадка рассады возможна в Астраханской области — в конце первой декады мая. Посев семян томатов в открытый грунт целесообразно проводить на неделю — полторы раньше, чем высадку рассады.

Вторая причина снижения оправдываемости прогнозов урожая овощных культур — массовое распространение вредителей и болезней овощных культур. Однако на данном этапе разработки методики прогнозирования этот показатель трудно учесть из-за недостаточности данных исходного

Результаты производственных испытаний культур

Область, край, АССР	Номер уривка	Критерий оценки	1983 г.			
			Урожай, т/га		Ошибка	
			расч.	факт.	А т/га	Р %
Заблаговременность						
		0,80 σ				
Волгоградская обл.	(1)	2,3	17,6	19,1	1,5	7,8
Астраханская обл.	(7)	1,9	19,4	21,5	2,1	9,8
Ростовская обл.	(11)	1,9	14,4	13,8	0,6	4,3
Краснодарский край	(18)	1,0	10,8	11,5	0,7	6,1
Ставропольский край	(23)	1,0	11,6	10,4	1,2	11,5
Кабардино-Балкарская АССР	(24)	1,5	12,8	12,7	0,1	0,8
Северо-Осетинская АССР	(25)	1,9	10,7	8,8	1,9	21,6
Заблаговременность						
		0,67σ				
Волгоградская обл.	(1)	1,9	17,5	19,1	1,6	8,4
Астраханская обл.	(7)	1,6	19,4	21,5	2,1	9,8
Ростовская обл.	(11)	1,6	14,6	13,8	0,8	5,8
Краснодарский край	(18)	0,9	10,8	11,5	0,7	6,1
Ставропольский край	(23)	0,9	11,5	10,4	1,1	10,6
Кабардино-Балкарская АССР	(24)	1,2	12,9	12,7	0,2	1,6
Северо-Осетинская АССР	(25)	1,6	10,4	8,8	1,6	16,2

Область, край, АССР	Номер уривка	Критерий оценки	1985 г.			
			Урожай т/га		Ошибка	
			расч.	факт.	А т/га	Р %
Заблаговременность						
		0,80σ				
Волгоградская обл.	(1)	2,3	16,5	18,8	2,3	12,2
Астраханская обл.	(7)	1,9	20,5	21,2	1,0	4,6
Ростовская обл.	(11)	1,9	15,5	13,0	2,5	19,2
Краснодарский край	(18)	1,0	12,1	11,1	1,0	9,0
Ставропольский край	(23)	1,0	11,7	11,1	0,6	5,4
Кабардино-Балкарская АССР	(24)	1,5	13,6	12,9	0,7	5,4
Северо-Осетинская АССР	(25)	1,9	11,8	12,7	0,9	7,1
Заблаговременность						
		0,67σ				
Волгоградская обл.	(1)	1,9	16,3	18,8	2,5	13,3
Астраханская обл.	(7)	1,6	20,5	21,5	1,0	4,6
Ростовская обл.	(11)	1,6	15,7	13,0	2,7	20,8
Краснодарский край	(18)	0,9	11,6	11,1	0,5	4,5
Ставропольский край	(23)	0,9	12,3	11,1	1,2	10,8
Кабардино-Балкарская АССР	(24)	1,2	13,6	12,9	0,7	5,4
Северо-Осетинская АССР	(25)	1,6	12,4	12,7	0,3	2,4

Таблица 2

прогноза урожайности овошных

Оправданность				1984 г.							
				Урожай, т/га		Ошибка		Оправданность		Качество	
%	A	P	Качество	расч.	факт.	A	P	%	A	P	Качество
3-4 месяца											
92,2	+	+	5	20,2	19,3	0,9	4,7	95,3	+	+	5
90,2	-	+	4	19,3	19,7	0,4	2,0	98,0	+	+	5
95,7	+	+	5	14,6	14,7	0,1	0,7	99,3	+	+	5
93,9	+	+	5	11,9	11,3	0,6	5,3	94,7	+	+	5
88,5	-	+	4	11,2	11,2	0,0	0,0	100	+	+	5
99,2	+	+	5	13,3	14,2	0,9	6,3	93,7	+	+	5
78,4	+	+	3	11,6	12,4	0,8	6,5	93,5	+	+	5
2-3 месяца											
91,6	+	+	5	20,1	19,3	0,8	4,1	95,9	+	+	5
90,2	-	+	4	19,3	19,7	0,4	2,0	98,0	+	+	5
94,2	+	+	5	14,5	14,7	0,2	1,4	98,6	+	+	5
93,9	+	+	5	11,2	11,3	0,1	0,9	99,1	+	+	5
89,4	-	+	4	11,6	11,2	0,4	3,6	96,4	+	+	5
98,4	+	+	5	13,4	14,2	0,8	5,6	94,4	+	+	5
81,8	+	+	4	11,9	12,4	0,5	4,0	96,0	+	+	5
Оправданность				Средняя ошибка				Оправданность			
%	A	P	Качество	A	P	%	%	A	P	Качество	
3-4 месяца											
87,8	+	+	4	1,6	8,2	91,8	+	+	5		
95,4	+	+	5	1,2	5,5	94,5	+	+	5		
80,8	-	+	4	1,1	8,1	91,9	+	+	5		
91,0	+	+	4	0,8	6,8	93,2	+	+	5		
94,6	+	+	5	0,6	5,6	94,4	+	+	5		
94,6	+	+	5	0,6	4,2	95,8	+	+	5		
92,9	+	+	5	1,2	11,2	88,3	+	+	4		
2-3 месяца											
86,7	-	+	4	1,6	8,6	91,4	+	+	5		
95,4	+	+	5	1,2	5,5	94,5	+	+	5		
79,2	-	+	3	1,2	9,3	90,7	+	+	4		
95,5	+	+	5	0,4	3,8	94,2	+	+	5		
89,2	-	+	4	0,9	8,3	91,7	+	+	5		
94,6	+	+	5	0,6	4,2	95,8	+	+	5		
97,6	+	+	5	0,8	8,2	91,8	+	+	5		

материала для анализа, обобщения и обоснования выводов.

И, наконец, третья причина — производственные упущения организационного характера: несвоевременность проведения агротехнических мероприятий (сев, работы по уходу, уборка), небрежная сохранность и реализация хозяйством овощной продукции.

Так как производственно-агротехнические условия непрерывно изменяются, непрерывно изменяется и ход тренда. В этой связи один раз в один-два года необходимо уточнять коэффициенты прогностических уравнений. Это повышает точность ежегодных расчетов на 5–7 %, а расчетов за двух-летний период — на 10–15 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснянская В. П. О связи урожайности помидоров с метеорологическими условиями на юге Дальнего Востока. — Труды ДВНИИ, 1973, вып. 40.
2. Краснянская В. П. О прогнозе сроков созревания помидоров на юге Дальнего Востока. — Труды ДВНИИ, 1974, вып. 48.
3. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. — Л.: Гидрометеоиздат, 1984, т. 1. — 309 с.; т. 2. — 264 с.
4. Свисюк И. В. Погода и урожайность озимой пшеницы на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье. — Л., Гидрометеоиздат, 1980, 207 с.
5. Уланова Е. С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. — Л., Гидрометеоиздат, 1975. — 302 с.

К ОЦЕНКЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ, ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ ПО ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Л. В. Лебедь

Казахский научно-исследовательский гидрометеорологический институт

В решении продовольственной программы немаловажная роль отводится Казахстану. На долю республики в настоящее время приходится каждая пятая тонна зерна, засыпаемого в государственные закрома. При этом почти 85 % продовольственной пшеницы, которую заготавливают хозяйства, составляют наиболее ценные сильные и твердые сорта. Однако в последние годы в республике несколько сократилось производство зерна. За два последних года Казахстан недовыполнил план заготовок зерна на 1,6 млн. т. Основная причина, наряду со сложными погодными условиями, — низкая культура земледелия [1]. При стабилизировавшихся посевных площадях повсеместное внедрение интенсивных технологий — единственный путь увеличения валового сбора зерна. Интенсивная технология предусматривает более полное использование биоклиматических, хозяйственных и других ресурсов. Она опирается на интенсивное использование чистых паров, размещение на них более урожайных сортов и семян высоких посевных и урожайных кондиций, строгое выполнение всего комплекса агротехнических мероприятий и системы мер защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, дифференцированное применение минеральных и органических удобрений, повышение качества всех полевых работ [2—4].

Особая роль отводится интенсивным технологиям возделывания яровой пшеницы, доля которой в хлебных заготовках республики составляет в последние годы свыше 70 %. Массовое внедрение в хозяйствах Казахстана интенсивных технологий возделывания зерновых и в первую очередь яровой пшеницы началось с 1985 г., когда эти площади составляли всего более 1 млн га. В 1988 г. они возросли до 5,4 млн га. Интенсивные технологии должны обеспечивать гарантированные прибавки зерна, в связи с чем представляет практический интерес сравнительный анализ урожайности яровой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии, и показателей общей ее урожайности. В качестве примера для анализа был выбран отдельный природный регион умеренно влажной зоны с черноземами обыкновенными (для районов Северо-Казахстанской и Кокчетавской областей). По этому региону для каждого года трех лет (1985—1987 гг.) были сформулированы пространственные ряды средней районной урожайности яровой пшеницы, в том числе возделываемой по интенсивной технологии.

Так, плановые показатели урожайности зерна яровой пшеницы для данного региона должны составлять 21—22 ц/га (пшеницы по чистому пару) и 17—18 ц/га (пшеница — вторая культура после пара) [2]. Однако, как показали результаты анализа, приведенные в табл. 1, средняя по региону урожайность яровой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии, изменялась за три года от 16 до 21 ц/га (по чистому пару) и от 13 до 16 ц/га (пшеница — вторая культура после пара). Общая урожайность

Таблица 1

Статистические параметры пространственных рядов урожайности яровой пшеницы,
в том числе возделываемой по интенсивной технологии,
для умеренно влажной зоны Казахстана

Параметр	1985 г.						1986 г.						1987 г.					
	\bar{Y}	Y_1	Y_2	$\bar{Y}/\text{ВП}$	$Y_1/\text{ВП}$	$Y_2/\text{ВП}$	\bar{Y}	Y_1	Y_2	$\bar{Y}/\text{ВП}$	$Y_1/\text{ВП}$	$Y_2/\text{ВП}$	\bar{Y}	Y_1	Y_2	$\bar{Y}/\text{ВП}$	$Y_1/\text{ВП}$	$Y_2/\text{ВП}$
Средняя урожайность, ц/га	14,7	19,0	16,0	-	-	-	15,5	20,8	16,4	-	-	-	12,1	15,9	13,2	-	-	-
Среднее квадратическое отклонение	2,21	3,04	2,44	-	-	-	2,13	2,53	1,86	-	-	-	2,55	2,61	2,26	-	-	-
Коэффициент вариации	0,15	0,16	0,15	0,19	0,19	0,19	0,14	0,12	0,11	0,14	0,13	0,14	0,21	0,16	0,17	0,18	0,14	0,15
Ошибка коэффициента вариации	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03

П р и м е ч а н и е. Здесь обозначено: \bar{Y} — общая урожайность; Y_1 — урожайность яровой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии, пшеница по чистому пару; Y_2 — урожайность яровой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии, пшеница — вторая культура после пара; ВП — баллы почвенного плодородия.

колебалась от 12 до 16 ц/га. Таким образом, только в одном 1986 г., который оказался наиболее обеспеченным влагой из трех рассматриваемых лет, хозяйства приблизились к плановым показателям. При этом в отдельных районах, таких, как Вишкулбский, Тимирязевский, Булаевский Северо-Казахстанской области, в 1986 г. урожайность достигла 23—25 ц/га (по чистому пару) и 18—19 ц/га (пшеница — вторая культура после пара). Разница в урожайности яровой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии, по сравнению с общей урожайностью составляла по паровому предшественнику в среднем 3—5 ц/га, в отдельных районах 6—8 ц/га, на полях со второй культурой после пара всего 0—2 ц/га. Наиболее засушливым из трех лет оказался 1987 г.; в этот год средняя по региону урожайность яровой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии, составила всего 16 и 13 ц/га.

Наряду с этим внедрение интенсивных технологий, которые предусматривают максимально высокий уровень агротехники на всех уровнях хозяйств, должно повлечь за собой и определенное „выравнивание” урожайности зерна по территории. В качестве показателя пространственной изменчивости урожайности использовался коэффициент вариации (см. табл. 1). Так, коэффициенты вариации средней районной урожайности яровой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии, по сравнению с общей урожайностью на посевных площадях снизились в 1986 г. от 14 до 11 % (по чистому пару) и до 12 % (пшеница — вторая культура после пара), а в 1987 г. от 21 до 16 и 17 % соответственно. Для сравнения в 1985 г. (начало внедрения интенсивной технологии) показатель пространственной изменчивости урожайности на всех полях оставался почти на одном уровне (15—16 %).

Пространственная изменчивость урожайности яровой пшеницы зависит от ряда факторов, а именно: от уровня агротехники, агрометеорологических условий и в первую очередь от пестроты полей осадков и различной естественного почвенного плодородия. В связи с этим был проведен дополнительный анализ пространственной изменчивости урожайности, полученной в расчете на 1 балл почвенного плодородия. Можно предположить, что с учетом показателя почвенного плодородия изменчивость рядов урожайности яровой пшеницы уменьшится. Однако это предположение подтвердилось только в наиболее низкоурожайном 1987 г. Коэффициент вариации для всех трех уровней урожайности (общая урожайность, по чистому пару и пшеница — вторая культура после пара) уменьшился на 0,02—0,03. В 1985 и 1986 гг., наоборот, отмечалось повышение коэффициентов вариации от 0,1 до 0,14, что, по мнению автора, можно объяснить повышением вклада плодородия почвы как формирующего урожай фактора в годы с более благоприятными агрометеорологическими условиями.

Важной задачей, выдвигаемой практикой производства, является разработка методов оценки и прогноза урожайностей яровой пшеницы, в том числе возделываемой по интенсивной технологии. Отличительными особенностями этих методов является более дифференцированный учет агротехнического фона и формирования продуктивности посевов, предусматриваемый интенсивными технологиями, рекомендованными для конкретной зоны. Одним из основных прогностических показателей продуктивнос-

ти посевов могут служить данные о величине надземной биомассы, полученные в результате аэрофотометрических обследований сельскохозяйственных полей. Материалы оперативных аэрофотометрических обследований выдаются в форме куммулятивных гистограмм значений надземной биомассы, полученной при замерах отдельных полей в пределах районов, областей, природных регионов.

В результате аэрофотометрических обследований, проведенных с 20 по 26 июля 1985—1987 гг., были получены куммулятивные гистограммы значений надземной биомассы полей Северо-Казахстанской области, занятых яровыми зерновыми. При этом предполагалось, что надземная биомасса, накопленная к дате обследования, является интегральным показателем агрометеорологических условий вегетационного периода яровых зерновых. Агрометеорологические условия оцениваются по отношению к году-аналогу, в качестве которого был выбран 1986 г. как наиболее урожайный и, следовательно, с наиболее близкими к оптимальным условиям произрастания яровых зерновых. Предварительный расчет урожайности яровой пшеницы, в том числе возделываемой по интенсивной технологии, аналогично /5/, проводится с использованием формулы общего вида

$$Y_1 = Y_a \cdot \frac{B_1}{B_a}$$

где Y_1 — урожайность яровой пшеницы на полях с конкретным агротехническим фоном, ц/га; Y_a — урожайность яровой пшеницы, полученная в год-аналог, ц/га; B_1 — значение надземной биомассы посевов, снятое с куммулятивной гистограммы с учетом площадного участия культуры в общей площади посевов в текущем году, ц/га; B_a — значение надземной биомассы посевов в год-аналог, ц/га.

Таблица 2

Результаты расчета урожайности яровой пшеницы, в том числе возделываемой по интенсивной технологии по данным аэрофотометрических обследований, проведенных в Северо-Казахстанской области

Год	Оценка агрометеорологических условий, %			Урожайность расчетная, ц/га					
			\bar{Y}	350 °С			670 °С		
	350 °С	670 °С		Y_1	Y_2	\bar{Y}	Y_1	Y_2	
1985	86	90	13,1	18,7	14,4	13,7	19,5	15,1	
1987	49	71	7,4	10,6	8,2	10,9	15,6	13,1	

Год	Урожайность фактическая, ц/га				Ошибка расчета, %				
	\bar{Y}			\bar{Y}	350 °С		670 °С		
		Y_1	Y_2		Y_1	Y_2	\bar{Y}	Y_1	Y_2
1985	15,0	19,8	16,8	13	6	14	9	1	10
1987	12,1	16,2	13,6	39	34	39	10	4	11

В табл. 2 обобщены результаты расчетов урожайности яровой пшеницы, в том числе возделываемой по интенсивной технологии, в Северо-Казахстанской области за 1985 и 1987 гг. по данным аэрофотометрических обследований. Оценка агрометеорологических условий проводилась на даты накопления сумм эффективных температур воздуха выше 5°C (от даты массовых всходов яровой пшеницы), равных 350 и 670°C . Рассчитывались три уровня урожайности: общая урожайность (Y), по паровому предшественнику (Y_1), и урожайность с полей, где пшеница — вторая культура после пара (Y_2). В Северо-Казахстанской области в период 1985—1987 гг. площадь полей с яровой пшеницей, высеянной по паровому предшественнику, составляла 23—24 %, а площадь полей, где пшеница — вторая культура после пара — 21—28 %. Ошибка расчета урожайности яровой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии, за 1985 и 1987 гг. на период накопления суммы температур воздуха 350°C колеблется от 6 до 39 %, на период накопления суммы температур воздуха 670°C — от 1 до 11 %. Усовершенствовать расчетную схему можно путем введения в нее блока экстремальных погодных условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зерновой потенциал Казахстана. — Казахстанская правда, 15 марта, 1988.
2. Рекомендации по интенсивной технологии возделывания яровой пшеницы в Казахстане. — Алма-Ата: Кайнар, 1985. — 16 с.
3. Интенсивная технология производства яровой пшеницы. — Алма-Ата: Кайнар, 1986. — 64 с.
4. Рекомендации по освоению интенсивной технологии возделывания яровой пшеницы и проса в условиях Целиноградской области. — Целиноград: изд. Целиноградского обкома КП Казахстана, 1986. — 39 с.
5. Методическое пособие по составлению прогноза урожайности озимых зерновых культур на осушаемых землях Прибалтики и Белоруссии. — М.: Гидрометеониздат, 1979. — 19 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ДОЛГОСРОЧНЫХ И СВЕРХДОЛГОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

В. П. Краснянская

Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт

Одним из важнейших видов агрометеорологической информации являются прогнозы урожайности сельскохозяйственных культур, составляемые с различной заблаговременностью.

Проблеме нахождения количественных показателей, имеющих экологическое содержание и выражающих связь между важнейшими погодными характеристиками и продуктивностью основных сельскохозяйственных культур, посвящены многочисленные исследования. К наиболее изученным культурам можно отнести зерновые, картофель и подсолнечник.

Исследования по разработке прогностических моделей для овощных культур крайне ограничены. За исключением ранее разработанных автором методик прогноза краевой и районной урожайности помидоров в Приморском крае количественные агрометеорологические показатели продуктивности овощных культур для других районов Дальнего Востока отсутствуют.

В связи с тем что раньше в ЦСУ урожай овощных обобщался недифференцированно по культурам, методы прогнозов продуктивности разрабатывались нами в основном для всех овощных культур в целом.

Были оценены вклад температуры, дефицита влажности воздуха и осадков соответствующих периодов в формирование возможной продуктивности овощных культур. При анализе влияния погодных условий на продуктивность посевов кроме основных метеорологических параметров использовались местные генетические типы погоды, выделенные М. Г. Фоминым.

На основе значимости связей между предикторами и предсказуемыми параметрами были выделены показатели для построения статистических моделей прогноза урожайности овощных. При этом учитывались криволинейность связи продуктивности с метеорологическими показателями и внутренняя взаимосвязь между последними.

При отборе различных сочетаний предикторов основное внимание обращалось на оправдываемость прогнозов по расчетным схемам на независимом материале (1983–1986 гг.). Прогнозы оценивались с помощью относительной ошибки в соответствии с утвержденной инструкцией.

Принимая во внимание большую значимость прогнозов урожайности отдельных культур, нами была предпринята попытка, наряду с прогнозом урожайности овощей в целом, разработать расчетные схемы прогноза продуктивности наиболее ценных овощных культур, учитывая при этом существующие ряды урожайности последних.

Агрометеорологические условия Приморского края вполне благоприятны для выращивания большого ассортимента овощных культур. Среди

них возделываются как холодостойкие, так и теплолюбивые растения. Наряду с разработкой методов прогнозов продуктивности овощей в целом нам удалось создать прогностические модели для расчета урожайности помидоров, капусты и моркови — культур, ценных для пищевой промышленности и занимающих значительную часть площадей под овощными.

Корреляционный анализ показал, что урожайность вышеназванных культур, как и овощей в целом, определяется условиями тепло-и влагообеспеченности в отдельные месяцы вегетационного периода. Так, в прогностические схемы урожайности овощей в целом для Приморского края вошли следующие предикторы: средняя температура воздуха в апреле, число дней с умеренно засушливым типом погоды в мае и количество осадков в июне. В одну из расчетных схем были включены декадные данные температуры воздуха в апреле (третья декада) и количества осадков в июне (вторая и третья декады).

Разработанные модели дают возможность рассчитывать будущую продуктивность овощей за три месяца до уборки. Оправдываемость прогнозов на независимом материале составляет около 90 %.

Для расчета средней краевой урожайности помидоров предложено четыре схемы, в которых использованы данные о температуре воздуха в мае, количества осадков в мае и июне, дефиците влажности воздуха в июне. На основе полученных схем прогноз урожая составлялся за два месяца до уборки.

В схемах прогноза урожая капусты использовались средние декадные данные о температуре воздуха в апреле, июне и июле. Заблаговременность составления прогнозов — три и два месяца. Прогноз урожая моркови с заблаговременностью три и четыре месяца разработан на основе учета температуры воздуха в марте и количества осадков в июне. Учитывая то что посев моркови, как и некоторых других овощных культур, осуществляется под зиму, в одно из прогностических уравнений включены данные о средней температуре воздуха во второй декаде ноября и количестве осадков в третьей декаде октября предшествующего года и января текущего. Заблаговременность прогноза 8 месяцев, оправдываемость 92 %.

На Сахалине при исследовании влияния метеорологических условий в годы высоких и низких урожаев овощей в целом было выявлено, что в течение июня — августа в годы, благоприятные для формирования продуктивности, количество осадков по декадам и месяцам было на 10—20 мм больше, средний дефицит влажности воздуха был ниже. Средняя температура воздуха, средняя максимальная и средняя минимальная температуры в годы высоких урожаев в июле соответственно были равны 17,3, 19,6 и 11,1 °С; в годы низких урожаев значения этих температур оказались в среднем на 0,7—1,1 °С ниже. В годы, неблагоприятные для урожая овощей в целом, количество дней с засушливым и умеренно засушливым типами погоды в течение июня — августа по сравнению с благоприятными годами увеличилось на 11 дней.

Давая количественную оценку влияния метеорологических условий на урожайность овощей, мы исходили из общезвестного теоретического положения, что продуктивность посевов определяется совокупностью

связей в системе почва — растение — атмосфера. Все уравнения регрессии, полученные на основе наиболее информативных предикторов, анализировались на предмет возможности практического использования.

В рекомендованные схемы прогноза урожайности овощей в целом, капусты, свеклы и моркови вошли в качестве предсказателей средняя температура воздуха, максимальная и минимальная температура, сумма осадков и дефицит влажности воздуха за отдельные месяцы и декады вегетационного периода. Заблаговременность прогнозов от одного до трех месяцев, оправдываемость 79—90 %.

Климатические условия во всех районах земледелия Камчатки вполне благоприятны для выращивания холодостойких овощных культур. В связи с наличием значительных площадей, отведенных под капусту, доля этой культуры в величине урожая овощных в целом весьма велика. Существует очень тесная зависимость (коэффициент корреляции 0,91) между продуктивностью овощных в целом и капусты, что подтверждается динамикой хода урожайности данных фитоценозов.

Распределение агрометеорологических показателей в наиболее и наименее благоприятные годы для формирования продуктивности посевов позволило выявить различия в исследуемых параметрах. Так, высокие урожаи капусты были получены при средних суммах осадков 20 мм во второй декаде июля, 32 мм в третьей декаде и 89 мм в августе. В годы низких урожаев средние суммы осадков составили соответственно 12, 29 и 50 мм. В годы, благоприятные для формирования продуктивности капусты, средняя температура воздуха была выше и составила в третьей декаде июня 14,0 °С, в первой и второй декадах июля 15,3 и 14,7 °С соответственно, в первой декаде августа 15,0 °С.

В целях оценки совместного влияния метеорологических параметров по этапам формирования продуктивности на конечную урожайность овощей использовался метод множественного корреляционного анализа. По аналогии с другими регионами Дальнего Востока были разработаны статистические модели прогнозов, позволяющие рассчитать будущий урожай за один — три месяца до уборки.

В Магаданской области в соответствии с условиями теплообеспеченности выращиваются малотребовательные к теплу овощные культуры. Более 2/3 всех площадей под овощными занимает капуста.

Наиболее значимые связи продуктивности овощных культур со средней температурой воздуха, максимальной, минимальной температурой и дефицитом влажности воздуха приходятся на июнь и июль. Это период сева, высадки, приживаемости рассады у капусты и формирования вегетативных и генеративных органов корнеплодов. Отмечается тесная зависимость в июле и с числом дней с осадками 0,1 мм и более. На основе выделенных показателей построены расчетные схемы прогноза урожайности овощей в целом и капусты с заблаговременностью один-два месяца.

Заблаговременная оценка ожидаемого урожая имеет неопределимое значение при решении целого ряда практически важных проблем. Повышается эффективность использования природных ресурсов в зависимости от особенностей каждого года за счет более обоснованной структуры посевных площадей и дифференцированной агротехники.

Для создания соответствующих условий формирования будущего урожая немаловажную роль играют метеорологические условия предшествующих периодов, определяемые динамикой атмосферных процессов.

Характеристики крупномасштабных процессов атмосферной циркуляции являются комплексными показателями погодных условий вегетационного периода.

В качестве предсказателей в разработанных нами моделях прогноза использовались индексы атмосферной циркуляции (меридиональной, зональной и общей) по А. Л. Кацу в северной и южной зонах второго синоптического района, индексы Е. Н. Блиновой в северном полушарии, число дней с различными формами циркуляции по классификации А. А. Гирса — Г. Я. Вангенгейма, О. К. Ильинского, а также типы синоптических процессов, выделенные в ДВНИГМИ.

В результате всестороннего анализа выбраны наиболее информативные предсказатели и составлены схемы прогноза, позволяющие рассчитать ожидаемый урожай и валовой сбор с большой заблаговременностью (до 18 месяцев). Разработанные прогностические схемы учитывают изменение культуры земледелия в рассматриваемом регионе. Оперативные испытания разработанных моделей прогнозирования урожайности овощных культур в Приморском, Сахалинском, Камчатском и Колымском управлениях по гидрометеорологии заканчиваются в 1989 г.

В процессе апробации из предлагаемого комплекса прогностических уравнений будут отобраны схемы с более высокой точностью расчетов для внедрения в практику агрометеорологического обслуживания сельского хозяйства в целях повышения его эффективности.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РАЗЛОЖЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПО ЕСТЕСТВЕННЫМ ОРТОГОНАЛЬНЫМ ФУНКЦИЯМ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЧИТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. И. Сверлова, В. А. Матюхина

Хабаровский филиал Гидрометцентра СССР

Изучение колебаний урожайности в Читинской области и изменений характера циркуляции атмосферы над северным полушарием позволило выявить ряд закономерностей, которые были положены в основу разработанного метода прогноза урожайности зерновых культур. Генетические основы хода циркуляционных процессов летом над районами Европы, Сибири Дальнего Востока закладываются в зимний период, предшествующий летнему /5/.

Еще Тейсеран де Бор в 1880 г. исходя из анализа карт среднего месячного давления пришел к выводу, что погода целых сезонов в Европе определяется положением центров действия атмосферной циркуляции (ЦДА). Позже в 1916 г. Б. П. Мультиановский пришел к аналогичному выводу. Это же подтвердил Г. В. Свиныхов /6/ для территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. В северном полушарии существуют следующие ЦДА: 1) полярный циклон (Северный полюс, Арктика), 2) среднеазиатский циклон (Ташкент), 3) азиатский антициклон (Иркутск), 4) летний дальневосточный циклон (точка с координатами $\varphi = 47^\circ$ с. ш. и $\lambda = 125^\circ$ в. д.), 5) охотский антициклон (точка с координатами $\varphi = 55^\circ$ с. ш. и $\lambda = 150^\circ$ в. д.), 6) алеутский циклон (Петропавловск-Камчатский), 7) северо-тихоокеанский антициклон (Гонолулу), 8) канадский антициклон (точка с координатами $\varphi = 66^\circ$ с. ш. и $\lambda = 135^\circ$ з. д.), 9) северо-американский циклон (точка с координатами $\varphi = 35^\circ$ с. ш. и $\lambda = 110^\circ$ з. д.), 10) гренландский антициклон (точка с координатами $\varphi = 72^\circ$ с. ш. и $\lambda = 40^\circ$ з. д.), 11) исландский циклон (Стиккисхоульмур), 12) азорский антициклон (Понта-Дельгада).

Детальное изучение циркуляционных процессов в зимний и летний периоды позволяет выявить определенные зависимости, расчет которых необходим при долгосрочном прогнозировании погодных условий и их влияния на формирование урожайности сельскохозяйственных культур /1-3/.

Нами рассмотрена статистическая связь аномалий температуры воздуха и давления (по приземным картам) в центрах действия атмосферной циркуляции в марте, апреле и мае с урожайностью зерновых культур в Читинской области.

В Читинской области наиболее значимыми с точки зрения влияния на погодные условия и урожайность зерновых оказались первый ($80-50^\circ$ с. ш. и 80° з. д. -0°) и второй ($80-50^\circ$ с. ш. и $160-120^\circ$ з. д.) синоптические районы. В первый район входят гренландский максимум (антициклон) и исландский минимум (циклон), во второй район — алеутский минимум (циклон) и канадский максимум (антициклон).

В этих синоптических районах было выбрано по 20 точек с шагом по долготе 20° , по широте 10° . Для каждой точки последовательно с приземных карт за период 1960–1984 гг. выбирались аномалии температуры воздуха и давления за март, апрель и май. Далее производились разложения индивидуального поля всей совокупности полей по некоторым функциям $X_n(X)$ ($n = 1, 2, \dots$) с коэффициентами $B_i(t)$, изменяющимися от одного поля к другому с течением времени, т. е. от года к году.

Функция $X_n(X)$ выражается через соотношение

$$F(t, x) = \sum B_i(t) X_n(X) \dots \quad (1)$$

Функция $X_n(X)$ определяется по данным совокупности полей (Мещеряка, Клюквин, 1968), свойства и особенности которых характеризуют индивидуальные черты искомых функций. Поэтому функции $X_n(X)$ называют собственными функциями данной совокупности полей или естественными составляющими.

Собственный вектор есть совокупность n чисел. Они являются естественными составляющими, с помощью которых можно представить разложение в ряд аномалий давления $P(X)$ и температуры $T(X)$ в виде

$$P(X) = B_0 + B_1 X_1(X) + \dots + B_n X_n(X), \quad (2)$$

где $X_n(X)$ – естественные составляющие, B_n – коэффициенты разложения. Первый член разложения B_0 – среднее значение поля аномалии давления или температуры, рассчитанное по 20 точкам выбранной сетки. Коэффициенты при последующих членах разложения находятся по формуле

$$B_i = \frac{20}{\sum_{n=1}^{20} P(X) / X_n^2}, \quad (3)$$

где i – индекс, соответствующий данному году.

Первые коэффициенты разложения описывают крупномасштабные процессы. С помощью этих коэффициентов можно представить каждое поле в исходном районе в l точках. Остальные члены разложения, описывающие особенности меньшего масштаба, могут быть опущены.

Для разработки методов прогнозов средней областной урожайности зерновых культур между коэффициентами разложения полей аномалий давления и температуры воздуха по естественным ортогональным функциям (девять рядов по 24 года в каждом) отдельно за каждый месяц и отклонениями от средней урожайности за 1961–1984 гг. устанавливалась множественная корреляционная связь (табл. 1). В качестве предикторов использовались первые 9 коэффициентов разложения полей аномалий температуры воздуха и давления за март, апрель, май, июнь за период с 1960 по 1984 гг. В случае если коэффициенты корреляции оказывались выше 0,70, составлялись уравнения вида

$$Y = K_1(X_1 - \bar{X}_1) + K_2(X_2 - \bar{X}_2) + \dots + K_n(X_n - \bar{X}_n) + \bar{Y} + \Delta Y_{it}. \quad (4)$$

Таблица 1

Уравнение для прогноза урожайности сельскохозяйственных культур в Читинской области с использованием коэффициентов разложения метеорологических полей по естественным ортогональным функциям

Уравнение	Номер уравнения	Коэффициент корреляции	$X \sigma$	Ошибка уравнения S	S/σ	Обеспеченность, %
Пшеница						
$y = -0,99x_1 - 0,07x_2 - 0,09x_3 + 9,28 + \Delta Y_{it}$ $x_1 - \Delta P$ (IV) - 10 коэф. (II район) $x_2 - \Delta P$ (III) - 2 коэф. (II район) $x_3 - \Delta P$ (III) - 3 коэф. (II район)	(1)	0,82	1,61	1,39	0,58	78
$y = -1,0x_1 - 0,43x_2 - 0,11x_3 + 9,28 + \Delta Y_{it}$ $x_1 - \Delta P$ (IV) - 10 коэф. (II район) $x_2 - \Delta T$ (III) - 4 коэф. (I район) $x_3 - \Delta P$ (III) - 3 коэф. (II район)	(2)	0,90	1,61	1,08	0,45	86
Овес						
$y = -0,18x_1 + 0,43x_2 - 0,21x_3 + 7,38 + \Delta Y_{it}$ $x_1 - \Delta T$ (III) - 2 коэф. (I район) $x_2 - \Delta T$ (III) - 6 коэф. (I район) $x_3 - \Delta P$ (IV) - 6 коэф. (I район)	(3)	0,74	1,21	1,25	0,69	74

Зерновые культуры

$y = -0,88x_1 - 0,19x_2 - 0,12x_3 + 7,83 + \Delta Y_{it}$ $x_1 - \Delta P$ (III) - 10 коэф. (II район) $x_2 - \Delta T$ (III) - 2 коэф. (I район) $x_3 - \Delta P$ (IV) - 4 коэф. (II район)	(4)	0,90	1,13	0,76	0,45	97
$y = -0,15x_1 + 0,19x_2 - 0,20x_3 - 0,09x_4 + 7,83 + \Delta Y_{it}$ $x_1 - \Delta T$ (III) - 2 коэф. (I район) $x_2 - \Delta P$ (IV) - 5 коэф. (I район) $x_3 - \Delta P$ (IV) - 6 коэф. (I район)	(5)	0,79	1,13	1,05	0,62	78

Примечания. 1. Поправка к урожайности на использование интенсивной технологии возделывания зерновых ΔY_{it} учитывается начиная с 1987 г. Поправка ΔY_{it} в 1987 г. составила для зерновых культур 3,1 ц/га, для пшеницы 6,9 ц/га. 2. Эта поправка должна уточняться ежегодно в течение 10 лет (с 1987 по 1997 г.) путем ее осреднения за все предыдущие годы начиная с 1987 г.

Здесь Y – урожайность сельскохозяйственных культур на текущий год, ц/га; $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ – коэффициенты регрессии уравнения; $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ – коэффициенты разложения полей аномалий температуры или давления по ЕОФ; \bar{X} – средние многолетние коэффициенты разложения полей по ЕОФ; \bar{Y} – средняя многолетняя урожайность, ц/га; ΔY_{ij} – поправка к урожайности на использование интенсивной технологии возделывания зерновых.

Расчет коэффициентов разложения метеорологических полей по естественным ортогональным составляющим осуществлялся с применением ЭВМ по формуле

$$B_i = \sum_{j=1}^{n=20} \Delta T_j X_{ij} \quad (5)$$

где i – номер собственного вектора и коэффициента разложения, j – номер точки поля.

Расчет осуществлялся в следующем порядке: 1) выписывались значения ΔP и ΔT по соответствующим секторам; 2) вычислялись отклонения ΔT и ΔP текущего года от средних многолетних значений ΔP и ΔT ; 3) рассчитывались коэффициенты разложения как сумма произведений $\Delta \Delta T$ или $\Delta \Delta P$ на соответствующий вектор в каждой точке j .

В формулу (4) введена поправка к урожайности на использование интенсивной технологии. Под интенсивной технологией понимается использование высокоурожайных сортов и высококачественных семян при севе, размещение культур по лучшим предшественникам, внедрение научно обоснованных севооборотов, осуществление мероприятий по накоплению и рациональному использованию влаги, оптимизация питания растений, включая дробное внесение удобрений в течение вегетации на основе оперативной диагностики, применение комплексной защиты растений от сор-

Таблица 2

Оправданность прогноза урожайности сельскохозяйственных культур в Читинской области с использованием коэффициентов разложения метеорологических полей по естественным ортогональным функциям

Год	Номер уравнения	Y_{ϕ}	$Y_{\text{пр}}$	$\frac{Y_{\text{пр}} - Y_{\phi}}{Y_{\phi}} \cdot 100$	Оправданность прогноза, %
Пшеница					
1985	(1)	10,6	10,6	2,0	98,0
1986		13,6	11,8	13,0	87,0
1985	(2)	10,8	9,7	10,2	89,8
1986		13,6	11,0	19,0	81,0
Овес					
1985	(3)	9,5	7,8	18,0	82,0
1986		10,3	9,8	5,0	95,0
Зерновые культуры					
1985	(4)	9,4	7,7	18	92,0
1986		11	9,2	16	84,0
1985	(5)	9,4	9,8	4,0	96,0
1986		11	9,2	16,4	83,0

няков, болезней и вредителей, использование регуляторов роста, своевременное проведение уборочных работ, внедрение коллективного подряда и др.

Перед составлением прогноза необходимо уточнить в агропроме площади, на которых применяется интенсивная технология, а затем ввести в формулу (4) поправку (в ц/га) к урожайности, ожидаемой в текущем году в зависимости от прибавки урожая на 1 ц/га в результате использования интенсивной технологии.

Проверка оправданности данного метода производилась на независимом материале 1985 и 1986 гг. (табл. 2). Из табл. 2 следует, что оправданность прогнозов составляет 81–98 %. Это свидетельствует о целесообразности использования для прогноза средней областной урожайности зерновых культур в Читинской области в качестве предикторов коэффициентов разложения полей аномалий давления ΔP и температуры воздуха ΔT в выделенных секторах по естественным ортогональным функциям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксарина Е. А., Пасов В. М. Закономерности распространения метеорологической составляющей урожая яровой пшеницы по территории СССР. – Труды ВНИИГМИ–МЦД, 1977, вып. 36, с. 41–50.
2. Мещерская А. В., Руховец Л. В., Юдин М. И., Яковлева Н. И. Естественные составляющие метеорологических полей. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 199 с.
3. Пасов В. М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 128 с.
4. Полевой А. И. О прогнозе случайной составляющей временных рядов урожайности ярового ячменя. – Метеорология и гидрология, 1975, № 4, с. 84–90.
5. Сверлова Л. И. Сельскохозяйственная оценка продуктивности климата Восточной Сибири и Дальнего Востока и трассы БАМ для ранних яровых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 160 с.
6. Свиных Г. В. Сплайноско-статистический метод долгосрочных прогнозов на Дальнем Востоке. – Труды ДВНИИ, 1977, вып. 65.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ БОЛЬШОЙ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТИ В КАЗАХСТАНЕ

Г. Н. Чичасов

Казахский научно-исследовательский гидрометеорологический институт

Для целей перспективного планирования сельскохозяйственных мероприятий важное значение могут иметь прогнозы урожайности яровой пшеницы на пятилетие, с детализацией по годам. Надежные прогнозы с такой большой заблаговременностью позволили бы скорректировать структуру посевных площадей, перераспределить рабочую силу и технику.

Производство яровой пшеницы в Казахстане существенно зависит от погодных условий вегетационного периода [1, 3, 5]. В северных и западных районах Казахстана в благоприятные годы урожай могут достигать 15–18 ц/га. Сильные засухи снижают урожай пшеницы до 3–5 ц/га (а иногда и ниже) при средней урожайности 7–9 ц/га. Такие обстоятельства создают необходимые предпосылки для исследования условий формирования урожая яровой пшеницы и его прогнозирования. Этому способствует и тот факт, что 70-е годы и начало 80-х годов отличались повышенной повторяемостью засушливых и переувлажненных периодов в различных странах мира [6, 10]. Эта тенденция проявилась и в Казахстане в 1981–1985 гг., когда урожайность яровой пшеницы была значительно ниже средней многолетней.

Существенным моментом в разработке статистических методов прогнозирования урожайности является определение ее временного тренда, обусловленного агротехническими мероприятиями. В исследованиях, посвященных этим вопросам, обычно предполагают, что до 1930 г. агротехника возделывания яровой пшеницы практически не менялась. Влияние на урожайность культуры земледелия начинает заметно проследиваться только с середины 40-х годов. Хотя ежегодный прирост урожайности осуществлялся неравномерно, его в первом приближении можно аппроксимировать линейной зависимостью. В последующих расчетах использовались не сами значения урожайности яровой пшеницы, а их отклонения от тренда, выраженные в процентах. Это позволило в какой-то мере устранить влияние нестационарности исследуемого ряда.

Как показали исследования, снижение урожайности в Казахстане в подавляющем большинстве случаев обуславливается засушливыми явлениями. Агротехнические мероприятия, выбранные в соответствии с ожидаемой погодой, могут значительно уменьшить снижение урожая в неблагоприятные годы и тем самым придать ежегодным урожаям большую устойчивость. Однако следует отметить, что применение даже самых передовых агротехнических приемов возделывания яровой пшеницы не может полностью нейтрализовать воздействие неблагоприятных погодных условий, поэтому урожайность в такие годы все-таки ощутимо понижается. Подтверждением этому служит и то, что изменчивость урожайности яровой пшеницы после 40-х годов по сравнению с более ранним периодом увеличилась [3].

Для прогноза урожайности яровой пшеницы в качестве основных предикторов использовалась повторяемость числа дней с типами атмосферной циркуляции W, C, E по Г. Я. Вангенгейму. Как известно, эта типизация отражает основные характеристики крупномасштабных атмосферных процессов, происходящих в атлантико-европейском секторе и над Западной Сибирью. Она тесно связана с такими климато- и погодообразующими факторами, как океаническая циркуляция, термический и ледовый режим морей и океанов, облачность и др. Кроме того, наличие каталога однородных данных по этой типизации более чем за 90-летний период дает широкие возможности для статистических разработок долгосрочных прогнозов погоды.

Для определения взаимосвязи между урожайностью яровой пшеницы и показателями атмосферной циркуляции рассчитывались коэффициенты корреляции W, C, E (по Вангенгейму) за 67 предшествующих месяцев. Взятый интервал дает возможность проследить влияние не только сверхдвухлетней цикличности в ходе атмосферных процессов, но также учесть влияние предикторов с гораздо большей заглаговременностью. Корреляционному анализу были подвергнуты 97-летние ряды за период 1981–1987 гг. Оказалось, что использование в статистических схемах прогноза предикторов с заглаговременностью более двух лет малоэффективно, так как значительная часть коэффициентов корреляции между значениями урожайности и характеристиками циркуляции с большой заглаговременностью или равнялись нулю, или лишь незначительно отличались от него. Иными словами, нами не обнаружены достаточно надежные связи, которые можно было бы включить в разрабатываемую схему прогноза. Само собой разумеется, что данное утверждение относится только к той форме зависимости, о которой упоминалось выше, т. е. к линейной корреляционной зависимости, и вовсе не отрицает наличие между урожайностью и типом циркуляции других, более сложных, форм связей.

Предположим, что анализируемые временные ряды некоррелированы или слабо коррелированы только вследствие того, что компоненты низкой и высокой частот имеют противоположные знаки связи. Для проверки этой гипотезы применим метод взаимного спектрального анализа, являющийся рабочим аппаратом исследования линейных динамических систем. Согласно [2], автокорреляционная функция случайной переменной определялась по формуле

$$\rho(\tau) = \frac{1}{\sigma^2(N-\tau)} \sum_{i=1}^{N-\tau} x_i x_{i+\tau}, \quad \tau = 0, 1, \dots, n, \quad (1)$$

где x_i — значение отклонений переменной с номером i ; τ — величина сдвига; N — число членов временного ряда; σ^2 — дисперсия переменной.

Для получения несмещенных оценок расчеты выполнялись без фильтрации исходных данных. Согласно рекомендациям ВМО, оптимальными являются коррелограммы со сдвигом не более чем на треть длины ряда, что в нашем случае составляет 32 года. Однако здесь этот интервал был увеличен еще на 18 лет, т. е. почти до половины длительности каждой совокупности.

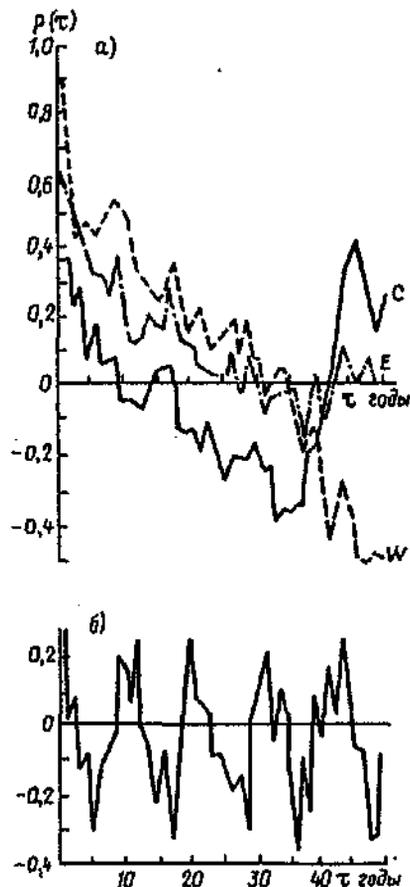


Рис. 1. Автокорреляционные функции $p(\tau)$ годового числа дней с разными типами атмосферной циркуляции (а) и урожайности яровой пшеницы (б) в Казахстане.

На рис. 1 а приведены автокорреляционные функции годового числа дней с разными типами атмосферной циркуляции (по Вангенгейму). На коррелограмме числа дней с широтным типом атмосферных процессов (W) довольно отчетливо проявляются 4, 6, 7-летние циклы, а с типом С — колебания длительностью 2, 13 и 23 года. Амплитуда колебаний продолжительностью 9–11 лет невелика, лишь немного превышает общий уровень „шума“, что необходимо учитывать при дальнейших расчетах. Максимум плотности вероятности годового числа дней с атмосферной циркуляцией типа E приходится на 2, 6, 11, 12 и 16-летние колебания.

Автокорреляционная функция урожайности яровой пшеницы в Казахстане приведена на рис. 1 б. Прежде всего следует отметить, что квазидвухлетняя цикличность, имеющая планетарный характер и поэтому наиболее часто встречающаяся в природе, на коррелограмме почти не выделяется над общим уровнем „шума“. Эта странная на первый взгляд ситуация в /5/ объясняется тем, что в географических процессах квазидвухлетняя цикличность, как правило, более четко прослеживается в холодное полугодие.

В формировании же урожайности яровой пшеницы основная роль, как известно, принадлежит погодным условиям теплого периода.

Как видно из рис. 1 б, максимум плотности вероятности приходится на 6, 10–13 и 16–18-летние колебания. Циклы длительностью 6, 10–13 и 22 года по происхождению обычно относят к солнечным, причем первый часто рассматривается как результат проявления двух последних и в особенности 11-летнего. Максимальная амплитуда наблюдается у 16–18-летних колебаний, которые по продолжительности лежат между солнечным (9–13 лет) и вулканическим (19 лет) циклами. Причины образования этого цикла не ясны. Скорее всего здесь имеет место совместное влияние целого ряда факторов, в том числе и автоколебаний в системе атмосфера–океан – полярные льды. В области частот от 25 до 50 лет, относимой к брикнеровскому диапазону, наиболее четко прослеживаются циклы длительностью 33, 38, 41–45 и 49 лет. Последние циклические колебания урожайности яровой пшеницы, как видно из коррелограммы, имеют небольшую амплитуду и вследствие этого малонадежны. Здесь мы встречаемся с трансформацией длительности циклов, выражающейся в разложении основных колебаний на ансамбли обертонов, чаще всего октавных. Отметим, что большое число циклов и обертонов, а также неполная ясность механизма их формирования затрудняет анализ генезиса циклов и создает зачастую непреодолимые трудности в их физической интерпретации.

В многолетнем ходе урожайности яровой пшеницы и характеристик атмосферной циркуляции отмечаются колебания и одинаковой продолжительности, которые, по-видимому, вызваны одними и теми же причинами. Это позволяет ожидать возникновение статистически значимых пиков в ходе взаимных спектральных функций. Спектральная плотность оценивалась по автокорреляционной функции

$$S_K = 1/\tau_n \left\{ \rho(0) + 2 \sum_{\tau=1}^{\tau_n} \rho(\tau) \lambda_{\tau} \cos \frac{\pi K \tau}{\tau_n} \right\}, \quad (2)$$

$$K = 0, 1, \dots, \tau_n,$$

$$f = \frac{K}{2 \tau_n} (\Delta \tau)^{-1}. \quad (3)$$

Здесь λ – весовая функция, применяющаяся для сглаживания $\rho(\tau)$, f – циклическая частота в точке с номером K , $\Delta \tau$ – интервал дискретности, равный одному году.

Коспектр $S_K^{(1,2)}$, являющийся мерой вклада колебаний различных частот в общую взаимную корреляцию двух временных рядов с нулевым запаздыванием, определяется, как и в [2], по выражению

$$S_K^{(1,2)} = \frac{1}{\tau_n} \left\{ \rho_0^{(1,2)} + \sum_{\tau=1}^{\tau_n} (\rho_{\tau}^{(1,2)} + \rho_{\tau}^{(2,1)}) \lambda_{\tau} \cos \frac{\pi K \tau}{\tau_n} \right\}. \quad (4)$$

Из определения коспектра видно, что он характеризует только синхронные зависимости.

Квадратурный спектр $S_K^{(2,1)}$, отражающий вклад различных гармоник в суммарную корреляцию двух рядов, когда гармоники первого ряда сдвинуты относительно второго на четверть периода T , находится по формуле

$$S_K^{(2,1)} = \frac{1}{\tau_n} \left\{ \sum_{\tau=1}^{\tau_n} \lambda (\rho_{\tau}^{(1,2)} - \rho_{\tau}^{(2,1)}) \sin \frac{\pi K \tau}{\tau_n} \right\}. \quad (5)$$

Анализ результатов наших расчетов показал, что значения коспектров почти повсеместно превышают величины квадратурных спектров. И те, и другие указывают на то, что большая доля ковариации сосредоточена на низких частотах, т. е. основной вклад во взаимосвязь между характеристиками крупномасштабных циркуляционных процессов и урожайностью яровой пшеницы в Казахстане вносят длиннопериодные колебания.

Для решения поставленных задач целесообразно использовать не сами значения $S_K^{(1,2)}$ и $S_K^{(2,1)}$, а их производные величины — коэффициент когерентности

$$R_K^2 = \frac{[S_K^{(1,2)}]^2 + [S_K^{(2,1)}]^2}{S_K^{(1)} S_K^{(2)}} \quad (6)$$

и фазовый спектр

$$\varphi_K = \text{arctg} \frac{S_K^{(2,1)}}{S_K^{(1,2)}}. \quad (7)$$

Первый характеризует тесноту связи двумерного нормального случайного процесса на различных частотных диапазонах, при этом чем ниже уровень „шума“ в системе, тем больше коэффициент когерентности, и наоборот. Второй показывает величину угла запаздывания одного ряда относительно другого на различных частотах: при $\varphi_K = 0^\circ$ между двумя рядами наблюдается прямая связь, а при $\varphi_K = 180^\circ$ — обратная.

Как видно из рис. 2, средняя республиканская урожайность яровой пшеницы в Казахстане коррелирует с типами атмосферной циркуляции в основном только в области низкочастотных колебаний. Так, например, урожайность статистически связана с широтным типом циркуляции (W) на флуктуациях 18, 7, 5, 3 и 2 года. График спектра фаз показывает, что из данных связей только вторая обратная, а остальные прямые. Наиболее тесные связи между урожайностью и атмосферной циркуляцией типа С наблюдаются на циклических частотах 0,04, 0,10, 0,15, 0,19, 0,23, 0,26, 0,33, 0,36, 0,39, 0,40, 0,44, 0,49, которые соответствуют периодам 25, 11, 5 — 2 года. Статистически значимые коэффициенты когерентности между урожайностью и меридиональной формой циркуляции типа Е отмечаются при колебаниях 18, 7 и 5 — 2 года. Следует отметить, что фазовые диаграммы форм циркуляции С и Е, за исключением начального участка, имеют почти противоположный ход. Это позволяет сделать вывод, что рассматриваемые колебания происходят в противофазах.

Согласно [2], доверительная граница когерентности β при уровне вероятности P определялась по формуле

$$\beta = \sqrt{1 - P^{1/(n-1)}}. \quad (8)$$

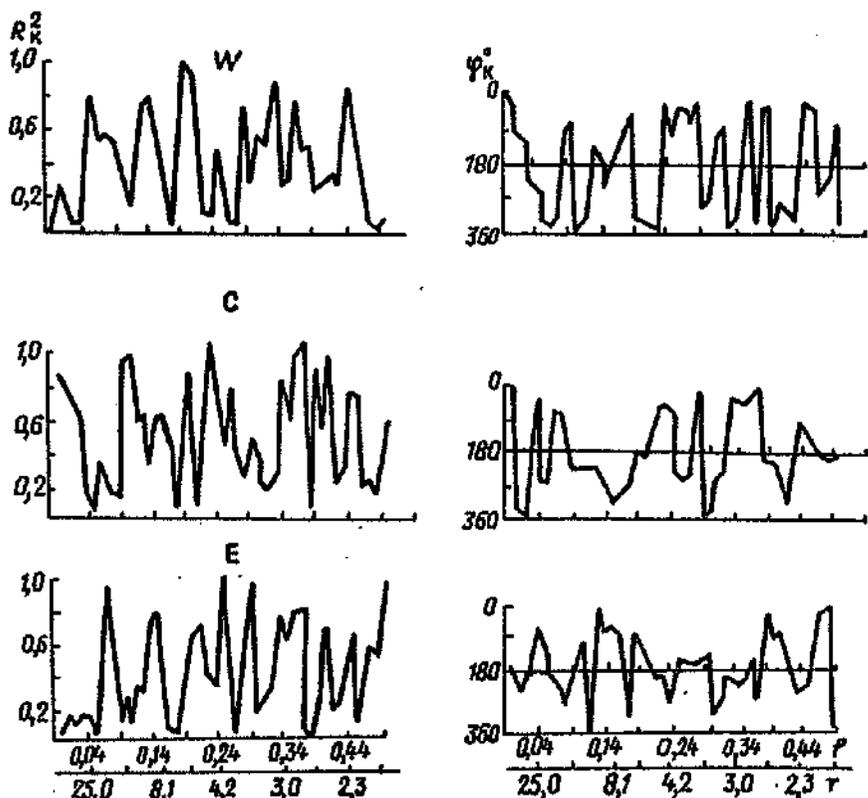


Рис. 2. Спектры когерентности R_K^2 и фаз φ_K^0 между урожайностью яровой пшеницы в Казахстане и типами атмосферной циркуляции.

f — частота колебаний, T — период колебаний (годы).

где ν — число степеней свободы, равное

$$\nu = \frac{2N - (\tau/2)}{\tau} \quad (9)$$

Как видно из этих формул, надежность коэффициента когерентности повышается при увеличении отношения числа наблюдений к величине запаздывания. При оценке параметров генеральной совокупности по результатам выборочных наблюдений нами принимался 5 %-ный уровень значимости. В схему расчета средней республиканской урожайности яровой пшеницы включались лишь те коэффициенты когерентности, которые были равны или превышали свои критические значения при принятом пороге доверительной вероятности и числе степеней свободы.

Стационарные временные ряды — характеристики крупномасштабных атмосферных процессов и средняя республиканская урожайность яровой пшеницы связаны между собой уравнением

$$U(t) \approx a + bx(t) + e(t), \quad (10)$$

где a и b — параметры совокупности, не зависящие от времени и определяющие регрессионные соотношения $e(t)$ — случайная компонента. Данная модель рассчитана на учет не всех возможных временных сдвигов, а только тех, которые кратны 0 или 180° , поэтому величины $x(t)$ и $U(t)$ должны обязательно быть либо в фазе ($b > 0$), либо в противофазе ($b < 0$).

Прогноз средней республиканской урожайности яровой пшеницы в Казахстане составляется в конце августа — начале сентября на каждый год пятилетнего периода. При этом предполагается, что структура посевных площадей в течение времени остается неизменной. Самая минимальная заблаговременность прогноза — один год, т. е. прогноз урожайности на будущий год составляется в конце лета — начале осени текущего. Предсказания по мере поступления новой информации каждый год уточняются. Так, например, прогноз на последний год пятилетки будет уточняться пять раз. Авторские прогнозы урожайности яровой пшеницы начали составляться по разработанной методике с 1984 г. и имели вполне удовлетворительную оправдываемость (82, 86 и 71 % соответственно), что дает основание считать ее методически обоснованной и прогностически значимой.

Используемый нами спектральный метод имеет целый ряд преимуществ над обычной линейной множественной регрессией, особенно для тех рядов, в которых с изменением частоты существенно меняется отношение между сигналом и шумом. Немаловажное значение имеет также то, что спектральные модели могут успешно применяться и для анализа рядов с сильной нестационарностью. Кроме того, применение различных численных фильтров позволяет осуществлять корректировку влияния инструментальных частотных характеристик, что в конечном счете повышает качество предсказаний.

Опыт применения спектральной модели для прогноза средней республиканской урожайности яровой пшеницы в Казахстане на пятилетие с детализацией по годам уже начал и дал обнадеживающие результаты. Реальные возможности усовершенствования методики можно видеть в дифференциации прогностических указаний годовой заблаговременности по административным областям Казахстана. Все дальнейшие уточнения будут предметом самостоятельных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копыт А. Д., Ваганова Т. М. Зависимость урожая яровой пшеницы от условий водоснабжения в Северном Казахстане. — Труды КазНИГМИ, 1971, — вып. 47, с. 3—16.
2. Кэндэлл Н. Дж., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. — М.: Наука, 1976. — 736 с.
3. Покровская Т. В., Чичасов Г. Н. Опыт прогнозирования урожая яровой пшеницы в Северном Казахстане с использованием данных по атмосферной циркуляции и солнечной активности. — Труды КазНИИ: Госкомгидромета, 1982, вып. 83, с. 104—114.
4. Строганова М. А. Математическое формирование качества урожая. — Л.: Гидрометеондат, 1986. — 151 с.

5. Ч и ч а с о в Г. Н. Опыт сверхдолгосрочного прогнозирования урожайности яровой пшеницы в Северном Казахстане. — Труды КазНИИ Госкомгидромета, 1987, вып. 98, с. 34–44.

6. Н и т т е r G. L., W o o d r y f f D. R., R o b i n s o n T. B. Effects of climatic variability and possible climatic change on reliability of wheat cropping — a modelling approach. — Agr. and Forest. Meteorol. — 1987, v. 41, N 1–2, p. 123–142.

7. М о r e y E. R. Desertification from an economic perspective. — Sci. Total Environ, 1986, 55, p. 101–110.

8. R i c h a r d s o n C. W. Weather simulation for crop management models. — Trans. ASAE, 1985, v. 28, N 5, p. 1602–1606.

9. S o l a n e s M. R. Legislative approaches to drought management. — Natur. Resour. Forum., 1986, v. 10, N 4, p. 373–378.

10. T o t h E. Az élelmisztertermeléshez kapcsolódó agrometeorológiai kutatások cvitzedünkben. — Kőjaras., 1987, v. 91, N 2–3, p. 80–87.

НОВЫЙ МЕТОД АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

М. А. Строганова

Всесоюзный научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной метеорологии

Повышение качества сельскохозяйственной продукции является одной из важнейших задач сельскохозяйственного производства. Вклад агрометеорологической науки в решение этой задачи состоит в разработке методов прогноза качества хозяйственно ценной части урожая сельскохозяйственных культур и внедрении их в практику агрометеорологического обслуживания сельского хозяйства.

Метод прогноза качества зерна яровой пшеницы, основанный на оценке с помощью динамической модели агрометеорологических условий формирования качества, разработан впервые как динамико-статистический [1], предполагающий использование тренда. Расчеты показали, что отклонения тренда от фактических показателей качества часто превышает 1% (по белку). Поэтому представляет интерес исследовать возможность прогноза качества зерна, основываясь только на расчетах по модели для условий конкретного года.

Теоретическая основа метода.

Теоретической основой метода является динамическая модель формирования качества урожая зерновых культур, разработанная на основе представленной ранее модели [2, 3]. Модель использована для расчета содержания азота в отдельных органах (листьях; стеблях, корнях и колосе) и сухой массы органов на момент цветения. Содержание белка, клейковины и крахмала в зерне и сухая масса зерна оцениваются в период формирования и налива зерна.

Скорость синтеза структурного белка в зерне описывается уравнением

$$N_{pr}^{str} = \begin{cases} K_N^1 N_{pr}^{str} Q_{10g} & \text{при } t_0 \leq t < t_{lin}, \\ 0 & \text{при } t_{lin} \leq t \leq t_{vs}, \end{cases} \quad (1)$$

где N_{pr}^{str} — содержание структурного белка, г $N \cdot m^{-2}$; K_N^1 — удельная скорость синтеза белка при оптимальной для роста зерна температуре, $сут^{-1}$; Q_{10g} — температурный коэффициент роста, безразмерный; t_0 — момент начала экспоненциального роста зерна; t_{lin} — момент начала линейного роста зерна; t_{vs} — момент восковой спелости.

Скорость синтеза структурных углеводов описывается аналогичным уравнением

$$\dot{C}_c^{str} = \begin{cases} K_C^1 C_c^{str} Q_{10g} & \text{при } t_0 \leq t < t_{lin}, \\ 0 & \text{при } t_{lin} \leq t < t_{vs}, \end{cases} \quad (2)$$

где C_c^{str} — содержание структурных углеводов в зерне, г $C \cdot M^{-2}$; K_C^1 — удельная скорость синтеза структурных углеводов, $сут^{-1}$.

В начальный период роста зерна скорость синтеза, как правило, не лимитирована субстратами. Поэтому в уравнениях (1) и (2) субстратная регуляция не предусмотрена. В период линейного роста зерна обеспеченность субстратами существенно влияет на скорость синтеза запасов. Это обстоятельство учитывается в модели в помощью параметра эндогенной регуляции, характеризующего соотношение скоростей синтеза крахмала и белка.

Для описания скорости синтеза запасного белка используется уравнение

$$N_{pr}^{stor} = \begin{cases} 0 & \text{при } t_0 \leq t < t_{lin}, \\ K_N^2 Q_{10N} & \text{при } P_{stN}^{min} \leq P_{stN} \leq P_{stN}^{max}, \\ N_{pulg} & \text{при } P_{stN} > P_{stN}^{max}, \\ K_C^2 Q_{10st} / P_{stN}^{min} & \text{при } P_{stN} < P_{stN}^{min}, t_{lin} \leq t < t_{vs}. \end{cases} \quad (3)$$

Здесь N_{pr}^{stor} — содержание запасного белка, г $N \cdot M^{-2}$; K_N^2 — скорость синтеза запасного белка, г $N \cdot M^{-2} \cdot сут^{-1}$; Q_{10N} — температурный коэффициент синтеза запасного белка, безразмерный; N_{pulg} — скорость поступления аминокислот в систему синтеза белка, г $N \cdot M^{-2} \cdot сут^{-1}$; K_C^2 — скорость синтеза запасного крахмала, г $C \cdot M^{-2} \cdot сут^{-1}$; Q_{10st} — температурный коэффициент синтеза запасного крахмала, безразмерный; P_{stN} — параметр, характеризующий приращение крахмала на единицу приращения белка, г $C (г N)^{-1}$; P_{stN}^{min} — минимально возможное для данного вида и сорта значение параметра P_{stN} , г $C (г N)^{-1}$; P_{stN}^{max} — максимально возможное для данного вида и сорта значение параметра P_{stN} , г $C (г N)^{-1}$.

Скорость синтеза запасного крахмала записывается в виде

$$C_{st}^{stor} = \begin{cases} 0 & \text{при } t_0 \leq t < t_{lin}, \\ K_C^2 Q_{10st} & \text{при } P_{stN}^{min} \leq P_{stN} \leq P_{stN}^{max}, \\ C_{pulg} & \text{при } P_{stN} < P_{stN}^{min}, \\ K_N^2 Q_{10N} P_{stN}^{max} & \text{при } P_{stN} > P_{stN}^{max}, t_{lin} \leq t < t_{vs}. \end{cases} \quad (4)$$

где C_{st}^{stor} — содержание запасного крахмала, г $C \cdot M^{-2}$; C_{prg} — скорость поступления свободных углеводов в систему синтеза крахмала, г $C \cdot M^{-2} \times X \cdot CУТ^{-1}$.

Сухая масса зерна в период его формирования определяется массой структурных белков и углеводов, в период налива — массой запасного белка и крахмала:

$$M_g = \begin{cases} N_{pr}^{str} k_{pr}^1 + C_c^{str} k_c & \text{при } t_0 \leq t < t_{in}, \\ N_{pr}^{stor} k_{pr}^2 + C_{st}^{stor} k_c & \text{при } t_{in} \leq t \leq t_{vs}, \end{cases} \quad (5)$$

где M_g — сухая масса зерна, г M^{-2} ; k_{pr}^1 — коэффициент для пересчета на массу структурного белка, г белка $\cdot (rN)^{-1}$; k_c^2 — коэффициент для пересчета на массу запасного белка, г белка $\cdot (rN)^{-1}$; k_c — коэффициент для пересчета на массу углеводов, г CH_2O $(rC)^{-1}$.

Содержание клейковины, а также процентное содержание белка, клейковины и крахмала рассчитывается как описано в [1].

Скорость изменения содержания структурного азота в вегетативных органах зависит от скорости гидролиза белка:

$$\dot{N}_i^{str} = -K_i^h N_i^{str} \quad \text{при } t_0 \leq t < t_{vs}, i \in l, s, p, r, \quad (6)$$

где N_i^{str} — содержание структурного азота в i -м органе, г $N \cdot M^{-2}$; K_i^h — удельная скорость распада белка, $сут^{-1}$; l — листья, s — стебли, p — колосья, r — корни.

Метаболически активная масса вегетативных органов в период формирования и налива зерна рассчитывается по уравнению

$$M_i = N_i^{str} X_i k_{pr}^1, \quad \text{при } t_0 \leq t < t_{vs}, \quad i \in l, s, p, r, \quad (7)$$

где M_i — метаболически активная масса, г M^{-2} ; X_i — отношение метаболически активной массы к массе белка i -го органа на момент цветения, г (г-белка) $^{-1}$.

Скорость изменения содержания свободных углеводов в пуле определяется интенсивностью фотосинтеза и метаболическими затратами:

$$\dot{C}_{prg} = \begin{cases} \sum_k P_k - \sum_i R M_i - R_g - C_c^{str} & \text{при } t_0 \leq t < t_{in}, \\ \sum_k P_k - \sum_i R M_i - R_g - C_{st}^{stor} & \text{при } t_{in} \leq t < t_{vs}, \\ k \in l, s, p, \quad i \in l, s, p, r. \end{cases} \quad (8)$$

где P_k — скорость фотосинтеза k -го органа, г $\text{С} \cdot \text{М}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$; RM_i — скорость дыхания поддержания i -го органа, г $\text{С} \cdot \text{М}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$; R_g — затраты на дыхание зерна, г $\text{С} \cdot \text{М}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$.

Скорость изменения содержания азота в пуле зависит от скорости распада белка вегетативных органов и скорости включения азота в белки зерна:

$$N_{\text{пулг}} = \begin{cases} \sum_i K_i^h N_i^{\text{str}} - N_{\text{пр}}^{\text{str}} & \text{при } t_0 \leq t < t_{\text{lin}}, \\ \sum_i K_i^h N_i^{\text{str}} - N_{\text{пр}}^{\text{str}} & \text{при } t_{\text{lin}} \leq t < t_{\text{vs}}, \\ i \in l, s, r, p. \end{cases} \quad (9)$$

Фотосинтез и дыхание описываются как в [1-3].

Переменными состояния субмодели зерна являются: содержание структурного белка зерна и вегетативных органов, содержание структурных углеводов зерна, содержание запасного белка и крахмала зерна. Вспомогательные переменные: сухая масса зерна и метаболически активная масса вегетативных органов. Переменные скорости: скорость изменения содержания углеводов и азота в пулах.

Сухая масса вегетативных органов и содержание в них азота определяются в субмодели роста как функция уже накопленного в растущем органе азота и обеспеченности растения азотом и углеводами.

Для расчета показателей качества зерна решается численно методом Эйлера первого порядка точности системы дифференциальных уравнений, описывающих рост растения в период от всходов до цветения, формирование и налив зерна в период от цветения до восковой спелости и динамику азота в почве в течение вегетационного периода. Программа для реализации алгоритма решения задачи написана на языке Фортран-IV.

Метод может быть реализован для прогноза качества зерна на отдельном поле, в пределах сельскохозяйственного микрорайона и области.

Необходима следующая исходная информация: географическая широта, содержание общего азота в почве (% сухой массы почвы), наименьшая влагоемкость почвы, полная влагоемкость, влажность завядания (% сухой массы почвы), плотность почвы ($\text{г} \cdot \text{см}^{-3}$). Для конкретного года используются начальные данные: дата всходов, начальная густота стояния растений (на 1 м^2), общее число стеблей (на 1 м^2), число продуктивных стеблей (на 1 м^2), число колосков в колосе в фазу колошения, суммы эффективных температур, накопившихся от всходов до кущения, от всходов до колошения, от всходов до цветения, от всходов до восковой спелости.

До даты колошения используется декадная агрометеорологическая информация текущего года: число часов солнечного сияния, средняя суточная температура воздуха, максимальная температура воздуха, минимальная температура воздуха, средняя суточная температура почвы на глубине 20 см, запасы продуктивной влаги в почве (мм) по слоям: 0-20, 0-50 и 0-100 см.

Начиная с даты колошения вводится либо декадная средняя многолетняя информация, либо информация, основанная на прогнозе погоды на предстоящий срок.

Метод: испытывался в производственных условиях в Оренбургской области для прогнозирования средневзвешенного по области содержания белка в зерне.

Абсолютная и относительная оправдываемость прогноза рассчитывалась по методике Е. С. Улановой. В 1986 г. относительная ошибка прогноза белковости зерна при расчете без привлечения тренда составила 3,6 %, абсолютная — 0,36, оправдываемость — 94,4 %; при расчете по динамико-статистическому методу — соответственно 5,3 %, 0,053, 94,7 %.

Проведенные исследования подтверждают принципиальную возможность прогноза качества зерна на основании расчетов по модели для условий конкретного года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строганова М. А., Полевой А. Н. Проект методических указаний по составлению агрометеорологического прогноза среднего по области качества урожая яровой пшеницы в основных зонах ее возделывания в СССР. — М.: Гидрометеониздат, 1986. — 56 с.
2. Строганова М. А. Математическое моделирование формирования качества урожая. — Л.: Гидрометеониздат, 1986. — 151 с.
3. Агрометеорологические прогнозы и моделирование продуктивности сельскохозяйственных культур. — Труды ВНИИСХМ, 1985, вып. 9, с. 51—59, с. 65—73.

МЕТОДЫ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПАСТБИЩ И ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Т. Е. Сумочкина

Среднеазиатский научно-исследовательский
гидрометеорологический институт

Аэрокосмическая информация регулярно используется в агрометеорологическом обслуживании сельского хозяйства республик Средней Азии в течение последних 15 лет. Накопленный за эти годы опыт позволяет уточнить возможности использования ее для агрометеорологических оценок и прогнозов, выявить ограничения использования во времени и в пространстве для пастбищ и посевов сельскохозяйственных культур.

Выходным параметром данного вида информации является характеристика надземной растительной массы (в ц/га), получаемая с помощью непосредственного фотометрирования объектов или соответствующей обработки космических снимков на основе эталонных маршрутов.

Систематизация наблюдений и закрепление маршрутов на пастбищной территории позволили определить среднюю многолетнюю урожайность и ее колебания как для зоны в целом, так и для отдельных районов, а также выявить районы, в которых следует ограничить выпас, так как в течение ряда лет урожайность здесь близка к минимальной (например, в Узбекистане — Центральный Кызылкумский и Юго-восточный Кызылкумский районы).

Были выявлены временные пределы использования аэрофотометрической информации: период исследований ограничивается моментом достижения травостоем высоты 5—7 см (0,5 ц/га) и началом его засыхания [3].

Существенным ограничением в использовании данных ИСЗ является экранирование территории облачностью. Поэтому для территории Узбекистана использование космической информации в начальный период вегетации пастбищ, с марта по апрель, затруднено; она используется в основном в мае, в период интенсивного роста и достижения максимума полыньников, а также в августе — сентябре, в период максимума прироста саксаульников и начала осеннего отрастания.

На основании аэрокосмической информации для пустынных и полупустынных пастбищ разработаны методы прогноза урожайности и запасов кормов по сезонам года [6]. В связи с тем что для прогнозирования запасов кормов необходимо знать не только прирост зеленой массы, но и сстравливаемость, возникла необходимость дифференциации значений урожайности, получаемых дистанционными методами. Для этого используются данные стационарных и экспедиционных наблюдений о видовом соотношении эфемеров, кустарников, полыни. Составляемые на основе комплексных исследований карты запасов кормов по сезонам года и прогнозы запасов кормов используются для уточнения количества выпасаемого поголовья.

С 1986 г. для Узбекистана начали разрабатываться методы фенологических прогнозов и прогнозов урожайности для горных пастбищ с использованием данных ИСЗ о заснеженности горных бассейнов.

Заснеженность бассейнов в начале весны для южных горных районов Узбекистана, имеющих неустойчивый режим увлажнения, является показателем, косвенным образом характеризующим запасы влаги к началу весеннего периода, а также длительность зимы и продолжительность периода вегетации от начала весны до весеннего максимума, к которому приурочено получение аэрофотометрической информации по урожаю.

Для Кашкадарьинского и Сурхандарьинского бассейнов, более 50 % площади которых занимают предгорья с эфемеровым ранневесенним покровом, выявилась обратная зависимость между заснеженностью бассейна в целом и средневзвешенным значением урожайности. Объясняется такой характер зависимости тем, что большая заснеженность в начале весны укорачивает период от начала вегетации до весеннего максимума, роста и, следовательно, уменьшает возможность для накопления растительной массы.

При малой степени заснеженности продолжительным является начальный весенний период, что способствует лучшему развитию растительности с преобладанием эфемеров.

Выявление влияния заснеженности бассейна на весеннюю урожайность позволяет делать ориентировочный прогноз с заблаговременностью 1,5 месяца.

Информация о положении снеговой границы может использоваться для составления фенологических прогнозов. Анализ дат схода снежного покрова и перехода температур через 5 °С показал, что они близки между собой, расхождения составляют 5–10 дней, поэтому снеговую границу можно считать границей начала весенней вегетации и, используя вертикальные градиенты, рассчитывать время наступления весны для верхних зон.

Составленные на основании этих расчетов карты начала весны могут использоваться для уточнения сроков перегона скота в верхние зоны бассейна.

Для оценок состояния посевов и прогнозов урожайности зерновых культур в республиках Средней Азии используется аэрофотометрическая информация.

К настоящему времени разработаны и применяются в оперативной практике методы оценки состояния посевов зерновых в осенний и ранневесенний периоды /1, 4/.

В осенний период определяются площади без всходов, площади в различных фазах, от всходов до кущения. Расхождения в определении площадей по сравнению с данными Агропрома УзССР составляют в среднем 3–8 %, максимальные – до 30 %; при этом максимальные значения ошибок приходится на фазу начальных всходов, минимальные – на фазу 3-го листа.

В весенний период, наряду с площадями посевов в различных фазах, определяется густота посевов и изреженность. Особенности богарной зоны определяют меньшие по сравнению с ЕЧС нормы высева и, как следствие, меньшую густоту посева. В связи с этим плохими считаются посевы с густотой стояния 100 растений и меньше. Густота посевов рассчитывается

по величине зеленой массы, являющейся интегральным показателем густоты и высоты посева.

По результатам осенних и весенних обследований определяются районы, не имеющие всходов, площади с изреженными посевами, что позволяет вовремя принять хозяйственные меры.

Многолетние исследования посевов зерновых колосовых в фазе колошения позволили построить средние кривые распределения отношений коэффициентов яркости по площади области. Отклонения ежегодных значений от средней кривой характеризуют условия данного года и могут

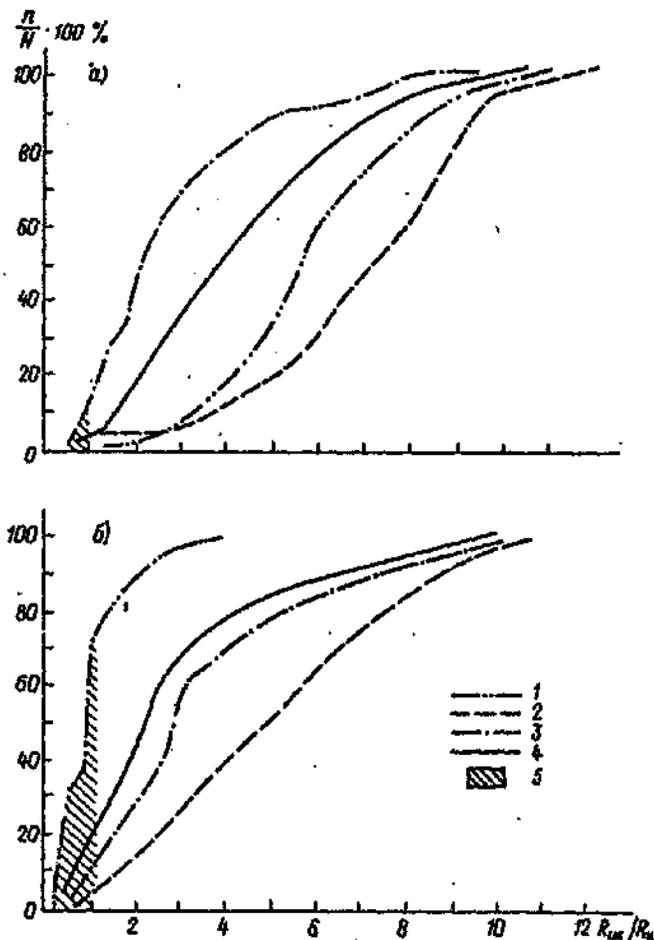


Рис. 1. Гистограммы распределения в процентах по площади отношений коэффициентов яркости $R_{ин}/R_{к}$ в фазу колошения зерновых.

а - Ташкентская обл., *б* - Кашкадарьинская обл.; 1 - 1986 г., 2 - 1987 г., 3 - 1988 г., 4 - средняя многолетняя; 5 - процент площадей, не рекомендуемых к уборке.

использоваться в качестве оценочной и прогностической величин. Предельные минимальные значения кривой позволяют определить процент площадей, не рекомендуемых к уборке (рис. 1).

Площади с отношением ниже этого предела имеют зеленую массу, соответствующую фазе начала выхода в трубку; их развитие не обеспечивается условиями фазы колошения (1986 г.).

С использованием аэрофотометрической информации для республик Средней Азии были разработаны методы прогноза областного урожая, составляемые в фазу колошения для зерновых колосовых, в фазу кушения и выметывания для риса и в фазу 15–17-го листа – для кукурузы [2, 5].

Анализ, оправдываемости этих методов показал, что в годы с благоприятными условиями осенне-зимнего и весеннего периодов (1987–1988 гг.) ошибки прогнозов урожайности зерновых колосовых меньше, чем в годы с неблагоприятными условиями (1986 г.). Очевидно, что при благоприятных условиях потенциальные возможности посевов реализуются более полно, в годы с неблагоприятными условиями влагообеспеченность периода колошения – созревание существенно влияет на урожай.

В связи с наблюдавшимися приписками урожаев риса и кукурузы в Узбекской ССР возникла необходимость уточнения определенных ранее прогностических зависимостей и введения поправок с учетом фактического урожая этих культур на экспериментальных полях.

Исследования, проведенные в 1986–1988 гг., показали, что установленные для этих культур закономерности сохраняются, но в связи с резким уменьшением урожайности меняются значения коэффициентов в уравнениях.

Так, установленная ранее прямая связь урожайности кукурузы с зеленой массой в пределах последней 100 – 250 ц/га и обратная в пределах 250 – 400 ц/га сохранилась, хотя значения урожайности уменьшились вдвое (рис. 2).

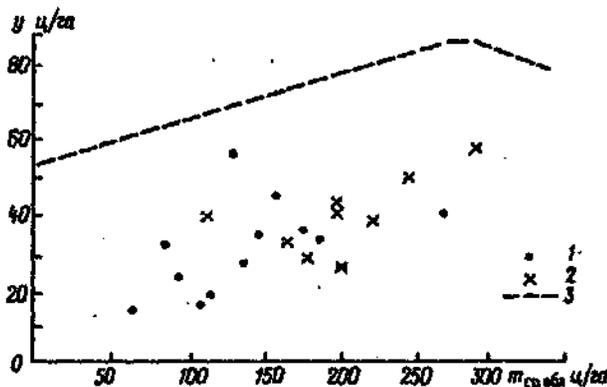


Рис. 2. Связь средней областной урожайности кукурузы с зеленой массой в фазе 15–17-го листа.

1 – 1986 г., 2 – 1987 г., 3 – выявленная ранее зависимость.

Отклонения средней областной урожайности от урожайности, определенной на экспериментальных участках, составляют 35–65 %, при этом чем меньше средние областные значения масс, тем больше отклонения.

Поскольку уборочная площадь кукурузы на зерно существенно варьирует в зависимости от хозяйственных задач и условий года, целесообразно прогнозировать возможный уровень урожайности с поправками на условия года и состояние посевов.

Дальнейшее развитие методов агрометеорологических оценок и прогнозов с использованием аэрокосмической информации должно, очевидно, осуществляться по следующим направлениям: совершенствование технических возможностей получения агрометеорологической информации о состоянии посевов и пастбищ; совершенствование системы наземной интерпретации дистанционной информации; создание динамических моделей погоды — урожай с использованием аэрокосмической площадной и наземной информации в едином комплексе с выдачей конечных и промежуточных оценок и прогнозов непосредственно потребителю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания по оценке состояния посевов зерновых колосовых в осенний и весенний периоды по результатам аэрофотометрических обследований. — Ташкент, 1985. — 37 с.

2. Методические указания по составлению прогнозов урожайности и валового сбора зерновых культур по отдельным областям Узбекской ССР, Таджикской ССР и Казахской ССР. — Ташкент, 1987. — 18 с.

3. Методические указания по составлению карт запасов кормов на пустынных и полупустынных пастбищах по сезонам года. — Ташкент, 1987, с. 15–20, 28–35, 42–56.

4. Ситникова М. В. Использование аэрокосмической информации для оценки состояния озимых. — Труды САНИИ Госкомгидромета СССР, 1985, вып. 93 (174), с. 45–51.

5. Ситникова М. В., Пичугина Е. Л., Царев Б. К. К методике прогноза урожая зерновых колосовых на территории Узбекистана. — Труды САНИИ Госкомгидромета СССР, 1985, вып. 93 (174), с. 51–55.

6. Сумочкина Т. Е., Коновалова Н. С. Методика прогнозирования запасов кормов по сезонам года для различных территориальных уровней пустынной зоны Узбекской ССР. — Труды САНИГМИ, 1988, вып. 130 (211), с. 120–127.

НОВОЕ В ПРИМЕНЕНИИ ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Л. Н. Сухов

Всесоюзный научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной метеорологии

В зависимости от высоты и густоты стояния зерновых культур, степени их кустистости определяется исход перезимовки растений [2, 11], особенности продукционных процессов [4, 6] и ожидаемая урожайность [11].

В системе Госкомгидромета СССР исходные данные о показателях состояния растений определяются на сети агро- и гидрометеорологических станций согласно Наставлению [3]. Определение параметров зерновых культур по Наставлению является трудоемкой задачей. Этот процесс требует больших практических навыков, поэтому результаты наблюдений содержат иногда субъективные ошибки. Кроме того, распространение получаемых таким образом сведений о состоянии растений по территории хозяйства, не говоря уже о территории района, области, республики, очень ограничено из-за недостаточно выраженной их репрезентативности.

Указанные трудности получения информации о состоянии сельскохозяйственных культур предполагалось преодолеть за счет широкого использования фотометрического метода [5]. Фотометрический метод основывается на связи спектральных коэффициентов энергетической яркости (СКЭЯ) или их отношений в двух участках спектра (ОСКЭЯ) комплекса — растительность с параметрами этой растительности и позволяет по яркостным характеристикам обследуемых угодий определять различные показатели состояния произрастающих на них растений. Такими показателями чаще всего являются сырая и сухая масса, густота стояния стеблей, площадь листовой поверхности. Одним из достоинств фотометрического метода определения показателей состояния растений является возможность его использования в наземном автомобильном, самолетном (вертолетном) и спутниковом вариантах. В результате использования фотометрического метода состояние растительности определяется не по данным точечных наблюдений, а по данным измерений на больших площадях, что увеличивает объективность оценки состояния растений по территории обследования. Это особенно важно при наблюдающемся неравномерном внедрении в агрономическую практику новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

В настоящее время Госкомгидромет СССР располагает восемью производственными аэрофотометрическими экспедициями, оснащенными двухканальными фотометрами.

Вместе с тем с момента внедрения фотометрического метода в практику и до настоящего времени его принципиальные возможности так и не были реализованы. Причины этого установлены нами в работах [7—10]. Там же предложены пути их устранения.

Основной трудностью принятого сейчас подхода к использованию фото-

метрического метода для оценки состояния растений является необходимость построения огромного количества градуировочных характеристик (ГХ) фотометра, т. е. зависимостей параметров растений от ОСКЭЯ комплекса почва — растительность.

Нами предложен расчетный способ построения ГХ. Он основан на использовании впервые установленной закономерности синхронного изменения массы и ОСКЭЯ посевов зерновых культур на фоне агрометеорологического аналога времени — суммы эффективных температур воздуха больше 5°C (ΣT). Этот показатель времени применяется для описания сезонных изменений ГХ. Для оценки изменений ГХ в течение дня используется высота солнца.

При различной высоте солнца значения ОСКЭЯ одного и того же посева будут неодинаковыми. При малой высоте солнца ОСКЭЯ выше, чем при большой. Это превышение при изменении высоты солнца на 30° достигает 50 %. Угол наклона ГХ в течение дня увеличивается от утренних и вечерних часов к полуденным и может быть описан семейством прямых линий. Приведение ОСКЭЯ к определенной высоте солнца осуществляется по уравнению

$$N_R = N + (-a + bN - cN^2) \Delta h \cdot K, \quad (1)$$

где N_R — ОСКЭЯ при реперной высоте солнца; в качестве реперной принята высота солнца 30° ; N — ОСКЭЯ при высоте солнца во время измерений; a , b , c — постоянные величины; Δh — разность между высотой солнца при измерении ОСКЭЯ и реперной высотой солнца, ... $^{\circ}$; K — доля фактической освещенности от освещенности при безоблачном небе.

Обработка экспериментальных данных показала, что при сплошной облачности верхнего яруса $K = 0,85$, при сплошной облачности среднего яруса $K = 0,50$, при сплошной облачности нижнего яруса $K = 0,25$.

Сезонный ход ОСКЭЯ характеризуется тем, что угол наклона ГХ увеличивается от ранних фаз развития зерновых культур к поздним и в промежутке между ними описывается веерообразно расположенным семейством прямых линий. Каждому этапу развития растений соответствуют строго определенные углы наклона ГХ. В то же время известно, что наступление отдельных этапов развития растений происходит при накоплении определенной ΣT . Это и предопределило нахождение статистической связи между коэффициентами регрессии уравнений ГХ на конкретные фазы развития растений и значениями ΣT , необходимыми для наступления этих фаз. Аналитическое выражение этой зависимости для фазы колошения имеет вид

$$B = a + b\Sigma T_K, \quad (2)$$

где B — коэффициент регрессии ГХ на фазу колошения; a , b — постоянные величины; ΣT_K — сумма эффективных температур, необходимая растениям для развития от всходов до колошения, $^{\circ}\text{C}$.

Исследования изменений ΣT_K показало значительную их вариацию [9]. Изменение места произрастания зерновых культур по широте на 1° вызы-

вало изменение ΣT_K не менее чем на 10°C . Это значит, что различие ΣT_K между местами произрастания зерновых культур по территории нашей страны достигает $250\text{--}300^\circ\text{C}$ при средних значениях $400\text{--}450^\circ\text{C}$, и использование этого показателя времени без учета эффекта фотопериодизма у растений невозможно.

Каждому этапу развития зерновых культур соответствуют определенные значения тех или иных параметров растений, которые обеспечивают получение максимальной урожайности. Эти значения параметров называются оптимальными. Величины ОСКЭЯ при этих значениях параметров также будут являться оптимальными. Если при предельно плотном растительном покрове ОСКЭЯ равняется 12 единицам, то оптимальное значение ОСКЭЯ (N_0) в фазу колошения при известной оптимальной массе M_0 (т/га) можно определить по уравнению

$$N_0 = \frac{M_0 + 1,24B}{B} \quad (3)$$

В связи с тем что общее состояние зерновых культур оценивается по сравнению с состоянием растений в урожайные годы, а в предлагаемом подходе урожайные годы определяются как годы с ОСКЭЯ, равными N_0 на различных этапах развития растений, то оценку состояния зерновых культур в фазу колошения O_c (в баллах) можно рассчитать по уравнению

$$O_c = \frac{5 \cdot N_R}{N_0} \quad (4)$$

Расчитав величину O_c , при известной максимальной урожайности Y_M (т/га) ожидаемую урожайность $Y_{пр}$ (т/га) с заблаговременностью, равной разнице (в днях) между датами уборки урожая и обследования, можно определить по уравнению

$$Y_{пр} = 0,2 Y_M O_c \quad (5)$$

Точность расчета $Y_{пр}$ по уравнению (5) будет тем выше, чем ближе к норме будут метеорологические условия, особенно условия увлажнения, после составления прогноза. Если же условия отличаются от средних многолетних, то возникает необходимость корректировки прогнозируемой урожайности, что несомненно снижает ценность самого прогнозирования. Для того чтобы избежать этого, рекомендуется учитывать инерционность агроэкосистем с помощью показателей увлажнения, т. е. использовать способ, предложенный Е. С. Улановой [11] и широко применяемый в агрометеорологии.

Нами установлено, что дефицит влажности воздуха независимо от его среднего значения в течение весенне-летней вегетации растений в отдельные годы распределяется относительно одинаково. Основываясь на этом, а также на том, что вероятность сохранения дефицита влажности воздуха,

сложившегося к моменту одновременного обследования озимых и яровых зерновых культур, значительно превышает вероятность его изменений, в уравнение (5) был введен относительный показатель увлажнения K_w , рассчитываемый по дефициту влажности воздуха в год максимальной урожайности в текущем году. Таким образом, уравнение для прогноза урожайности зерновых культур имеет вид

$$Y_{\text{пр}} = 0,2 \cdot Y_{\text{м}} \cdot O_c \cdot K_w \quad (6)$$

Использование уравнения (6) для прогноза средней урожайности озимой пшеницы, озимой ржи, ярового ячменя и овса по 23 районам Калужской области в 1987 г. показало его надежность. Так, если максимальная разность между фактической и прогнозируемой урожайностью, определенной согласно /1/, достигает 1,9 т/га, то максимальная разность между фактической и прогнозируемой по уравнению (6) урожайностью составляет только 0,35 т/га. Кроме того, если урожайность, рассчитанная по уравнению (6), сохраняет вариацию урожайности, наблюдающуюся на территории области, то урожайность, рассчитанная согласно /1/, охватывает лишь около 40 % фактической вариации.

В заключение следует отметить, что предложенный подход к получению и использованию фотометрической информации, базирующийся на учете биологических, фенологических и оптических свойств посевов зерновых культур, позволяет оценивать состояние растений осенью, весной и летом на единой методической основе. Этот подход позволяет получать сопоставимую информацию об отражательных свойствах комплекса почва – растительность всеми модификациями фотометров, работающих на ОСКЭЯ в двух участках спектра /5/. Разовое или многократное получение спектрофотометрической информации при обследовании посевов не требует проведения трудоемких градуировочных измерений и в два-три раза сокращает затраты летного времени. В рассмотренном подходе обоснован вариант агрометеорологической по своей сути интерпретации результатов фотометрического обследования зерновых культур. А это значит, что, применяя эту методику, можно использовать объективную спектрофотометрическую информацию для обеспечения запросов агропромышленного комплекса о состоянии зерновых культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К л е ш е н к о А. Д., Н и к и т и н В. Ф., С у х о в Л. Н. Методические указания по расчету средней областной урожайности и оценке состояния зерновых культур по результатам авиационных спектрофотометрических обследований. – Обнинск: ФОП ВНИИГМИ-МЦД, 1987. – 23 с.
2. М о к с е й ч и к В. А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 295 с.
3. Н а с т а в л е н и е гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. II. Часть 1. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 316 с.
4. П о л е в о й А. Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 175 с.

5. Рачкулик В. И., Ситникова М. В. Методические указания. Выполнение авиационных фотометрических наблюдений за состоянием сельскохозяйственных культур. Основные положения РД 52.33.100-86. – Ташкент, 1986. – 54 с.

6. Сиротенко О. Д. Математическое моделирование водотеплового режима и продуктивность агроэкосистем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 167 с.

7. Сухов Л. Н. Дневной ход отношений спектральных коэффициентов яркости посевов яровых зерновых культур. – Обнинск, 1987. – 15 с. Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД 12.02.87, № 610 – гм.

8. Сухов Л. Н. Определение градуировочных характеристик фотометра для комплекса почва – зерновые культуры. – Обнинск, 1987. – 15 с. Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД 09.07. 87, № 661 – гм.

9. Сухоя Л. Н., Долгий-Трач Т. В. Темпы развития зерновых культур в зависимости от фототермических условий. – Обнинск, 1988. – 22 с. Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД 15.01.88, № 729 – гм 88.

10. Сухов Л. Н. Пути совершенствования динамико-статистических прогнозирования урожайности зерновых культур. – Обнинск, 1988. – 33 с. Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД 10.02.88, № 733 – гм 88.

11. Уланова Е. С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 302 с.

О НОВЫХ ФОРМАХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

В. А. Жуков

Всесоюзный научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной метеорологии

Повышение устойчивости агропромышленного комплекса страны к возмущающим воздействиям внешней среды является одной из наиболее актуальных задач сельского хозяйства. При этом требования к системе агроклиматического обеспечения АПК постоянно возрастают, что приводит в свою очередь к необходимости совершенствования методов оценки агроклиматических ресурсов и их рационального использования.

Оценка агроклиматических ресурсов, вообще говоря, не является самоцелью. Основная цель оценки ресурсов — разработка рекомендаций по их рациональному использованию. В этом заключается центральная задача агроклиматологии. Анализ агроклиматических работ показывает, что в процессе развития системы агроклиматического обеспечения сельского хозяйства центральная задача агроклиматологии не претерпевала каких-либо изменений. Однако методы оценки ресурсов и особенно интерпретация результатов и форма их представления существенно менялись в зависимости от уровня агроклиматических исследований и потребностей сельского хозяйства на конкретном этапе его развития.

Еще до недавнего времени оценка агроклиматических ресурсов сводилась к расчету и районированию отдельных составляющих климата, выраженных через показатели тепло- и влагообеспеченности культур и условий перезимовки. Такая форма представления ресурсов позволяла давать сравнительный анализ различных территорий (нередко безотносительно к конкретной культуре) и удовлетворяла планирующие органы в условиях экстенсивного развития сельского хозяйства, поскольку на основании такой информации можно выявить принципиальную возможность принятия некоторых хозяйственных решений.

В настоящее время, когда сельское хозяйство идет по пути интенсивного развития, необходимо выявлять экономическую целесообразность принятия этих решений. В условиях уже недостаточно сведений об отдельных составляющих климата, выраженных к тому же в отвлеченных показателях тепла и влаги. Это послужило толчком для развития методов оценки агроклиматических ресурсов на основе математического моделирования продуктивности агроценозов. Агроклиматические ресурсы, оцененные с помощью математических моделей и выраженные в индексах урожайности (потенциальный урожай, действительно возможный, приведенный к определенному уровню и т. д.), могут служить исходной информацией в экономико-математических моделях планирования и организации сельскохозяйственного производства без дополнительного осмысливания и интерпретации. Однако в силу ограниченного набора культур и районов, для которых в настоящее время разработаны математические модели продук-

тивности, круг решаемых с их помощью практических задач в плане агроклиматического обеспечения АПК пока довольно узок. В то же время перестройка механизма хозяйствования в сельском хозяйстве уже сегодня ставит нас перед необходимостью агроклиматического обоснования целого ряда организационных задач, требующих детального изучения ресурсов возделывания практически всех основных культур в различных регионах страны. К числу таких задач можно в первую очередь отнести научное обоснование систем земледелия в конкретных почвенно-климатических зонах страны, рациональное размещение и специализацию сельскохозяйственного производства, размещение объектов переработки отдельных видов продукции сельского хозяйства, формирование научно обоснованных тарифов и обоснование закупочных цен на сельскохозяйственную продукцию, разработку научно обоснованной системы материального стимулирования труда в сельском хозяйстве и ряд других.

Для агроклиматического обеспечения этих проблем во ВНИИСХМ в последние годы получило развитие новое направление исследований, заключающееся в стохастическом моделировании агроклиматических ресурсов на базе оценки соответствия жизненным циклам растений элементов внешней среды, носящих случайный характер.

Теоретической основой этого направления послужило дальнейшее развитие известной в экологии растений концепции, в соответствии с которой растения нормально растут и развиваются в условиях, когда их жизненные циклы согласуются с благоприятными периодами в природе. Последние в силу стохастического характера гидрометеорологических показателей чередуются с неблагоприятными периодами, тормозящими развитие растений, а нередко приводящими к их гибели. Задача заключается в выявлении неблагоприятных для каждой культуры периодов, определении их вероятностных характеристик, степени снижения урожайности и климатически обеспеченной урожайности.

В методическом плане исследования сводятся к построению математических моделей для количественной оценки влияния неблагоприятных периодов на урожайность сельскохозяйственных культур и к вероятностной интерпретации поведения системы климат — урожай применительно к конкретным культурам. При этом обеспечивается возможность оценки агроклиматических ресурсов и возделывания различных культур на единой основе, а информация о ресурсах представляется в виде, удобном для непосредственного ввода в экономико-математические модели при решении различных задач планирования и организации сельскохозяйственного производства. Такая информация о климате является принципиально новой формой агроклиматического обеспечения АПК. В отличие от ранее существовавших форм, когда агроклиматическая информация носила консультационный характер, теперь у агроклиматологов появляется возможность занять более активную позицию в вопросах принятия оптимальных хозяйственных решений. Это в свою очередь ставит нас перед необходимостью более строгой постановки агроклиматических задач и разработки рекомендаций по использованию новой информации о климате в практических задачах. Следует отметить, что новая информация об агроклиматических ресурсах обеспечивает возможность игровой постановки задачи рационального их

использования в сельском хозяйстве. Тем самым допускается многовариантность стратегий и выбор оптимальной стратегии при решении практических задач.

На рисунке представлена общая схема агроклиматического обеспечения задач планирования и организации сельскохозяйственного производства. Центральные блоки схемы иллюстрируют упомянутую выше новую технологию оценки агроклиматических ресурсов. Как видно, эта технология последовательно реализует ряд частных задач:

- оценка и классификация метеорологических ситуаций декад;
- оценка и типизация метеорологической ситуации года;
- вероятностное описание (построение модели) поведения системы климат — урожай;
- определение потерь урожая из-за неблагоприятных погодных условий в системе климат — урожай;
- количественная оценка климатически обеспеченной урожайности.

Центральной задачей является оценка и классификация метеорологических ситуаций декад. Декада выбрана в качестве шага по времени, но это не принципиально. Расчеты можно вести с шагом по времени сутки, пентада, декада. Это определяется вычислительными возможностями, информационной базой и т. д. Важно лишь, чтобы этот шаг был непродолжительным и позволял выявить влияние отдельных типов неблагоприятных условий. Таким образом, постулируется, что в течение единицы времени конкретное растение угнетается (если это имеет место) одним каким-либо типом условий, например, условиями засушливой декады, переувлажненной, холодной и др.

В качестве рабочего аппарата в задаче оценки метеорологической ситуации декады предложено использовать алгоритмы параллельного распознавания образов. Использование алгоритмов параллельного распознавания образов удобно в данной задаче еще и в том смысле, что одновременно с оценкой условий осуществляется их классификация. Эта процедура позволяет в дальнейшем легко идентифицировать неблагоприятную ситуацию вегетационного периода и определить тип условий, снизивших урожайность конкретной культуры.

Как известно, процедура параллельного распознавания образов предусматривает предварительное построение обучающих выборок — эталонных описаний различных ситуаций применительно к каждой культуре на конкретном этапе ее органогенеза. Такие выборки в настоящее время построены практически для всех культур на основании ранее проводившихся исследований, направленных на изучение влияния гидрометеорологических факторов на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Таким образом, при таком подходе широко используется накопленный агрометеорологами научный опыт.

Результатом оценки и классификации метеорологических ситуаций декад является некоторый набор матриц кодированных оценок ситуаций размерностью $m \times n$, где n — число лет наблюдений, m — число декад, укладываемых в вегетационный период каждой культуры. Эти матрицы являются исходной информацией для оценки метеорологической ситуации и одновременно для описания поведения системы климат — урожай с помощью аппарата цепей Маркова.

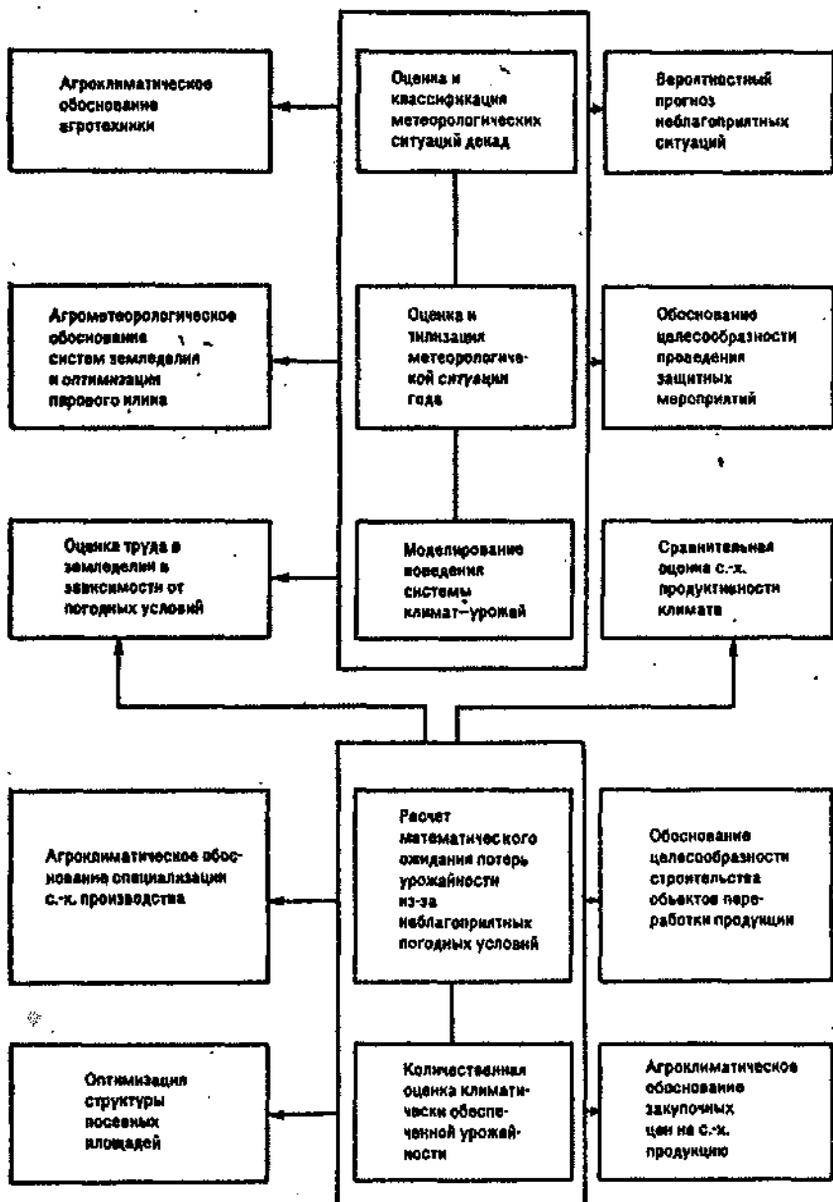


Рис. 1. Общая схема агроклиматического обеспечения задач планирования и организации сельскохозяйственного производства.

Оценка метеорологической ситуации года в строгой постановке сформулирована как задача последовательного распознавания образов. При этом вначале на основании данных фенологических наблюдений либо расчетным путем (например, по суммам температур) определяются межфазные периоды, которым затем по оценкам укладываемых в них декад присваивается соответствующий признак метеорологической ситуации межфазного периода. После такого преобразования метеорологическая ситуация года теперь уже описывается тремя-четырьмя признаками (по числу межфазных периодов) и принадлежать может одному из двух классов: благоприятный или неблагоприятный год. Подавая на вход детектора последовательно значения признаков (типы ситуаций межфазных периодов), определяют иерархическую структуру их. Результаты распознавания представляются в виде графа-дерева решений, с каждым узлом которого связана пара чисел, определяющая признак, по которому проводится классификация и его значение.

Последовательное распознавание образов позволяет выявить тип неблагоприятных погодных условий, наиболее характерный для конкретной территории и приводящий к значительному снижению урожайности, а также вклад погодных условий межфазных периодов в формирование урожайности.

В дальнейшем оценка агроклиматических ресурсов сводится к описанию поведения системы климат — урожай с помощью цепей Маркова, расчету математического ожидания потерь урожайности и, наконец, к определению климатически обеспеченной урожайности. Алгоритмы решения этих подзадач достаточно подробно рассмотрены в наших работах (см. Труды ВНИИСХМ, 1981, вып. 4; 1984, вып. 12; 1987, вып. 22).

Как показано на рисунке, для решения многих практических задач в качестве исходной информации могут использоваться не только количественные оценки агроклиматических ресурсов — климатически обеспеченная урожайность, но и результаты промежуточных расчетов. В этом заключается еще одно важное достоинство новой методологии оценки агроклиматических ресурсов.

В рамках данной статьи не представляется возможным остановиться на рекомендациях по использованию информации об агроклиматических ресурсах даже в представленных на рис. 1 задачах. Попытаемся продемонстрировать это на двух из них, а именно на задачах агроклиматического обоснования размещения культур и специализации сельскохозяйственного производства.

Размещение сельскохозяйственных культур в строгой постановке, как известно, сводится к решению известной задачи в выборе производственной программы. Результатом решения задачи является структура посевных площадей под некоторым набором культур, оптимальная в смысле выбранного критерия оптимальности. Поскольку размещение, равно как и специализация сельскохозяйственного производства, являются сложными социально-экономическими проблемами, в целевую функцию вводится ряд параметров, характеризующих материально-технические, почвенные, людские и другие ресурсы. Во избежание нежелательного для любого хозяйства и района в целом явления монокультуры оптимальная структура посевных

площадей отыскивается при наложении соответствующих граничных условий. В частности, принимается, что площадь под некоторой культурой не должна превышать средней за какой-либо промежуток времени. Кроме того, при нахождении заданного значения целевой функции в последнюю вводятся осредненные значения урожайности.

Совершенно очевидно, что искомая при таком подходе структура посевных площадей ориентирована на средние условия погоды и может оказаться малоэффективной в аномальные годы. В связи с этим, как нам представляется, при нахождении оптимальных планов в качестве ограничений на искомую площадь следует задавать климатически целесообразные размеры ее, а в целевую функцию вводить климатически обеспеченную урожайность (если отыскивается максимум валового урожая) либо математическое ожидание потерь валового урожая из-за неблагоприятных условий (если минимизируются потери валового урожая).

В такой постановке решение задачи агроклиматического обоснования размещения культур сводится к поиску максимума линейной формы

$$J = \sum_j \sum_i \mu_{ij} x_{ij} \rightarrow \max; \quad i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, M} \quad (1)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = S_j, \quad j = \overline{1, M}, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij} = S^*, \quad (3)$$

$$a_{ij} \leq x_{ij} \leq b_{ij}, \quad (4)$$

где μ_{ij} — обеспеченный агроклиматическими ресурсами при достигнутом уровне культуры земледелия урожай i -й культуры в j -м экономическом районе; x_{ij} — искомая площадь для i -й культуры в j -м районе; S_j — общая посевная площадь под рассматриваемыми культурами в j -м районе; S^* — общая посевная площадь под рассматриваемыми культурами в зоне; a_{ij} , b_{ij} — соответственно минимальная и максимальная площади, которые могут быть отведены под i -ю культуру в j -м районе.

Значения μ_{ij} рассчитываются по формуле

$$\mu_{ij} = \overline{Y}_{ij \max} - Me_{ij}, \quad (5)$$

где $\overline{Y}_{ij \max}$ — максимальный средний по j -му району урожай i -й культуры за последние годы; Me_{ij} — математическое ожидание потерь урожай i -й культуры в j -м районе.

Задача агроклиматического обоснования специализации сельскохозяйственного производства на формальном уровне также может быть сведена к (1) — (5), но условие (4) в этом случае принимает вид

$$0 \leq x_{ij} \leq k S_j, \quad (6)$$

а также вводится новое условие

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} \leq S_i^{**}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (7)$$

где S_i^{**} — предел общей площади под i -ю культуру в регионе (либо группу культур: зерновые, технические, травы). Эта величина задается априори. Одним из способов определения ее может быть расчет по формуле

$$S_i^{**} = A_i \bar{Y}_i^{-1}, \quad (8)$$

где A_i — потребность в продукции i -й культуры (группы культур) в регионе; \bar{Y}_i — средняя многолетняя урожайность (валовой урожай) i -й культуры (группы культур) по региону либо прогнозируемая ее величина.

Балансовые условия (2) — (3) не позволяют выйти из рамок сложившегося соотношения в области и регионе в посевных площадях между рассматриваемым комплексом культур, парами и остальными культурами, которые, например, не являются основными для данной территории. Условие (6), являющееся более демократичным по сравнению с (4), все же не допускает явления монокультуры.

Параметр k в (6), показывающий, какая доля общей посевной площади в j -й области под N культурами может быть максимально отведена под i -ю культуру, зависит от типа севооборота и некоторых соотношений экономического характера. В простейшем случае его можно задавать как $1/m$, где m — число важнейших для данной зоны культур, включая пары.

Такой подход к решению задачи агроклиматического обоснования специализации позволяет постепенно исключать из традиционно сложившегося комплекса культур те, возделывания которых в каждой конкретной области нецелесообразно. При этом не нарушаются межобластные связи и обеспечивается возможность внедрения научно обоснованных систем земледелия, включающих в себя пары и севообороты.

Задачи (1) — (5) и (1) — (3), (5) — (8) решены на примере зернового хозяйства нечерноземной зоны РСФСР (озимая и яровая пшеница, озимая рожь, ячмень и овес). Исходными данными служили материалы сети гидрометеорологических наблюдений за период 1945—1977 гг. и данные Госкомсвязи СССР по урожайности и посевным площадям за этот же период. Данные последующих лет (1978—1983 гг.) использованы в качестве независимого материала при оценке эффективности рекомендуемых схем размещения культур.

В табл. 1 приведены сведения о фактической структуре посевных площадей S_{ϕ} под основными зерновыми культурами на 1978 г., климатически целесообразной без учета требований специализации S_k и с учетом возможной частичной специализации S_c . Сведения даны в процентах общей посевной площади в каждой области, занятой зерновыми, техническими культурами и травами.

Как видно из табл. 1, яровая и озимая пшеница даже при весьма огруб-

Таблица 1

Структура площадей под основными зерновыми культурами в нечерноземной зоне РСФСР

Область, АССР	Озимая пшеница			Озимая рожь			Яровая пшеница			Овес			Ячмень		
	S _ф	S _к	S _с	S _ф	S _к	S _с	S _ф	S _к	S _с	S _ф	S _к	S _с	S _ф	S _к	S _с
Архангельская	1,1	0,07	—	10,9	23,5	20,0	0,07	1,3	—	14,1	13,2	—	32,3	16,2	34,3
Волгоградская	0,2	0,26	—	15,2	16,1	10,0	0,91	4,2	5,0	16,8	31,3	21,3	30,3	6,7	22,30
Ленинградская	3,7	1,27	1,27	7,0	15,3	15,3	4,0	10,1	5,13	8,0	9,47	4,47	11,5	2,14	12,1
Новгородская	3,3	1,07	—	9,6	6,9	10,0	0,9	0,9	—	15,1	9,54	23,4	26,5	30,7	15,0
Псковская	4,8	4,9	11,2	11,9	15,7	21,8	0,9	0,49	—	12,4	8,9	8,9	28,0	11,9	—
Коми АССР	—	—	—	—	17,6	22,0	—	4,4	—	0,3	0,34	—	2,4	2,03	2,37
Брянская	11,6	3,41	23,4	19,6	30,8	15,8	0,4	3,07	3,07	21,1	21,1	11,9	19,9	11,9	16,0
Владимирская	12,0	12,0	12,0	15,5	12,5	5,51	0,8	7,68	10,0	13,6	18,9	8,01	32,1	6,52	22,1
Ивановская	13,6	16,7	24,2	13,9	8,92	—	0,02	0,02	—	18,7	32,3	23,7	23,8	10,9	20,9
Калининская	1,6	0,51	—	6,6	6,01	8,65	3,2	1,6	—	27,3	19,9	34,9	23,1	25,5	10,0
Калужская	19,3	9,42	23,3	6,2	6,2	—	0,08	1,42	—	14,7	21,2	14,7	23,6	11,6	11,6
Костромская	3,0	0,5	—	14,6	10,5	10,5	0,4	0,22	—	16,8	24,8	35,5	34,7	23,2	13,2
Московская	20,4	13,2	23,2	2,6	9,27	9,27	0,1	0,03	3,03	6,2	5,68	2,68	33,1	20,5	20,5
Орловская	16,6	18,7	15,7	7,2	6,71	6,71	12,2	8,11	8,11	14,9	19,1	19,1	31,8	30,9	33,9
Рязанская	12,4	3,61	8,61	10,7	32,6	15,6	10,9	6,84	6,84	9,5	4,79	26,8	37,5	34,4	24,4
Смоленская	2,4	1,1	—	12,5	28,0	12,0	0,07	0,07	—	27,1	17,7	32,8	16,2	14,0	14,0
Тульская	10,0	6,97	6,97	10,4	10,4	10,4	5,4	1,76	1,6	10,7	15,5	15,5	42,0	45,2	45,2
Ярославская	5,7	2,63	5,0	4,1	4,12	—	0,8	0,76	—	18,2	12,1	34,6	31,5	41,2	21,2
Горьковская	8,0	9,38	19,4	21,5	33,3	13,3	4,3	2,74	—	18,5	17,4	12,4	24,0	0,59	18,3
Кировская	0,4	0,89	10,9	32,8	24,9	14,9	3,2	5,1	3,1	28,5	19,2	22,2	20,0	18,3	17,3
Марийская АССР	7,9	0,64	15,6	20,2	42,5	27,5	1,0	8,49	8,5	19,5	7,87	7,9	25,9	17,7	17,7
Мордовская АССР	12,8	16,1	12,1	15,3	10,3	8,33	11,8	11,8	11,8	14,4	3,9	9,9	30,6	37,9	37,9
Чувашская АССР	5,8	19,8	19,8	11,4	24,9	14,9	15,1	13,6	13,6	14,9	20,8	10,8	20,0	0,77	20,8
Пермская	0,01	0,04	—	13,2	24,2	19,2	20,0	26,3	26,3	31,0	18,4	20,6	20,0	12,6	15,5
Свердловская	0,01	0,58	—	2,8	9,12	2,12	23,1	23,2	18,2	19,4	23,8	23,8	36,0	24,8	37,4
Удмуртская АССР	1,0	1,61	—	27,5	39,1	29,1	4,0	4,0	—	30,7	15,9	25,9	22,1	19,9	25,5

ленным подходе исключается из 12 и 10 областей соответственно. В Ивановской, Калужской и Ярославской областях нецелесообразно сеять традиционную для Нечерноземья культуру — озимую рожь. Здесь очень низка урожайность этой культуры по сравнению с другими зерновыми и относительно высоки потери, особенно в период уборки. Следует подчеркнуть, что урожайность озимой ржи довольно низка и в других областях, например, в Кировской, Костромской, Калининской, Новгородской и др. Однако в силу того, что и для других зерновых культур в указанных областях создаются также сравнительно плохие условия, озимая рожь при принятых ограничениях на решение задач (1) — (3), (5) — (8) здесь не исключена из структуры посевных площадей. При более жестких условиях, по-видимому, посевы озимой ржи могут оказаться нецелесообразными еще в ряде областей Нечерноземья. Большим удельным весом в структуре посевных площадей обладают фуражные культуры, что не противоречит общепринятому мнению. Действительно, из зерновых культур наиболее устойчивы к неблагоприятным условиям погоды и наименее требовательны к почвенному плодородию в условиях Нечерноземья яровая ячмень и овес.

Вместе с тем, если сравнить фактическую (на 1978 г.) структуру посевных площадей и климатически целесообразную без учета требований специализации (S_k), то можно заметить некоторое сокращение в последнем случае посевных площадей под озимой пшеницей, овсом и ячменем. Это связано с тем, что S_k план был получен путем решения задачи (1) — (4) для всего комплекса культур: зерновые культуры, картофель, лен, селеные травы, гречиха. Ранее нами установлено, что общие потери растениеводства в Нечерноземье будут минимальными, если расширить площади под озимой рожью, льном, травами, картофелем, гречихой, сократив их под овсом, ячменем и озимой пшеницей. Площади под этими культурами лучше всего сократить, как видно из табл. 1, в областях Северо-Западного и Центрального экономических районов (озимая пшеница), Северо-Западного, Волго-Вятского и Уральского районов (овес и ячмень).

При дополнительных условиях (S_c — план) для фуражных культур эта тенденция сохраняется. Что же касается озимой пшеницы, то S_c -план предусматривает в некоторых областях Северо-Западного и Центрального районов сохранить тенденцию, намеченную S_k -планом, ликвидировав площади под озимой пшеницей вообще, но при этом увеличить их в других областях указанных районов.

Проверка рекомендуемых S_k и S_c -планов осуществлялась на материалах наблюдений за 1978—1983 гг. В среднем при реализации S_k -плана в рассмотренные годы отдача каждого зернового гектара была бы на 0,3—0,4 ц выше фактически полученной урожайности в 1978—1983 гг.

Об эффективности реализации S_c -плана можно судить также по отдаче зернового гектара. В табл. 2 приведены сведения о средней фактической урожайности основных зерновых культур, которая достигалась в целом по Нечерноземью в 1978—1983 гг., и той урожайности, которая могла бы быть получена, если бы в эти годы реализовался S_c -план. Как видно, в среднем можно было бы получать ежегодно около 1 млн т зерна дополнительно или тот же валовой сбор зерна на площади, меньшей почти на 1,5 млн га.

Этот эффект может быть еще весомее в случае более углубленной специализации.

Таблица 2

Эффективность распределения посевных площадей
под основными зерновыми культурами в Нечерноземье
(частичное нарушение граничных условий)

Показатель	1978 г.	1979 г.	1980 г.	1981 г.	1982 г.	1983 г.	Среднее за 1978— 1983 гг.
Фактическая общая площадь ΣS_{ϕ} тыс. га	14 405,3	14 765,9	14 373,2	14 463,6	14 182,5	13 750,5	14 323,5
Фактический валовой урожай V_{ϕ} млн. т.	21 806,5	16 319,1	14 895,5	12 398,5	22 947,3	20 376,8	18 123,9
Фактическая урожайность \bar{Y}_{ϕ} ц/га	15,40	11,05	10,36	8,57	16,18	14,82	12,65
Расчетная общая площадь ΣS_{ϕ} тыс. га	13 286,8	13 783,0	13 358,9	13 957,1	13 582,5	13 489,5	13 576,3
Расчетный валовой урожай V_c млн. т.	21 119,7	15 747,8	14 635,1	12 431,1	23 136,9	21 187,0	18 042,92
Расчетная урожайность \bar{Y}_c ц/га	15,89	11,43	10,95	8,91	17,03	15,71	13,29
Эффект $\Sigma S_c (\bar{Y}_c - \bar{Y}_{\phi})$ млн. т.	0,997	0,524	0,788	0,474	1,155	1,241	0,869

В заключение отметим, что реализация предлагаемых вариантов размещения и специализации сельскохозяйственного производства предусматривает тщательный анализ их экономической целесообразности, хотя определяющим фактором в решении данного вопроса должно быть стремление полнее использовать природные ресурсы территории. Поэтому S_k и S_c -планы можно использовать в качестве климатически обоснованных граничных условий в экономических моделях размещения и специализации сельскохозяйственного производства.

О НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е. К. Зондзе

Всесоюзный научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной метеорологии

Традиции использования агроклиматической (вообще агрометеорологической) информации при решении экономических задач общеизвестны. Они связаны прежде всего с задачами районирования и размещения сельскохозяйственных культур. В последние несколько лет возможности использования этой информации расширились, открылись перспективы применения ее при решении других экономических вопросов в сельском хозяйстве.

Совершенно очевидно, что результаты труда в земледелии существенно зависят от погодных и почвенно-климатических условий. В экономической литературе для подтверждения этого тезиса приводят известные высказывания К. Маркса о том, что „одно и то же количество труда выражается, например, в благоприятный год в 8 бушелях пшеницы, в неблагоприятный — лишь в 4 бушелях“. Исследования ученых, советская и мировая практика земледелия показывают, что и в наше время зависимость продуктивности сельскохозяйственных культур от метеорологических условий при любом уровне агротехники и при любых формах хозяйствования значительна, а абсолютные потери от неблагоприятных погодных условий даже возрастают. Агрометеорологи всегда были за то, чтобы эти обстоятельства находили отражение при оценке труда.

В этой проблеме следует различить два аспекта. Первый — установление степени благоприятности погодно-климатических условий для формирования продуктивности сельскохозяйственных культур и выражение (оформление) ее в удобном для практического применения виде. Второй — экономическая интерпретация установленной благоприятности, т. е. применение ее в различных экономических задачах сельскохозяйственного производства. Очевидно, что первая задача — агрометеорологическая (агроклиматическая) и ее должны решать агрометеорологи (агроклиматологи), а вторая — экономическая и соответственно ее должны решать экономисты.

Мы исходим из того, что степень благоприятности погодных условий для формирования урожайности сельскохозяйственных культур можно определить путем сопоставления погодных ресурсов урожайности с возможной урожайностью по почвенно-климатическим ресурсам либо с определенным образом построенной эталонной шкалой урожайности. Численно она может быть выражена через погодный коэффициент.

Идея применения погодного коэффициента состоит в следующем: при благоприятных погодных условиях, которые в значительной мере обусловили общий результат труда, нормативные (плановые) показатели увеличиваются (или расценки уменьшаются), а при неблагоприятных погодных условиях, когда для достижения положительного результата

требуется значительно больше труда, нормативные (плановые) показатели необходимо снизить или повысить расценки. При погодных условиях, близких к средним, экономические показатели не меняются¹.

Согласно определению, погодный коэффициент равен

$$K_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\overline{Y_{ij}^{nk}}}, \quad \begin{matrix} i = 0, 1, \dots, n, \\ j = 0, 1, \dots, m, \end{matrix} \quad (1)$$

где Y_{ij} — погодные ресурсы урожайности i -й сельскохозяйственной культуры по j -му району в конкретном году; $\overline{Y_{ij}^{nk}}$ — почвенно-климатические ресурсы урожайности i -й сельскохозяйственной культуры по j -му району в тех же абсолютных единицах.

Погодные ресурсы урожайности могут быть рассчитаны на основе различных математических моделей: динамических, динамико-статистических и статистических. Нами применено статистическое моделирование; погодные ресурсы урожайности рассчитываются с помощью регрессионных моделей типа

$$Y_{ij} = \sum_{i=0}^n a_{ij} x_{ij} + \sum_{i=0}^n b_{ij} r_{ij} + \sum_{i=0}^n c_{ij} u_{ij} + L, \quad (2)$$

$$Y_{ij} = Y_{\max ij} F(\theta) F(x) F(r) F(u), \quad (3)$$

где Y_{ij} — погодные ресурсы урожайности i -й сельскохозяйственной культуры в j -м районе, в абсолютных единицах; $Y_{\max ij}$ — максимальная фактическая урожайность i -й сельскохозяйственной культуры в j -м районе, в абсолютных единицах; x_{ij} , r_{ij} , u_{ij} — группа факторов, характеризующих соответственно средние районные условия увлажнения, напряженность теплового режима и условия засушливости вегетации i -й сельскохозяйственной культуры по j -му району; a_{ij} , b_{ij} , c_{ij} — коэффициенты регрессии; L — свободный член; θ — теплообеспеченность вегетационного периода.

Регрессионные модели типа (2) строятся на основе исследования связи между средней районной урожайностью сельскохозяйственных культур и указанной группой факторов x_{ij} , r_{ij} , u_{ij} . Построение таких моделей не представляет ни методических, ни технических трудностей.

Модель типа (3) представляет собой интерпретацию известных в агрометеорологии положений о потенциальной и действительно возможной урожайности. В данном случае за потенциальную урожайность при данном уровне агротехники, хозяйствования и культуры земледелия принимается максимальная урожайность.

Действительно возможный урожай в этом случае определяется как потенциальный, т. е. максимальный, скорректированный на фактические метеорологические условия конкретной вегетации.

¹ Изложенная идея учитывает существующую на данный момент систему планирования и оценки результатов труда. Однако, как бы не изменилась организация сельскохозяйственного производства, погодный коэффициент в той или иной форме может найти свое применение.

При определении конкретных видов и значений входящих в (3) функции следует исходить из характера зависимости урожайности различных сельскохозяйственных культур от конкретных условий тепло- и влагообеспеченности. Поэтому приведенные здесь соотношения носят общий характер.

Функция теплообеспеченности представляется как

$$F(\theta) = \begin{cases} \frac{\Sigma T_{ij}}{\Sigma T'_{ij}}, & \text{если } \Sigma T'_{ij} \geq \Sigma T_{ij}, \\ 1, & \text{если } \Sigma T'_{ij} < \Sigma T_{ij}, \end{cases} \quad (4)$$

где ΣT_{ij} , $\Sigma T'_{ij}$ — сумма активных температур за период от посева до технической спелости i -й сельскохозяйственной культуры в j -м районе соответственно в оцениваемом году и в году с максимальной урожайностью, °С.

Функция влагообеспеченности в модели (3) представлена в виде симметричной параболы с точкой максимума, равной уровню влагообеспеченности года с максимальным урожаем. Значит,

$$F(x) = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{x'_{ij}}, & \text{если } x_{ij} \leq x'_{ij}, \\ \frac{x'_{ij}}{x_{ij}}, & \text{если } x_{ij} > x'_{ij}, \end{cases} \quad (5)$$

где x_{ij} , x'_{ij} — условия влагообеспеченности (сумма осадков или запасы продуктивной влаги) вегетации i -й сельскохозяйственной культуры в j -м районе соответственно в оцениваемом году и в году с максимальной урожайностью, мм.

На большей части земледельческой зоны СССР зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от напряженности термических условий и условий засушливости вегетации обратная, поэтому функции $F(r)$ и $F(u)$ представлены как соотношения

$$F(r) = \begin{cases} \frac{r'_{ij}}{r_{ij}}, & \text{если } r_{ij} \geq r'_{ij}, \\ 1, & \text{если } r_{ij} < r'_{ij}, \end{cases} \quad (6)$$

$$F(u) = \begin{cases} \frac{d'_{ij}}{d_{ij}}, & \text{если } d_{ij} \geq d'_{ij}, \\ 1, & \text{если } d_{ij} < d'_{ij}, \end{cases} \quad (7)$$

где t, t' — средние температуры воздуха за определенный период вегетации в оцениваемом году и в году с максимальной урожайностью, °С; d, d' — дефицит влажности воздуха (средний или сумма) за определенный период вегетации в оцениваемом году и в году с максимальной урожайностью, гПа.

Таким образом, погодные ресурсы i -й сельскохозяйственной культуры по j -му району в оцениваемом году рассчитывают по формулам (2)–(7). Однако это условие не является обязательным. На практике следует исходить из наличных возможностей, поэтому можно пользоваться моделями либо типа (2), либо (3). Совместно же использование моделей (2) и (3) повышает надежность расчетов.

Второй компонент соотношения (1) для определения погодного коэффициента — почвенно-климатические ресурсы среднерайонной урожайности сельскохозяйственных культур, который для отдельного административного района определяется как

$$\bar{y}_{ij}^{nk} = Q_{ij} \bar{\omega}_{i\varphi}, \quad (8)$$

где Q_{ij} — относительные значения почвенно-климатических ресурсов средней районной урожайности; $\bar{\omega}_{i\varphi}$ — коэффициент, равный среднему значению климатических ресурсов урожайности i -й сельскохозяйственной культуры по φ -му региону в абсолютных единицах.

С целью сбалансирования влияния климата и почвы на урожайность сельскохозяйственных культур примем, что

$$Q_{ij} = 0,5(Q'_{ij} + Q''_{ij}), \quad (9)$$

где Q'_{ij}, Q''_{ij} — относительные значения по j -му району соответственно климатических ресурсов средней районной урожайности i -й сельскохозяйственной культуры и почвенного плодородия;

$$Q'_{ij} = \frac{\bar{y}_{ij}^{nk}}{\bar{\omega}_{i\varphi}}, \quad (10)$$

где \bar{y}_{ij}^{nk} — климатические ресурсы (в абсолютных единицах) средней районной урожайности i -й сельскохозяйственной культуры по j -му району.

В свою очередь, \bar{y}_{ij}^{nk} определяется из соотношения

$$\bar{y}_{ij}^{nk} = \sum_{i=0}^n a_{ij} \bar{x}_{ij} + \sum_{i=0}^n b_{ij} \bar{r}_{ij} + \sum_{i=0}^n c_{ij} \bar{u}_{ij} + L. \quad (11)$$

Климатические условия формирования урожайности сельскохозяйственных культур здесь интерпретируются как многолетний режим тех погодных условий, которые формируют урожайность отдельных сельскохозяйственных культур в конкретных годах. В связи с этим для оценки климатических

ких ресурсов используется тот вариант регрессионной модели (2), когда входящие в него параметры x_{ij} , Γ_{ij} , K_{ij} выражают средние многолетние условия, т. е. модель (11). В этом случае учитывается специфика требований отдельных сельскохозяйственных культур к климатическим условиям среды.

$$\bar{\omega}_{i\varphi} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{y}_{ij}}{m}, \quad (12)$$

где m — число районов в регионе, а $\bar{\omega}_{i\varphi}$ рассчитывается для каждой сельскохозяйственной культуры или их групп.

Относительные значения почвенного плодородия определяются из соотношения

$$Q_j^n = \frac{\bar{\sigma}_j'}{\bar{\sigma}_\varphi}, \quad (13)$$

где $\bar{\sigma}_j'$ — средний по j -му району балл почвенного плодородия; $\bar{\sigma}_\varphi$ — средний по φ -му региону балл почвенного плодородия;

$$\bar{\sigma}_j' = \frac{(\sum_{j=0}^m \bar{\sigma}_j' P_j') k_j'}{P_i}, \quad (14)$$

где $\bar{\sigma}_j'$ — средний по каждому типу почв балл почвенного плодородия; P_j' — площадь конкретного административного района; P_i — общая площадь административного района; k_j' — поправка на местные условия.

Средний балл по каждому типу почв

$$\bar{\sigma}_j = \frac{\sum_{i=0}^{\epsilon} \sigma_i}{\epsilon}, \quad (15)$$

где σ_i — балл почвенного плодородия по отдельному критерию плодородия; ϵ — количество критериев.

$$\sigma_i = \frac{A_1 \cdot 100}{A_2}, \quad (16)$$

где A_1 — количественные критерии оцениваемых почв; A_2 — количественные критерии почв, принятых за эталоны.

Модель в представленном виде достаточно общая и выражает методологию подхода. При реализации ее в конкретных условиях содержание блоков, отдельных формул, а также их интерпретация могут меняться. Ниже приводится реализация этого подхода для ряда регионов территории СССР.

Для территории Поволжья выполнена оценка влияния погодных условий на среднюю районную урожайность трех больших групп сельскохозяйственных культур: озимых и ранних яровых, поздних яровых и зернобобовых, трав и силосных культур; для территории Северного Кавказа —

озимых, ранних яровых, кукурузы, подсолнечника и сахарной свеклы, а для территории Центрально-Черноземных областей — озимых, ранних яровых и зернобобовых культур.

Почвенно-климатические ресурсы рассчитываются путем учета основных элементов почвенного плодородия и элементов погоды (климата), определяющих среднюю районную урожайность сельскохозяйственных культур в каждом регионе. Если при этом оба показателя выразить в относительных единицах, например, от средних значений по региону, они будут сопоставимы между собой. Это представление положено в основу расчетов конкретных значений почвенно-климатических ресурсов средней районной урожайности, выполненных по формулам (8) — (16).

Почвы оценивались по объемной массе, содержанию гумуса (в процентах) в слоях 0—20, 0—50, 0—100 см, содержанию (в процентах) азота, фосфора, калия в слое 0—50 см, по поглощенным основаниям (мг-экв/100 г сухой почвы) и кислотности pH. В качестве эталона на территории Центрально-Черноземных областей и Поволжья был принят чернозем типичный (туčný) тяжелосуглинистый, а для территории Северного Кавказа — чернозем предкавказский выщелоченный тяжелосуглинистый.

Для оценки климатических ресурсов урожайности используются средние многолетние значения той гидрометеорологической информации, которая вошла в уравнение для расчета ежегодной урожайности Y_{ij} . С помощью этой информации по тем же уравнениям (формула (11)) рассчитываются Y_{ij}^k для соотношения (12). В этом случае мы обеспечиваем учет именно тех требований к среде, которые присущи каждой сельскохозяйственной культуре.

Очевидно, что в силу многофакторности связи урожайность — внешняя среда и невозможности полного ее учета, при расчете Y_{ij} и Y_{ij}^k в соотношении (1) допускаются ошибки. Поэтому не всегда оправдано придавать абсолютное значение каждому проценту, рассчитанному по соотношению (1).

Представляется целесообразным установить градации для интерпретации результатов расчетов по (1). Здесь исходим из следующих соображений.

Обычно при сравнении текущих условий с климатическими для существующей точности расчетов значения параметров, равные 91—110 % средних многолетних, принимают в качестве нормальных. По аналогии с этим за единицу приняты коэффициенты, рассчитанные по соотношению (1), которые равны 91—110 %. Отклонения на каждые $\pm 20\%$ в сторону увеличения или уменьшения от значения 91—110 % будут характеризовать различные степени благоприятности погодных условий, которым будут соответствовать определенные погодные коэффициенты (табл. 1). Более подробно применение погодных коэффициентов изложено в /2—5/.

Характеристика степени благоприятности погодных условий для формирования средней районной урожайности сельскохозяйственных культур и погодные коэффициенты, определенные по соотношению (1)

Градусы коэффициента благоприятности, %	Погодные условия	Погодный коэффициент
< 10	Катастрофически неблагоприятные	0,05
11-30	Чрезвычайно неблагоприятные	0,2
31-50	Очень благоприятные	0,4
51-70	Неблагоприятные	0,6
71-90	Относительно неблагоприятные	0,8
91-110	Нормальные	1,0
111-130	Относительно благоприятные	1,2
131-150	Благоприятные	1,4
151-170	Очень благоприятные	1,6
171-190	Чрезвычайно благоприятные	1,8
>190	Исключительно благоприятные	2,0

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23, 2-е изд., с. 48.
2. Зондзэ Е. К. Погода, климат и эффективность труда в земледелии. — Л.: Гидрометеонадат, 1987. — 224 с.
3. Зондзэ Е. К., Мамедов В. З. Опыт оценки благоприятности погодных условий формирования урожайности сельскохозяйственных культур на территории административного района с целью стимулирования труда в земледелии (на примере Лискинского района Воронежской области). — Обнинск, 1987. — 87 с. Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД, 8.12.87, № 713 — тм.
4. Зондзэ Е. К. Оценка погодных и климатических условий возделывания сельскохозяйственных культур для решения некоторых практических задач в земледелии. — Вестник с.-х. науки, 1987, № 12, с. 46-52.
5. Рекомендации по учету гидрометеорологической информации при возделывании сельскохозяйственных культур. — М.: Гидрометеонадат, 1989. — 68 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Д. И. Никитина, Н. А. Митрохова

Всесоюзный научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной метеорологии

Проблема оценки экономического эффекта гидрометеорологической информации тесно связана с процессами использования информации. Сама по себе информация — мертвый капитал, если на ее основе не принимаются практические решения. Значение этой проблемы резко возрастает в настоящее время в связи с перестройкой сельского хозяйства. Чтобы в условиях хозяйственного расчета потребитель принял информацию, надо доказать, что учет ее дает ему экономический выигрыш и информация имеет цену. В то же время можно утверждать, что чем выше будет степень организованности сельского хозяйства, тем больше появляется потребностей в получении информации об окружающей среде и ее влиянии на хозяйственный процесс.

В последние годы экономический эффект от использования гидрометеорологической информации в сельском хозяйстве достигает 350–470 млн руб. ежегодно и представляет собой наиболее значительную часть общего эффекта функционирования Госкомгидромета — от 35 до 45 %. Значительную долю в этой информации составляют предупреждения о заморозках и низких температурах (20–25 % случаев). В общем объеме информации, поддающейся оценке экономического эффекта, 27–28 % — агрометеорологические прогнозы сроков сева и созревания сельскохозяйственных культур, сроков цветения садов, винограда, разворачивания первых листьев шелковицы. Прогнозы состояния зерновых культур на начало вегетации и различные рекомендации по учету информации при уборке культур составляют 10–14 %.

Методы определения экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации сводятся к следующим видам:

- 1) эмпирический анализ — простейший метод, но результаты его отражают частные случаи и не могут гарантировать объективность оценок;
- 2) моделирование процессов принятия решений. Этот подход позволяет получать информацию о предпочтительной форме и режиме представления информации, оптимальных путях использования информации и оценок ее полезности. Но этот метод требует тесного взаимодействия с потребителями информации;
- 3) метод опроса или анкетирования. Метод может дать достаточно объективные оценки, но является трудоемким, требует много времени и тщательной разработки анкеты.

Методом эмпирического анализа, как правило, оценивается фактический экономический эффект использования информации потребителем в определенных метеорологических и конкретных хозяйственных усло-

виях и характеризует один единственный вариант использования информации.

Моделирование процессов принятия решений дает более широкое представление о полезности гидрометеорологической информации, позволяет выбрать наиболее оптимальный вариант ее использования. Наиболее целесообразно применение этого метода в тех случаях, когда надо показать перспективность, целесообразность и пути оптимального использования информации.

Научные основы оценки экономической эффективности и оптимального использования гидрометеорологической информации получили развитие в работах Н. А. Багрова, Л. С. Гандина, Г. А. Карпеева, А. П. Федосеева, Е. Е. Жуковского, Э. И. Монокровича /1, 4-6, 8, 11/. Выбор экономически оптимальных решений требует анализа системы природная среда — гидрометеорологическая информация — потребитель, отражающей взаимосвязи хозяйственного объекта или технологического процесса и метеорологических факторов, влияющих на этот процесс. Должна быть построена экономико-метеорологическая модель использования гидрометеорологической информации. Сложность построения этой модели состоит в том, что для конкретного потребителя и конкретного вида информации необходимы свои параметры модели, которые не будут отражать производственную деятельность другого потребителя.

В общем виде экономико-метеорологическая модель включает в себя следующее:

1. Функцию, определяющую реакцию объекта на погодные условия при возможных хозяйственных решениях (табл. 1),

$$U = f(Q, S), \quad (1)$$

где $Q = \{Q_i\}$ — множество, характеризующее погодные условия; $S = \{S_j\}$ — множество хозяйственных решений потребителя.

2. Описание влияющих на объект метеорологических параметров. Неопределенность погодных условий в подобных моделях характеризуется

Общий вид матрицы полезности

Таблица 1

Q	S					
	S ₁	S ₂	...	S _j	...	S _n
Q ₁	U ₁₁	U ₁₂	...	U _{1j}	...	U _{1n}
Q ₂	U ₂₁	U ₂₂	...	U _{2j}	...	U _{2n}
...
Q _i	U _{i1}	U _{i2}	...	U _{ij}	...	U _{in}
...
Q _m	U _{m1}	U _{m2}	...	U _{mj}	...	U _{mn}

либо оправдываемостью прогноза влияющего элемента, либо климатической повторяемостью погодной ситуации. Оправдываемость прогноза в этих случаях выражается матрицей сопряженности прогноза Π_i и фактического состояния погоды Φ_j (табл. 2).

Таблица 2

Матрица сопряженности прогноза погоды

Текст прогноза	Фактическое состояние погоды		Сумма
	Φ_1	Φ_2	
Π_1	n_{11}	n_{12}	n_{10}
Π_2	n_{21}	n_{22}	n_{20}
Сумма	n_{01}	n_{02}	N

3. Критерий оптимальности, позволяющий сравнивать между собой различные хозяйственные решения и определяющий выбор оптимального решения. Наиболее часто в качестве критерия оптимальности используется показатель средних потерь или среднего выигрыша \bar{U} . Он выражается математическим ожиданием

$$\bar{U} = \sum_{i,j=1}^k U_{ij} P_i \quad (2)$$

где U_{ij} — выигрыш или потери каждого из j -х хозяйственных решений при i -м состоянии погоды; P_i — вероятность i -го состояния погоды.

Моделирование процессов принятия решений необходимо использовать в случаях, когда есть выбор решений, зависящих от погодных условий: сеять — не сеять, выбрать те или иные сроки проведения работ, сорта, дозы удобрений, срок и нормы полива, принимать или не принимать защитные меры при угрозе неблагоприятных условий.

Путем анализа использования гидрометеорологической информации при принятии решений была доказана экономическая целесообразность учета влагообеспеченности при планировании минеральных подкормок ячменя и выбора оптимальных доз азотных удобрений под яровые и подкормок озимых культур с учетом осенне-зимних осадков [12], оптимальных сроков сева [2, 3]; показана целесообразность и экономическая выгода дифференциации норм высева ячменя в зависимости от осадков июня [7], маневрирования сортовой структурой озимой пшеницы в зависимости от осадков осени [10], учета суточного прогноза осадков при проведении уборочных работ [9] и др.

Аналогичным образом можно показать целесообразность учета прогноза урожайности зерновых культур при планировании уборочных работ.

Предварительный статистический анализ показал, что на основе прогноза урожайности и ожидаемых погодных условий можно рассчитать продолжительность периода массовой уборки и его темпы.

Продолжительность массовой уборки зерновых культур в зависимости от погодных условий описывается уравнением

$$T = 0,262r - 1,74t - 0,33y + 48,67, \quad (3)$$

$$R = 0,971, \quad S_0 = 3,8,$$

где T — продолжительность массовой уборки (период от даты уборки 20 % до даты уборки 80 % всей уборочной площади), сут; r — сумма осадков за период массовой уборки, % нормы; t — средняя температура воздуха за период массовой уборки, °C; y — средняя урожайность зерновых, т/га; R — коэффициент множественной корреляции; S_0 — средняя квадратическая ошибка уравнения регрессии.

Средняя температура воздуха и сумма осадков (% нормы) за период массовой уборки определяется по месячному либо периодному (сезонному) прогнозу погоды.

Погодные условия оказывают значительное влияние и на средние темпы массовой уборки зерновых культур. Темпы уборки определяются процентом убранной за день площади в период массовой уборки по формуле

$$\eta = S/T, \quad (4)$$

где η — средние темпы уборки, %; S — площадь, убранная за период массовой уборки, % общей площади.

Уравнение связи темпов уборки с погодными условиями и урожайностью зерновых имеет вид

$$\eta = 0,22t - 0,01r + 0,07y - 1,51, \quad (5)$$

$$R = 0,801, \quad S_0 = 0,88.$$

Анализ уравнений (3) и (5) позволяет сделать вывод, что наибольших значений изменения продолжительности и средних темпов массовой уборки достигают при аномальных условиях погоды. В случае когда в период уборки наблюдается прохладная погода с недостатком осадков или с их количеством, близким к норме, то продолжительность массовой уборки увеличивается на 5–7 сут, средние темпы уборки в соответствии с табл. 3 и 4 снижаются на 0,5–0,7 %. Увеличение продолжительности уборки в этих условиях связано обычно с пониженной скоростью созревания хлебов и просыханием зерна. В случае если уборка ведется в дождливую прохладную погоду, то увеличение продолжительности массовой уборки увеличивается на 9–11 сут, а средние темпы уборки снижаются на 0,8 %.

Если в уборочный период стоит жаркая сухая погода, то продолжительность массовой уборки снижается на 8–10 сут, темпы уборки возрастают на 0,7–0,9 %.

Таблица 3

Изменение продолжительности массовой уборки зерновых культур (сут)
в зависимости от изменения погодных условий

Область	Продолжительность массовой уборки, при t и г, близких к норме	При отклонении средней температуры воздуха от нормы								
		+ 2 °С				- 2 °С				
		При сумме осадков, % нормы								
		<80 %	N	>120 %	<80 %	N	>120 %	<80 %	N	>120 %
Калужская	35	-10	-8	-7	-8	0	+1	+6	+7	+11
Курская	23	-10	-8	-6	-9	0	+1	+6	+7	+9
Белгородская	15	-10	-9	-7	-6	0	+1	+5	+7	+9

Расчеты продолжительности уборочных работ и темпов уборки проводятся с целью сокращения потерь зерна.

Потери зерна при уборке возникают за счет неблагоприятных условий в период уборки и состоят из:

1) потерь от осыпания на корню за счет перестоя созревших, но еще не убранных хлебов;

2) потерь от прорастания за счет повышенной влажности зерна и соломы при прохладной дождливой погоде в основном в скошенных валках либо сильно полегшей хлебной массе;

3) потерь от недомолота за счет повышенной влажности зерна.

Снижение суммарных потерь зерна при сокращении периода уборки для разных погодных условий показано в табл. 5.

Погодные условия периода типизированы по отклонениям температуры

Таблица 4

Отклонение средних темпов массовой уборки зерновых культур (%)
в зависимости от изменения погодных условий

Область	Средние темпы уборки при t и г, близких к норме, %	При отклонении средней температуры воздуха от нормы								
		+ 2 °С				- 2 °С				
		При сумме осадков, % нормы								
		<80 %	N	>120 %	<80 %	N	>120 %	<80 %	N	>120 %
Калужская	2,3	+0,9	+0,8	+0,7	+0,1	0,0	0,0	-0,5	-0,6	-0,8
Курская	3,6	+0,7	+0,7	+0,6	0,0	0,0	-0,1	-0,6	-0,7	-0,8
Белгородская	4,4	+0,8	+0,7	+0,6	0,0	0,0	-0,1	-0,7	-0,7	-0,8

Таблица 5

Суммарные потери зерна при изменении периода массовой уборки зерновых культур

Тип погоды	Средняя урожайность				Высокая урожайность				Низкая урожайность			
	Сокращение продолжительности периода массовой уборки, сут											
	0	5	8	10	0	5	8	10	0	5	8	10
	Потери, кг/га											
Близкая к обычной	178,5	158,1	145,5	137,4	235,2	206,2	188,8	177,2	116,1	100,2	90,6	84,2
Теплая сухая	192,8	173,0	161,0	153,3	264,5	228,9	207,4	193,3	110,4	107,4	105,5	104,4
Прохладная влажная	178,8	169,1	161,35	157,1	236,0	209,5	193,3	182,6	101,6	97,3	94,5	92,9
	Потери, руб/га											
Близкая к обычной	189,21	167,59	154,23	145,64	249,31	218,57	200,13	187,83	123,07	106,21	96,04	89,25
Теплая сухая	204,37	183,38	170,66	162,39	280,37	242,63	219,84	204,90	117,02	113,84	111,83	110,66
Прохладная влажная	189,53	179,25	171,08	166,53	250,16	222,07	204,90	193,56	107,70	103,14	100,17	98,47

воздуха и осадков от средних многолетних значений. Выделены три типа погоды периода уборки:

- 1) близкая к обычной — осадки и температура воздуха в пределах нормы;
- 2) теплая сухая — осадки менее 80 % нормы, температура воздуха на 1–2 °С выше нормы;
- 3) прохладная дождливая — температура воздуха на 1–2 °С ниже нормы, осадки более 120 % нормы.

Средняя урожайность зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень) взята за последние 10–15 лет, высокая и низкая урожайность рассчитана с учетом среднего квадратического отклонения ($\pm\sigma$).

Ежегодная оценка экономического эффекта использования прогноза урожайности должна проводиться по фактическим данным продолжительности периода массовой уборки, с учетом сложившегося типа погоды в период уборки и по расчетным данным величины сокращения потерь зерна.

По данным табл. 5 можно построить матрицу полезности, показывающую дополнительный доход за счет сокращения потерь. Для примера рассмотрим матрицу потерь для случая сокращения периода массовой уборки на 5 сут для среднего уровня урожайности (табл. 6).

Матрица потерь (руб)

Таблица 6

Тип погоды	Хозяйственное решение	
	сократить период уборки	не сокращать период уборки
Близкая к обычной	167,59	189,21
Теплая сухая	183,38	204,37
Прохладная влажная	179,25	189,53

Рассчитанная оправдываемость прогноза погоды в период уборки по данным за ряд лет представлена в табл. 7.

Матрица сопряженности прогноза погоды

Таблица 7

Фактическая погода	Прогноз			Сумма
	близкая к обычной погода	теплая сухая погода	прохладная влажная погода	
Близкая к обычной	0,3	0,15	0,02	0,47
Теплая сухая	0,07	0,20	0,00	0,27
Прохладная влажная	0,11	0,03	0,12	0,26
Сумма	0,48	0,38	0,14	1,0

Стратегия использования информации потребителем может быть разной: он может либо полностью доверять ей, либо игнорировать ее. Проанализируем обе стратегии.

Оценим эффективность стратегии доверия метеорологической информации. В соответствии с формулой (2) потери при этом будут составлять

$$\bar{U}_{S_1} = 167,59 \cdot 0,48 + 183,38 \cdot 0,38 + 179,25 \cdot 0,14 = 175,22.$$

При игнорировании рекомендаций о целесообразности сокращения периода уборки потери будут равны

$$\bar{U}_{S_2} = 189,21 \cdot 0,47 + 204,37 \cdot 0,27 + 189,53 \cdot 0,26 = 193,39.$$

Итог: сокращение потерь на сумму 18 руб. 17 коп. при учете рекомендуемого сокращения периода уборки.

Аналогично для всех уровней урожая будем иметь

	S_1	S_2	$S_2 - S_1$
\bar{y}	175,22	193,39	18,17
$\bar{y} + \sigma$	226,93	257,92	30,99
$\bar{y} - \sigma$	105,19	118,64	13,45

Расчетная формула экономического эффекта:

$$\text{ЭЭ} = K_y \cdot K_{\text{оп}} \cdot S' \cdot \Delta l \cdot \Delta D, \quad (6)$$

где K_y — коэффициент участия информации в формировании эффекта; $K_{\text{оп}}$ — коэффициент оправдываемости рекомендации; S' — средняя площадь зерновых, убираемая за одни сутки, га; Δl — рекомендуемое сокращение периода массовой уборки, сут; ΔD — доход, соответствующий сокращению потерь зерна за период Δl , руб/га.

В качестве примера рассмотрим условия, когда в период уборки стояла теплая сухая погода, в сутки убирали около 10 тыс. га зерновых, рекомендуемое сокращение периода уборки было 5 дней. Из табл. 5 для этих показателей находим ΔD : $204,37 - 183,38 = 20,99$ руб/га.

Экономический эффект составил:

$$\text{ЭЭ} = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 20,99 = 419,8 \text{ тыс. руб.}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров Н. А. Об экономической полезности прогнозов. — Метеорология и гидрология, 1966, № 2, с. 3—12.
2. Беленький Д. Х., Жуковская Е. Е., Чудновский А. Ф. К задаче принятия оптимальных решений о сроках сева. — Докл. ВАСХНИЛ, 1973, № 4, с. 39—41.

3. Брагинская Л. Л., Жуковский Е. Е. О климатически оптимальном планировании норм посева озимых культур. — Научно-технический бюллетень по агрономической физике, 1981, № 45, с. 20–24.

4. Ганди Л. С., Жуковский Е. Е. О рациональном использовании прогностической и климатической информации при принятии хозяйственных решений. — Метеорология и климатология, 1973, № 2, с. 18–26.

5. Жуковский Е. Е. Метеорологическая информация и экономические решения. — Л.: Гидрометеониздат, 1981. — 303 с.

6. Карпеев Г. А. О математической модели оценки эффективности краткосрочных прогнозов температуры воздуха. — В кн.: Эффективность гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства. Л., Гидрометеониздат, 1973, с. 45–52.

7. Козинец Д. В. Принятие решений об оптимальных нормах посева явменд с учетом условий увлажнения. — Труды ИЗМ, 1976, вып. 9 (68), с. 84–91.

8. Монокрович Э. И. Алгоритм расчета экономической эффективности гидрометеорологических прогнозов. — В кн.: Гидрометеорология и народное хозяйство. М., Гидрометеониздат, 1976, с. 47–54.

9. Монокрович Э. И. Гидрометеорологическая информация в народном хозяйстве. — Л.: Гидрометеониздат, 1980. — 175 с.

10. Никитина Д. И. Оценка эффективности агрометеорологических рекомендаций при определении оптимальной сортовой структуры посевов озимой пшеницы. — Труды ИЗМ, 1976, вып. 9 (68), с. 98–103.

11. Федосеев А. П. Инерционный прогноз почвенных влагозапасов и его экономическая эффективность. — Метеорология и гидрология, 1971, № 6, с. 111–120.

12. Федосеев А. П. Агротехника и погода. — Л.: Гидрометеониздат, 1979. — 240 с.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ МЕТОДОВ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

В. Н. Бодрикова

Приволжское территориальное управление по гидрометеорологии

Ежегодно в Управлениях по гидрометеорологии проводится испытание не менее 10–15 методов агрометеорологических прогнозов, на стадии внедрения обычно находятся 8–10 методов. Хорошие взаимоотношения установлены между Приволжским управлением по гидрометеорологии и ведущими специалистами ВНИИСХМ (О. Д. Сиротенко, А. А. Полевой и др.), методы прогнозов которых используются в оперативной практике прогнозирования. В целом можно сказать, что мы уже освоили эти методы. Однако в связи с реорганизованными работами, использовать эти методы на практике становится все труднее. Дело в том, что ввод исходных данных для ежедекадных расчетов по методу О. Д. Сиротенко, а также периодических, но объемных данных для расчетов по методу А. А. Полевого и др. требует значительных затрат времени для заполнения перфокарт. При отсутствии системы автоматизированной обработки агрометеорологической информации выполнять эту работу трудно, так как не хватает специалистов. Кроме того, летом объем работы возрастает (еженедельные обследования, ежедневная подготовка оперативных материалов и др.).

Большие трудности испытывает Приволжское управление по гидрометеорологии с оснащением. У нас есть две ЭВМ ЕС-1022. В настоящее время ведутся переговоры о приобретении трех-пяти персональных мини ЭВМ (типа „Электроника-85“).

Таким образом, массовое внедрение различных методов агрометеорологических прогнозов будет возможным лишь при хорошем оснащении специалистов агрометеорологов электронно-вычислительной техникой.

Если говорить о качестве составляемых нами агрометеорологических прогнозов, то можно отметить следующее. Раньше оценивались прогнозы урожайности и качество прогнозов в большей степени зависело от специалиста агрометеоролога. Теперь же, когда оценивается валовой сбор, то специалист оказывается зачастую без вины виноватым. Дело в том, что в статистических отчетах отсутствуют сведения о посевных площадях многих сельскохозяйственных культур, а сведения об окончательных площадях озимых под уборку не публикуются до окончания уборки или до заключительного отчета (декабрь–январь). Таким образом, закладывая в расчеты сведения, которые нам дает АПК, мы иногда допускаем очень большую ошибку. Особенно это заметно на примере с озимыми, урожайность которых выше яровых зерновых, что значительно увеличивает относительную ошибку и снижает качество прогнозов.

Все существующие методы прогнозов не учитывают интенсивную технологию, которая при благоприятных агрометеорологических условиях дает значительную прибавку урожая, а при неблагоприятных условиях,

какими были 1987 и 1988 гг., совершенно не сказывается на урожайности и на валовом сборе.

Кроме того, внедрение и внедряемые методы агрометеорологических прогнозов имеют низкую оправдываемость (70 % и более). Каким же образом с помощью таких методов можно получить высокую оправдываемость составляемых прогнозов?

В заключение отметим, что агрометеорологи не сомневаются в необходимости проведения на сети испытаний разработанных учеными методов прогноза. В отделе агрометеорологических прогнозов испытываются до 10–15 методов! Однако сотрудники сетевых подразделений зачастую не имеют возможности провести испытания таких сложных методов, как, например, метод прогноза качества зерна, разработанный М. А. Строгановой. Для внедрения методов прогноза в практику обслуживания считаем целесообразным разрабатывать более простые и надежные методы прогнозирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полевой А. Н. Рекомендации по выполнению оперативно-методических работ по агрометеорологическим прогнозам. — М.: Гидрометеоиздат, 1982.
2. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. Т. 1. Зерновые культуры / Под ред. Е. С. Улановой, В. А. Моисейчик, А. Н. Полевого. Л., Гидрометеоиздат, 1984.
3. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. Т. 2. Технические, овощные, плодовые, субтропические культуры, травы, настбицная растительность, отгонное животноводство / Под ред. Ю. С. Мельника, Н. В. Гулнновой, Т. А. Побетовой, С. А. Бедарева. Л., Гидрометеоиздат, 1984.

ОПЫТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В. Н. Бодрикова, Л. Г. Анурова

Приволжское территориальное управление по гидрометеорологии

Из всех видов гидрометеорологической информации агрометеорологическая менее всего была приспособлена для автоматизированной обработки из-за наличия словесных групп. С оснащением сети электронно-вычислительными машинами у агрометеорологов появилась надежда на облегчение ручного труда по расшифровке и обработке агрометеорологической информации. Начало работы относится к 1981 г., когда были сделаны попытки разработки технического задания и составления программы для обработки агрометеорологической информации.

Одна из первых совместных разработок специалистов отдела агрометеорологических прогнозов и ВЦ — расчет влагообеспеченности посевов ранних яровых зерновых культур и сахарной свеклы. Технические задания на выполнение этих расчетов разрабатывают специалисты отдела агрометеорологических прогнозов. Была разработана форма бланка для занесения исходных данных для расчета влагообеспеченности посевов; на заполнение бланков затрачивается около 30 мин. Дальнейшую работу выполняют операторы ВЦ.

Следующий этап совместной работы — автоматизация кодов декадной и ежедневной агрометеорологической информации. Все три кода были автоматизированы. Опыт подготовки технических заданий по расшифровке информации в предельно сжатые сроки позволил (одновременно с вводом кода КН-21) подготовить и задействовать техническое задание по автоматизированной обработке и расшифровке агрометеорологической информации. Совместно с программистами ВЦ были разработаны и составлены оптимальные таблицы метео- и агрометеорологических декадных данных. С наступлением вегетационного периода 1988 г. расшифровка получаемых со станций данных проводилась на ЭВМ. К началу работы специалисты отдела агрометеорологических прогнозов имели в расшифрованном виде всю присланную сетевыми организациями агрометеорологическую информацию за определенные сроки.

Одним из важных звеньев в получении полного объема и достаточного качества декадной информации является АСПД. В отличие от прошлых лет в 1988 г. комплектацию сводок декадной информации в бюллетени для передачи в ГМЦ и ВЦ управления по гидрометеорологии взяли на себя специалисты АСПД, что облегчило работу агрометеорологов Гидрометцентра и ЦГМ Приволжского управления по гидрометеорологии. В первоначальный период эта работа контролировалась специалистами ЦГМ, а также программистами ВЦ и АСПД. В конечном итоге скомплектованные бюллетени по каналам связи передавались из АСПД в ВЦ. Предварительно уточнялись сроки приема операторами ВЦ агрометеорологической декадной информации. После обработки и расшифровки информации к 3 ч „выходные“ таблицы были готовы к работе.

В связи с реорганизацией службы и сетевых подразделений возник вопрос о замене (хотя бы частичной) ручной обработки декадной информации. На базе разработанного технического задания по автоматизированной обработке декадной информации были созданы массивы необходимых данных по областям. С 1 июля 1988 г. расшифровка полученных данных передается по каналам факсимильной связи в Саратовскую и Оренбургскую области. (Для справки: Приволжское управление гидрометеорологии включает пять областей и одну АССР). Маломощные факсимильные аппараты, уплотненное расписание получения и передачи различного рода информации не позволяют обеспечить имеющимися данными еще три подразделения Приволжского управления по гидрометеорологии. Вместе со специалистами АСПД найден оптимальный на данный момент вариант обеспечения их необходимой информацией. Разработаны формы таблиц, которые будут передаваться по телеграфным каналам, т. е. передача должна осуществляться по системе ЦГМ – АСПД – ВЦ – АСПД – ЦГМ.

Следующий вид работы – годовой агрометеорологический обзор. При составлении технического задания и программы по расшифровке агрометеорологической информации было определено, что в течение года агро- и метеорологическая декадная информация накапливается в памяти машины и в конце года она выдает данные, необходимость которых была установлена выходными формами таблиц. В массив накопления заносятся телеграфные данные. По мере поступления таблиц ТСХ-1 и проверки качества получаемой информации специалисты отдела агрометеорологических прогнозов проводят корректировку данных на дисплее. В конце агрометеорологического года (октябрь прошедшего – сентябрь текущего года) мы имеем качественный табличный материал для годового обзора. В техническом задании по составлению таблиц для годового агрометеорологического обзора были учтены и потребности отдела агрометеорологии (теперь группа общего отдела) в получении данных для ежегодника.

В перспективе совместной работы отдела агрометеорологии и агрометеорологических прогнозов с ВЦ – получение на основе обработки и расшифровки ежедневной информации необходимых таблиц для недельного обзора. Техническое задание уже разработано и после составления программы обеспечения сети расшифровкой декадной информации программисты ВЦ приступят к составлению программы для недельного обзора.

Большой объем работ проводится в связи с испытанием и внедрением динамико-статистических методов, разработанных специалистами ВНИИСХМ. Необходимо отметить, что для заполнения исходных данных требуется очень много времени. Эти методы более или менее трудоемкие, хотя в целом в них используются практически одни и те же данные, получаемые в основном из ореденной информации. Приходится просмотреть огромное количество телеграмм и таблиц, чтобы выписать, например, данные о запасах влаги под теплолюбивыми и зернобобовыми культурами (прогноз валового сбора всех зерновых и зернобобовых). В 1987 г. мы получили для испытания прогноз качества зерна яровой пшеницы по зонам ее возделывания. Кто занимался этим, тот знает, сколько исходных данных заложено в этот метод! Наблюдения за некоторыми характеристиками (продолжительность солнечного сияния, температура почвы на глубине 10 см

и др.) в области проводятся на одной-двух станциях и эти станции могут находиться в одном и том же микрорайоне (область делится на 7 микрорайонов), т. е. некоторые данные приходится осреднять для других микрорайонов, особенности, присущие одному району, искусственно переносятся в другой. Кроме того, качество зерна определяется по данной территории. Вариант осреднения конечного результата нам кажется тоже неприемлемым, так как качество зерна на одном и том же поле может быть разным. Как же можно использовать практически средний показатель качества зерна по области, тем более оперативно-прогностическим организациям? А рассчитывать этот прогноз только ради расчета очень накладно. В связи с этим возникают вопросы, каким образом апробируются методы, высылаемые на испытания в управления по гидрометеорологии и кто определяет целесообразность испытания и внедрения методов с учетом ожидаемых результатов?

Следует также отметить, что технический совет Приволжского управления по гидрометеорологии принял решение о нецелесообразности дальнейшего испытания метода прогноза качества зерна яровой пшеницы по зонам ее возделывания ввиду трудоемкости метода и отсутствия практической целесообразности его применения. Однако этот метод был все же включен в план испытания и внедрения.

Для высвобождения ручного труда при заполнении исходных данных для расчета динамико-статистических методов планируется создание комплексной программы автоматизации и банка данных, получаемого на базе обработки декадной и ежедневной агрометеорологической информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абашина Е. В., Сиротенко О. Д., Долгий-Трач В. А., Павлова В. Н. Методика расчета карт ожидаемых урожаев, влагозапасов и оценок условий формирования урожаев яровых зерновых культур при заданных сценарных будущих погодных условиях на территории Поволжья. Проект методических указаний. Обнинск, 1983.
2. Код КН-217. — Л.: Гидрометеоиздат, 1988.
3. Проект методических указаний по составлению прогнозов урожайности и валового сбора всех зерновых и зернобобовых культур и основных сельскохозяйственных культур в Прибалтике, Белоруссии и Европейской части РСФСР/Под ред. А. Н. Полевого. — М.: Гидрометеоиздат, 1985.
4. Сиротенко О. Д., Абашина Е. В., Павлова В. Н., Долгий-Трач В. А. Методика количественной оценки влияния засушливых условий на урожайность яровой пшеницы. — Методическое пособие. — М.: Гидрометеоиздат, 1982.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ОПЕРАТИВНОЙ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

А. И. Крысталь, Л. А. Бгорова

Северо-Западное территориальное управление
по гидрометеорологии

Оснащение управлений по гидрометеорологии электронно-вычислительной техникой позволило увеличить количество и качество решаемых задач, в том числе и агрометеорологических. Автоматизированная обработка оперативной агрометеорологической информации началась в 1986 г. с введением на сети унифицированного агрометеорологического кода КН-21. В Северо-Западном территориальном управлении к таким работам приступили с января 1986 г. В июне 1986 г. в производственную практику был введен Комплекс программ по обработке декадных агрометеорологических телеграмм, в сентябре — ежедневных. Таким образом, агрометеорологи полностью освободились от ручной расшифровки агрометеорологических телеграмм, заполнения таблицы для декадных бюллетеней, сбора, комплектования и проверки правильности составления телеграфных декадных и ежедневных агрометеорологических бюллетеней для Гидрометцентра СССР. В дальнейшем круг задач по обработке оперативной агрометеорологической информации постепенно расширялся. В 1988 г. весь Комплекс программ по обработке данных (без прекращения эксплуатации) был перестроен по новому варианту кода КН-21, введенному в действие с 1 апреля 1988 г. /1/.

Основная цель, которая преследовалась при разработке Комплекса программ АГРО — максимально автоматизировать труд агрометеоролога при имеющейся вычислительной технике. Задача осложнялась рядом характерных особенностей оперативной информации, изложенных ниже.

1. Телеграфная агрометеорологическая информация по объему и содержанию обширна и непостоянна, носит сезонный, межсезонный, а иногда и эпизодический характер. Например, информация о температуре на глубине узла кушения в ежедневных телеграммах подается не ежегодно, а при наличии определенных условий.

2. В настоящее время техническая оснащенность сети еще очень слабая. Часто передача агрометеорологической информации происходит по телефону: районный узел связи — Центральный телеграф — конечный пункт (управление по гидрометеорологии), который является четвертым звеном в цепочке связи с метеостанцией. Надо учесть, что и внутри управления телеграмма имеет свой путь следования: по каналам связи она проходит два АРД-Р „Циклон” и затем поступает на ЭВМ. Поэтому по мере прохождения телеграмм от начального пункта до ЭВМ могут появляться или отсекаться символы, слова, цифровые группы, искажающие содержание телеграмм.

3. Любая станция или пост могут допустить ошибку при кодировании телеграммы. Ошибки могут быть в любом из разделов.

4. Потеря в агрометеорологических материалах не должно быть. Если из-за отсутствия связи данные какой-либо метеостанции за конкретный день или декаду задерживаются, то при восстановлении связи информация должна быть также восстановлена, для того чтобы последующий выходной материал носил качественную, достоверную информацию.

Для достижения поставленной цели при разработке Комплекса программ AGRO перечисленные выше характерные особенности были учтены. По мере написания программы подключались в работу для отладки и определения дополнительных требований заказчика, возникающих при эксплуатации комплекса. В результате этого достигнута определенная гибкость Комплекса, его открытость и более широкий набор функций по сравнению с запланированным в техническом задании.

В настоящее время агрометеорологический комплекс состоит из 23 автономных программ, 16 из них участвуют в технологическом процессе обработки агрометеорологических телеграмм и 7 являются сервисными программами.

Весь Комплекс программ написан на фортране-77, за исключением одной программы, написанной на Макроассемблере. Работает он на ЭВМ СМ-1600; объем оперативной памяти — 32 килобайта.

Возможности Комплекса AGRO следующие: прием ежедневных и декадных агрометеорологических телеграмм непосредственно по каналам связи либо по запасным вариантам (считывание с перфоленты или посредством ввода вручную с дисплея), раскодировка и запись в макет, тестирование раскодированных данных, корректировка ошибок в телеграммах, выдача таблиц и карт с ежедневными, недельными, декадными и месячными данными, комплектование сводных телеграфных бюллетеней для Гидрометцентра СССР и выдача их на перфоленту или непосредственно с канала связи, выдача протокола ошибок.

Результатом работы Комплекса являются таблицы, карты, сводки для Гидрометцентра СССР с декадными, ежедневными данными и данными о минимальной температуре на глубине узла кущения при невысоком снежном покрове.

Если ввод телеграмм производится непосредственно из канала связи, то до работы Комплекса AGRO используется Комплекс SPHINX, работающий в Северо-Западном управлении по гидрометеорологии на всех ЭВМ для приема телеграфной информации. Комплекс SPHINX по заголовкам определяет и сортирует информацию по определенным буферам: синоптический, аэрологический, штормовой и т. д. Агрометеорологические телеграммы поступают в свой буфер по мере поступления и хранятся в нем до считывания Комплексом AGRO. После считывания накопленные телеграмм в буфере начинается вновь.

Считав из буфера информацию, агрометеорологический комплекс определяет тип телеграммы (ежедневная она или декадная), срок и номер телеграммы (номер части). Телеграммы другого срока и другого типа записываются во вспомогательные файлы, которые в обработке не участвуют. Телеграммы нужного типа и срока записываются в файл AGRO.

BUF. Если в телеграмме были допущены ошибки в указании типа и срока и она попадает во вспомогательный файл, то ее легко считать в рабочий файл AGRO. BUF. Кроме того, в процессе работы формируется еще один файл — файл с „мусором”. В дальнейшем телеграммы сортируются по областям. В каждой области станции располагаются в определенном порядке, телеграммы каждой станции помещаются в порядке возрастания частей.

Раскодируются и записываются в макет только те телеграммы, которые записаны в AGRO. BUF. Затем содержание каждой телеграммы проходит тестирование: все разделы, зоны и группы сверяются с кодом, раскодированные элементы проверяются на диапазон допустимых значений, оцениваются со средними областными значениями, некоторые элементы сравниваются между собой, например, все три температуры воздуха (средняя, максимальная и минимальная). Сообщения об обработке данных каждой метеостанции или поста с указанием ошибок, отклонений, если таковые имеются, поступают на печать. Тестирование телеграмм можно проводить несколько раз, до поступления всех метеостанций и полного исправления ошибок. Корректировка текста телеграмм производится с дисплея при непосредственном входе в текстовый файл AGRO. BUF. При необходимости можно послать запрос на метеостанцию.

Формирование бюллетеней для Гидрометцентра СССР, таблиц и карт происходит после корректировки с разрешения оператора. Работа по обработке агрометеорологических телеграмм любого срока завершается выдачей на печать сводного протокола ошибок, допущенных метеостанциями или телеграфом, скомпьютеризованного по областям. Протоколы ошибок в дальнейшем доводятся до областных агрометеорологов для работы со станциями.

Комплекс программ AGRO может сформировать и выдать на печать по ежедневным и декадным оперативным агрометеорологическим данным 121 таблицу и 38 карт. Все таблицы подразделяются на 8 типов. При разбивке таблиц на типы за основу взят период, за который выдается таблица: 1, 5, 6, 7, 10, 11 дней — если используются ежедневные данные, и за декаду и месяц — если используются декадные данные. Ежедневные данные в машине хранятся в течение одного скользящего месяца, декадные — в течение года. Кроме поступивших данных, в таблицах помещаются отклонения от прошлого года, прошлой декады и от средних многолетних значений по температуре воздуха, влажности воздуха (дефиците и влажности воздуха), подсчитывается процент от средних многолетних по осадкам и солнечному сиянию. Карты делятся на три типа: ежедневные (сюда же входят недельные), декадные с температурой и осадками и последний тип — это карты с запасами влаги под культурами.

В Комплекс программ каталоги станций, шифры сельскохозяйственных культур, фаз развития, повреждений, полевых работ, шапки таблиц и рисунки карт введены как входные файлы и на работу программ Комплекса не влияют. Такой проход позволяет изменять, добавлять или убирать какую-либо информацию при изменении условий работы.

В настоящее время Комплекс программ рассчитан на 130 агрометстанций и постов. Число станций может быть увеличено до 400 путем замены в файле PARAMETER:FTN параметра KOLST новым значением, пере-

рансляцией программ и сборкой их без изменения командных файлов сборки программ.

При использовании Комплекса программ в другом территориальном управлении или областном подразделении следует произвести изменения в файлах: каталоге станций, средних многолетних значениях, с названиями областей, с картами областей, списков станций для печати таблиц, с номерами списков станций для печати таблиц. Для перевода Комплекса на ЕС ЭВМ требуется небольшая корректировка программ при наличии транслятора с языка фортран-77.

На данном этапе для Комплекса разрабатываются новый контроль, учитывающий некоторые паспортные данные, и план работ станций, а также формы стыковки с численными методами агрометеорологических прогнозов и передачи обработанной информации по каналам связи в областные центры.

Помимо обработки оперативной агрометеорологической информации для агрометеорологов на ЭВМ производятся расчеты прогнозов урожайности озимых зерновых и яровых культур, картофеля и льна (всего семь культур). Авторы этих методов — А. Н. Полевой, Т. А. Гончарова, Т. И. Русакова. Расчеты ведутся к основным срокам составления прогнозов. Кроме того, по самой компактной программе ежедневно рассчитывается оценка агрометеорологических условий формирования урожая по отношению к средним многолетним. Расчет в декадные дни в оперативном порядке доводится до областных подразделений. Часть данных для прогнозов можно получить как результат работы Комплекса, часть данных можно вводить вручную. Исходные файлы хранятся от расчета до расчета, поэтому на обновление данных больших затрат времени не требуется (от 5 до 30 мин на одну культуру сразу для всех шести подразделений СевЗалгидромета). Несмотря на малые затраты времени, необходима стыковка агрометеорологических прогнозов с Комплексом. Это уменьшит трудозатраты и позволит проводить расчеты для меньших, чем область, регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К о д для составления декадных и ежедневных агрометеорологических телеграмм КН-21. — Л.: Гидрометеонедат, 1988. — 77 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ РАБОЧИЕ МЕСТА АГРОМЕТЕОРОЛОГА НА БАЗЕ МИКРО-ЭВМ

М. Л. Златковский, Л. М. Никитина

Киргизское республиканское управление по гидрометеорологии

В Киргизгидромете на базе микро-ЭВМ „Искра-226” разработано и реализовано автоматизированное рабочее место „Эмпирик” для получения и анализа многофакторных, в том числе и нелинейных, зависимостей. Уточнение корреляционной связи производится в режиме графического диалога с выводом на экран дисплея. „Эмпирик” обеспечивает получение средних и экстремальных значений с указанием года по каждой переменной величине, матрицы взаимных корреляций и оценок коэффициентов корреляции, обработку вариантов многофакторных связей, включая расчет уравнений регрессии, множественного коэффициента корреляции, обеспеченности и стандартной ошибки. При выводе эмпирической зависимости возможно использование любых комбинаций предикторов, а также их взаимосвязей (произведения, частного, степенной и показательной функций). Для облегчения оценки зависимостей на экране дисплея могут быть отображены графические зависимости (как точечные, так и с указанием ряда лет) и аппроксимирующие кривые с любым показателем степени, в том числе и дробным. Подбор предикторов, характеризующих по частям весь период вегетации исследуемой сельскохозяйственной культуры позволяет использовать уравнение не только для прогнозирования, но и для программирования по заданным сценариям. Значения предикторов — средневзвешенные.

На базе персональной микро-ЭВМ „Искра 1256” разработана и успешно применяется при составлении агроклиматических справочников вычислительная система РЕСУРС, состоящая из трех подсистем: РЕСУРС/ТАБЛИЦЫ, РЕСУРС/ГРАФИСТ и РЕСУРС/ДЕЛЬТА.

Подсистема РЕСУРС/ТАБЛИЦЫ в качестве входной информации использует данные одной станции (как числовые, так и календарные) с числом лет до 50 и с числом колонок до 36. Данные вводятся в режиме диалога оператора с ЭВМ. При работе с датами за осенне-зимний период допускается вводить данные за январь, февраль, март и апрель следующего года с соответствующим обозначением 13, 14, 15 и 16: при распечатке они имеют вид: *1, *2, *3 и *4. При отсутствии данных за отдельные годы в одной графе вводится прочерк. Если за год нет данных по всем графам, опрос за этот год не производится (см., например, табл. 1). Станция запрашивается по номеру, система выдает ее название и территориальную принадлежность. Обработка заключается в определении средних и экстремальных значений с указанием года. При повторении экстремального значения дважды указываются оба года, при более частом — процент повторяемости от общего числа наблюдений.

Подсистема ТАБЛИЦЫ может использоваться при подготовке I, II, III и IV частей агроклиматического справочника, справочника по

Дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0, 5, 10 °С и т. д. и число дней со средней суточной температурой, превышающей указанные пределы

Год	Дата перехода температуры воздуха весной через				Продолжительность периода с температурой воздуха выше (дни)			
	0 °С	5 °С	10 °С	...	0 °С	5 °С	10 °С	...
1	2	3	4	...	12	13	14	...
Киргизское УГ *АСОД РЕСУРС *11.02 1988; оператор Никитина 60. Джалал-Абед, Ошская обл.								
1951	13/3	23/3	28/3	...	263	241	219	...
1952	-	28/2	11/4	...	328	256	190	...
1953	7/2	24/2	7/4	...	320	244	191	...
1954	11/3	14/3	22/4	...	261	257	216	...
1955	15/1	10/3	4/4	...	350	281	222	...
1956	9/2	9/3	5/4	...	308	267	206	...
1957	28/3	10/3	9/4	...	293	252	186	...
1958	6/1	19/1	25/3	...	359	295	220	...
1960	5/2	30/3	15/4	...	320	228	196	...
1985	-	18/3	30/3	...	340	239	214	...
Мин.	6/1	19/1	10/3	...	261	221	186	...
Год	1958, 1975	1958	1962	...	1954	1963	1957	...
Средн.	15/2	9/3	29/3	...	301	256	216	...
Макс.	15/3	2/4	15/4	...	359	295	242	...
Год	1974	1965	1960	...	1958	1958	1981	...

климату СССР, а также при разработке отдельных видов гидрологических прогнозов.

Подсистема ГРАФИСТ предназначена для построения интегральных кривых, номограмм и распечатки таблицы обеспеченности агрометеорологических показателей (календарных значений) с использованием средств графического диалога. Ввод данных производится по одному показателю одной станции за все годы наблюдений. Автоматически вычисляется среднее значение, производится ранжировка данных по убыванию, начиная с самой ранней даты и кончая самой поздней; по формуле Г. А. Алексеева для каждого порядкового номера членов статистического ряда в зависимости от числа лет рассчитывается обеспеченность, с помощью графопостроителя строится график интегральной кривой распределений дат агрометеорологического показателя. После проведения кривой вручную производится полуавтоматический ввод данных при стандартной обеспеченности (5, 10, 20, 25, 30, 40, ... 95 %). Для определения вероятности одного агрометеорологического показателя можно использовать до 80 станций. После этого система печатает сводную таблицу (табл. 2) по всем станциям с разбивкой по областям.

Закончив распечатку сводной таблицы, система вычерчивает рабочий вариант номограммы с увеличенным расстоянием между точками по горизонтали. В режиме графического диалога с рабочей номограммы снимаются „начала” и „концы” линий. Система строит окончательную номограмму и наносит концы линий регрессий. Оператор соединяет их прямыми. Система вычисляет и печатает окончательную таблицу обеспеченности агрометеорологического показателя при определенных средних его значениях с интервалом 5 дней (в конце месяца 3, 5, 6 дней) (табл. 3).

Таблица 2

Вероятность наступления восковой спелости озимой пшеницы

Станция	ГГ	Средняя дата	Обеспеченность, %				
			5	10	...	90	95
Районы республиканского подчинения							
3. Джанги-Джер	20	25/6	11/6	15/6	...	4/7	6/7
6. Фрунзе	32	27/6	16/6	18/6	...	5/7	8/7
12. Новороссийск	19	26/3	12/7	14/7	...	8/8	11/8
.....							
Ошская обл.							
45. Джалад-Абад	28	19/6	4/6	9/6	...	4/7	5/7

Таблица 3

Вероятность наступления восковой спелости озимой пшеницы

Средняя дата	Обеспеченность, %						
	5	10	...	50	...	90	95
5/6	24/5	28/5	...	6/6	...	16/6	17/6
10/6	29/5	2/6	...	10/6	...	21/6	23/6
15/6	3/6	7/6	...	15/6	...	26/6	28/6
.....							
10/8	31/7	2/8	...	10/8	...	23/8	28/8

Подсистема ГРАФИСТ может использоваться при подготовке I, II, III и IV частей агроклиматического справочника; реализуется она на базе вычислительного комплекса „Искра-1256” с графопостроителем только типа Н-306.

Подсистема ДЕЛЬТА обеспечивает в режиме диалога ввод средних суточных температур и автоматически печатает таблицы сумм активных и эффективных температур выше 3, 5, 10 и 15 °С. В таблице указываются название и номер месяца. В первых строках таблицы расположены значения средних суточных температур воздуха по дням декады, во вторых трех строках — суммы активных температур нарастающим итогом (выше 0 °С), в третьих трех строках — суммы эффективных температур

выше 3 °С нарастающим итогом и т. д. Система позволяет проводить обработку по полугодиям. Подсистема ДЕЛЬТА может использоваться как при составлении справочника по агроклиматическим ресурсам, так и в оперативной работе группы агрометеорологических прогнозов.

Обработка данных на микроЭВМ с использованием автоматизированной системы РЕСУРС по сравнению с ручным способом ускоряется в среднем в 20–25 раз. Таким образом, для Киргизского управления по гидрометеорологии экономия трудозатрат составит около 70 человек-лет только при подготовке Научно-прикладного справочника по агроклиматическим ресурсам; экономический эффект этих расчетов составит 90–100 тыс. руб.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ТЕЛЕГРАММ КН-01 И КН-21

Р. С. Буякова, З. В. Лучанинова

Белорусское республиканское управление по гидрометеорологии

К 1986 г. в гидрометслужбе БССР был достигнут достаточно высокий уровень автоматизации в агрометеорологии. Он обеспечивался с помощью ЭВМ ЕС-1035 и нескольких программных комплексов (систем):

— комплекса программ приема, разделения и записи на внешние носители гидрометеорологической информации (PRINF) (разработчик — ВЦ Белгидромета);

— комплекса программ по обработке оперативной информации в коде КН-01 с сети станций Белгидромета (КН-01) (разработчик — ВЦ Белгидромета);

— системы оперативной обработки агрометеорологической информации (СООАМИ) (разработчик — ВНИИСХМ);

— автоматизированной системы доведения гидрометеорологической информации до потребителя (АСДИ) (разработчик — ВЦ Белгидромета).

Служба с 1983 г. работала в условиях эксперимента, используя оригинальный агрометеорологический код КН-21 М (2), разработанный ВНИИСХМ.

Была налажена передача метеоданных за прошедшие сутки по станциям республики из системы СООАМИ по каналам связи в Головной информационно-вычислительный центр (ГИВЦ) Госагропрома БССР.

В 1987 г. в связи с переходом службы на единый код КН-21 М (3), а затем КН-21 уровень автоматизации резко снизился — прекратилась обработка на ЭВМ агрометеорологических телеграмм. Связь с агропромом сохранилась, но источником информации стали телеграммы в коде КН-01 (обобщенные за прошедшие сутки данные).

В отделах агрометеорологических прогнозов и программирования в 1987 г. начата разработка автоматизированной системы, позволяющей обеспечить отдел агрометпрогнозов и Госагропром БССР оперативной и накопленной за определенные периоды, а также расчетной агро- и метеорологической информацией.

Оценим уровень автоматизации в агрометеорологии, достигнутый в Белгидромете к концу III квартала 1988 г.

В текущем вегетационном периоде внедрено в оперативную работу ВЦ программное обеспечение по приему и обработке на ЭВМ ежедневных агрометеорологических телеграмм в коде КН-21 на ЕС ЭВМ.

Реализована следующая технология обработки:

1) прием оперативных и опоздавших телеграмм в ЭВМ с каналов связи через аппаратуру распределения данных (АРД) „Циклон“;

2) упорядочение телеграмм и преобразование их к виду, удобному для работы с экрана дисплея;

3) распечатка текстов телеграмм;

4) машинный контроль (анализ структуры телеграмм, проверка кодов на соответствие каталогам, контроль данных на диапазон изменения их значений);

- 5) оперативная корректировка текстов телеграмм с экрана дисплея средствами диалоговой системы PRIMUS;
- 6) раскодировка телеграмм;
- 7) упорядочение расшифрованной информации;
- 8) выдача выходных форм 91, 92, 95;
- 9) накопление в хранимом наборе сведений о датах наступления фаз развития основных в БССР сельскохозяйственных культур в разрезе наблюдательного участка;
- 10) формирование на магнитном носителе образов выходных форм 92-1, ..., 92-9 по данным хранимого набора;
- 11) печать выходных форм 92-1, ..., 92-9.

Магнитным носителем в системе является диск. Программа раскодировки учитывает изменчивость кода — его описание в виде констант вынесено в отдельную область программы.

Выходные формы 91, 92, 95 выдаются на печать ежедневно при наличии соответствующих зон в телеграммах. Форма 90 отсутствует, так как 90-я зона из ежедневной телеграммы в Белгидромете исключена.

Присутствие 90-й зоны в агрометеорологической телеграмме системой допускается — информация будет расшифрована и занесена в соответствующий набор на магнитном носителе.

Выходная форма, содержащая информацию 90-й зоны, у нас выдается на базе обобщенных синоптических данных круглый год и позволяет отметить в холодный период года автоматизированную обработку ежедневных телеграмм в коде КН-21.

Обобщенная метеорологическая информация за предыдущие сутки ежедневно по каналам связи передается из ВЦ в областные центры гидрометеорологии (ЦГМ) средствами системы АСДИ. Вид информации и ее объем каждый центр определял заранее в своей заявке. Средство связи — АРД „Циклон“.

Выходные формы 92-1, ..., 92-9 — это сведения о датах наступления фаз развития основных культур (рожь озимая, пшеница озимая, пшеница яровая, овес, ячмень, гречиха, горох, люпин, лен-долгунец, картофель, свекла сахарная, рапс озимый, кормовые травы, кормовые злаковые травы). Они ежедневно формируются на магнитном носителе и анализируются с экрана дисплея, установленного в отделе агрометеорологических прогнозов и связанного с ЭВМ. При необходимости формы могут быть выданы на печать в любой день; сейчас печатаем один раз в декаду.

По мере появления в телеграммах эпизодической 95-й зоны в холодный период года соответствующая выходная форма будет выдана на печать. Ее можно также отобразить на экране дисплея в отделе агрометеорологических прогнозов.

В структуру обсуждаемой системы в настоящее время входят 20 оперативно работающих программ и 5 программ, служащих для создания и распечатки справочников системы. Корректировка справочников проводится с экрана дисплея средствами диалоговой системы PRIMUS, которая является базой для организации всех работ с экрана дисплея.

Система для работы требует 150 К оперативной памяти ЭВМ ЕС-1035 и около 10 мин машинного времени ежесуточно. Обработка ведется де-

журной сменой операторов ночью.

Телеграммы в коде КН 21 подаются 51 станцией Белгидромета; 6 из них по организационным причинам поступают утром — их информация в оперативных сводках, выданных ЭВМ, отсутствует. Опоздавшие телеграммы поступают в обработку с оперативной информацией следующих суток. Из них извлекаются накапливаемые сведения о датах наступления новых фаз развития культуры.

Опытная эксплуатация программного обеспечения на протяжении вегетационного периода принципиальных замечаний не выявила. Обнаружено несколько неучтенных ситуаций, требующих доработки программ.

Продолжается разработка сервисного программного обеспечения. Это программа корректировки хранимого набора через образы выходных форм, отображенных на экране дисплея, и программа подготовки хранимого набора к вегетационному периоду.

Предстоит обработка механизма использования раздела 666 для получения дополнительных видов информации. Сейчас присутствие этого раздела в телеграммах допускается системой, но она не расшифровывается и в таблицы не выдается.

Обсуждается вопрос о доведении до ГИВЦ Госагропрома БССР оперативных данных о фазах развития отдельных культур.

В ГИВЦ Госагропрома БССР с 1986 г. для решения на ЭВМ задач по защите растений ведется база данных гидрометеорологической информации, рассчитанная на хранение данных за последний год. Вначале база заполняется оперативной информацией, поступающей с нашего ВЦ по каналам связи. Это дает возможность оперативно решать такие задачи, как краткосрочный прогноз развития фитофтора картофеля и определение оптимальных сроков фунгицидных обработок и др. В последующем оперативные данные в базе вытесняются режимными данными нашей автоматизированной системы накопления и обработки режимной приземной гидрометеорологической информации, поступающими на магнитной ленте один раз в месяц.

Сотрудничество Белгидромета с Госагропромом БССР на уровне вычислительных центров давно носит деловой характер и постоянно развивается. Средством оперативной связи служит телетайп, носителем информации — перфоленга.

На основе оперативных телеграмм, поступающих в ЭВМ в коде КН-01, системой АСДИ на магнитном диске ведется синоптическая база данных. В ней содержится следующая информация:

- 1) оперативная информация по станциям БССР за последние 8 синоптических сроков;
- 2) обобщенная информация по станциям БССР за сутки, заканчивающиеся в 6, 9 и 21 ч московского времени;
- 3) обобщенная информация по суткам (21 ч) последней недели и последней декады;
- 4) обобщенная декадная информация за три последних декады;
- 5) оперативная информация о температурах воздуха за каждые сутки (21 ч) с начала года и об осадках за сутки (6, 9, 21 ч) с начала года для каждой станции.

Наименование документа	Время выдачи (ч мин)	Сведения о внедрении
Таблица метеорологических величин за прошедшие сутки (21 ч)	21 40	Внедрена
Карта распределения суточных температур воздуха и осадков за последние 12 ч (день)	21 40	Внедрена
Карта распределения влажности за прошедшие сутки	21 40	Внедрена
Таблица метеорологических величин за прошедшие сутки (6 ч)	6 40	Внедрена
Таблица метеорологических величин за прошедшие сутки (9 ч)	9 40	Внедрена
Карта распределения суточных минимальных температур воздуха и почвы, осадков за последние 12 ч (ночь), состояние снежного покрова	9 40	Внедрена
Декадные данные по станциям, итоги по областям	21 50	Внедрена
Месячные данные по станциям, итоги по областям	21 50	Внедрена
Таблица сумм температур по дням месяца нарастающим итогом с начала года по станции	В последний день месяца в 21 50	Авторский надзор
Таблица сумм осадков по дням месяца нарастающим итогом с начала года по станции	В последний день месяца в 21 50	Разрабатывается
Таблица сумм температур по станциям за период	По запросу	Авторский надзор
Таблица сумм осадков по станциям за период	По запросу	Разрабатывается
Карты распределения устойчивых дат перехода температуры воздуха через 0, 5, 10, 15 °С	По запросу в 6 50	Авторский надзор
Карта распределения суточных (6 ч) сумм осадков за период	По запросу	Авторский надзор
Карта распределения суточных (9 ч) сумм осадков за период	По запросу в 9 50	Авторский надзор
Таблица сумм температур по областям на дату	По запросу	Разрабатывается

В базе имеется нормативная информация о температуре воздуха (ежесуточная и декадная) и об осадках (декадная) по станциям БССР.

При обобщении информации за сутки отсутствующие данные на отдельных станциях восстанавливаются путем интерполирования по данным соседних станций с обязательной выдачей этих данных на печать. Разработан инструмент корректировки оперативных данных в коде КН-01 с экрана дисплея.

Оперативная информация доступна системе через 40 мин после срока наблюдения.

Синоптическая база данных позволяет нам оперативно обеспечить отдел агрометеорологических прогнозов, ЦГМ и Госагропром БССР необходимыми видами информации.

Сейчас оперативно выдается 8 видов таблиц и карт по данным базы. Ведется разработка программ для выдачи 8 новых выходных документов.

Половина из них уже выдается под авторским надзором. В таблице приведен перечень этих таблиц и карт.

Все, кого практически интересуют обсуждаемые системы, могут ознакомиться с образцами выходных документов и с действующим документом „Руководство оператора по обработке агрометеорологических „телеграмм“”.

К замечаниям по структуре кода КН-21 можно отнести следующие:
— отсутствие в ежедневной телеграмме шифра наблюдательного участка не позволяет в автоматизированных системах обеспечить надежность и достоверность накапливаемой информации о ходе вегетации культур в разрезе участков;

— код содержит исключения из общих правил зашифровки (при значении 100 шифр-99, при значении 0,7 шифр-997 и т. п.), не позволяющие создавать универсальные программы раскодировки, не зависящие от очередного кода.

АГРОМЕТЕОРОЛОГИ КАЗАХСТАНА — ГОСАГРОПРОМУ РЕСПУБЛИКИ

А. А. Кучменко, Т. М. Плото

Казахское республиканское управление по гидрометеорологии

Казахстан — один из основных регионов в стране по производству зерновых культур и продукции животноводства. Ежегодно здесь засеивается около 28 млн га яровыми культурами, из которых 15 млн га отводится под яровую пшеницу, более 6 млн га засеивается яровым ячменем, свыше 2 млн га — кукурузой и другими сельскохозяйственными культурами.

Почти 180 млн га или 70 % площади республики занимают пастбища. Многолетние сенокосные травы располагаются на площади 5 млн га, однолетние занимают площадь около 3 млн га, т. е. это крупнейшая база для разведения скота (около 34 млн голов).

С момента создания агрометеорологической службы в республике началось специализированное обслуживание сельскохозяйственного производства, а затем вновь созданного Госагропрома. Агрометеорологи Казахстана поддерживают с ним постоянный тесный контакт: обновляются схемы, локальные соглашения, подготовлена программа взаимодействия с системой „АИУС— агресурсы”, в период сева, уборки регулярно сообщаются сведения о темпах накопления тепла, количестве осадков, запасах влаги и т. д. Совместно с Госагропромом рассмотрен макет Научно-прикладного справочника по агроклиматическим ресурсам СССР. Расширен объем данных по испарению и осадкам, передаваемых Госагропрому, который использовал их при автоматизированном планировании орошения в хозяйствах республики.

Специалисты Госагропрома принимают участие в проводимых агрометеорологами авиаобследованиях сельскохозяйственных культур и пастбищ, взятии монолитов на отращивание озимых по определению их жизнеспособности. Такие совместные выезды помогают работникам Госагропрома рационально использовать и планировать начало подкормки озимых, подготовить семенной фонд для пересева погибших растений, своевременно распределить по районам дополнительные корма. Своевременно передается Госагропрому разнообразная агрометеорологическая информация (прогнозы, справки, доклады, обзоры, консультации, картографический материал), в которой подробно дается оценка сложившихся и ожидаемых погодных условий для проведения основных агротехнических мероприятий в полеводстве (посевная, уборочная кампании), всевозможных работ в животноводстве (перегон, окот, стрижка, сенокос и пр.). Вся полученная информация применяется в производственной практике Госагропрома с учетом погодных условий конкретного года.

Так, зима 1987-88 г. характеризовалась неустойчивой погодой. Условия для пастбищного содержания скота в большинстве районов республики были сложными. Резкая смена тепла и холода, сильные туманы и ветры в сочетании с низкими температурами, мощные ледяные корки, наст, глубокий снежный покров препятствовали выпасу скота, вызывали ра-

ненне конечностей. Из-за необычно обильных снегопадов почти на всех пастбищах южной половины Казахстана снежный покров достигал 15–30 см и более. Такой сложной обстановки в республике не наблюдалось примерно 15–20 лет. Перед началом зимовки скота специалистами-агрометеорологами были организованы вылеты на пустынные метеостанции и ряд отгонов скота с целью выяснения подготовки МС к этому ответственному периоду. Одновременно проводились аэровизуальные обследования пастбищ. Все сведения, а также карта кормозапасов были переданы в Госагропром, где они использовались при планировании перегона, размещении скота на зимних пастбищах, отгонах и распределении страховых кормов по областям.

В течение зимы ежемесячно составлялись консультации, в которых давалась оценка ожидаемой в предстоящем месяце погоды, а также рекомендации по сохранению поголовья скота. Регулярно, два раза в неделю, агрометеорологи совместно с синоптиками выпускались приложения к ежедневному бюллетеню. В них помещались прогнозы опасных для животноводства явлений погоды, а также обзоры о сложившихся условиях зимовки скота за последние дни. В связи с аномальными условиями на юге и юго-востоке республики в феврале была составлена справка (доклад) для правительственных органов и Госагропрома, согласно которой принимались меры по сохранению поголовья в этих районах.

Чабаны республики оповещались об ожидаемом по прогнозу ухудшении погоды через работников метеостанций, областных и районных сельскохозяйственных органов. Эти прогнозы передавались из Казахского управления по гидрометеорологии по радиостанциям и телефону. От чабанов через метеостанции и радистов-корреспондентов регулярно в течение зимы поступала агрометинформация по ходу, которая использовалась при составлении обзоров, справок.

Так, например, в весенне-летний период на территории Алма-Атинской области наблюдалась сложная обстановка: частые резкие перепады температуры воздуха, обильные осадки грозового характера с выпадением града, селевые выбросы в горах. Своевременно предупрежденные чабаны 14, 21–22 и 27–28 июня в Балхашском, Илийском, Куртинском и Эмбекшиказахском районах приостанавливали перегон остриженного поголовья, укрывали молодняк и овцематок в тепляках и кошарах. Таким образом было сохранено 443 тыс. остриженных овец. Доля Казахского управления по гидрометеорологии в экономическом эффекте, полученном от проведенных мероприятий, составила 124 тыс. руб. В целом гидрометеорологическое обеспечение отгонно-пастбищного животноводства в республике осуществлялось ГМЦ, 9 ГМО, 3 ГМБ, 49 МС и 119 радистами-корреспондентами Министерства связи и Госагропрома. Экономическая эффективность обслуживания этой важнейшей отрасли зимой 1987–88 г. составила 13,7 млн руб.

Крайне аномальные условия сложились в текущем году в вегетационный период почти на всей территории Казахстана, когда во второй декаде июня абсолютный максимум температуры воздуха в северной части и в равнинной зоне юго-восточных районов республики достиг 37...43 °С. В Кызыл-Ординской и Чимкентской областях (кроме гор) максимум температуры воздуха составил повсеместно 41...45 °С, кое-где 47 °С. Такая продолжи-

тельная жаркая погода была особенно необычной для северных областей, где максимум температуры 40 °С и выше перекрыл абсолютные значения за весь имеющийся период наблюдений. Сухая жаркая и ветреная погода способствовала интенсивному иссушению почвы. Сочетание атмосферной засухи с почвенной неблагоприятно сказалось на состоянии посевов (почти повсеместно растения были повреждены засухой — 10—50 % и более). Кроме того, в ряде районов Западного, Северного и Центрального Казахстана, по данным аэровизуальных и наземных обследований, зерновые были повреждены сельскохозяйственными вредителями (саранча — итальянский прус). Такая погодная обстановка способствовала образованию низкорослых посевов; колос сформировался мелкий. После обильных июльских осадков в ряде районов Северного Казахстана образовался подгон. Все это сказалось на урожайности и качестве уборки.

Перед началом уборочной страды Гидрометцентр СССР направил специальное письмо на сеть с рекомендациями по уборке. В период уборочных работ агрометеорологи совместно с синоптиками постоянно передавали информацию об ожидаемых погодных условиях (доклады, суточные, периодные, трехдневные прогнозы погоды и штормовые предупреждения) с количеством выпавших осадков по районам и хозяйствам, временем их выпадения, о температурных условиях, влажности воздуха и состоянии почвы. Проводились расчеты оценки работы комбайнов с учетом осадков и дефицита влажности воздуха. Эти данные передавались в Госагропром, где они учитывались при планировании хода и темпов уборки на несколько дней вперед.

О всех складывающихся неблагоприятных погодных условиях составлялись справки для правительственных органов и Госагропрома, в республиканских и областных газетах регулярно публиковались статьи „Погода и посевы“, проводились выступления на радио и телевидении.

В целях мобилизации творческой активности работников и коллективов прогностических и наблюдательных подразделений Казахским управлением по гидрометеорологии совместно с республиканским правлением НТО сельского хозяйства, НТО Министерства связи и республиканским комитетом профсоюза авиаработников ежегодно проводятся республиканские смотры-конкурсы за лучшее гидрометобеспечение отгонно-пастбищного животноводства и агропромышленного комплекса республики. Победителей конкурсов награждали Почетными грамотами, туристическими путевками и денежными премиями.

Оперативное обслуживание Госагропрома базируется на научно обоснованных методах оценок и прогноза урожайности основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в республике, и пастбищ.

В настоящий момент в ГМЦ Казгидромета проводятся испытания следующих методов:

- метода прогноза качества урожая яровой пшеницы (авторы М. А. Сроганова, А. А. Полевой, ВНИИСХМ),
- метода прогноза урожайности пастбищной растительности по сезонам года (авторы Коробова, Л. В. Лебедь, КазНИГМИ),
- метода оценки продуктивности природных кормовых угодий Казахстана с использованием аэрокосмической информации (автор Л. В. Лебедь, КазНИГМИ).

Одновременно ежегодно внедряются в производственную практику новые и усовершенствованные методы. Так, только за последние два года внедрены следующие методы:

– усовершенствованный метод прогноза урожайности и валового сбора яровой пшеницы по Западному Казахстану (1–3-месячная заблаговременность, автор М. С. Гамаюнова, КазНИГМИ, 1987 г.);

– метод прогноза урожайности и валового сбора всех зерновых и зернобобовых культур по Уральской, Кустанайской, Северо-Казахстанской, Кокчетавской, Павлодарской, Целиноградской, Джезказганской, Семипалатинской, Алма-Атинской, Талды-Курганской и Джамбулской областей (автор А. Д. Масловская, КазНИГМИ, 1987 г.);

– метод прогноза урожайности всех зерновых культур в Северном Казахстане (автор В. Н. Забелин, Гидрометцентр СССР, 1987 г.);

– метод прогноза урожайности овса по Северному и Восточному Казахстану (автор М. С. Гамаюнова, Гидрометцентр СССР, 1988 г.).

На сети метеостанций с агрометеорологическими наблюдениями, в ГМБ и ЦГМ внедрен новый удобный и ускоренный метод определения жизнеспособности озимых посевов – тетразолевый, который позволил получить более точное представление об их состоянии в период перезимовки.

Совместно с сотрудниками САНИГМИ (под руководством д-ра геогр. наук Ф. А. Муминова) и отдела сельскохозяйственной метеорологии продолжается совместная работа по внедрению нового метода прогнозирования урожайности и валового сбора хлопка-сырца по Чимкентской области.

Дана заявка в КазНИГМИ на разработку методики прогноза погоды на период уборки урожая. В группе численных методов прогнозов погоды Гидрометцентра осуществляется автоматизация агрометеорологической информации: нанеска данных на карты во влагозапасам в пахотном горизонте и метровом слое почвы под зерновыми и техническими культурами, пастбищной растительностью, сеяными травами, кукурузой, фенологические наблюдения и др.

Оправдываемость имеющихся в распоряжении прогнозистов методик удовлетворительная и хорошая. Так, за последние пять лет оправдываемость основных прогнозов составила:

- прогноз запасов влаги к началу весны – 91 %,
- прогноз средней республиканской урожайности яровой пшеницы – 91 %,
- прогноз сроков созревания яровой пшеницы – 92 %,
- прогноз урожайности всех зерновых и зернобобовых – 89 %,
- прогноз урожайности подсолнечника – 86 %,
- прогноз урожайности хлопчатника – 87 %,
- прогноз цветения хлопчатника – 94 %,
- прогноз условий формирования пастбищной растительности – 89 %.

Для хорошего обеспечения Госагропрома республики нужны качественные методики. В первую очередь необходим хороший долгосрочный прогноз погоды. Он основа всего: и точной консультации, и точного определения сроков и маршрутов перегона скота, а также сроков проведения различных агротехнических мероприятий в животноводстве и полеводстве.

Назрела необходимость обслуживания орошаемого земледелия в рес-

публике. Однако в распоряжении агрометеорологов-прогнозистов какой-либо методической базы нет. Не занимаются этими вопросами и в КазНИГМИ. Не изучаются также вопросы учета влияния агрометеорологических условий на применяемую в сельскохозяйственном производстве интенсивную технологию. Отсутствует какая-либо методическая основа по учету влияния экстремальных погодных условий (засух, суховеев, заморозков и пр.) на формирование урожая и его потери от опасных явлений.

И, наконец, необходимо внедрение в нашей республике дистанционного метода по определению запасов влаги в почве (СВЧ съемка на базе АФМЭ КазНИГМИ).

Для улучшения качества обслуживания необходимо следующее: разработка и внедрение комплексных прогнозов количества и качества урожая, совершенствования методов определения агрогидрологических свойств почвы и агроклиматического обоснования рационального размещения новых сортов сельскохозяйственных культур, совершенствование применяемых в агрометеорологии методов наблюдений и приборов и т. д.

При этом большое значение в улучшении качества обслуживания агропромышленного комплекса имеет полнота поступающей агрометеорологической информации и ее качество.

Решение всех этих проблем позволит надежнее обеспечивать сельскохозяйственное производство республики.

Вызывает тревогу тот факт, что отдельные хозяйства одновременно с переходом на новые условия оплаты труда закрывают свои агрометеорологические посты. В 1988 г. прекратили работу 23 поста. По-видимому, Госкомгидромету СССР необходимо обратить на это внимание и принять соответствующие меры.

По-прежнему существуют трудности в централизованном обеспечении бланками ВСХ-1 для ведомственной сети. Так, например, в 1988 г. график поставки этих бланков для Казгидромета был сорван, а книжки ВСХ-1, как известно, являются документами Государственного фонда данных постоянного хранения.

Агрометеорологическим кодом предусмотрена передача со станций метеорологической информации, которую можно получить, используя базу данных ИЛО, с помощью специально разработанных программных средств и включенных в технологию обработки данных комплекса ИЛО. Это позволит сэкономить рабочее время на метеостанции и денежные средства на оплату телеграмм.

Мы считаем целесообразным гидрометеорологическое обеспечение организаций Госагропрома, перешедших на хозрасчет, осуществлять на договорной основе за оплату. Денежные поступления до перехода на хозрасчет Казгидромета можно переводить в бюджет страны для частичного покрытия затрат на наше содержание. НИУ Госкомгидромета СССР в самое ближайшее время и ускоренными темпами в рамках Госзаказа необходимо приступить к разработке научно обоснованных методов и способов расчета стоимости гидрометеорологической продукции.

В настоящее время имеется достаточно большой перечень задач, которые выполняются большинством управлений Госкомгидромета СССР. Для разработки программных средств для решения этих задач эконо-

мически выгодно объединить силы и средства управлений и осуществлять это в рамках единого скоординированного плана. Роль координатора, безусловно, должен взять на себя Госкомгидромет СССР.

Учет экономической эффективности гидрометобеспечения народного хозяйства ведется в республике уже в течение ряда лет. В первом приближении вклад от использования оперативной гидрометеорологической информации в народном хозяйстве составляет примерно 40—60 млн руб. в год. Мы считаем, что дальнейший систематический учет экономической эффективности гидрометобеспечения нецелесообразен. Однако потребность в методах и способах определения экономического эффекта сохранится. Они потребуются для разовых расчетов, в основном чтобы доказать хозяйственной производственной единице, что использование гидрометеорологической информации приносит немалый экономический эффект.

ОПЫТ РАБОТЫ ПЕРВИЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НТО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА САНИГМИ И УЗГИДРОМЕТА

Н. С. Коновалова

Среднеазиатский научно-исследовательский
гидрометеорологический институт

В реализации продовольственной программы большая роль принадлежит научно-техническим обществам сельского хозяйства — связующему звену науки и производства. К их числу относится и первичная организация НТО сельского хозяйства САНИГМИ и Узгидромета.

Основным направлением деятельности первичной организации НТО САНИГМИ является содействие внедрению полученных результатов в практику и популяризацию использования гидрометеорологической информации в народном хозяйстве.

В настоящее время совершенствование методов планирования и управления сельским хозяйством возможно только на базе научно обоснованного использования сведений о природно-климатических ресурсах республики. Важным звеном в их использовании является создание справочно-нормативных пособий, комплексных атласов и в первую очередь атласа „Хлопководство“.

Членами НТО для атласа „Хлопководство“ составлены и сданы в печать 26 карт, отражающих агроклиматические условия возделывания хлопчатника.

Для повышения качества обеспечения народного хозяйства гидрометеорологической информацией ежегодно с 1981 г. проводятся смотры-конкурсы работы ГМБ, гидрометеорологических станций и постов Узгидромета, отделов и лабораторий САНИГМИ. Кроме того, первичная организация НТО принимает участие в смотрах-конкурсах, которые проводит Всесоюзное НТО сельского хозяйства (в 1985 г. ей присуждена вторая премия).

Для более тесного контакта специалистов разных ведомств и институтов и координации научно-исследовательских работ по проблемам сельского хозяйства первичной организацией НТО САНИГМИ совместно с Узбекским республиканским правлением НТО сельского хозяйства в 1986 г. был проведен научно-технический семинар „Гидрометеорологические основы выращивания сельскохозяйственных культур“. В нем приняли участие ученые и специалисты САНИГМИ, Института животноводства САО ВАСХНИЛ, Сельскохозяйственного института, Узгипрозема, Института хлопководства, Ташкентского государственного университета им. В. И. Ленина. Доклады были посвящены вопросам математического моделирования роста и развития сельскохозяйственных культур, оценке агроклиматических ресурсов территории, использованию ФАР посевами культур в севооборотах, дистанционным методом изучения природных ресурсов.

Эти доклады легли в основу статей, которые по решению семинара были заданы отдельным сборником. Кроме того, проведение семинара способствовало решению многих практических вопросов, налаживанию

деловых контактов ученых и специалистов различных институтов, составлению договорных работ.

Традиционными являются выступления членов НТО по радио и телевидению на русском и узбекском языках на темы: „Погода и сельское хозяйство“, „Погода и урожай“, „Агроклиматические условия текущего года“ и т. д.

Широко практикуется обмен опытом работы первичных организаций НТО в системе Госкомгидромета СССР и других организаций. Были осуществлены командировки по обмену опытом работы во ВНИИСХМ, Институт пустынь, КазНИГМИ, Киргизгидромет и Таджгидромет, что способствовало внедрению передового опыта в области гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства.

Для популяризации научных разработок в области агрометеорологии членами первичной организации НТО сельского хозяйства выполнен перевод статей на узбекский язык для энциклопедии „Хлопководство“.

Результаты исследований члены НТО сельского хозяйства широко экспонируют на ВДНХ СССР. Так, за материалы экспозиции „Агроклиматические ресурсы — Продовольственной программе“, получен диплом I степени, разработки по агрометеорологическим методам прогноза урожая отмечены бронзовыми медалями.

Первичная организация НТО сельского хозяйства САНИГМИ проводит свою работу в тесном контакте с республиканским правлением НТО сельского хозяйства, которое оказывает помощь в проведении различных мероприятий.

ОПЫТ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

В. В. Полетаев

Западно-Сибирский научно-исследовательский
гидрометеорологический институт

Научное обеспечение агропромышленных комитетов Иркутской области и Красноярского края осуществляется ЗапСибНИГМИ путем внедрения разработанных для административных сельскохозяйственных районов территории методов учета и использования агрометеорологической информации с целью повышения эффективности использования вносимых минеральных удобрений для программированного возделывания яровых зерновых культур. Методы включают в себя прогнозы районной хозяйственной и реально возможной урожайности, которые выдаются с большой заблаговременностью до сева.

Для получения реально возможной прогнозируемой урожайности производится расчет экологически сбалансированных норм и доз минеральных удобрений в целом на административный сельскохозяйственный район. Однако при необходимости возможна их корректировка для каждого конкретного поля. Рекомендации для получения реально возможных уровней урожайности зерновых культур выдаются областному и краевому агропромам за 1,5 месяца до начала сева. Это дает возможность равномерно распределить удобрительные ресурсы по районам и зонам возделывания для сбалансированного (в соответствии с тепловлагоресурсами) их внесения. Нормы и дозы удобрений рассчитываются на 80 %-ную обеспеченность тепловлагоресурсами, что дает экономию расхода удобрительных ресурсов, а при более высокой обеспеченности тепловлагоресурсами повышает коэффициент использования доз NPK.

Научно-производственные эксперименты, проведенные при разработке методов, и производственное внедрение разработанных методов показали, что при таком виде агрометеорологического обслуживания организаций агропромышленного комплекса Восточной Сибири удалось повысить урожайность яровых зерновых культур в опытах в среднем на 1,47–1,87 т/га (при урожайности 3,33–3,56 т/га), а в условиях производства на 1,22–1,67 т/га (при урожайности 3,0–3,3 т/га).

Оправдываемость агрометеорологических прогнозов реально возможной урожайности зерновых культур в условиях опыта составила 92–95 %, в условиях производства (по яровой пшенице) – 87–100 %.

Окупаемость внесенных удобрений в опытах и в условиях производства колебалась по годам и культурам от 7,3 до 12,3 кг/кг.

В 1988 г. разработанный метод учет и использование агрометеорологической информации при программировании урожайности яровой пшеницы внедряется в 42 хозяйствах Иркутского агропрома. Проходит производственную проверку аналогичный метод по яровому ячменю в колхозе „Путь Ильича“ Иркутского района на площади 500 га.

Экономический эффект от обеспечения научной агрометеорологической информацией и рекомендациями составляет в среднем 153 руб/га.

Применение методов учета и использование агрометеорологической информации при программировании урожайности яровых зерновых культур (яровой пшеницы, овса и ячменя) позволяет отметить следующие:

1. Время наступления фенологических фаз в начальный период роста и развития растений практически не зависит от уровня обеспеченности их элементами минерального питания; в последующие фазы обеспеченность растений сбалансированным питанием играет существенную роль, хотя и этот фактор может быть существенно сдержан условиями тепло- и влагообеспеченности.

2. Интенсивность и продуктивность процессов жизнедеятельности растений в значительной мере определяются условиями влагообеспеченности в течение периода вегетации. В сочетании с различной обеспеченностью минеральным питанием степень расхода влаги на создание единицы биомассы различно, и там, где питание более сбалансировано, формируется урожай с большей экономией расхода влаги.

3. У современных районированных сортов наблюдается тесная связь между нарастанием общей биомассы и урожайностью зерна. В течение вегетационных периодов 1983–1988 гг. растения в посевах, где применялись расчетные дозы минеральных удобрений для получения прогнозируемой реально возможной урожайности, отличались наибольшими темпами роста, на 5–31 см превышающими обычные.

4. Густота продуктивного стеблестоя является также одним из показателей продуктивности посева. За годы опытов наибольшую густоту стеблестоя имели посева, где применялись расчетные нормы минеральных удобрений и превышали контроль на 23–509 шт/м².

5. Накопление сухой биомассы в программируемых посевах превышало контрольные в 1,2–1,9 раза. В программируемых посевах интенсивное накопление сухого вещества происходило за счет более оптимального сочетания NPK при прочих равных условиях (агротехнических, погодных).

6. Количество растений с озерненным колосом в посевах, где применялись расчетные нормы минеральных удобрений, на 17–175 % превышало контрольный вариант. Число всех колосков в колосе превышало контроль в среднем на 2 шт; масса 1000 зерен — соответственно на 1,6–8,2 г.

7. Самая высокая урожайность за все годы опытов получена в посевах пшеницы — 3,75 т/га и ячменя — 3,86 т/га. Максимальное превышение урожая (прибавка) по сравнению с хозяйственной урожайностью составило для пшеницы 1,59 т/га, для ячменя 2,10 т/га.

8. Чистый доход (в расчете, на 1 га) в отдельные годы возделывания яровой пшеницы достигал 166 руб. 25 коп. (1984 г.), а ярового ячменя — 192 руб. 65 коп. (1988 г.).

Преимущество внедряемых методов учета и использования агрометеорологической информации с целью повышения эффективности вносимых минеральных удобрений под зерновые культуры заключается в следующем:

1) эти методы позволяют использовать агрометеорологическую инфор-

мацию осенне-зимнего периода для прогноза хозяйственной и реально возможной урожайности на текущий год;

2) прогноз хозяйственной и реально возможной урожайности, поступающий в сельскохозяйственные органы области, края и районов с заблаговременностью 1,5 месяца до сева, дает возможность оперативно распределять фонды минеральных удобрений по районам и составлять программы внесения удобрений в почву до сева;

3) оперативный прогноз реально возможной урожайности поступает в организации агропромов с рассчитанными нормами минеральных удобрений для получения прогнозируемой и программируемой реально возможной урожайности;

4) на их основе создаются методы прогноза хозяйственной урожайности по районам для проверки, а при необходимости и для корректировки реально возможной урожайности путем длительного внесения удобрений по технологическим ходам.

Методы учета и использования агрометеорологической информации при программировании высоких, устойчивых и экологически чистых урожаев зерна яровых зерновых культур находят применение:

— при прогнозировании хозяйственной и реально возможной урожайности и определении норм минеральных удобрений на программируемую урожайность культур в хозяйствах районов;

— при определении ресурсов и перераспределении фондов минеральных удобрений по районам и выделении государственных фондов для области и края.

Если обеспечение организаций агропрома прогнозами районной хозяйственной и реально возможной урожайности в условиях интенсификации земледелия находит реальное воплощение в практике агрометеорологического обслуживания региона с довольно надежным и высоким уровнем оправдываемости, то прогнозы средней областной (краевой) урожайности в этих условиях требуют серьезной научной доработки.

Переход земледелия Восточной Сибири на интенсивные технологии возделывания зерновых культур поставил перед агрометеорологической наукой новые задачи по прогнозированию. В новых условиях хозяйствования необходим такой прогноз, который в оперативном режиме вобрал бы в себя те технологические нововведения, которые определяются складывающимися агрометеорологическими условиями года. Все технологические нововведения могут быть представлены в качестве набора отдельных или одного интегрального показателей. Так, одним из наиболее важных нововведений и интенсивных технологиях является внесение минерального питания под планируемый урожай. В случае внесения расчетных норм удобрений и улучшения технологической дисциплины возделывания культур увеличивается урожайность при тех же гидрометеорологических условиях. Следовательно, прогноз, в регрессионные уравнения которого входят агрометеорологические и почвенно-агрохимические показатели без наличия достаточного статистического ряда урожайности по интенсивной технологии, не может отразить реально складывающуюся продуктивность культур.

Учитывая эту ситуацию, нами разрабатывается интегральный показатель в виде коэффициента интенсификации, который вводится в имеющийся прогноз средней областной (краевой) урожайности и валового сбора зерновых культур. В настоящее время разработка проходит опытную проверку в Иркутском управлении по гидрометеорологии.

На перспективу планируется разработка оперативной технологии прогноза районной и средней областной (краевой) урожайности, которая соединит воедино агрометеорологический прогноз и технологические особенности возделывания культур в складывающихся гидрометеорологических условиях года.

РЕЗУЛЬТАТЫ СВЧ РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ЦЕЛИНОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. А. Кашевар, Е. М. Шульгина, Г. Г. Шукин

Главная геофизическая обсерватория

Ю. В. Рыбаков

Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина

В настоящее время в Госагропроме СССР подготовлена к эксплуатации комплексная система дистанционного зондирования, которая должна обеспечить все отрасли и регионы соответствующей информацией о состоянии и динамике развития природных ресурсов страны. Одним из звеньев этой системы является пассивное зондирование в СВЧ диапазоне, дающее оперативную всепогодную информацию о влажности поверхностного слоя почвы.

Эта информация может быть успешно применена для прогнозирования урожая, планирования сроков посева, организации снегозадержания и других сельскохозяйственных работ. В качестве измерительного устройства использовался разработанный в ГГО и ЛПИ комплекс дистанционного влагомера диапазона 21 см, опробованный при наземных исследованиях и в летных условиях на борту таких носителей, как ИЛ-14, ИЛ-18, ТУ-134 СХ, КА-26, МИ-8.

Работы по дистанционному зондированию в Целиноградской области в 1986–1988 гг. проводились по двум основным направлениям:

1) получение региональной информации на макроуровне с высот 1,5 км и выше;

2) получение местной информации на микроуровне с высоты 100–200 м.

Первая часть исследований связана с отработкой методов получения и интерпретации радиометрических данных, осредненных по большой площади. Эта задача весьма актуальна как с точки зрения возможного использования перспективных спутниковых систем с разрешением на поверхности 1 км [2], так и с ближайшими планами установки СВЧ влагомера на высотной и скоростной авианоситель типа ТУ-134 СХ [1]. При этом разрешение на поверхности составит примерно 2,1–7 км при высоте полета 3–10 км.

Впервые методика средневысотной ($H = 1500$ м) съемки влажности была выполнена в апреле 1986 г. с борта самолета ИЛ-14. Полеты проводились параллельными контргалсами в южном и северном направлениях с расстоянием между галсами 30–40 км. Результаты измерений объемной влажности по трассам полета представлены на рис. 1. Измерения влажности дают обзорную информацию о степени увлажнения (в данный момент сельскохозяйственных угодий различных районов области. Так, из рис. 1 следует, что наибольшее увлажнение поверхности наблюдается на юго-западе области (Краснознаменский, Атбасарский и Астраханский районы). Менее увлажнены центральные районы – Целиноградский, Шортландийский и Селетинский. Это свидетельствует о том, что подсыхание

почвы и сход талой воды происходит в этих районах быстрее, чем на юго-западе области.

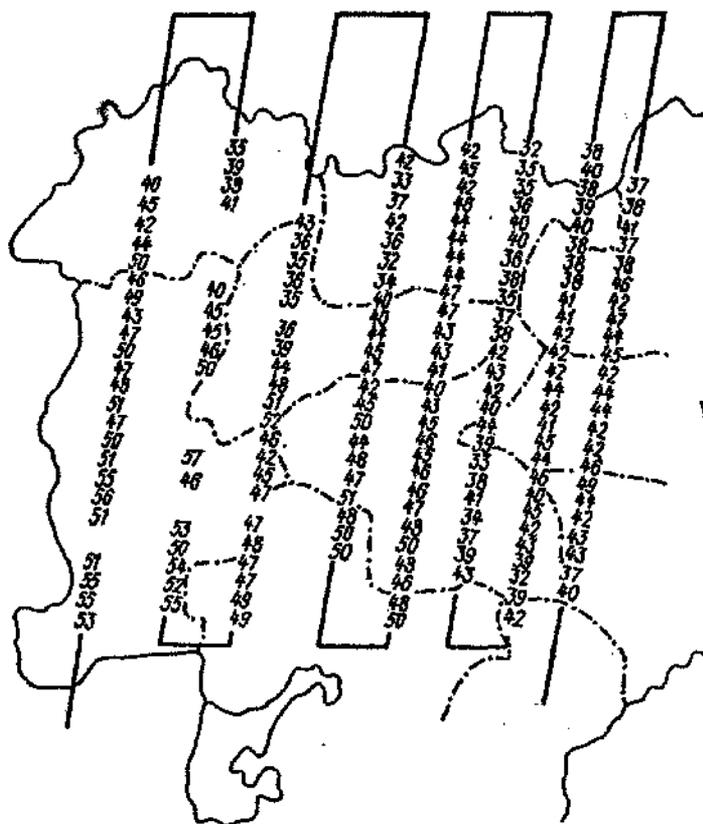


Рис. 1. Результаты измерений объемной влажности (в процентах) по трассам полета. Целиноградская обл., апрель 1986 г.

Через 6 дней была выполнена повторная съемка. На рис. 2 приведены данные измерений последовательных съемок, представленные в виде изолиний одинаковой влажности. Из рисунка видно, что за 6 дней произошло заметное подсыхание верхнего слоя. Объемная влажность уменьшилась в среднем на 15–20 %. Особенно заметно снижение влажности в центральной части области (Шортандинский и Астраханский районы).

Анализ последовательных съемок позволяет не только проследить динамику поверхностной влаги, но и уточнить зоны выпадения осадков. Именно такой момент был зафиксирован во время выполнения СВЧ съемки осенью (28–29 сентября) 1986 г. и представлены на рис. 3. При построении изолиний было обнаружено резкое увеличение (в среднем на 15 %) влажности почвы в отдельном регионе области по сравнению с общим фоном (25–30 %). На метеостанциях области, попадающих в район с повышенной влажностью, 27–28 сентября было зафиксировано выпадение осадков.

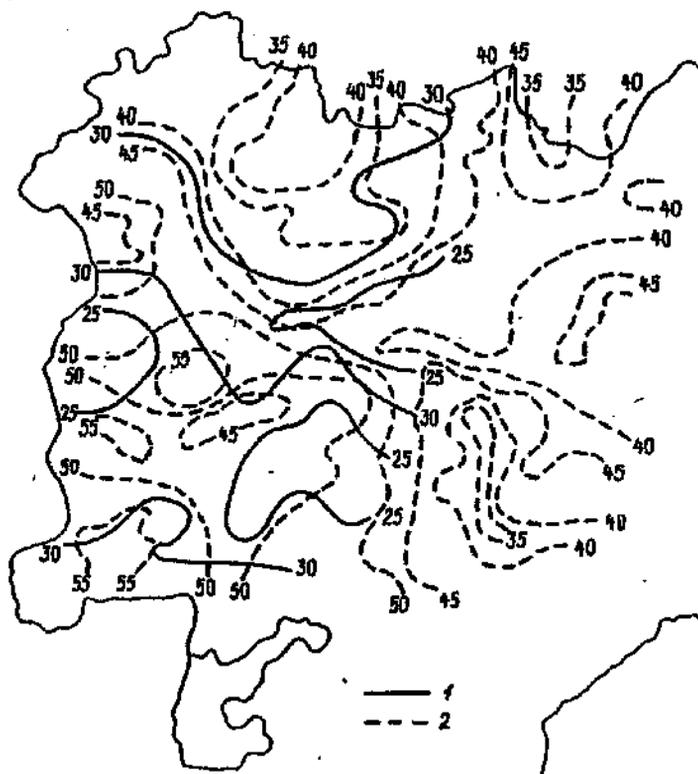


Рис. 2. Изменение поля влажности (%) по данным СВЧ съемки.
 1 — съемка 19–20 апреля 1986 г., 2 — съемка 13–14 апреля 1986 г.

Естественно поэтому предположить, что зону выпадения осадков можно выделить по изолинии 35 %-ной влажности. Из рис. 3 видно, что площадь, ограниченная метеостанциями, попадает в эту зону.

В октябре 1987 г. была применена другая методика влажностной съемки. Маршрут был проложен таким образом, чтобы включить все наиболее типичные почвенные условия, характеризующие отдельные районы области. Далее по результатам СВЧ-съемки было подсчитано процентное соотношение влагообеспеченности различных типов почв каждого района. Результаты измерений представлены на рис. 4. Эти данные дают общую оценку увлажненности отдельных районов, но в отличие от рис. 2 здесь нельзя выделить зоны равного увлажнения.

Вторая часть исследований связана с набором статистического материала по отдельным полям и трассам различных хозяйств с высоты 100–200 м и сопоставлению данных дистанционных и контактных измерений.

В качестве примера приведем измерения влажности контрольного поля, выполненные осенью (12 и 16 октября) 1987 г. Длина контрольного поля

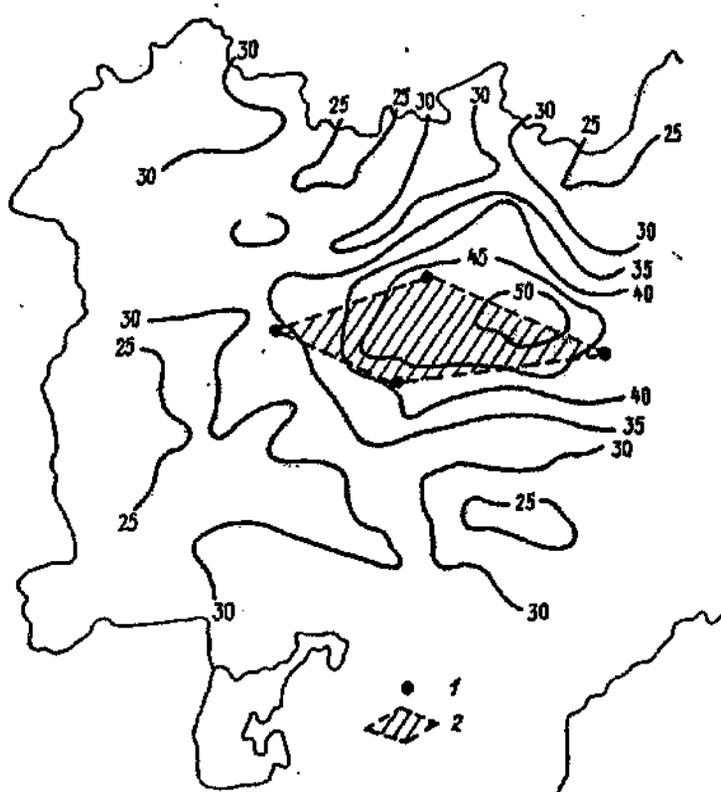


Рис. 3. Карта-схема влажности (%) поверхностного слоя почвы по данным СВЧ съемки.

1 - расположение метеостанций, 2 - площадь выпадения осадков.

2000 м. В первый срок наземные пробы отбирались по трем линиям с шагом 40 м в слоях 0–10 и 10–20 см. Вертолет МИ-8 пролетал над каждой линией взятия проб на высотах 50, 100 и 200 м.

На рис. 5 представлены данные дистанционных измерений по трем последовательным проходам вдоль осевой линии контрольного поля на высоте 50 м и результаты контактных измерений объемной влажности. Очевидна хорошая повторяемость результатов дистанционных измерений. Отклонения значений на полученных кривых не превышают 1–2 % объемной влажности. Данные наземных и радиометрических измерений за 12 и 16 октября приведены в табл. 1.

Данные таблицы показывают хорошее совпадение средних по проходу значений объемной влажности для обоих дней. Отметим, что как при наземных, так и при радиометрических измерениях зарегистрировано уменьшение влажности на 6 % за три дня.

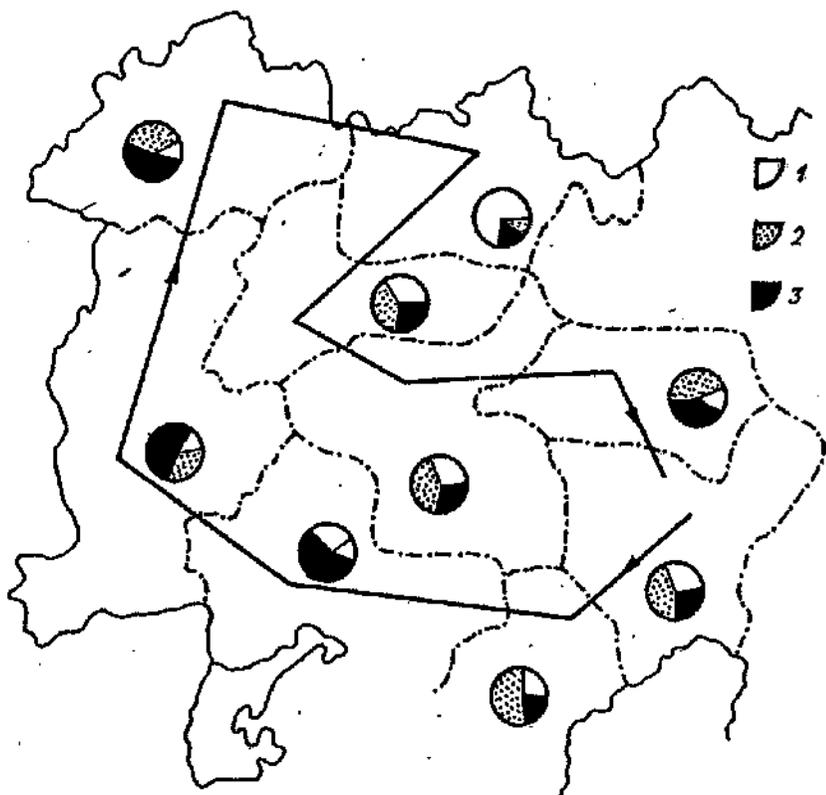


Рис. 4. Схема полетов и результаты мономаршрутной СВЧ съемки (октябрь 1987 г.).

1 — 30–40 мм, 2 — 40–60 мм, 3 — 60 мм.

В табл. 2 представлены результаты трассовых измерений, проведенных 9 октября 1987 г. Трасса проложена над территорией 20 хозяйств Челябинской области. По состоянию на данный момент можно выделить четыре типа состояния поверхности, хорошо различимых как по визуальным, так и по радиометрическим измерениям: свежая (черная) пашня, старая пашня с остатками стерни, зеленые поля, пастбища. Как видно из табл. 2, диапазон изменений значений объемной влажности составляет примерно 10 %; различия между выделенными классами — 2–4 %. Кроме того, по соотношению значений влажности между одинаковыми классами различных хозяйств можно сделать вывод об относительной влагообеспеченности территории отдельных хозяйств и провести корреляционные сравнения с данными контактных измерений агрометеорологических станций. Как следует из приведенных в табл. 2 результатов, наименее влагообеспеченны-

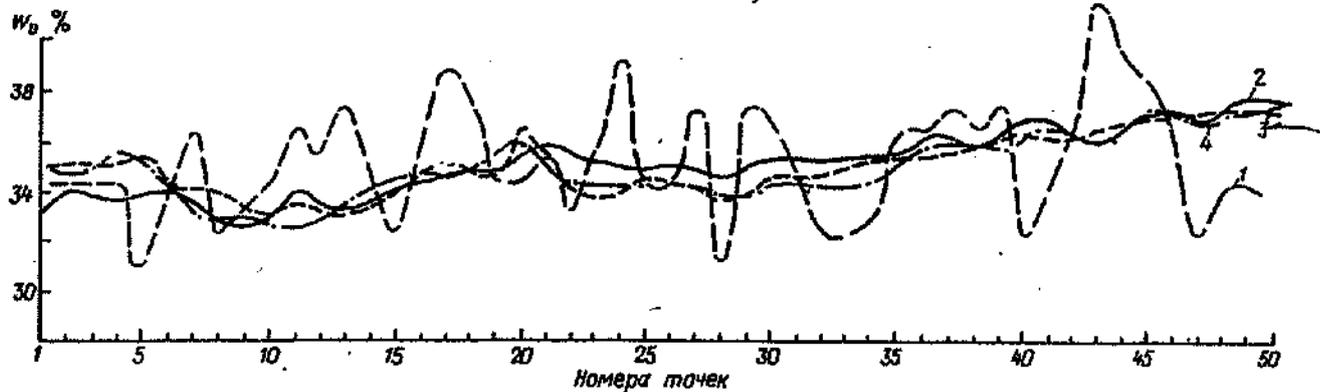


Рис. 5. Сравнение данных контактных наземных (1) и СВЧ радиометрических (2, 3, 4) измерений объемной влажности W_v на контрольном поле. Целиноград, октябрь 1987 г.

Таблица 1

Данные наземных и радиометрических измерений

Линия взятия проб	Дистанционные измерения				Контактные измерения			
	n	W _v %	σ %	C _v	n	W _v %	σ %	C
12 октября 1987 г.								
Освая	150	35,0	1,2	0,03	48	35,2	2,3	0,07
Справа от осевой	50	34,1	0,9	0,03	50	34,8	2,1	0,06
Слева от осевой	50	32,3	0,6	0,02	50	33,1	1,9	0,06
16 октября 1987 г.								
Освая	150	29,0	0,4	0,01	25	28,4	3,0	0,10

Таблица 2

Результаты трассовых измерений объемной влажности, проведенных 9 октября 1987 г.

Совхоз	Агрофон			
	свежая пашня	старая пашня	зеленые поля	пастбища
„Маринковский“	27,7; 27,9	30,6	33,7	38,5; 36,1
им. М. Горького	27,2		33	
им. К. Маркса	27,2		35,1	37,1
Атбасарского РСХО	26,6; 26,1		32,3	
„Садовый“	26,6			33,3
„Новосельский“	28,2		30,2	
„Шуйский“	28,2; 27,3	32,8; 33,8	39,3; 35,9	39,6
„Веселовский“	27,3	34,5; 35,5		34,7
„Максимовский“	30,2	33,2		41
„Широковский“		33,3; 33,8	36,6	41,4
„Культура“	32	36,3; 34,4; 33	33,9	40,4
„Новобратский“	30,3; 29,1	35,1	39,2; 35,9	
„Астраханский“	27,7	31,5; 28,1		39,5
„Журавлевский“				41,4; 43,3
„Жантормиский“	28,8			39
„Жарсацкий“	28,6	31,7; 34,6		40,4
„Путь к коммунизму“	29,6	31,7		38; 39,9
им. Николаева	30,8; 29,3	32; 32,7		
Целиноградского РСХО	30,5; 30,5; 29,8	32,9; 33,4; 35,8		39
„Балхашинский“	29	32,7; 35,3		
„Макинский“	28,8; 31,2; 30	34,4; 34,1		

ми являются угодья совхоза „Садовый“ (минимальные значения из выборки как по влажности свежей пашни, так и по влажности пастбищ). Наиболее влагообеспеченными по данной оценке являются земли совхозов „Максимовского“, „Широковского“, „Культура“, „Журавлевского“.

Приведенные результаты измерений позволяют оценить некоторые возможности дистанционной СВЧ радиометрии, которые можно использовать для оперативного гидрометеорологического обеспечения как плановых органов агропромов, так и руководителей и специалистов отдельных хозяйств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышев Г. А., Демидов А. Ф., Добрыкин Н. П. Оценка экономической целесообразности применения на самолете ТУ-134 СВЧ влагомера для обзорной площадной съемки. — В кн.: Дистанционное зондирование сельскохозяйственных ресурсов с использованием авиационной и космической техники. Научные труды ВНИИ „АНУС — агроресурсы”. М., 1986, с. 31—38.
2. Moier R., Diehlmann M. A design study for a high resolution soil moisture microwave radiometr. — Int. Geosci. and Remote sens. symp. (IGARSS — 81), 1981, Dig. v. 1, p. 437—442.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПО КОСМИЧЕСКИМ И НАЗЕМНЫМ ДАННЫМ

Г. И. Борисоглебский, А. В. Карасев

Гидрометцентр СССР

Снежный покров в нашей стране имеет исключительно важное значение. От его состояния и распределения по площади зависит сохранность озимых посевов и корневой системы плодовых культур в период их зимовки. В Средней Азии снежный покров имеет существенное значение для содержания скота на пастбищах круглогодичного выпаса. От запасов снега зависит весеннее пополнение влаги в почве и водность рек. Для регулирования снежного покрова на значительных площадях в зимний период проводятся мелiorативные работы, связанные с затратами средств. Поэтому учет распределения снежного покрова имеет важное значение в практике агрометеорологического обслуживания народного хозяйства.

Основным источником информации о снежном покрове в системе Госкомгидромета СССР являются данные наземных наблюдений сети метеорологических станций [20]. Однако снегомерная сеть характеризуется большой неравномерностью, определяемой историческими условиями и хозяйственной освоенностью территории, и она не в полной мере учитывает распределение снежного покрова по площади. С конца 50-х годов начали разрабатываться методы учета снежного покрова по самолетным, а затем и по спутниковым измерениям [1-2, 4-7, 11, 16-19].

Информация о параметрах снежного покрова, получаемая по наземным, самолетным и космическим измерениям, не однозначна. Расхождения обусловлены спецификой учета распределения снежного покрова по наземным, самолетным и космическим измерениям. Наземные наблюдения являются дискретными, самолетные — маршрутными, а космические — площадными. Естественно, одни и те же параметры, определенные по разным измерениям, будут отличаться друг от друга. Некоторые параметры снежного покрова, так же как граница снежного покрова, являются в значительной степени условными. В природе не наблюдается четкого раздела между заснеженной и безснежной зонами. Отмечается постепенный переход от безснежной к полностью заснеженной зоне в виде мозаичных пятен разной конфигурации и размеров, что обычно хорошо прослеживается на космических изображениях подстилающей поверхности. Переходная зона с частичным покрытием почвы снегом в зависимости от рельефа и метеорологических условий варьирует в широких пределах — от нескольких десятков до сотен километров.

Положение границы снежного покрова, выделяемой в переходной зоне, в зависимости от методики наблюдений и обработки их результатов, будет разное. Так, при обработке данных снегомерных реек на постоянных участках метеостанций за условную границу снежного покрова принимается изолиния, соответствующая высоте снега в 1 см. При обработке данных маршрутных наземных снегомеров за границу снежного покрова также

принимается изолиния высоты снега в 1 см, но вычисленная как средняя величина из 100 промеров. Естественно, изолиния высоты снежного покрова, а также его граница, проведенные по данным постоянных рек и маршрутных снегосъемок, будут отличаться друг от друга.

При визуальном дешифрировании изображений за границу снежного покрова обычно принимается изолиния максимального градиента яркостей [4], соответствующая примерно 50 %-ному покрытию почвы снегом. В других источниках указывается, что граница снежного покрова, выделяемая при дешифрировании космических изображений, соответствует 20 %-ному покрытию почвы снегом [3]. При обработке данных наземных снегосъемок граница снежного покрова, выделяемая по высоте снега в 1 см, соответствует, согласно работе [12], 30 %-ному покрытию почвы снегом на полях с озимыми культурами. Таким образом, в настоящее время нет ясности, чему соответствует граница снежного покрова, выделяемая как по наземным, так и космическим данным. В зависимости от вида наблюдений и способа их обработки местоположение условной границы снежного покрова будет разным. В разработанной методике оценки заснеженности равнинной территории по спутниковым данным [1] мы отказались от выделения границ снежного покрова. Согласно данной методике, степень покрытия почвы снегом определяется по каждому элементу подстилающей поверхности и подсчитываются по любому замкнутому контуру площади с различной степенью покрытия почвы снегом. Результаты обработки космических данных выдаются потребителю с различной генерализацией в виде фотокарт и таблиц.

Параметры снежного покрова обладают большой изменчивостью. Изменчивость высоты снежного покрова в зависимости от типа подстилающей поверхности (травя, озимые посевы, зябь и т. д.) и других факторов составляет 40–60 % [7, 13–14]. Средняя ошибка определения площадей с разной высотой снега в пределах полей с озимыми посевами составляет 2–5 % [13]. В работе [21] указывается, что расхождения в снегозапасах между стандартными (по треугольнику с периметром 1 км) и сплошными снегосъемками, проведенными в одних и тех же пунктах, составили в среднем 16 %, а в 36 % случаев – больше 20 %. Ввиду существенных расхождений стандартные наземные снегосъемки, проводимые на небольших площадях, не являются надежной основой для определения снегозапасов на окружающей территории. Поскольку наземные дискретные снегосъемки проводятся на небольшой площади, а космические измерения – по всей обозреваемой площади, то значения параметров снежного покрова, определяемые по этим видам наблюдений, не являются однозначными.

На величину расхождений между космическими и наземными данными может оказывать также нерепрезентативность расположения метеостанций. Исторически города и поселки, возле которых теперь располагаются метеостанции, создавались у водных артерий. В период весеннего снеготаяния на космических изображениях отчетливо прослеживается более ранний сход снежного покрова по поймам рек и вокруг крупных городов и промышленных центров, т. е. в основных местах расположения метеостанций. В междуречьях, где местность более возвышенна, снежный покров сходит позднее, и на космических изображениях долины рек в весенний период четко

прослеживаются по дендритовому рисунку. Следовательно, снежный покров на основных сельскохозяйственных полях, расположенных в междуречьях, отличается от покрова в районе метеостанций. В связи с этим ставился вопрос об увеличении протяженности наземных маршрутных снего съемок /10/, внедрении аэровизуальных /7, 11/ и аэросъемочных работ /17/. Однако из-за трудоемкости эти работы не получили широкого развития.

Космические и наземные наблюдения дают качественно разную информацию. Наземные наблюдения детально отображают состояние снежного покрова в дискретных точках, космические — более полно отображают пространственное (площадное) его распределение. В силу качественных различий возникают трудности в сопоставлении наземной и космической информации.

Сопоставление наземных и космических данных нами проводилось путем вычисления средних областных параметров снежного покрова.

Средняя по территории административных областей степень покрытия почвы снегом, вычисленная по результатам обработки космической информации, сравнивалась с полученными по наземным наблюдениям следующими параметрами снежного покрова: со степенью покрытия почвы снегом по данным декадным снего съемок на полях с озимыми культурами, с визуальной ежедневной балловой оценкой покрытия почвы снегом в окрестностях метеостанций, с высотой снежного покрова по постоянной рейке и средней высотой снежного покрова по снего съемке на полях с озимыми культурами.

Сравнение космических и наземных данных проводилось по наблюдениям, проведенным в один и тот же день. При сравнении данных, полученных по снего съемкам, допускались отклонения в пределах 2—3 дней, если в этот период, судя по метеорологическим условиям, не произошло существенных изменений в состоянии снежного покрова. Наиболее полные данные наземных наблюдений имелись по визуальной балловой оценке покрытия почвы снегом в окрестностях метеостанций.

В зимний период 1986-87 г. были использованы результаты обработки 42 фрагментов изображений подстилающей поверхности, в которые входили территории 18 административных областей Европейской части СССР.

Анализ результатов обработки космических изображений и наземных данных показал, что существуют корреляционные связи между степенью покрытия почвы снегом, полученной по результатам обработки космических изображений, и параметрами снежного покрова, определенными по наземным наблюдениям сети метеостанций (табл. 1). Однако в количественном отношении между наземными и космическими данными имеются существенные расхождения (табл. 2). В 47 % случаев расхождения в оценке степени покрытия почвы снегом составили больше 20 % (больше 2 баллов), в 23 % случаев — больше 30 % (больше 3 баллов) и только в 53 % случаев они не превышали 20 % (меньше 2 баллов). В основном расхождения в степени покрытия почвы снегом между космическими и наземными данными составляли 10—30 % (72 %). В среднем расхождения в оценке степени покрытия почвы снегом составили 23 %.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между космическими данными о степени покрытия почвы снегом с наземными данными о параметрах снега

Параметры снега	В период снеготаяния	В период снеготаяния
1. Визуальная оценка покрытия почвы снегом	0,48	0,71
2. Количество (%) промеров со снегом по снегосъемке	—	0,68

Таблица 2

Количество случаев (в скобках %) с различной величиной расхождений между космическими и наземными данными в оценке степени покрытия почвы снегом по административным областям Европейской части СССР

Общее количество анализируемых случаев	Величина расхождений, %			
	10	10-20	21-30	30
40 (100)	2 (5)	19 (48)	10 (24)	9 (23)

Расхождения связаны с неточностями как наземных, так и космических методов оценки по территории степени покрытия почвы снегом.

Погрешность определения по космическим данным степени покрытия почвы снегом устанавливалась путем проведения специального полевого эксперимента, а также путем определения вероятностной ошибки в оценке степени покрытия почвы снегом на элементе космического изображения по величине дисперсии мод яркости почвы и снега [1].

В специальном полевом эксперименте средние квадратические расхождения с наземной оценкой составили 3 %.

На космических изображениях вероятностная ошибка определения степени покрытия почвы снегом обуславливается в основном дисперсией яркости почвенного и снежного покровов. Яркость почвенного и снежного покровов зависит от их физического состояния, условий съемки и других факторов, учесть которые по космическому изображению весьма трудно. Для расчета по космическому изображению степени покрытия почвы снегом в разработанной нами методике используются моды яркости почвенного и снежного покровов, которые для разных участков также не остаются постоянными. Разброс мод характеризует вероятностную ошибку в оценке степени покрытия почвы снегом. В анализируемых нами изображениях относительная изменчивость мод яркости не превышала 4-6 % и соответственно давала вероятностную погрешность в оценке степени покрытия почвы снегом 6-8 % [1].

Неточность наземной оценки степени покрытия почвы снегом связана с погрешностью методик измерений [13-15, 21], редкой сетью наблюде-

ний и нерепрезентативностью расположения метеостанций. Данный вывод относится не только к снежному покрову, но и к другим агрометеорологическим параметрам (увлажнение почвы, состояние растительного покрова и т. д.).

Для оценки степени репрезентативности наземных наблюдений метеостанций нами по областям Украинской ССР было проведено сопоставление урожайности озимой пшеницы хозяйств, в которых ведут наблюдения метеостанции, со средней областной урожайностью. Оказалось, что урожайность пшеницы в этих хозяйствах отличается от средней областной урожайности на 10–25 % (в основном в сторону превышения). Корреляционные связи между урожайностью отдельных хозяйств и средней областной урожайностью существует, но в абсолютных значениях разница между ними составила около 5 ц/га.

Из практики агрометеорологического обслуживания также известно, что различаются значения массы пастбищной растительности, определенные для одной и той же территории по наземным, самолетным и космическим измерениям. Обычно наземные данные сети метеостанций указывают на большее значение растительной массы по сравнению с самолетными и космическими данными. Объясняется, очевидно, это тем, что по самолетным и космическим данным учитываются площади как с растительным, так и без растительного покрова, в то время как по наземным наблюдениям учитываются лишь участки с растительным покровом.

Таким образом, проведенный эксперимент и анализ литературных данных позволяет сделать следующие выводы.

Дискретные наземные данные сети метеостанций о состоянии подстилающей поверхности отличаются по величине на 10–30 % от космических данных.

Простая замена наземных данных космическими может привести к значительным ошибкам при оценке и прогнозировании условий зимовки озимых культур.

Необходимо находить корреляционные связи между наземными и космическими данными или непосредственно между космическими данными и состоянием растений при различных агрометеорологических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асмус В. В., Борисоглебский Г. И., Головчин В. Р., Карасев А. Б., Пермитина Л. И. Экспериментальная технология определения заснеженности равнинных территорий по спутниковым данным среднего разрешения. — Труды ГосНИЦИПР, 1987, вып. 29, серия В, с. 23–26.

2. Асмус В. В., Борисоглебский Г. И., Карасев А. Б., Карвокая А. Б., Клименко О. Я., Пермитина Л. И., Станисловская В. Б. Результаты определения заснеженности равнинных районов по данным сканера среднего разрешения. — Труды ГосНИЦИПР, 1987, вып. 29, серия В, с. 57–72.

3. Делур М. С. Космические методы изучения снежного покрова земли. — Л.: Гидрометеоиздат, 1980. — 76 с.

4. Временные методические рекомендации по использованию спутниковой

информации в оперативной практике. Картирование снежного покрова. — Л.: Гидрометеониздат, 1980. — 75 с.

5. Изучение снежного покрова по данным спутниковой информации. — Труды ГГИ, 1978, вып. 23. — 80 с.

6. К о г а н Р. М. и др. Определение влагозапасов в снежном покрове методом гамма-съемки. — Метеорология и гидрология, 1965, № 4, с. 27–34.

7. К о п а н е в И. Д. Об использовании снежного покрова аэровизуальным методом. — Труды ГГО, 1956, вып. 61 (43), с. 85–91.

8. К о п а н е в И. Д. Методы изучения снежного покрова. — Л.: Гидрометеониздат, 1971. — 225 с.

9. К у з ь м и н П. П. Формирование снежного покрова и методы определения снегозапасов. — Л.: Гидрометеониздат, 1960.

10. М е л ь н и к о в а Т. В. О методике наблюдений над снежным покровом в условиях северо-востока СССР. — Труды ГГИ, 1962, вып. 130, с. 62–73.

11. М е т о д и ч е с к и е указания управления Гидрометслужбы, № 26. Организация и производство аэроаэрозондировки снежного покрова. — Л.: Гидрометеониздат, 1959.

12. М о н с е й ч и к В. А. Оценка агрометеорологических условий перезимовки озимых посевов. Сб. методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. — Л.: Гидрометеониздат, 1957. — 260 с.

13. М о н с е й ч и к В. А. Точность агрометеорологических наблюдений и оправданность прогнозов перезимовки озимых культур. — Труды Гидрометцентра СССР, 1968, вып. 14, с. 3–23.

14. О к у ш к о А. А. О методике проведения снегосъемок на полях применительно к запросам агрометеорологического обслуживания сельского хозяйства. — Труды ЦИП, 1966, вып. 98, с. 74–86.

15. П а р ш и н В. Н. Точность учета снегозапасов в бассейне и ее влияние на точность прогноза объема половодья. — Труды ЦИП, 1951, вып. 30 (57), с. 3–51.

16. П и ч у г и н а Е. Л. и др. Временные методические рекомендации по использованию спутниковой информации для картирования снежного покрова на территории Средней Азии и Казахстана. — Ташкент: Госкомиздат, 1979. — 109 с.

17. Р а х м а н о в В. В., С а п о ж и н к о в В. И. К методике аэрофотосъемок снежного покрова во время таяния. — Труды ЦИП, 1956, вып. 44 (71), с. 95–106.

18. Р а ч к у л и к В. И., С и т н и к о в а М. В., Т е м н и к о в С. Н. Об использовании коэффициентов яркости для определения заснеженности равнинной и горной местности. — Труды ГГИ, 1978, вып. 237, с. 71–73.

19. Т е м н и к о в С. Н., Н о в и ч к о в а И. А. Некоторые вопросы использования спутниковой информации для изучения снежного покрова. Труды САНИГМИ, 1972, вып. 65 (80), с. 138–149.

20. У к а з а н и я по производству снегомерных наблюдений на гидрометеорологических станциях и постах. — Л.: Гидрометеониздат, 1965. — 48 с.

21. У р ы в а е в В. А. и др. Основные недостатки методов наблюдений над снежным покровом и осадками и предложениями ГГИ по их улучшению. — Труды ГГО, 1965, вып. 175.

СОДЕРЖАНИЕ

И. Г. Григоров. Задачи научных исследований в области агрометеорологии и гидрометеорологического обеспечения сельского хозяйства	3
А. Н. Полевой, Т. И. Русакова, Р. П. Кочедова, Ф. С. Рачкулик, И. Е. Вольвач. Прикладная динамическая модель формирования урожая сельскохозяйственных культур	15
И. В. Лисицкий. Методы агрометеорологических обоснований и прогнозов на территории Северного Кавказа	32
Г. Г. Васенин. Методы агрометеорологических прогнозов урожайности овощных культур на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье	37
Л. В. Лебедев. К оценке урожайности яровой пшеницы в Северном Казахстане, возделываемой по интенсивной технологии	49
В. П. Краснянская. Разработка методов долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов продуктивности овощных культур на Дальнем Востоке	54
Л. И. Сперлова, В. А. Матюхина. Использование метода разложения метеорологических полей по естественным ортогональным функциям для составления прогноза урожайности зерновых культур в Читинской области	58
Г. Н. Чичасов. О возможности прогноза урожайности яровой пшеницы большой заблаговременности в Казахстане	64
М. А. Строганова. Новый метод агрометеорологического прогноза качества зерна яровой пшеницы	72
Т. Е. Сумочкина. Методы агрометеорологических прогнозов и оценки состояния пастбищ и посевов сельскохозяйственных культур с использованием данных аэрокосмической информации	77
Л. Н. Сухов. Новое в применении фотометрического метода для оценки продуктивности зерновых культур	82
В. А. Жуков. О новых формах агроклиматического обеспечения агропромышленного комплекса	87
Е. К. Зондзе. О новых возможностях использования агроклиматической информации при решении некоторых экономических задач сельскохозяйственного производства	98
Д. И. Никитина, Н. А. Митрохова. Методические основы оценки экономической эффективности использования гидрометеорологической информации в сельском хозяйстве	105
В. И. Бодриков. Опыт внедрения новых методов агрометеорологических прогнозов	114
В. И. Бодрикова, Л. Г. Анурова. Опыт автоматизированной обработки агрометеорологической информации	116
А. И. Крысталь, Л. А. Егорова. Автоматизированная обработка оперативной агрометеорологической информации и численные методы агрометеорологических прогнозов	119
М. Л. Златковский, Л. М. Никитина. Автоматизированные рабочие места агрометеоролога на базе микро-ЭВМ	123
Р. С. Бужкова, Э. В. Лучанинова. Автоматизированная обработка телеграмм КН-01 и КН-21	127
А. А. Кутменко, Т. М. Плюто. Агрометеорологи Казахстана — Госагропрому республики	132
Н. С. Коновалова. Опыт работы первичной организации НТО сельского хозяйства САНИГМИ и Узгидромета	138
В. В. Полетаев. Опыт агрометеорологического обеспечения организаций агропромышленного комплекса Восточной Сибири	140
В. А. Кашевар, Ю. В. Рыбаков, Е. М. Шульгина, Г. Г. Щук и н. Результаты СВЧ радиометрического зондирования сельскохозяйственных угодий Целиноградской области	144
Г. И. Борнсоглебский, А. В. Карсеев. Сравнительная оценка снежного покрова по космическим и наземным данным	152

Материалы научного совещания

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА СТРАНЫ**

**Сборник докладов
Всесоюзного совещания
Целиноград, сентябрь 1988 г.**

Редактор Н. С. Смирнова. Художник И. Т. Аршипов. Технический редактор
Е. Я. Заводько. Оператор М. А. Семакова. Корректор О. В. Андреева.

Н/К

Набрано в издательстве на компьютере.

Подписано в печать 12.03.91. Формат 60х90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 10,5.
Кр.-от. 10,63. Уч.-изд. л. 11,67. Тираж 530 экз. Индекс ПРЛ-48. Заказ 420. Цена 80 коп. Заказное.
Гидрометеопедат, 199126, Ленинград, В. О., ул. Беринга, д. 38.
ФОП ВНИИГМИ-МЦД, 249020, Обнинск, ул. Королева, д. 6.

УДК 63:551.5.001.5

Задачи научных исследований в области агрометеорологии и гидрометеорологического обеспечения сельского хозяйства. Грингоф И. Г. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеониздат, 1991, с. 3-14.

Рассматривается современное состояние агрометеорологических исследований в СССР, выделяются три основных проблемы, разработки и исследования по которым необходимо выполнить для более полного агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства страны.

УДК 631.559.001.57

Прикладная динамическая модель формирования урожая сельскохозяйственных культур. Полевой А. Н., Русакова Т. И., Жоченова Р. П., Рачкулник Ф. С., Вольвач И. Е. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеониздат, 1991, с. 15-31.

Предлагается усовершенствованная динамическая модель формирования количества урожая основных сельскохозяйственных культур, в которой более детально описаны основные процессы жизнедеятельности растений. В модель введен детализированный блок формирования зерна и блок обеспеченности элементами минерального питания.

Ил. 5. Библ. 17.

УДК 631.559:663.1

Методы агрометеорологических обоснований и прогнозов на территории Северного Кавказа. Свнсюк И. В. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеониздат, 1991, с. 32-36.

Для территории Северного Кавказа рассматривается ряд методов прогноза средних областных и средних районных урожаев отдельно по озимой пшенице и по всем озимым, яровому ячменю и всем зерновым культурам. Приведены уравнения для расчета содержания белка и клейковины в зерне пшеницы. Предложен способ расчета подвижного соотношения посевных площадей под озимыми и яровыми культурами, позволяющий без увеличения посевных площадей увеличить валовой сбор зерна.

УДК 631.559:635.1/2.001.18

Методы агрометеорологических прогнозов урожайности овощных культур на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье. Васенина Г. Г. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 37-48.

Статья посвящена разработке методов прогноза урожая овощных культур по областям и районам территории Северного Кавказа и Нижнего Поволжья. Отмечено влияние основных агрометеорологических факторов на формирование урожая овощных культур. Разработаны прогностические уравнения для агрометеорологического прогнозирования урожайности овощных культур.

Обоснованы сроки высадки рассады теплолюбивых овощных культур в грунт и завершения их уборки. Дана характеристика агроклиматических условий формирования урожая овощных культур на рассматриваемой территории.

Табл. 2. Библ. 5.

УДК 631.559.003.12:633.11 „321“ (574.2)

К оценке урожайности яровой пшеницы в Северном Казахстане, возделываемой по интенсивной технологии. Лебедев Л. В. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 49-53.

Приводятся результаты статистического анализа урожайности яровой пшеницы, в том числе возделываемой по интенсивной технологии на полях Северного Казахстана (умеренно влажная зона с черноземами обыкновенными). Показано, что на полях, возделываемых по интенсивной технологии, урожайность яровой пшеницы достигла плановых показателей только в 1986 г.

Приводится один из вариантов расчета урожайности яровой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии, с привлечением материалов оперативных аэрофотометрических обследований.

Табл. 2. Библ. 5.

УДК 631.559:635.1/2 (571.6)

Разработка методов долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов продуктивности овощных культур на Дальнем Востоке. Крайняя В. П. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 54-57.

Исследована зависимость урожаев овощных культур в Приморском крае от тепло- и влагообеспеченности по месяцам вегетационного периода. Разработаны схемы прогноза урожайности овощей в целом с оправдываемостью 79-90 %.

УДК 631.559:533.1 (571.55)

Использование метода разложения метеорологических полей по естественным ортогональным функциям для составления прогноза урожайности зерновых культур в Читинской области. Сьерлова Л. И., Матюхина В. А. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 58–63.

Исследована зависимость между коэффициентами разложения полей аномалий давления и температуры с одной стороны и отклонениями от средних значений урожайности за ряд лет. Получены уравнения для прогноза средней областной урожайности зерновых культур по Читинской области, где в качестве предикторов используются коэффициенты разложения метеополей. В уравнениях вводится поправка на использование интенсивной технологии. Оправдываемость метода прогноза 81–98 %.

Табл. 2. Библ. 6.

УДК 631.11:551.509.318

О возможности прогноза урожайности яровой пшеницы большой заблаговременности в Казахстане. Ч и ча с о в Г. Н. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 64–71.

Излагается метод прогноза средней республиканской урожайности яровой пшеницы на пятилетие с детализацией по годам для территории Казахстана. Исследуются корреляционные зависимости между повторяемостью числа дней с типами атмосферной циркуляции по Вангенгейму и урожайностью яровой пшеницы, представленной в процентах от тренда. Показано, что рассматриваемые временные ряды содержат целый ряд колебаний одинаковой продолжительности, которые, по-видимому, обусловлены одними и теми же причинами. По коэффициентам когерентности и фаз, определенных на различных частотных диапазонах, построены прогностические уравнения.

Обсуждаются некоторые перспективы дальнейшего развития схемы прогноза урожайности яровой пшеницы.

Ил. 2. Библ. 10.

Новый метод агрометеорологического прогноза качества зерна яровой пшеницы. Стрoгaнoвa М. А. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеонздат, 1991, с. 72–76.

Излагается метод прогноза качества зерна яровой пшеницы, основанный только на расчетах по динамической модели для условий конкретного года. Приводятся дифференциальные уравнения, описывающие накопление структурных компонентов сухой массы зерна в период формирования зерна, а также запасного белка и крахмала в период налива зерна. Процентное содержание белка, клейковины и крахмала в зерне оценивается в результате расчета сухой массы зерна и содержания белка и крахмала. Описана необходимая для реализации метода исходная и текущая агрометеорологическая информация (декадная).

Метод испытывался в 1986 г. для прогнозирования средневзвешенного по области содержания белка в зерне яровой пшеницы в Оренбургской области. Оценка абсолютной и относительной оправдываемости прогноза подтверждает принципиальную возможность прогноза качества зерна на основании расчетов по модели для конкретного года (без привлечения тренда).

Библ. 3.

Методы агрометеорологических прогнозов и оценки состояния пастбищ и посевов сельскохозяйственных культур с использованием данных аэрокосмической информации. Сумочкина Т. Е. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеонздат, 1991, с. 77–81.

Рассмотрены возможности использования данных ИСЗ о загрязненности горных бассейнов при прогнозировании урожайности горных пастбищ и сроков перегона скота. Для оценки состояния посевов и прогнозов урожайности зерновых культур в Средней Азии используется аэрофотометрическая информация. Приведен анализ оправдываемости прогнозов.

Ил. 2. Библ. 6.

Новое в применении фотометрического метода для оценки продуктивности зерновых культур. Сухов Л. Н. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 82-86.

Рассматриваются возможность получения сопоставимой информации при проведении спектрофотометрических обследований посевов зерновых культур и методические основы расчета оценки состояния посевов и ожидаемой урожайности зерновых культур в зависимости от спектрофотометрической и агрометеорологической информации, полученной на обследуемой территории.

Библ. 11.

О новых формах агроклиматического обеспечения агропромышленного комплекса. Жуков В. А. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 87-97.

Рассматривается новое направление исследования агроклиматических ресурсов, заключающееся в стохастическом моделировании их на базе оценки соответствия жизненным циклам растений элементов внешней среды, носящих случайный характер.

Рассмотрена технологическая схема решения задачи ресурсов и показан круг практических задач, решение которых базируется на таких оценках.

Приведены результаты размещения зерновых культур по областям Нечерноземной зоны РСФСР.

Табл. 2. Ил. 1.

О новых возможностях использования агроклиматической информации при решении некоторых экономических задач сельскохозяйственного производства. Зо и д-з в Е.К. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеонадат, 1991, с. 98–104.

Рассматриваются новые возможности использования агроклиматической (вообще агрометеорологической) информации при решении ряда экономических задач в сельском хозяйстве. Для этой цели предложен определенный подход учета погодных и почвенно-климатических ресурсов при решении вопросов материального стимулирования в сельском хозяйстве. Подход основан на принципе сравнительной оценки текущих условий по сравнению с эталонными. Этот принцип в статье реализован методом сопоставления погодных ресурсов урожайности (рассчитанный по погодным условиям урожайности) с возможной урожайностью по почвенно-климатическим ресурсам либо с определенным образом построенной эталонной шкалой урожайности. Рассчитанная таким образом степень благоприятности погодных условий численно может быть выражена через погодный коэффициент.

Табл. 1. Библ. 5.

УДК 631.559.001.18.003.13

Методические основы оценки экономической эффективности использования гидрометеорологической информации в сельском хозяйстве. Никитина Д. И., Митрохова Н. А. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеонадат, 1991, с. 105–113.

При планировании и организации уборочных работ целесообразен учет прогноза урожайности зерновых культур. Расчет экономического эффекта использования прогноза урожайности проводится на основе учета погодных условий при корректировке оптимальной продолжительности периода массовой уборки зерновых, ее темпов и определения сохранения потерь зерна при уборке.

Табл. 7. Библ. 12.

УДК 63:551.5.001.18

Опыт внедрения новых методов агрометеорологических прогнозов. Бодрикова В. Н. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеонадат, 1991, с. 114–115.

Изложены трудности по испытанию и внедрению динамико-статистических методов в связи с ручным вводом исходной информации. Отмечены отсутствие ПЭВМ и сведений статистических управлений для анализа и оценки условий и прогнозов.

Библ. 3.

Опыт автоматизированной обработки агрометеорологической информации. Бодрикова В. Н., Анурова Л. Г. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 116–118.

Изложены этапы работы в Приволжском управлении по гидрометеорологии по разработке технических заданий и решений различных задач по автоматизации агрометеорологической информации (декадной, недельной, ежедневной). Анализируются динамико-статистические методы, проходящие испытание и внедрение на сети.

Библ. 4.

УДК 65.011.5:630:551.5 (022)

Автоматизированная обработка оперативной агрометеорологической информации и численные методы агрометеорологических прогнозов. Крысталь А. И., Егорова Л. А. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 119–122.

Рассматривается технология автоматизированной обработки оперативной агрометеорологической информации на ЭМВ СМ-1600, принятая в СевЗ аггидромете.

Библ. 1.

УДК 65.015.12:/63:551.5/

Автоматизированные рабочие места агрометеоролога на базе микро-ЭВМ. Златковский М. Л., Никитина Л. М. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 123–126.

Автоматизированное рабочее место агрометеоролога „Эмпирик“, разработанное в Киргизгидромете на базе микроЭВМ „Искра-226“, позволяют проводить статистическую обработку рядов данных, находить статистические зависимости любого вида, формировать прогностические схемы. При этом используются три подсистемы: ТАБЛИЦЫ, ГРАФИСТ, ДЕЛЬТА, позволяющие в 20–25 раз сократить трудоемкость подготовки справочника по агроклиматическим ресурсам.

Табл. 3.

УДК 551.501.3:681.3

Автоматизированная обработка телеграмм КН-01 и КН-21. Б у д к о в а Р. С., Л у ч а н и н о в а Э. В. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 127-131.

Рассмотрена технология автоматизированной обработки телеграмм КН-01 и КН-21, позволяющая обеспечивать оперативной и накопленной за определенный период агрометеорологической и метеорологической информацией. Перечислены виды выходных документов.

Табл. 1.

УДК 63:551.5 (574)

Агрометеорологи Казахстана - Госагропрому республики. К у ч м е н к о А. А., П л ю т о Т. М. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 132-137.

Излагаются система, особенности и трудности агрометеорологического обеспечения хозяйства Казахстана. Приведены примеры обеспечения зимнего и летнего периодов и их экономическая эффективность. Дан анализ оправданности испытываемых и внедренных методов прогноза урожайности.

УДК 631.117.4.001.86

Опыт работы первичной организации НТО сельского хозяйства САННГМИ и Узиндромета. К о н о в а л о в а И. С. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 138-139.

Основное направление деятельности НТО - содействие внедрению полученных результатов и популяризация гидрометеорологической информации. Рассмотрены формы работы НТО.

УДК 63:551.5 (571.5)

Опыт агрометеорологического обеспечения организаций агропромышленного комплекса Восточной Сибири. Полетаев В. В. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 140–143.

Изложены методы учета и использования агрометеорологической информации при программировании урожаев и применении минеральных удобрений. Приведен экономический эффект от использования агрометеорологической информации.

УДК 631.42:543.52

Результаты СВЧ радиометрического зондирования сельскохозяйственных угодий Целиноградской области. Кашевар В. А., Рыбаков Ю. В., Шулгина Е. М., Щукина Г. Г. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 144–151.

Рассмотрены результаты СВЧ радиометрического зондирования с разных высот, на макроуровне – ИЛ-14 ($H > 1,5$ км), на макроуровне – МИ-8 ($H = 100...200$ м) с целью определения влажности почвы бесконтактным методом. Данные сравнивались с результатами наземных (контактных) определений. Показано, что СВЧ радиометрирование отражает динамику изменения влажности почвы, хорошо коррелирует с наземными определениями влажности почвы и позволяет уточнить зоны выпадения осадков.

Табл. 2. Ил. 5. Библ. 2.

УДК 551.578.46

Сравнительная оценка снежного покрова по космическим и наземным данным. Борисоглебский Г. И., Карасев А. В. Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Сб. докл. Всесоюз. совещания. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, с. 152–157.

Проанализировано расхождение результатов наблюдений за снежным покровом, полученное по космическим данным и при наземной снегосъемке. Расхождение составляет в среднем 10–30 % для оценки степени покрытия почв снегом. Исследована репрезентативность наземных наблюдений во областях СССР. Показано, что простая замена наземных данных космическими может привести к значительным ошибкам при прогнозировании условий зимовки зерновых культур.

Табл. 2. Библ. 21.