

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации  
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды  
(Росгидромет)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «СИБИРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»  
(ГУ «СИБНИГМИ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ГУ «СибНИГМИ»

д-р физико-математ. наук

Крупчатников В.Н.

«» 2009 г.

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Оценка условий вегетации и прогноз  
валового сбора картофеля по территории Томской области

по теме 1.8.2:

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПРОГНОЗОВ  
ВАЛОВОГО СБОРА КАРТОФЕЛЯ ПО ОБЛАСТЯМ, ЗЕРНОВЫХ И  
ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ПО АДМИНИСТРАТИВНЫМ РАЙОНАМ

Новосибирск 2008

---

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Оценка условий вегетации и прогноз валового сбора картофеля по территории Томской области

---

(Проект)

Настоящие методические указания разработаны для территории Томской области и предназначены для расчета комплексной количественной оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая картофеля на заданную дату вегетационного периода относительно аналогичного периода прошлого года и составления прогноза ожидаемой средней урожайности и валового сбора картофеля с заблаговременностью не более 2-х месяцев в принятый в гидрометеорологической службе стандартный срок - 1-3 августа.

## Введение

Основу прогноза валового сбора любой сельскохозяйственной культуры составляет прогноз урожайности.

До последнего времени при составлении агрометеорологических прогнозов средней урожайности картофеля по отдельным областям территории деятельности Западно-Сибирского УГМС использовались преимущественно методы, основу которых составляют физико-статистические уравнения связи продуктивности культуры и параметров внешней среды, характеризующих условия ее формирования. Ряд применяемых методов ориентирован на расчет среднего уровня урожайности в общественном секторе производства, в котором до начала 90-х годов прошлого века были размещены основные посевные площади, занятые этой культурой.

В новых условиях хозяйствования стал актуальным вопрос разработки методов, приемлемых для расчетов по всем категориям хозяйств.

За последние 10-15 лет существенно снизилась степень освещенности территории данными агрометеорологических наблюдений по картофелю, что в свою очередь потребовало изменения традиционных подходов в решении поставленной задачи. Возникла необходимость создания методов прогноза урожайности клубней, в которых недостаточная освещенность территории данными агрометеорологических наблюдений могла бы быть в некоторой степени компенсирована более детальным учетом влияния на формирование урожая метеорологических условий предшествующей прогнозу части вегетационного периода.

С развитием новых вычислительных технологий, совершенствованием оснащенности территориальных Центров гидрометеорологической службы вычислительной техникой, наиболее приемлемым аппаратом для решения этих задач являются динамические модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Они позволяют наиболее полно использовать массовую агрометеорологическую информацию в сочетании с

современными знаниями о взаимосвязях и взаимообусловленности сложнейшей экологической системы "почва-растение-атмосфера".

Хорошо обусловленные динамические модели формирования урожая, адекватно отражая влияние изменений условий внешней среды на продукционные процессы растительного сообщества, могут служить в качестве средства расчетов характеристик растительного покрова и среды его обитания при любых реально заданных условиях произрастания на заданный момент вегетации.

В настоящее время отечественной агрометеорологической наукой достигнуты значительные успехи в разработке теоретической базы и прикладного динамического моделирования для целей агрометеорологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур, в том числе для расчетов количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая за отдельные отрезки вегетации и для прогнозирования урожайности [1-6].

В СибНИГМИ на основе одного из вариантов динамической модели "Погода-Урожай" [2] разработана прикладная динамическая модель формирования урожая картофеля с суточным разрешением [7-9].

Она апробирована для расчета количественной оценки сложившихся условий формирования урожая картофеля, при разработке методов прогноза средней урожайности картофеля по территории Новосибирской области (метод внедрен в оперативную практику в качестве основного с 2003 года) и Красноярского края (в качестве вспомогательного с 2005 года). В СибНИГМИ накоплен опыт применения динамико-статистической модели для прогноза динамики клубнеобразования картофеля (Красноярский край), прогноза урожайности по территории отдельного района (Омская область) и интерпретации средне- и долгосрочных прогнозов погоды в виде ожидаемых на предстоящий период величин агрометеорологических параметров (Свердловская и Пермская области).

Данная работа посвящена разработке метода количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая и прогноза средней урожайности и валового сбора картофеля для территории Томской области на основе применения динамико-статистического подхода и созданию автоматизированной системы информационного обеспечения их расчетов на персональном компьютере.

Специфика применения динамико-статистической методологии при решении агрометеорологических задач в условиях резко-континентального климата Сибири потребовала некоторой корректировки известного подхода [6]. В первую очередь это касается использования динамической модели продукционного процесса большей степени разрешения и выбора эталона при расчете количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая культуры.

## 1 Научные основы методов

В практике агрометеорологического прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур широко применяется подход, при котором ряды урожайности ( $Y_t$ ) рассматриваются, как сумма двух слагаемых – детерминированной составляющей ( $f(t)$ ) и случайных отклонений от нее ( $\delta t$ ):

$$Y(t) = f(t) + \delta t. \quad (1)$$

Первая из них представляет собой функцию времени (тренд) и характеризуется как тенденцией изменения почвенно-климатических условий, так и уровням культуры земледелия, включающим в себя внедрение новых сортов, мелиоративных мероприятий и т.п.

оставляющая, характеризующая отклонения урожайности от сложившейся тенденции, определяется агрометеорологическими условиями вегетационного периода конкретных лет.

Впервые использование динамической модели в качестве средства расчета ожидаемых отклонений урожайности от тренда было предложено Полевым А. Н. [6] конце 70-х годов. Модель использовалась для определения степени отличия агрометеорологических условий формирования урожая, сложившихся на дату составления прогноза относительно средних многолетних. Мерой такого отличия ( $\eta$ ) является отношение конечных урожаев, рассчитанных по фактическим ( $У_f$ ) и средним многолетним данным ( $У_{п}$ ) за период вегетации, предшествующий составлению прогноза:

$$\eta = У_f / У_{п} \times 100\%. \quad (2)$$

Ожидаемая величина урожайности при этом будет равна:

$$У(t) = 0,01 У_T \eta, \quad (3)$$

где:  $У_T$  - ожидаемая урожайность, рассчитанная по тренду.

Применение такого подхода сопряжено с рядом отрицательных моментов, связанных, прежде всего, с использованием сценария климатических норм. Такой сценарий нереален ему нет аналогов в природных условиях. Кроме того, рядом авторов [4,10] показано, что использование в динамической модели в качестве исходных данных климатических норм вызывает методическую ошибку - существенное повышение рассчитанных значений урожайности.

Другим препятствием к применению рассмотренной методологии прогнозирования в рамках отдельных административных единиц может быть отсутствие значимого тренда урожайности. Тренд урожайности картофеля по Томской области за 1971-2002 годы характеризуется коэффициентом корреляции - 0,055, при значимой величине на 5 % -ном уровне значимости равной 0,349, а за последние 15 лет, взятых для адаптации (1988-2002 годы) - 0,115, при значимой величине равной 0.514.

В предлагаемой работе сделана попытка избежать упомянутых ограничений применения динамико-статистического метода для целей количественной оценки условий формирования урожая и прогнозирования

продуктивности картофеля. Ранее аналогичная методология была применена при разработке методов аналогичного назначения для яровой пшеницы.

Разработка методов выполнялась с ориентацией на принятые в Росгидромете оперативные сроки составления прогноза урожайности картофеля (1-3 августа) и на соответствующие критерии по оправдываемости.

Учитывая существенное сокращение объемов агрометеорологических наблюдений по картофелю, новый метод ориентирован на использование в качестве исходной информации преимущественно данных метеорологических наблюдений. Кроме того, данная работа ориентирована на создание методов, являющихся основным звеном автоматизированной системы расчета текущих оценок агрометеорологических условий формирования урожая и прогноза ожидаемых величин средней урожайности картофеля с использованием данных агрометеорологических наблюдений, поступающих по каналам связи.

В качестве базового средства расчета необходимых параметров и характеристик применена динамико-статистическая модель продукционного процесса картофеля с суточным разрешением [7-9].

Для достижения адекватного модельного отражения влияния изменений условий внешней среды на продукционный процесс картофеля в конкретных природно-климатических условиях необходимо адаптировать базовую динамическую модель путем уточнения величин параметров ее функций на материалах агрометеорологических наблюдений исследуемой территории.

В ходе разработки методов и технологии расчета заданных характеристик отработано несколько вариантов применения динамико-статистической модели для этих целей.

### 1.1 Методические основы расчета комплексной количественной оценки сложившихся условий формирования урожая картофеля

Для расчета комплексной количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая картофеля за определенный отрезок периода вегетации, относительно эталонных условий за аналогичный период при

помощи динамико-статистической модели применен известный подход, предложенный в [1,5].

При этом в качестве эталона приняты условия прошлого года. Оценка условий формирования урожая относительно условий прошлого года на качественном уровне, наряду со средними многолетними, является наиболее часто применяемой в практической агрометеорологии. Использование в качестве эталонных условий прошлого года, кроме простоты восприятия потребителем, привлекательно с точки зрения технологии подготовки данных и выполнения расчетов.

Рассматривая урожай в качестве интегральной характеристики агрометеорологических условий вегетационного периода, мерой отличия оцениваемых условий текущей вегетации от прошлогодних будет отношение ( $\eta_p$ ) конечных урожаев, рассчитанных по условиям текущего ( $U_o$ ) и прошлого года ( $U_p$ ) за оцениваемый период:

$$\eta_p = \frac{U_o}{U_p} \cdot 100\% . \quad (4)$$

Таким образом, чтобы дать количественную оценку агрометеорологических условий формирования урожая картофеля, например, по состоянию на 20 июля текущего года относительно условий прошлого года, необходимо рассчитать отношение (4), где:

$U_o$  - урожай, рассчитанный по фактическим данным текущего года от всходов до 20 июля, и данным прошлого года от 21 июля до конца вегетации;

$U_p$  - урожай, рассчитанный по данным прошлого года от всходов до конца вегетации.

Средние даты всходов картофеля по данным наблюдений сети гидрометеорологических станций по территории Томской области приходятся на конец второй декады июня. Для удобства расчетов на динамической модели за начало вегетационного периода картофеля принято с 21 июня.



Конец вегетационного периода при этом определяется концом декады на которую выпадает преобладающая по станциям рассматриваемой территории средняя многолетняя дата наступления фазы увядания ботвы (гибели ботвы от заморозка или уборки, если фаза увядания ботвы не наблюдалась).

Для большей части территории региона средняя многолетняя дата наступления фазы увядания ботвы приходится на первую декаду сентября. Расчетный конец вегетации динамическая модель определяет моментом накопления требуемой суммы эффективных температур воздуха, необходимой для достижения картофелем фазы увядания ботвы. Для расчетов на модели условно выбрана дата окончания вегетационного периода картофеля 10 сентября.

## 1.2 Методические основы прогноза урожайности и валового сбора клубней картофеля

В ходе разработки метода и технологии расчета прогноза средней урожайности и валового сбора клубней картофеля по территории Томской области отработано несколько подходов применения динамико-статистической модели продукционного процесса культуры для этих целей.

В первом из них (N1) использовано свойство динамической модели продукционного процесса, позволяющее дать сравнительную оценку комплекса условий формирования урожая за предшествующий отрезок текущего вегетационного периода с выбранными эталонными условиями за аналогичный период. Методика прогнозирования урожайности картофеля при этом строится на предположении, что оценка отличия ожидаемой урожайности в текущем году от фактической урожайности года-эталона ( в данном случае прошлого года) равна отношению ( $\eta_k$ ) (5):

$$\eta_k = \frac{U_k}{U_p}, \quad (5)$$

где,  $U_k$  - урожайность, рассчитанная на модели по комплексу исходных данных, состоящих из фактических данных текущего года (от всходов до даты составления прогноза урожайности) и соответствующих данных прошлого года от даты составления прогноза урожайности до конца вегетации (как инерционного прогноза метеорологических условий на этот период);

$U_p$  - урожайность, рассчитанная на модели по фактическим данным за весь вегетационный периода прошлого года .

Исходя из этого, ожидаемая величина урожайности по методическому прогнозу "N1" равна произведению (6):

$$U_{pr} = U_{fp} \cdot \eta_k, \quad (6)$$

где,  $U_{fp}$  - фактическая средняя урожайность картофеля по всем категориям хозяйств за прошлый год.

Каждый из двух последующих подходов по применению динамической модели для прогнозирования урожайности определяется сценарием ожидаемых метеорологических условий на период от даты составления прогноза до конца вегетации.

В них модель применяется для прямого расчета ожидаемой урожайности картофеля.

Массив используемых данных в варианте "N2" состоит из фактической информации за период, предшествующий составлению прогноза, и инерционного прогноза метеорологических элементов за период от даты составления прогноза до конца вегетации в виде данных прошлого года. При выборе такого варианта применения модели для решения поставленной задачи руководствовались в первую очередь требованием замкнутости набора данных, как обязательного условия ее работы, избегая при этом методической ошибки, наблюдаемой при использовании суточных норм метеорологических элементов, о чем было сказано выше. Кроме того, влияние на конечный результат условий последней трети вегетационного периода, на время которой

в расчет включаются метеорологические данные прошлого года, несравнимо менее существенны, относительно предшествующей его части, в том числе и в силу известной инерционности продукционного процесса картофеля.

Ко времени составления прогноза растения картофеля практически по всей территории обладают полностью сформированным фотосинтезирующим аппаратом. В середине июля пройден критический по отношению к влаго- и теплообеспеченности период, совпадающий с фазой образования соцветий. Известно, что уже на фазу образования соцветий картофеля формирование урожая почти в равной степени зависит как от сложившихся условий, так и от будущих. Подтверждением этого тезиса могут служить и устойчивые статистические зависимости урожайности картофеля с инерционными факторами внешней среды и самой культуры, используемые нами ранее в прогностических целях. Следует отметить и обнаруженную достаточно высокую оправдываемость инерционных прогнозов урожайности картофеля по всем категориям хозяйств, при которых совокупное воздействие факторов внешней среды текущей вегетации на формирование урожая картофеля фактически приравнивается к условиям аналогичного периода предшествующего года.

В методическом подходе "N3" ожидаемые метеорологические условия после даты составления прогноза заданы в виде соответствующего блока фактических данных в виде метеорологических параметров прогнозируемого на август месяц года-аналога синоптических процессов с пролонгацией на первую декаду сентября, т.е. до конца вегетационного периода картофеля.

Для реализации задачи в качестве средства расчетов выбрана динамико-статистическая модель продукционного процесса картофеля с суточным шагом. Такой подход позволяет использовать массовый объем информации о параметрах внешней среды с учетом их комплексного нелинейного влияния на продукционный процесс растений. Достижимое при этом расширение информативности метеорологических элементов, дает надежду, в определенной

степени, компенсировать, наблюдаемое в последнее время, снижение освещенности территории агрометеорологической информацией.

### 1.3 Динамическая модель формирования урожая картофеля

В основу метода прогноза урожайности картофеля по всем категориям хозяйств положены расчеты, выполняемые с помощью динамической модели формирования урожая картофеля, разработанной в СибНИГМИ для условий Западной Сибири. Она базируется на подходе и одном из вариантов комплексной динамико-статистической модели агроценоза "ПОГОДА - УРОЖАЙ", разработанной во ВНИИСХМ [2].

Модель представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих изменение во времени состояние внешней среды и связанные с ним изменения состояния посевов, начиная от даты всходов. Основными в этой системе являются уравнения, описывающие процессы фотосинтеза и распределения ассимилянтов между различными органами растения. Главные каналы влияния условий среды на продуктивность культуры проходят через центральную формулу модели - формулу фотосинтеза. Кроме этого модель включает концепцию роста, развития, дыхания, пищевого статуса, адаптационных процессов и систему уравнений, описывающих изменение метеорологических условий внешней среды, а также большой объем априорной информации необходимой для ее построения.

Расчет динамики важнейших моделируемых характеристик посева сводится к интегрированию системы обыкновенных дифференциальных уравнений (7):

$$\frac{dM}{dt} = \frac{1}{\varepsilon} \Phi - (R_{O_2T} M + R \frac{dM}{dt}), \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
& - m_l^{j+1} = m_l^j + \varepsilon_R (\alpha^j \Phi^j - \varphi_T^j R_{ol}^j m_l^j - \lambda_l^j m_l^j + A_l^j), \\
& | \\
& | m_s^{j+1} = m_s^j + \varepsilon_R (\alpha_s^j \Phi^j - \varphi_T^j R_{os} m_s^j - \lambda_s^j m_s^j + A_s^j), \\
& < \\
& | m_r^{j+1} = m_r^j + \varepsilon_R (\alpha_r^j \Phi^j - \varphi_T^j R_{or} m_r^j - \lambda_r^j m_r^j + A_r^j), \\
& | \\
& | m_k^{j+1} = m_k^j + \varepsilon_R (\alpha_k^j \Phi^j - \varphi_T^j R_{ok} m_k^j + L_k \lambda_l^j m_l^j + S_k \lambda_s^j m_s^j + R_k \lambda_r^j m_r^j), \\
& | \\
& -
\end{aligned}$$

$$\Phi^j = \frac{\varepsilon_\Phi \tau \psi_r LG^j SW^j}{2(r^j - r_c)} \left[ CO_2 + \alpha P^j r^j - \sqrt{(P^j r^j - CO_2)^2 + 4r_c P^j \alpha CO_2} \right],$$

$$\frac{dW_i}{dt} = q_{i-1} - q_i - TR_i - \sigma_I E, \quad \sigma_I = \begin{cases} 1, & \text{если } i=1 \\ 0, & \text{если } i>1 \end{cases}$$

$$q_i = \sqrt{K_i K_{i+1}} \cdot \left[ \frac{P_{i+1} - P_i}{h_s} + 1 \right],$$

$$TR = \xi_{s0} d^m (1 - e^{-0.412 LG}) \frac{1}{r_{stc}},$$

$$TR_i = TR \frac{\mu_i (15 - P_i)}{\sum_{i=1}^{10} \mu_i \cdot (15 - P_i)},$$

$$E = \frac{1 - \exp(-0.412 LG)}{1.22 (LG)^{1.19}} \cdot \exp(\xi \cdot P_1) \xi_0 d^m,$$

$$P_i = 15 \exp\left(-7.76 \frac{W_i - W_i^{B3}}{W_i^{PB} - W_i^{B3}}\right),$$

$$r = r_{st} + r_{mes} + r_c, \quad r_{st} = r_{min} \cdot \exp(a \bar{P}),$$

где:

$M, m_{p, l, s, r, k}$  – общая биомасса и биомассы отдельных органов;

$\Phi$  – фотосинтез;

$R_o, R_R$  – дыхание поддержание старых структур и роста, соответственно;

$\varphi_T$  – температурный коэффициент дыхания;

$\xi$  – коэффициент газообмена,  $\tau$  – длина дня;

$\psi$  – температурный коэффициент фотосинтеза;

$LG$  – относительная площадь листьев;

$\overline{SW}$  – коэффициент учета переувлажнения;

$CO_2$  – концентрация углекислого газа в посевах;

$\alpha$  – угол наклона световой кривой фотосинтеза;

$I$  – интенсивность ФАР;

$r_{stc}$  – суммарное диффузионное сопротивление;

$\alpha_l, \alpha_s, \alpha_r, \alpha_k$  – ростовые функции;

$\lambda_l, \lambda_s, \lambda_r$  – функции оттока пластических веществ;

$L_k, S_k, R_k$  – коэффициент реутилизации;

$W$  – содержание почвенной влаги;

$q$  – влагообмен между почвенными слоями;

TR	– транспирация;
E	– испарение;
P	– капиллярно-сорбционный потенциал почвенной влаги;
$\mu_r$	– доля сухого веса корней в почвенном слое;
$r_{st}, r_c, r_{mes}$	– устьичное, химическое сопротивление и сопротивление мезофила;
K	– коэффициент гидравлической проводимости;
$h_s$	– толщина слоя почвы;
d	– дефицит влажности воздуха;
$\xi_0, \xi_*, a, m$	– эмпирические параметры.
$L_k, S_k, R_k$	– коэффициент реутилизации;
W	– содержание почвенной влаги;
q	– влагообмен между почвенными слоями;
TR	– транспирация;
E	– испарение;
P	– капиллярно-сорбционный потенциал почвенной влаги;
$\mu_r$	– доля сухого веса корней в почвенном слое;
$r_{st}, r_c, r_{mes}$	– устьичное, химическое сопротивление и сопротивление мезофилла;
K	– коэффициент гидравлической проводимости;
$h_s$	– толщина слоя почвы;
d	– дефицит влажности воздуха;
$\xi_0, \xi_*, a, m$	– эмпирические параметры.

Совокупность входных данных модели представляют:

- константы времени и места: широта пункта, календарное время суток, отсчитываемое от 21 марта до даты всходов включительно,
- биологическое время в виде суммы эффективных температур воздуха от даты всходов до начала расчетного периода;

- водно-физические свойства почвы: полная влагоемкость, влажность завядания, наименьшая полевая влагоемкость по 10-сантиметровым слоям корнеобитаемой зоны;

- начальное состояние растительного покрова и почвы: исходные биомассы листьев, стеблей, корней, клубней; начальные продуктивные влагозапасы почвы в слоях 0-10 см, 0-20 см и 0-50 см;

- метеорологические данные: среднесуточная температура воздуха, число часов солнечного сияния, суточная сумма осадков, среднесуточный дефицит влажности воздуха.

Модель позволяет рассчитать при любых реально заданных до конца вегетации метеорологических условиях на любые сутки вегетационного периода (от всходов до увядания ботвы) величины характеристик посева и среды его обитания, представляющие интерес для целей агрометеорологического обеспечения производства культуры:

- биомассу отдельных органов растения и урожай хозяйственно ценного органа;

- относительную площадь листьев (листовой индекс);

- общее увлажнение отдельных слоев почвы;

- сумму осадков, эффективных температур воздуха, испарения и транспирации нарастающим итогом от начала расчетного периода (даты всходов) и другие характеристики.

Шаг модели по времени равен одним суткам. С ее помощью можно выполнять численные эксперименты различной направленности, изменяя необходимым образом входной поток информации.

#### 1.4 Особенности формирования рабочего набора данных

При выполнении расчетов характеристик посевов картофеля с помощью динамической модели (7) для задания начальных условий на дату массовых всходов необходимо по каждой станции, включенной в расчет располагать следующей агрометеорологической информацией:



- фенологической - дата появления массовых всходов для определения времени начала расчетов;

- биометрической - густота стояния растений, по величине которой и, полученным ранее экспериментальным путем, данным о величинах биомасс отдельных органов стандартного растения на дату массовых всходов, рассчитываются начальные биомассы отдельных органов растений;

- инструментального определения запасов влаги в отдельных слоях почвы на дату близкую к всходам и агрогидрологических свойств почв по 10-см слоям, выполненных по полной программе.

При отсутствии данных наблюдений за влажностью почвы на поле под картофелем на вторую декаду июня в расчет принимаются данные наблюдений по одной из пропашных культур, а в их отсутствие по яровой пшенице. Для всех включенных в расчет станций по Томской области начальные влагозапасы почвы следует задавать по результатам наблюдений за вторую декаду июня. (Далее модель рассчитывает уровень влагозапасов отдельных слоев почвы на основе метеорологических параметров и параметров роста и развития модельного посева картофеля с шагом одни сутки).

Таким образом, в исходном состоянии модельный посев картофеля по каждой станции представлен, как посев, обладающий среднестатистическими значениями фенологических, биометрических и агрогидрологических параметров посева на дату всходов. Осредненный результат модельного расчета продуктивности культуры по всем станциям, включенным в расчет, при реально заданных начальных значениях почвенного увлажнения и метеорологических параметров вегетационного периода будет характеризовать среднюю по территории величину продуктивности при заданных условиях.

## 2 Адаптация модели для расчета средней урожайности картофеля по территории Томской области

Для достижения адекватного модельного отражения влияния изменений условий внешней среды на продукционный процесс картофеля в конкретных

природно-климатических условиях необходимо адаптировать динамическую модель для расчетов в этих условиях путем уточнения величин параметров ее функций на материалах агрометеорологических наблюдений исследуемой территории.

Для работы модели в условиях Томской области проведена ее адаптация и верификация на материалах стандартных агрометеорологических наблюдений семи гидрометеорологических станций и данных территориального статистического управления за 1971-2007 годы.

Для адаптации модели привлечены данные семи опорных ГМС, являющихся наиболее информативными в отношении формирования входного потока информации для выполнения расчетов на модели и оценки их результатов: Парабель, Подгорное, Молчаново, Бакчар, Первомайское, Томск, Кожевниково. (До 1977 года вместо информации по ГМС Подгорное привлекались материалы наблюдений по станции Колпашево).

Недостающая информация по числу часов солнечного сияния восстановлена по наблюдениям близлежащих ГМС.

По информации, размещенной в агрометеорологических ежегодниках за 2000-2007 годы, уточнены суммы эффективных температур воздуха по межфазным периодам картофеля.

Созданная база информационного обеспечения расчетов включает в себя агрометеорологические, агрогидрологические данные, суточные метеорологические наблюдения за вегетационный период по 7-ми станциям Западно-Сибирского УГМС, а также данные территориального статистического управления по урожайности культуры за 1971-2002 годы.

Адаптация выполнена методом подбора оптимальных величин параметров, наиболее сильно влияющих на расчет текущих значений биомассы и влажности почвы. Основное внимание уделялось параметрам наиболее сильно влияющих на расчет текущих значений биомассы отдельных органов растений и влажности корнеобитаемых слоев почвы.

Это угол наклона световой кривой фотосинтеза ( $\alpha$ ), константа ( $a$ ) в формуле расчета устьичного сопротивления потоку  $\text{CO}_2$ , химическое сопротивление ( $r_c$ ) и параметр ( $K_0$ ) в формуле расчета гидравлической проводимости почвы.

Определение и уточнение параметров модели выполнено путем статистической обработки данных многолетних наблюдений за 1971-2002 годы и методом итерационного подбора оптимальных величин параметров.

Для этого решалась задача максимального пошагового приближения рассчитанных при помощи модели и фактических величин средней урожайности клубней картофеля по всем категориям хозяйств, а также рассчитанных и фактических запасов продуктивной влаги в почве под картофелем.

Оптимальные величины параметров определялись на основе оценок согласования результатов модельных расчетов с данными по урожайности территориального статистического управления.

Оценка согласования рассчитанных и наблюдаемых характеристик выполнена методом корреляционного анализа. Таким образом, модель, адаптирована для расчета средней урожайности, настроена на средний уровень культуры земледелия на рассматриваемом временном отрезке (при отсутствии значимого тренда урожайности) и, следовательно, некие средние условия уборки культуры.

Последнее обстоятельство важно иметь в виду особенно в зоне рискованного земледелия, исходя из того, что урожайность является интегральным показателем, как агрометеорологических, так и хозяйственных условий возделывания, и в большой степени зависит от качества уборки.

В ходе идентификации параметров модели по материалам описания условий уборки [11] выделены годы с ярко выраженными плохими (1973, 1976, 1985, 2001, 2002) и благоприятными (1980, 1983, 1994, 1997) условиями уборки. Условия уборки в остальные 23 года в целом удовлетворительные и условно приняты за среднестатистические.

Подбор значений параметров модели выполнен для каждой группы лет по условиям уборки. Анализ расчетов, выполненных на модели, адаптированной для удовлетворительных условий уборки показал, что средняя из абсолютных ошибок расчета урожайности в сравнении с фактической величиной в годы с исключительно плохими условиями уборки составляет минус 40 ц/га, а в годы с благоприятными условиями - плюс 60 ц/га.

Это обстоятельство позволяет значительно упростить процедуру альтернативных расчетов при ее применении в практических целях. Результат адаптации модели представлен в таблицах 1-2 и на рисунках 1-2. Достигнуто удовлетворительное согласование рассчитанных по фактическим данным за весь период вегетации (с учетом поправок на условия уборки) и фактических величин средней урожайности картофеля по всем категориям хозяйств области, а также рассчитанных и наблюдаемых величин продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы под картофелем на последнюю декаду вегетационного периода.

Коэффициент корреляции расчетных и фактических величин урожайности составляет 0,649 при значимой величине на 5 %-ном равной 0,349. Достигнута значимая корреляция рассчитанных и наблюдаемых запасов влаги в корнеобитаемом слое почвы на конец вегетации по совпадающим по времени случаям, например по станции Томск с коэффициентом 0,582, при значимой величине 0,576.

Обеспеченность расчетов урожайности с ошибкой не превышающей  $0,67 \sigma$  (равной для Томской области 14 ц/га), за весь период составляет 75 % и с относительной ошибкой не более 20 % - 94 %, а за последние 15 лет – 80 % и 93 % соответственно.

Верификация модели выполнена на независимых данных 2003-2007 годы. Эти годы отличаются высоким уровнем средней урожайности картофеля по территории Томской области - от 142 ц/га до 163 ц/га. Средняя урожайность за эти годы равна 156 ц/га, что на 46 ц/га выше среднего значения за предшествующие 5 лет. В двух годах из пяти (2003 и 2004) превышен

максимум за предшествующий 32-летний ряд (161 ц/га) и в двух годах близкий к максимуму, в то время как за период с 1971 по 2002 годы только в 3-х случаях средняя урожайность превысила 140 ц/га.

В итоге получены следующие оценки верификации модели: обеспеченность расчетов с ошибкой не превышающей  $0.67\sigma_y$ , равно - 40 %, а обеспеченность расчетов урожайности с относительной ошибкой не превышающей 20 % - 100 % (таблица 3).

С учетом изложенного, для решения обозначенных ранее прикладных задач далее будет использоваться рассмотренный вариант модели, ориентированный на расчет средней по территории Томской области урожайности картофеля.

### 3 Апробация методов

Рассмотренные в разделе 1 методические подходы реализованы для расчета количественной оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая, ожидаемых средних величин урожайности и валового сбора клубней картофеля по Томской области.

#### 3.1 Апробация метода оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая картофеля

Для решения этой задачи предложен метод расчета количественной оценки комплекса агрометеорологических условий, сложившихся на любой момент вегетационного периода (от всходов до увядания ботвы) относительно условий прошлого года. Степень отличия агрометеорологических условий текущей вегетации, сложившихся на дату расчета, от условий аналогичного периода прошлого года характеризуется оценкой  $\eta$ . Величина  $\eta$  равна отношению конечных урожаев, рассчитанных по комбинации данных -

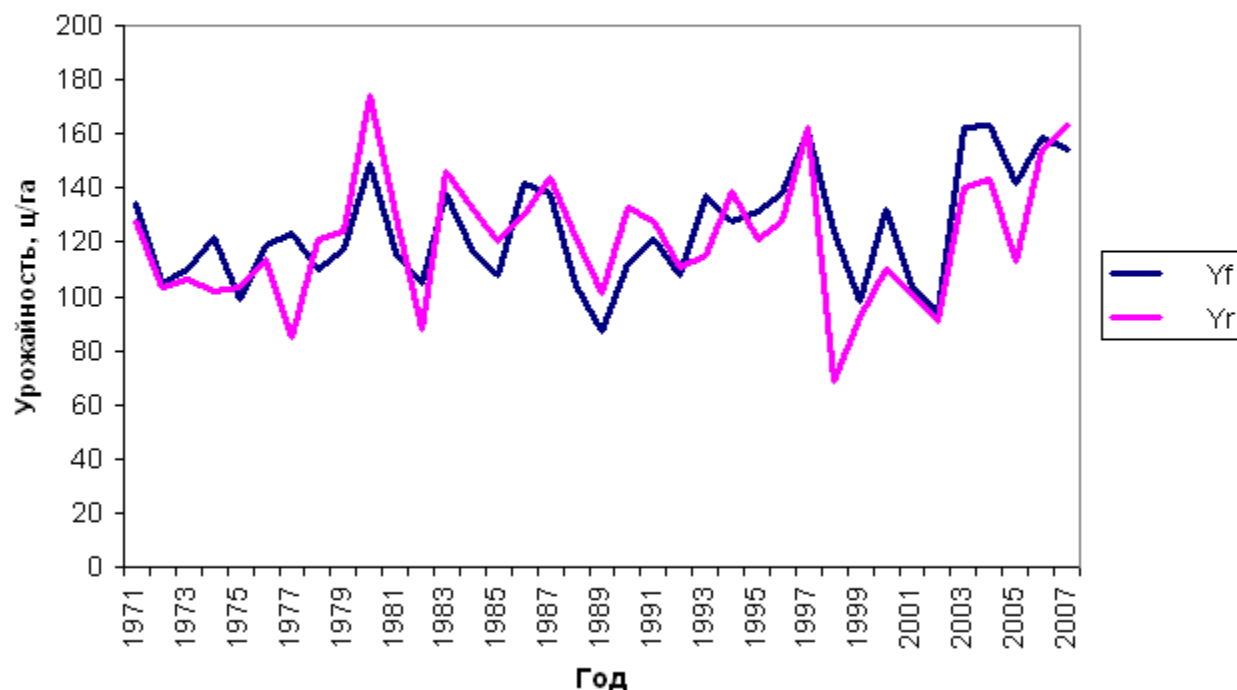
Таблица 1 - Теснота согласования рассчитанных и фактических средних величин урожайности картофеля и увлажнения почвы перед уборкой

Показатель	Коэффициент корреляции	
	r	r знач.
Урожайность картофеля по всем категориям хозяйств	0,649	0,349
Влагозапасы почвы перед уборкой в слоях: 0-20 см	0,529	0,576
0-50 см	0,582	0,576

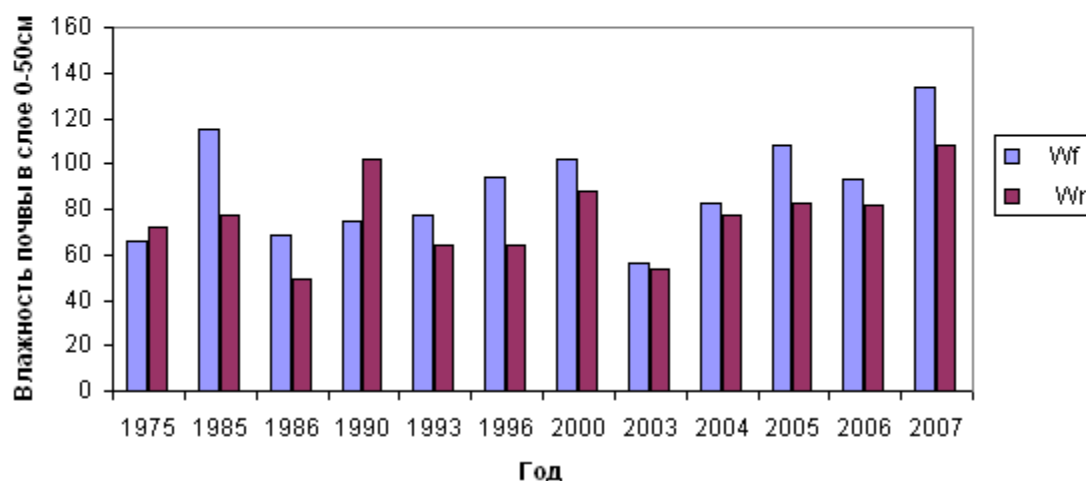
Таблица 2 - Средние значения относительных отклонений рассчитанных и фактических значений агрометеорологических показателей и обеспеченность (%) их разных величин по результатам адаптации модели по данным за 1971-2002 годы

Показатель	Число станций	Среднее отклонение, %	Обеспеченность отклонений разной величины, %	
			откл.	обесп.
Урожайность картофеля по всем категориям хозяйств	7	11	< 10	59
			< 20	94
			< 30	97
Влагозапасы почвы перед уборкой в слоях: 0-50 см		23	< 10	31
			< 20	54
			< 30	70

**Рисунок 1- Сравнение рассчитанных ( $Y_r$ ) и фактических ( $Y_f$ ) величин средней урожайности картофеля по территории Томской области (2003-2007гг. по независимым данным).**



**Рисунок 2- Сравнение рассчитанных ( $W_r$ ) и фактических ( $W_f$ ) величин продуктивных запасов влаги под картофелем в слое почвы 0-50см на третью декаду августа (Томск, отдел наблюдений).**



фактическим текущего года от всходов до даты расчета плюс прошлогодним данным от даты расчета до конца вегетационного периода, ( $U_0$ ), к урожайности, рассчитанной полностью по фактическим данным прошлого года ( $U_p$ ). Правомочность такого подхода подтверждают результаты сравнения рассчитанных при помощи модели оценок агрометеорологических условий на конец вегетационного периода, относительно условий прошлого года и фактических оценок аналогичного периода в виде отношения величины фактической урожайности рассматриваемых лет к фактической урожайности прошлого года (рисунок 3).

Отмечена удовлетворительная степень согласования рассчитанных и фактических величин оценок. При значимой величине 0,355 коэффициент корреляции расчетных и фактических оценок по данным за 1972-2002 годы характеризуется величиной 0,543, обеспеченность расчета оценки сложившихся условий формирования урожая картофеля с ошибкой, не превышающей 0,67  $\sigma$  составляет 72 %, а с относительной ошибкой менее 20 % - 80,6 % . Средняя относительная шибка равна 13,5 %.

Среднее из абсолютных отклонений рассчитанных и фактических оценок по независимым данным 2003-2007 годов по Томской области составляет - 8,4 % (таблица 4).

### 3.2 Апробация методов прогноза урожайности картофеля

В соответствии с рассмотренными в разделе 1.2 подходами на основе адаптированной модели разработаны методы прогноза урожайности 3-х вариантах, в зависимости от выбранного сценария ожидаемых метеорологических условий на период от даты составления прогноза до конца вегетации:



**Рисунок 3- Сравнение рассчитанных (Nr) и фактических (Nf) величин комплексной оценки агрометеорологических условий формирования урожая картофеля за полный вегетационный период относительно условий прошлого года. 2003-2007гг.- независимые данные.**

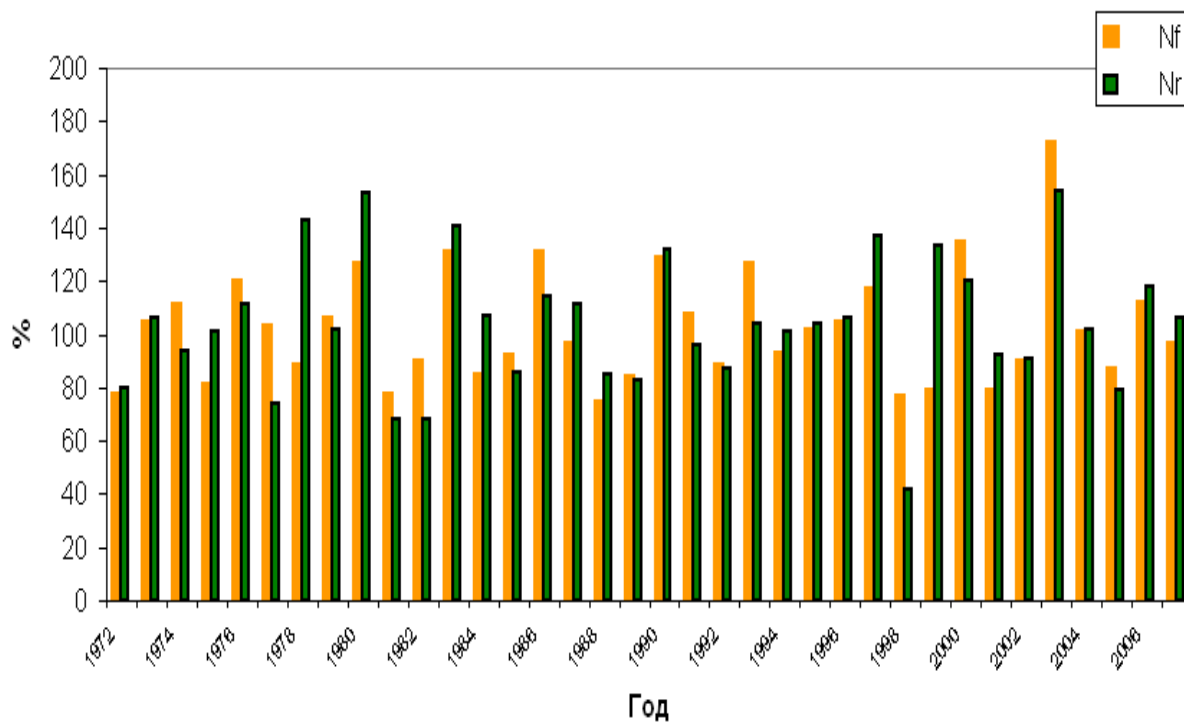


Таблица 3 - Сравнение рассчитанных и фактических величин урожайности картофеля (независимые данные)

Год	Урожайность, ц/га		Отклонение	
	факт, ц/га	расч. ц/га	абс., ц/га	отн., %
2003	162	140	- 22	14
2004	163	143	- 20	12
2005	142	113	- 29	20
2006	159	154	- 5	3
2007	154	163	9	6

Таблица 4 - Сравнение рассчитанных и фактических величин комплексных оценок агрометеорологических условий формирования урожая картофеля за полный вегетационный период, относительно условий прошлого года (независимые данные)

Год	У р о ж а й н о с т ь, ц/га				Оценка, %		Отклонение, %	
	фактич.		расчит.		факт.	расч.	абс.	относ.
	текущ. год	прошл. год	текущ. год	прошл. год				
2003	162	94	140	91	172	154	-18	10
2004	163	162	143	140	101	102	1	1
2005	142	163	113	143	87	79	- 8	9
2006	159	142	154	113	112	118	6	5
2007	154	159	163	154	97	106	9	9

N1 - с использованием количественной оценки сложившихся на дату составления прогноза агрометеорологических условий текущего вегетационного периода, относительно условий прошлого года;

N2 - с использованием инерционного сценария ожидаемых метеорологических условий, приравненных к условиям прошлого года;

N3 - с использованием долгосрочного прогноза погоды в виде года-аналога утвержденного на август месяц и пролонгированного на первую декаду сентября.

В таблице 5 представлена диагностическая оценка обеспеченности расчетов ожидаемой урожайности картофеля по зависимому ряду лет, выполненных по методическим прогностическим схемам "N1", "N2" и "N3" в сравнении с инерционным и климатологическим.

Допустимое отклонение расчетной величины урожайности картофеля от фактической, оцениваемое за 1971-2002 годы по показателю  $0.67 \sigma_y$ , равно по Томской области 14,0 ц/га. Тренд временного ряда урожайности за рассматриваемый период лет не значим.

Диагностическая оценка по методическому прогнозу "N3" проводилась по данным за 6 лет, так как информацию об утвержденных годах-аналогах по долгосрочным прогнозам на август удалось восстановить только с 1997 года.

Удовлетворительная обеспеченность расчетов получена по методическим прогнозам N1, N3 и климатологическому. Оправдываемость методов по этим прогнозам соответственно 52, 67 и 53 %, при обеспеченности расчетов с относительной ошибкой не превышающей 20 % - от 84 % до 100 %.

Авторская оценка успешности методов прогноза урожайности картофеля на независимых данных за 2003-2007 годы выполнена согласно "Методическим указаниям по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических прогнозов (РД.52.27.284-91)[12].

Таблица 5 - Диагностическая оценка методических прогнозов в сравнении с инерционным и климатологическим

Метод	Число лет	Критерий оценки			
		Коэффициент корреляции r		< 0.67 $\sigma_y$ , =	P < 20%, =
		r	r знач.	%	%
N 1	31	0,401	0,355	52	84
N 2	31	0,579	0,355	50	67
N 3	6	-	-	67	100
Инерционный	31	0,126	0,355	42	58
Климатологич.	32	-	-	53	84

Таблица 6 - Сравнительная оценка качества методов прогноза средней областной урожайности картофеля всех категорий хозяйств по независимым данным

Год	Факт. урожай (Уф) ц/га	Тип прогноза								
		Методический N1			Методический N2			Методический N3		
		прогн. урожай (Уп), ц/га	абс. ошиб (ΔУ) ц/га	относ. ошибка (Pi), %	прогн. урожай (Уп), ц/га	абс. Ошиб (ΔУ) ц/га	относ. ошибка (Pi), %	прогн. урожай (Уп), ц/га	абс. Ошиб (ΔУ) ц/га	относ. ошибка (Pi), %
2003	162	145	-17	10	145	-17	10	138	24	15
2004	163	125	-38	23	130	-33	20	158	- 5 +	3
2005	142	115	-27	19	116	-26	18	120	- 22	15
2006	159	152	- 7+	4	153	- 6+	- 4	155	- 4 +	2
2007	154	158	4+	2	166	12+	8	165	11 +	7

Год	Факт. урожай (Уф) ц/га	Тип прогноза					
		Инерционный			Климатологический		
		прогн. урожай (Уп), ц/га	абс. Ошиб (ΔУ) ц/га	относ. ошибка (Pi), %	прогн. урожай (Уп), ц/га	абс. Ошиб (ΔУ) ц/га	относ. ошибка (Pi), %
2003	162	94	-68	42	120	- 42	26
2004	163	162	- 1+	1	120	- 43	26
2005	142	163	21	15	120	-2 2	15
2006	159	142	- 17	11	120	-39	24
2007	154	159	5+	3	120	-34	22

Сравнительная оценка испытываемых методов проводилась с инерционным и климатологическим прогнозами. Допустимое отклонение согласно [12] рассчитано за 15-летний период, включая первый испытываемый год, т.е. за 1989 – 2003 годы по критерию  $0,67 \sigma_y$ , где  $\sigma_y$  - среднеквадратическое отклонение величин урожайности за расчетный период. Получена величина допустимого отклонения, равная 15 ц/га.

Результаты авторской проверки методических прогнозов средней урожайности картофеля за отдельные годы в сравнении с инерционными и климатологическими прогнозами на независимых данных за 2003-2007 годы представлены в таблице 6.

Согласно результатам анализа абсолютных ошибок методических, инерционного и климатологического прогнозов (таблица 6) рассчитаны оценки оправдываемости методов прогноза средней урожайности картофеля (таблица 7).

По этому показателю для Томской области наиболее успешным оказался методический прогноз "N3" с оправдываемостью 60 % при средней относительной ошибке 4 %, далее по степени убывания характеристик оправдываемости - инерционный и методические прогнозы "N1" и "N2" с соответствующими показателями 40 % и 2 %, 40 % и 3 %, 40 % и 6 %.

В таблице 8 дана сравнительная оценка оправдываемости методических прогнозов средней урожайности картофеля по Томской области с инерционным и климатологическим за независимый ряд лет. Согласно таблице 8 при средней оправдываемости лучшего из методических прогнозов "N3" равной 92 % он опережает по этому показателю инерционный на 7 % и методические "N1" и "N2" на 4 %.

В разрезе отдельных лет оправдываемость прогнозов по "N3" в отличие от рассматриваемых остальных вариантов не опускалась ниже 85 %.

В подтверждение этого на рисунке 4 представлено сравнение величин прогнозируемой урожайности, рассчитанной по разным сценариям

Рисунок 4- Сравнение прогнозируемой урожайности, рассчитанной по сценариям метеорологических условий "прошлый год" ( $Y_{pg}$ ) и "год-аналог" ( $Y_{dpp}$ ) с фактической ( $Y_f$ ).

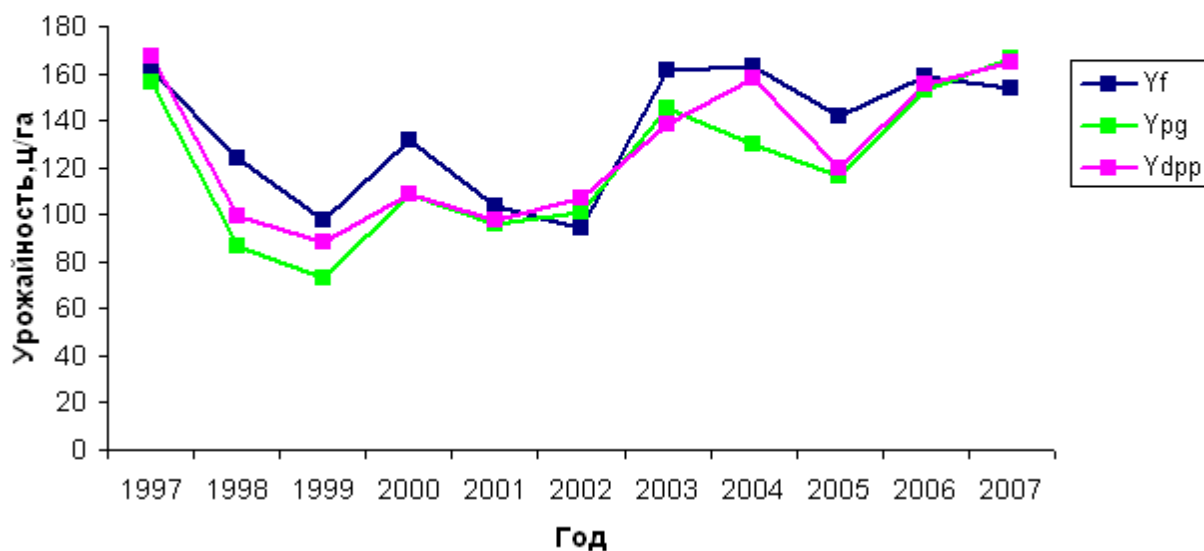


Таблица 7 - Оценка оправдываемости методов прогноза средней урожайности картофеля всех категорий хозяйств по независимым данным

Тип прогноза	Оправдываемость, %	Ошибка, %
Методический N1	40	3
Методический N2	40	6
Методический N3	60	4
Инерционный	40	2
Климатологический	0	0

Таблица 8 - Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов средней урожайности картофеля всех категорий хозяйств по независимым данным

Метод	Оправдываемость прогнозов, %					
	Средняя за 2003-2007 гг.	2003	2004	2005	2006	2007
Методический N1	88	90	77	81	96	98
Методический N2	88	90	80	82	96	92
Методический N3	92	85	97	85	98	93
Инерционный	85	58	99	85	89	97
Климатологический	77	74	74	85	76	78

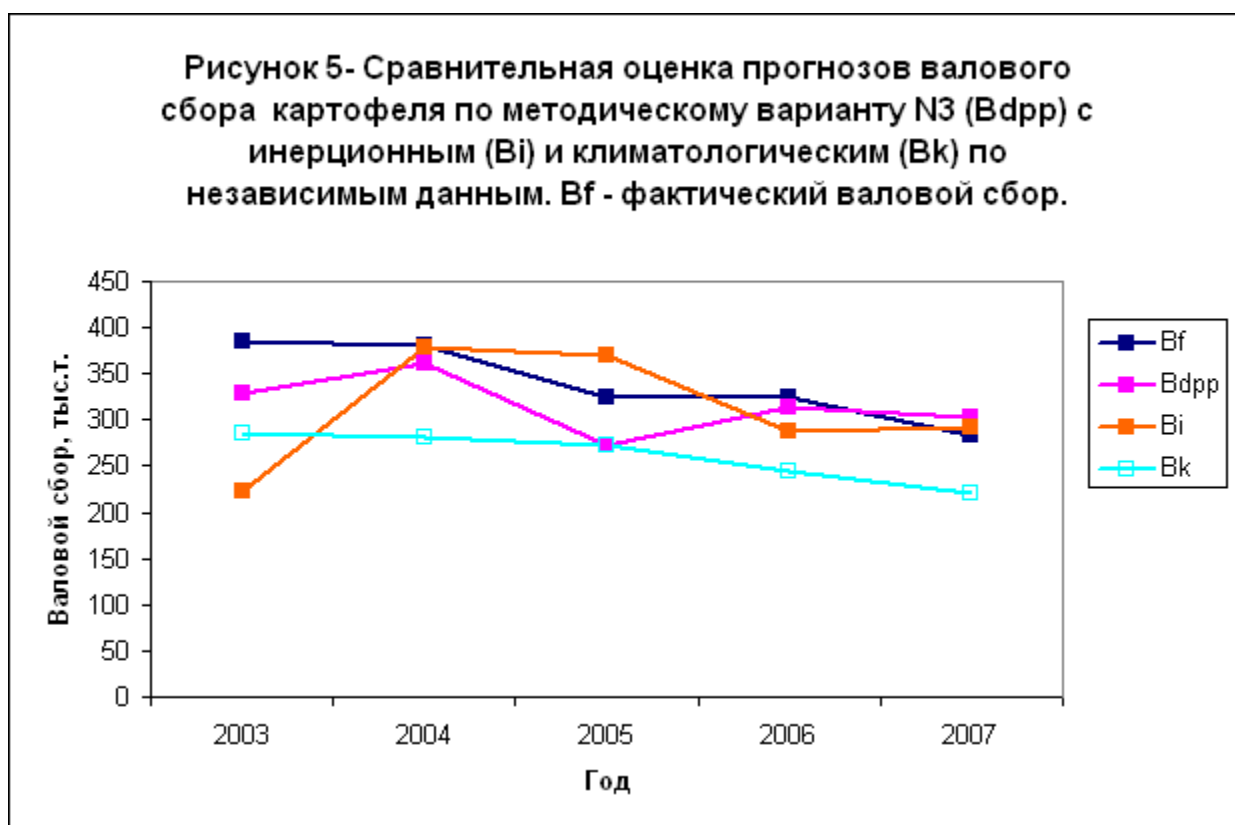
Таблица 9 - Сравнительная оценка качества прогнозов валового сбора клубней картофеля всех категорий хозяйств по независимым данным

	Факт. валов. сбор (Вф) тыс.т.	Тип прогноза								
		Методический N2			Методический N3			Инерционный		
		прогн. урожай. (Вп), тыс.т.	абс. ошиб (ΔУ) тыс.т.	относ. ошибка (Pi), %	прогн. урожай. (Вп), тыс.т.	абс. ошиб (ΔУ) тыс.т.	Отн. ошибка (Pi), %	прогн. урожай. (Вп), тыс.т.	абс. ошибка (ΔУ) тыс.т.	Отн. ошибка (Pi), %
2003	385,1	345,1	-40,0	10	328,4	-56,7	15	223,7	-161,4	42
2004	381,5	304,2	-77,7	20	369,7	-11,8+	3	379,1	- 2,4+	1
2005	323,5	263,3	-60,2	19	272,4	-51,1	16	370,0	46,5	14
2006	323,6	310,6	-13,0+	4	314,6	- 9,0 +	3	288,3	- 35,3+	11
2007	283,2	305,4	-22,2+	8	303,6	-20,4 +	7	292,6	- 9,4+	3

метеорологических условий до конца вегетационного периода с фактической урожайностью за 1997-2007 годы (2003-2007 годы – по независимым данным).

Валовой сбор культуры рассчитан как произведение средней урожайности на посевную площадь в конкретном году. В таблице 9 представлены результаты оценки прогнозов валового сбора клубней по независимым годам с использованием наиболее успешных из рассмотренных методов прогноза урожайности. Допустимое отклонение - 38,8 тыс.т.

Оценки оправдываемости идентичны оценкам методов прогноза урожайности (таблица 6) с разницей не более 1 % за счет округления. Сравнительная оценка прогнозов валового сбора картофеля по методическому варианту N3 с инерционным и климатологическим по независимому ряду лет подтверждает преимущество методического прогноза (рисунок 5).





#### 4 Методика выполнения расчетов

Типовой рабочий набор данных для расчетов на модели представлен в Приложении Б.

Для выполнения расчетов оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая и ожидаемой средней урожайности и валового сбора картофеля по выбранному варианту методического прогноза созданы:

1) Пакет программ для персонального компьютера на языке Фортран (Приложения В, Г, Д, Ж в электронном виде), помещенных в директории “Kartof\_t” и состоящий из:

- программы усвоения ежедневных и декадных данных из электронной версии таблицы ТСХ-1 рабочими наборами данных KAR.DAT, KARO.DAT и KARVAL.DAT (загрузочные модули “pusk.bat” и “kart.exe”;

- программы расчета оценки сложившихся условий формирования урожая картофеля, относительно аналогичного периода прошлого года (загрузочный модуль PROKARO.EXE);

- программы расчета ожидаемых средних по области величин урожайности и валового сбора картофеля (загрузочный модуль PROKVAL.EXE);

- инструкции по корректировке данных и эксплуатации технологической линии (Приложение Е).

2) Каталоги фрагментов метеорологических блоков рабочих наборов данных за 1971-2007 гг., содержащие ежегодные среднесуточные метеорологические данные опорных станций за 01.08 - 10.09 (Приложение Е в электронном виде).

#### 4.1 Методика расчета оценки сложившихся условий формирования урожая относительно условий аналогичного периода прошлого года

##### 4.1.1 Формирование рабочего набора данных

На начало расчетов рабочий набор данных KAR.DAT в исходном состоянии представляет собой набор фактических данных за весь период

вегетации предшествующего года (см. Приложение Б). Для первого года испытаний этот набор данных предоставляется автором.

#### 4.1.2 Технология выполнения расчетов

1) Для начала расчетов оценок необходимо до 21 июня текущего сезона запустить программу расчета урожайности PROKVAL.EXE с обращением к набору данных KARVAL.DAT в исходном состоянии, т.е. состоящим полностью из фактических данных за прошлый год. Результат расчета - средняя урожайность, рассчитанная по фактическим данным прошлого года, появится на экране монитора.

Эта величина будет использоваться при расчете оценок до конца текущего сезона. Пункт (1) выполняется 1 раз в сезон.

2) Расчет оценки сложившихся условий формирования урожая картофеля производится на конец каждой декады вегетации, начиная с третьей декады июня до первой декады сентября.

3) В наборе данных KARO.DAT после 16-ой строки делается вставка строки, в которую в формате F4.1 заносится число, полученное после выполнения пункта (1) - средняя урожайность, рассчитанная по фактическим данным прошлого года.

4) запускается программа расчета оценки PROKARO.EXE. Результат расчета появится на экране монитора в виде:

#### 4.1.3 Пример расчета оценки

Рассчитывается оценка сложившихся условий формирования урожая картофеля в Томской области на 31 июля 2005 года.

1) К этому моменту должна быть рассчитана урожайность по фактическим данным за весь вегетационный период прошлого (2004) года (равна 143 ц/га).

2) Формируем набор данных KARO.DAT, - 17-ой строкой с первой позиции набираем цифру 143.0.

3) Запускаем программу PROKARO.EXE с обращением к набору данных KARO.DAT (т.е., нажимаем на ярлычок “расчет оценки”). На экране появилась искомая оценка - 80,3 %.

\*\*\*\*\*

**Оценка комплекса сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая картофеля в сравнении с прошлым годом - 80,3%.**

\*\*\*\*\*

4.2 Методика составления прогнозов средней урожайности и валового сбора клубней картофеля всех категорий хозяйств

#### 4.2.1 Формирование рабочих наборов данных

Предложенный для испытания методический прогноз средней областной урожайности и валового сбора картофеля использует в качестве сценария ожидаемых метеорологических условий долгосрочный прогноз погоды в виде года-аналога, утвержденного на август. В наборе данных информация по году-аналогу заносится по первую декаду сентября, включительно.

Для расчета ожидаемой урожайности и валового сбора картофеля так же используется набор данных, формируемый автоматически путем подекадной замены данных прошлого года на фактические текущего (KARVAL.DAT) от 21 июня до 31 июля, включительно, т.е. до даты составления прогноза урожайности. Далее в набор данных на место прошлогодней информации по каждой станции автоматически вклеиваются фрагменты рабочего набора данных из каталога ТОМКАР (Приложение Е), в соответствии принятому по долгосрочному прогнозу погоды году-аналогу синоптической ситуации на август.

#### 4.2.2 Технология выполнения расчетов

1) Прогноз урожайности и валового сбора картофеля рассчитывается после корректировки данных и расчета оценки сложившихся на 31 июля агрометеорологических условий формирования урожая.

2) Для расчета ожидаемой средней урожайности и валового сбора картофеля в наборе KARVAL.DAT автоматически стирается информация за прошлый год по каждой станции. Из каталога ТОМКАР (Приложение Е) автоматически выбираются и вклеиваются фрагменты, соответствующие году-аналогу по долгосрочному прогнозу погоды на август.

После этого по команде с экрана запускается счет по программе расчета урожайности и валового сбора картофеля PROKVAL.EXE (нажатием ярлычка “расчет прогноза”).

Результат выведен на экран монитора.

#### 4.2.3 Пример составления прогноза

Прогноз средней урожайности и валового сбора картофеля по Томской области в 2005 году рассчитывается по типу методического прогноза ("N3").

После автоматической корректировки данных и расчета оценки условий формирования урожая за третью декаду июля 2005 года вводится величина посевной площади, занятой под картофелем в текущем году и с экрана нажатием ярлычка “расчет прогноза” запускается программа замены прошлогодних данных на данные года-аналога на август (1994г.) и расчета ожидаемой урожайности и валового сбора картофеля PROKVAL.EXE. Результат выведен на экран монитора:

\*\*\*\*\*

**Ожидаемая средняя областная урожайность картофеля - 120,0 ц/га.**

**Ожидаемый валовой сбор картофеля по области - 272,4 тыс. т.**

\*\*\*\*\*

#### Заключение

Получены удовлетворительные результаты адаптации динамико-статистической модели продукционного процесса картофеля для расчета средней урожайности и валового сбора картофеля по территории Томской области. Оценки согласования рассчитанных на модели и фактических характеристик продуктивности культуры и влажности почвы позволили апробировать ее на возможность использования в качестве средства

агрометеорологического обеспечения производства картофеля на рассматриваемой территории.

Принимая во внимание относительную простоту технологии расчетов, для оперативных испытаний можно предложить расчет количественной оценки комплекса сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая картофеля на конец каждой декады вегетационного периода, относительно условий прошлого года и методический прогноз урожайности и валового сбора картофеля по всем категориям хозяйств по варианту "N3" (с учетом долгосрочного прогноза погоды в виде блоков метеорологических данных прогнозируемого года-аналога и определенных поправок на условия уборки).

Для выполнения расчетов предлагается использовать разработанную технологическую линию, включающую пакет программ для персонального компьютера и материалы информационного обеспечения: программу автоматизированного сбора информации из электронной версии таблиц ТСХ-1 (приложение В) по опорным станциям (приложение А), программу расчета оценки сложившихся условий формирования урожая относительно условий прошлого года (приложение Г), программу расчета прогноза урожайности и валового сбора картофеля на основе долгосрочного прогноза погоды (приложение Д), каталог фрагментов метеорологических блоков рабочих наборов данных за 1971-2007 годы, содержащие ежегодные среднесуточные метеорологические данные опорных станций за 01.08 - 10.09 (Приложение Е в электронном виде) и инструкцию по эксплуатации программного комплекса (приложение Ж).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Сиротенко О.Д. Просвиркина А.Г. Метод количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая ярового ячменя (для Нечерноземной зоны Европейской территории СССР). Методическое пособие.-М.:Гидрометеиздат,1979.-32с.

[2] Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем.-Л.:Гидрометеиздат,1981. -167с.

[3] Сиротенко О.Д., Абашина Е.В. Об использовании динамических моделей для оценки агрометеорологических условий формирования урожая//Метеорология и гидрология.-1982.-№8.-С.95-101.

[4] Сиротенко О.Д., Павлова В.Н. Об использовании динамических моделей для оценки влияния возможных изменений и колебаний климата на урожайность сельскохозяйственных культур//Труды ВНИИСХМ.-1985.- Вып.10.-С.81-90.

[5] Сиротенко О.Д., Абашина Е.В., Павлова В.Н. Динамическая модель ПОГОДА-УРОЖАЙ для яровых зерновых культур и ее использование при оценке агрометеорологических условий формирования урожая в аридной зоне.-Тр.ВНИИСХМ,1985,вып.10,стр. 43-61.

[6] Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур.-Л.:Гидрометеиздат,1983.-175с.

[7] Набока В.В.Идентификация параметров модели ПОГОДА-УРОЖАЙ для культуры картофеля в условиях Западной Сибири.-Труды ЗапСибНИИ Госкомгидромета,1983,вып.58,с.44-54.

[8 ] Разработка методики оценки агрометеорологических условий формирования урожая ячменя и картофеля для территории Западной Сибири: Отчет ЗапСиб НИИ Госкомгидромета; НГР 79045277 Новосибирск,1981.-125с.

[9] Набока В.В.Методические указания по расчету оценок сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая ячменя и картофеля в Новосибирской области.- Новосибирск; 1988.-30 с.

[10] Сепп Ю.В., Тооминг Х.Г. Динамическая модель продукционного процесса картофеля и ее применение для решения некоторых агрометеорологических задач.-М.:Гидрометеиздат,1987.-44с.

[11] Агрометеорологический ежегодник.вып.20, за 1971-2006 гг. Новосибирск 1972-2007гг.

[12] Методические указания по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. РД 52.27.284-91.-М.:Гидрометеиздат,1991.-С.98-107.

## Приложение А

### Опорная сеть станций

1. Парабель
2. Подгорное
3. Молчаново
4. Бакчар
5. Первомайское
6. Томск
7. Кожевниково

## Приложение Б

### ТИПОВОЙ НАБОР ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА ОЦЕНКИ СЛОЖИВШИХСЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ КАРТОФЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ\*

00		К
00		о
00		н
.0000E+00 .5000E+00 .0000E+00 .8500E+00 .5000E+00		с
7.0000E+00 .0000E+00 8.0000E+02 .3000E+00 .1500E+00		т
.8000E-01 22.0000E+01 .0000E+00 .0000E+00 27.0000E+00		а
.1500E+00 27.0000E+00 .3300E+00 .3000E+00 3.0000E+00		н
.6700E+00 .5400E-03 .6300E+00 10.0000E+00 19.7500E+00		т
1.9200E+00 1.0000E+00 .1500E+00 3.5000E+00 20.0190E+00		ы
.0000E+00 1.4980E+00 .4000E+00 .7450E+00 .3000E+00		
.3000E+00 .3000E+00 1.0000E+00 .1850E+00 .7100E-04		м
1.0000E+00 .0000E+00 1.0560E+00 .3100E+00 9.0000E+01		о
.610 .470 1.000 .370 .060 .570 150.000 .000500.000 1.000		д
1.000 1.000 .029 .000 .000596.000 .000 .000 .046 .028		е
.051 .988 .831 .499672.000676.000800.000 .130 .116 .000		л
490.0 .010 .010 .010 .010		и
051	- Номер шага модели на дату прогноза.	
.54 .23 .84 .00	- Исходные биомассы отдельных органов.	
0009	- Среднее число декад вегетации.	
82.0 54.9	- Число дней 21.03-всх., геогр.широта.	**
10153107103179156138154182199214	2 - Ч.дн.в дек.(2поз),Твзд.ср.сут.(10x3)	
10060020030100040020140160160130	дек.- -- " -- , Число ч солн. сиян	
10000010000000100150	VI --- " -- , Сумма осадков за сутки	
10060020030070040030050090110020	- -- " -- , Дефф. вл. возд. ср.сут	
10208192201215218193194184162186		
10100090160140150160150160160160		



10030040	3 дек. VI	
10070070100110080130120090100120		
10215235250174194156131154180196		
10160150130120130050060120130120	1 дек. VII	ФАКТИЧЕСКИЕ
10 040010020020		
10130160160060120050040070100110		ДАННЫЕ
10181176191226245204188189223192		
10110120140140120003006006110006	2 дек. VII	ТЕКУЩЕГО
10 040010020020		
10130160160060120050040070100110		ГОДА
11202231213190208223204219243224187		
11120100020140150150130140130040090	3 дек. VII	
11010000010090 010010		
11080130060060090110090110050090060	-----	
10175179181167168152170175188183		
10100040060010030000140090060070	1 дек. VIII	
10010010060380080010010 010090		
10060040040020030010060060040030		ДАННЫЕ
10146126141145168145174194146130		
10060010110130140090010040100100	2 дек. VIII	ПРОШЛОГО
10080070010 030110000140		
10020020040060050050060070050020		ГОДА
11133143155132130143148177155172121		
11060020010130110130080090050110000	3 дек. VIII	
11010020 010000190		
11030030050050040050040060050070020		
10099066071107137141141128153147		
10020030090090030040120110120110	1 дек. IX	
10010040 010		
10030020030040040040050050050050		

17.00 38.00 62.00 - Исх. влагозап. по слоям: 0-10см, 0-20см, 0-50см.(Идек. июня).

64.0062.0058.0053.0051.0050.0052.0051.0051.0051.0051.00	- Полн. влагоемк.	легкие почвы
08.0008.0009.0011.0011.0010.0009.0009.0008.0007.0007.00	- Влажн. завяд.	
33.0032.0030.0032.0030.0029.0027.0027.0025.0025.0025.00	- Наименьш. полев.	

17.00 38.00 62.00 - Исх. влагозап.(см. выше). (Идек. июня).

70.0071.0065.0060.0057.0054.0049.0050.0050.0053.0053.00	- Полн. влагоемк.	тяжелые почвы
07.0008.0011.0010.0012.0013.0014.0013.0013.0011.0011.00	- Влажн завяд.	
34.0032.0026.0024.0024.0026.0029.0030.0028.0028.0028.00	- Наименьш. полев.	

051 (\*\*\*) НАЧАЛО ИНФОРМАЦИИ ПО СЛЕДУЮЩЕЙ СТАНЦИИ ).

.....

.....

.....

END

ПРИМЕЧАНИЯ:

- \* - По состоянию на стандартный срок составления прогноза (1 августа).
- \*\* - Нумерация колонок начинается с индекса станции.
- \*\*\* - Очередность ввода информации по станциям:
  - Константы модели.
  - Константы по станции.
  - Переменный массив данных по одной станции.

### Приложение В

Программа автоматизированной выборки данных суточного и декадного разрешения из электронной версии таблиц ТСХ-1 по опорным станциям Томской области (в электронном виде для персонального компьютера)

### Приложение Г

Программа расчета оценки комплекса сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая картофеля на территории Томской области относительно условий аналогичного периода прошлого года (в электронном виде для персонального компьютера)

### Приложение Д

Программа расчета ожидаемой средней областной урожайности и валового сбора картофеля по территории Томской области (в электронном виде для персонального компьютера)

### Приложение Е

Каталоги фрагментов метеорологических блоков для наборов данных по расчету прогноза средней урожайности и валового сбора картофеля на основе долгосрочного прогноза погоды (в электронном виде для персонального компьютера)

Приложение Ж  
Инструкция по работе с программным комплексом

Инструкция по эксплуатации программы

**"Расчета количественной оценки условий формирования урожая и прогноза урожайности картофеля по Томской области "**

Программа предназначена:

- 1) для автоматизации процесса занесения в наборы данных kat.dat, karo.dat, karval.dat. Выборка среднесуточной температуры (°C), продолжительности солнечного сияния (час), суммы осадков (мм), среднего дефицита (Гпа), запасов продуктивной влаги в мм в слое почвы: 0-10 см., 0-20 см., 0-50 см. производится из электронных таблиц ТСХ-1 на 7-ми станциях Томской области;
- 2) для расчета оценки и прогноза.

Список станций:

1.	Парабель	29128
2.	Подгорное	29237
3.	Молчаново	29332
4.	Бакчар	29328
5.	Первомайское	29348
6.	Томск	29430
7.	Кожевниково	29532

Технология автоматизированной подготовки агрометеорологической таблицы ТСХ-1 позволяет в соответствии с требованиями "Наставления гидрометеорологическим станциям и постам вып. 11, ч.1, 2000г." в сетевых наблюдательных организациях Западно-Сибирского УГМС, привлеченных к производству агрометеорологических наблюдений и оснащенных компьютерами и "АРМ наблюдателя ГМС", заносить метеорологические и агрометеорологические данные наблюдений в электронную форму ТСХ-1.

Передача электронной таблицы ТСХ-1 в отдел агрометеорологии Томского ЦГМС осуществляется ежедекадно по компьютерной "Системе сбора оперативной гидрометеорологической информации с наблюдательной сети на базе открытых информационных сетей" через Интернет, действующей в Западно-Сибирском УГМС. Компьютерные таблицы ТСХ-1 используются для последующей выборки данных.

Программа поставляется в виде файла Kartof\_t.exe.

**1. Установка программы:**

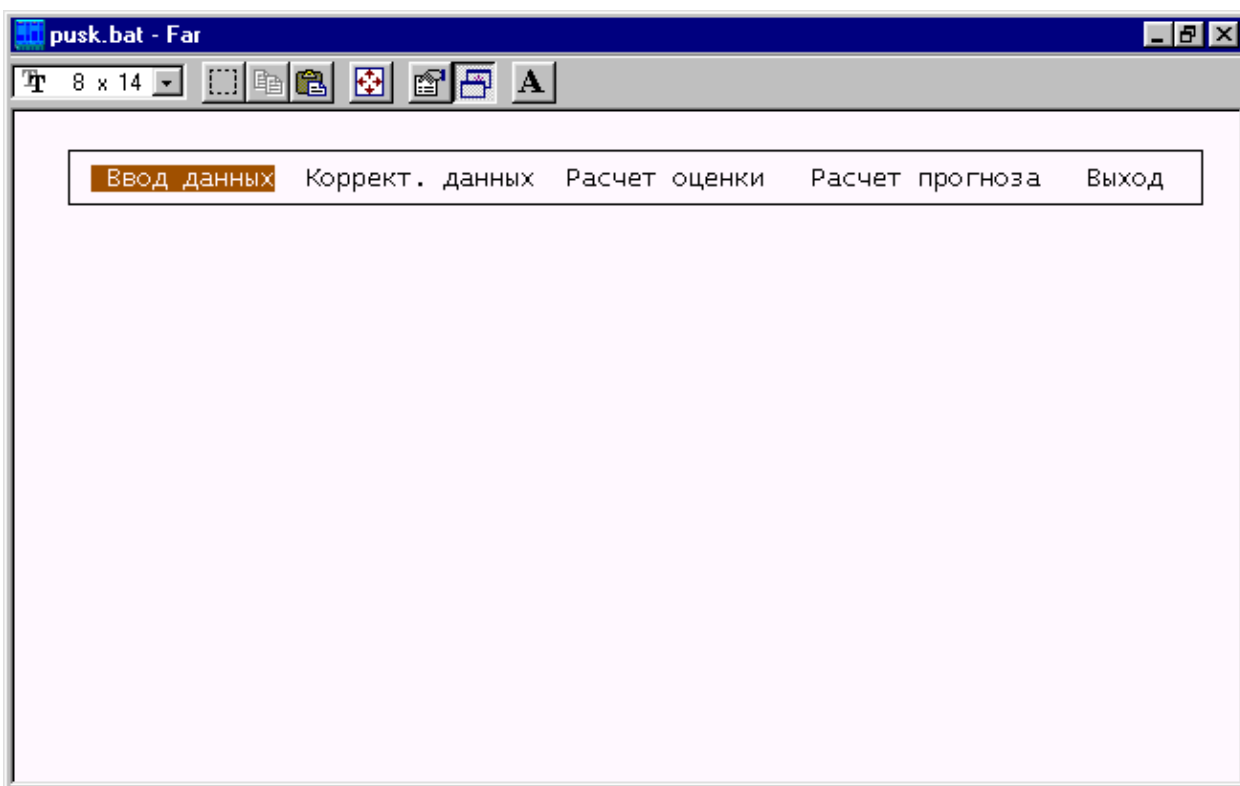
1. Скопируйте файл kartof\_t.exe на нужный диск.
2. Запустите kartof\_t.exe. На диске будет создан директорий Kartof\_t.
3. В файле Kartof\_t\conf.car в первой строчке нужно прописать путь, где находится Тсх-1: **tcx-1= C:\tcx-1\**. Программу лучше установить на тот компьютер, на котором работает программа ТСХ-1 или **обязательно**, чтобы компьютер с ТСХ-1 был доступен в сети. Далее идет список станций, на которых происходит расчет оценок и урожайности картофеля, индексы. Если на конкретной станции не ведется наблюдение "продолжительности солнечного сияния", но в колонку " \* Замещ.сияния" (с 42 колонки экрана) поставить номер станции, на которой наблюдается число часов солнечного сияния. В данном Config.car на всех станциях используется число часов солнечного сияния на станции № 4 ( Бакчар ).

**2. Запуск программы.**

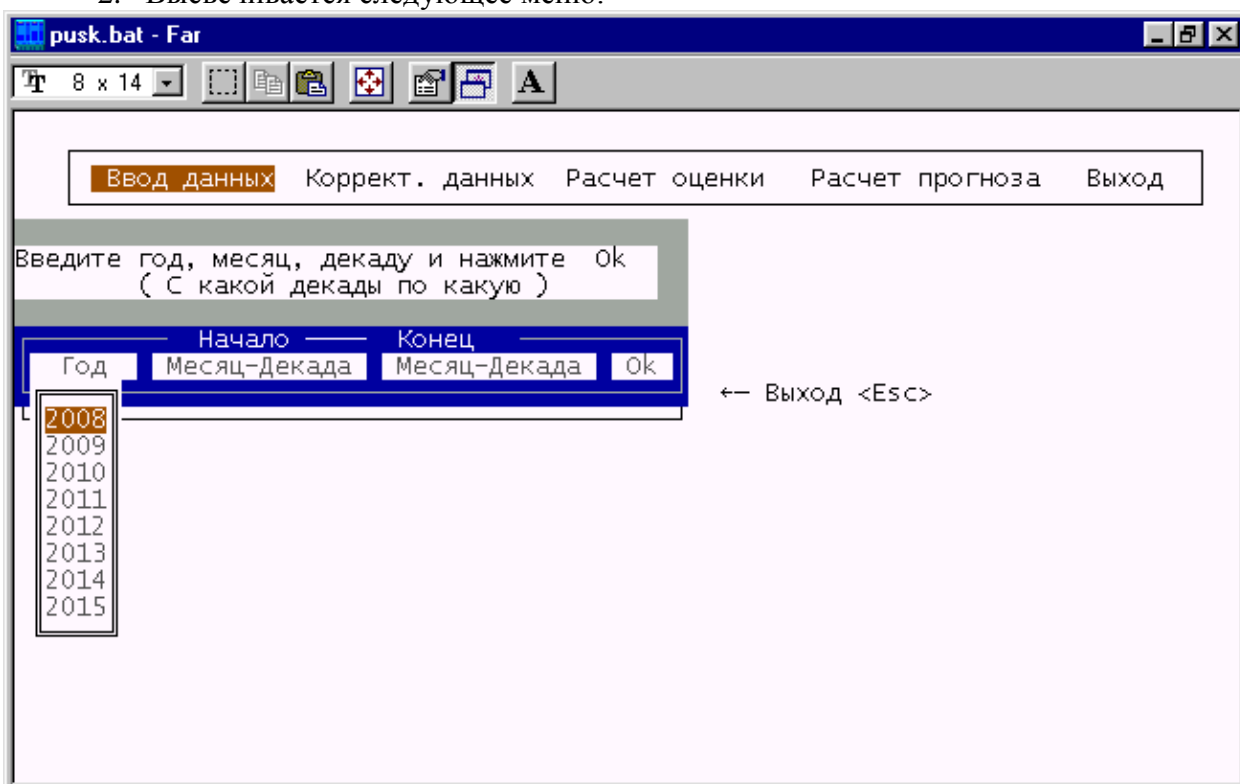
1. Выведите ярлык `pusk.bat` на экран и запустите с ярлыка или `pusk.bat` из каталога `Kartof_t`.

### 3. Инструкция по работе программы.

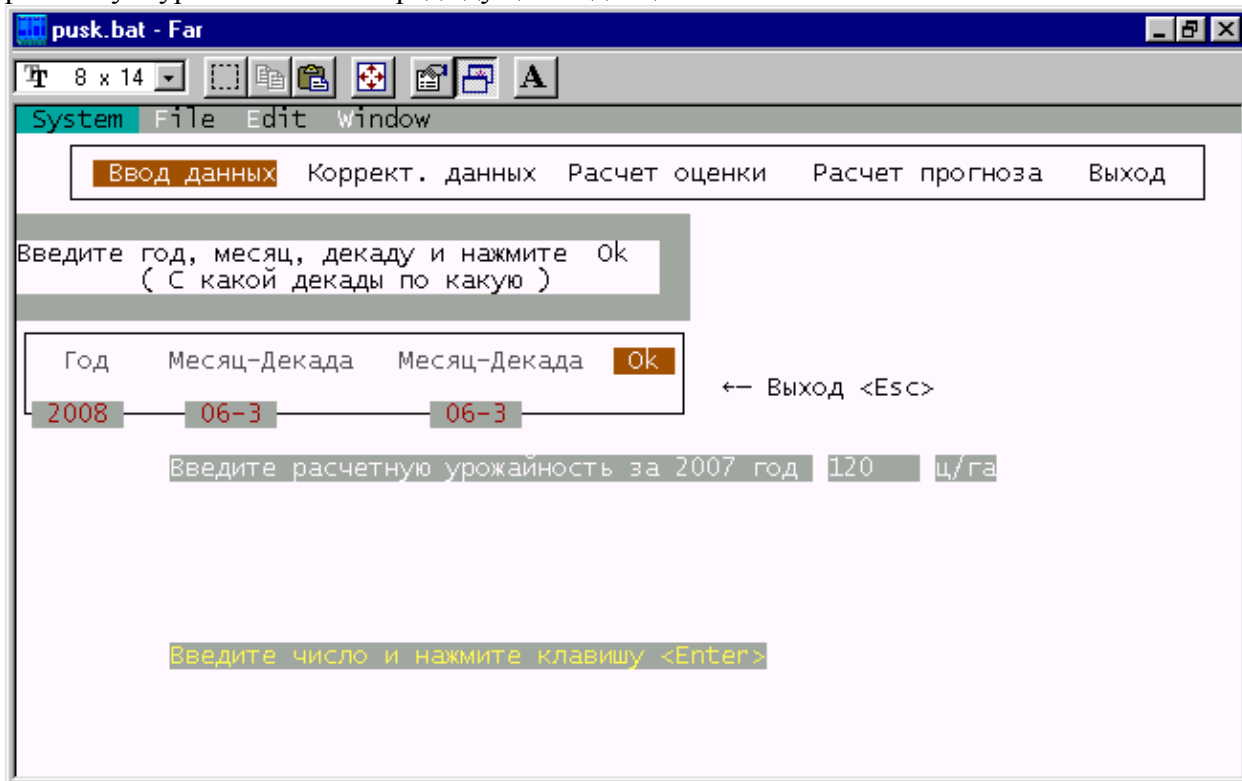
1. При запуске программы на экране высвечивается следующее меню:



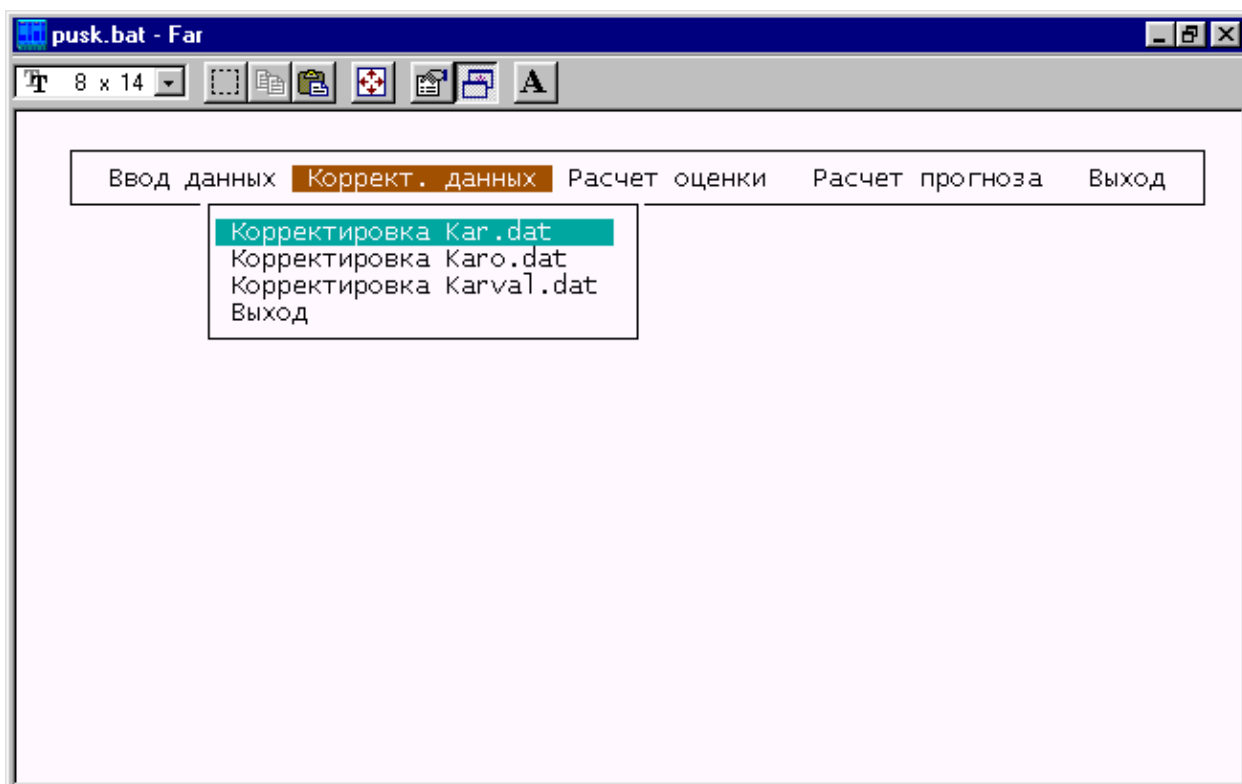
1. Для ввода данных подведите курсор к пункту меню <Ввод данных> и щелкните мышкой или нажмите клавишу <Enter>.
2. Высвечивается следующее меню:



3. Используя подсказки на экране, введите год, начальный месяц и декаду и конечный месяц и декаду обработки и нажмите на **Ok** .  
 Произойдет выборка данных из таблиц Тсх-1 и заполнение наборов Kar.dat, Karo.dat, Karval.dat. При обработке 3-ей декады 06 месяца требуется ввести расчетную урожайность за предыдущий год в ц /га.



После ввода данных нужно войти во 2-й пункт меню и просмотреть наборы Kar.dat, Karo.dat, Karval.dat.



Если **отсутствуют** некоторые данные (не поступление или ошибки в таблицах Тсх-1), надо отредактировать или **ввести** данные в соответствующие позиции при нажатой клавише **<Insert>**. В наборах есть некоторые подписи - подсказки для данных, например, набор Karo.dat:

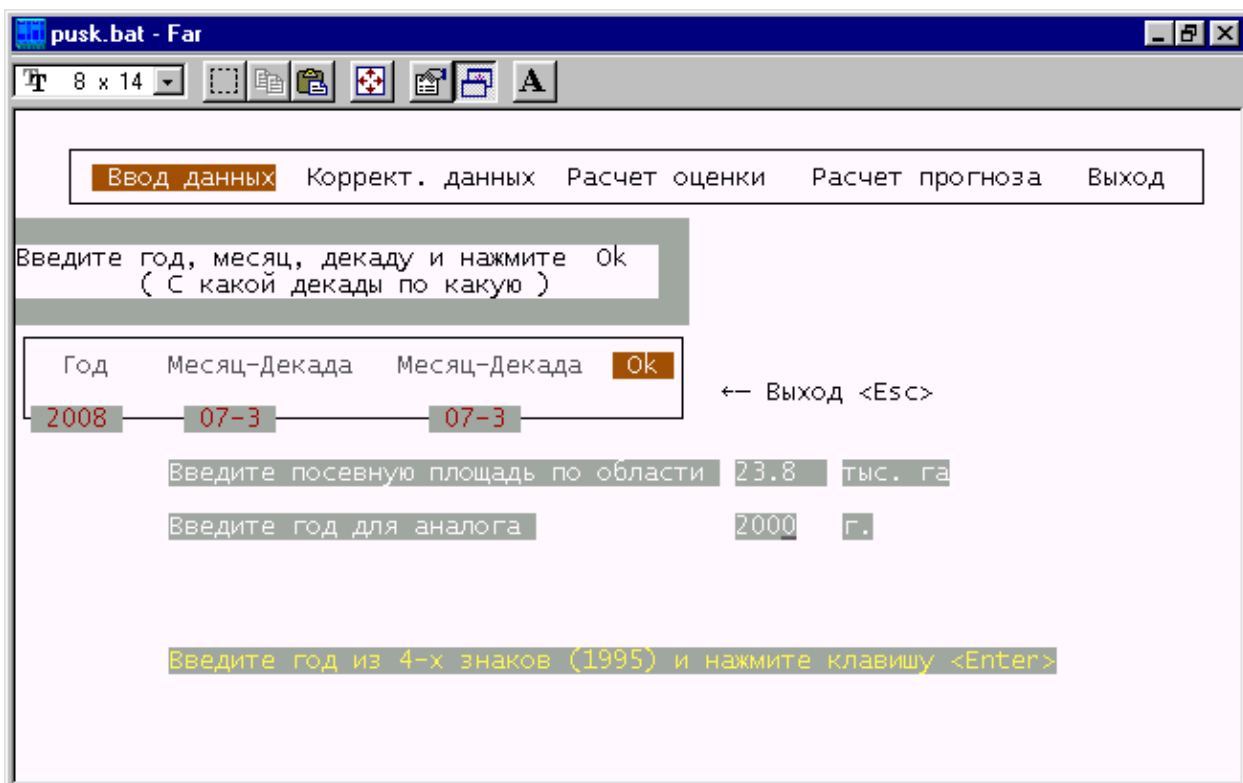
**120.4** ← расчетная урожайность за 2007 г. (за предыдущий год)  
**7** ← количество станций

041 Парабель 01 1  
 .24 .10 .33 .00

0008  
 92.0 58.7  
 10187200130116119144156180174159  
 10089105104134030056079091060086  
 10 033000 327225214231  
 10083062030060046079021032021031  
 10120136165153150159192172171175  
 10075148089108130056119091080041  
 10000000004020000003000145009000

<b>Расчетный год</b>	<b>Дата счёта (бмес, 3дек)</b>	<b>считали.....</b>
↓	↓	
2008	Тем 06/3 15.1.09	15.01.2009г
2008	Сия 06/3 15.1.09	
2008	Ос 06/3 15.1.09	
2008	Деф 06/3 15.1.09	
↑		
<b>метеозлемент</b>		

4. При счёте в 3-ю декаду 07 месяца надо ввести посевную площадь по области в тыс. га и год для выборки аналога.



5. В зависимости от вводимой декады входите в пункт меню "Расчет оценки" или "Расчет прогноза".

6. Результаты выводятся на экран и в файлы Ozenka.dat (оценка) и Valsbor.dat (прогноз урожайности и валового сбора).

Образ экрана при расчете **оценки**:

```

pusk.bat - Far
8 x 14
21.4 22.8 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6
32.4 33.8 36.6 34.6 32.6 32.6 31.6 32.6 32.6 32.6 32.6
55.0 54.0 50.0 52.0 52.0 50.0 51.0 51.0 54.0 50.0 50.0
11.0 11.0 14.0 12.0 10.0 10.0 9.0 10.0 10.0 10.0 10.0
35.0 34.0 34.0 30.0 28.0 29.0 30.0 30.0 27.0 27.0 27.0
16.5 19.1 26.3 30.7 31.7 31.4 31.8 32.3 34.1 32.1 32.6 15.3 12.9 14.0 15.0
464.90 2.32 3.06 .30 77.60 1.61 3.17
w20= 13.6
w50= 66.3
73 126.3
21.4 22.8 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6
32.4 33.8 36.6 34.6 32.6 32.6 31.6 32.6 32.6 32.6 32.6
55.0 54.0 50.0 52.0 52.0 50.0 51.0 51.0 54.0 50.0 50.0
11.0 11.0 14.0 12.0 10.0 10.0 9.0 10.0 10.0 10.0 10.0
35.0 34.0 34.0 30.0 28.0 29.0 30.0 30.0 27.0 27.0 27.0
16.5 19.1 26.3 30.7 31.7 31.4 31.8 32.3 34.1 32.1 32.6 15.3 12.9 14.0 15.0
464.90 2.32 3.06 .30 77.60 1.61 3.17
w20= 13.6
w50= 66.3
73 126.3
*****
ОЦЕНКА КОМПЛЕКСА СЛОЖИВШИХСЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ
УРОЖАЯ КАРТОФЕЛЯ ПО ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ В СРАВНЕ С ПРОШЛЫМ ГОДОМ - 92.6 %
*****
Для продолжения нажмите любую клавишу или щелкните левой клавишей мыши
  
```

Образ экрана при расчете **прогноза**:

```

pusk.bat - Far
8 x 14
21.4 22.8 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6
32.4 33.8 36.6 34.6 32.6 32.6 31.6 32.6 32.6 32.6 32.6
55.0 54.0 50.0 52.0 52.0 50.0 51.0 51.0 54.0 50.0 50.0
11.0 11.0 14.0 12.0 10.0 10.0 9.0 10.0 10.0 10.0 10.0
35.0 34.0 34.0 30.0 28.0 29.0 30.0 30.0 27.0 27.0 27.0
16.5 19.1 26.3 30.7 31.7 31.4 31.8 32.3 34.1 32.1 32.6 15.3 12.9 14.0 15.0
464.90 2.32 3.06 .30 77.60 1.61 3.17
w20= 13.6
w50= 66.3
76 119.6
21.4 22.8 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6 22.6
32.4 33.8 36.6 34.6 32.6 32.6 31.6 32.6 32.6 32.6 32.6
55.0 54.0 50.0 52.0 52.0 50.0 51.0 51.0 54.0 50.0 50.0
11.0 11.0 14.0 12.0 10.0 10.0 9.0 10.0 10.0 10.0 10.0
35.0 34.0 34.0 30.0 28.0 29.0 30.0 30.0 27.0 27.0 27.0
16.5 19.1 26.3 30.7 31.7 31.4 31.8 32.3 34.1 32.1 32.6 15.3 12.9 14.0 15.0
464.90 2.32 3.06 .30 77.60 1.61 3.17
w20= 13.6
w50= 66.3
76 119.6
*****
ОЖИДАЕМАЯ СРЕДНЯЯ ОБЛАСТНАЯ УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ - 113.3 ц/га.
ОЖИДАЕМЫЙ ВАЛОВЫЙ СБОР КАРТОФЕЛЯ ПО ОБЛАСТИ - 260.6 тыс.т.
*****
Для продолжения нажмите любую клавишу или щелкните левой клавишей мыши
  
```

## Содержание

Введение.....	3
1 Научные основы методов .....	5
1.1 Методические основы расчета комплексной количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая картофеля .....	7
1.2 Методические основы прогноза урожайности и валового сбора картофеля.....	9
1.3 Динамическая модель формирования урожая картофеля.....	12
1.4 Особенности формирования рабочего набора данных .....	16.
2 Адаптация модели для расчета средней урожайности картофеля по территории Томской области .....	17
3 Апробация методов.....	22
3.1 Апробация метода оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая картофеля .....	22
3.2 Апробация методов прогноза урожайности картофеля .....	24
4 Методика выполнения расчетов .....	33
4.1 Методика расчета оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая.....	33
4.1.1 Формирование рабочего набора данных .....	33
4.1.2 Технология выполнения расчетов .....	33
4.1.3 Пример расчета оценки .....	33
4.2 Методика составления прогноза средней урожайности и валового сбора картофеля всех категорий хозяйств .....	34
4.2.1 Формирование рабочего набора данных.....	34
4.2.2 Технология выполнения расчетов.....	35
4.2.3 Пример составления прогноза .....	35
Заключение.....	36
Список использованных источников.....	38
Приложение А Список опорной сети станций.....	40
Приложение Б Типовой рабочий набор данных.....	40
Приложения В-Д (электронные) Пакет программ для ПК.....	42
Приложение Е (электронное) Каталог фрагментов РНД.....	42
Приложение Ж Инструкция по работе с программным комплексом.....	43





Список исполнителей

Ответственный исполнитель  
канд. с.-х. наук

Т.В.Старостина

Исполнитель

В.В.Набока

Исполнитель

Т.М.Пахомова

Нормоконтролер

Т.П.Панькова