

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ «СИБИРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»  
(ФГБУ «СИБНИГМИ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ФГБУ «СИБНИГМИ»  
д-р физико-математ наук  
В.Н. Крупчатников  
« 12 » 2013 г.



#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Автоматизированная технология оценки условий вегетации и прогноза  
урожайности ярового ячменя по территории Томской области

по теме 1.1.7.1:

Разработка и усовершенствование методов прогнозов и технологий  
агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства

Новосибирск 2013

---

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Автоматизированная технология оценки условий вегетации и прогноза урожайности ярового ячменя 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 ярового ячменя на заданную дату вегетационного периода относительно аналогичного периода прошлого года и составления прогноза ожидаемой средней урожайности в принятые в гидрометеорологической службе стандартные сроки: 21-23 июня – предварительный прогноз, 21-23 июля - уточненный.

## ВВЕДЕНИЕ

Агрометеорологическая оценка условий формирования урожая в течение вегетационного периода и прогноз урожайности ярового ячменя – важный элемент принятия хозяйственных и административных мер по обеспечению производства зерна этой важной продовольственной культуры.

В практике оперативного агрометеорологического обеспечения сельскохозяйственного производства важно дать объективную оценку всего комплекса сложившихся и ожидаемых погодных условий на любой момент вегетационного периода, их влияния на конечный результат с целью принятия возможных мер по увеличению продуктивности посевов.

Степень достоверности оценок условий отдельных отрезков периода вегетации и успешность прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур тесно зависят от полноты и объективности учета комплекса факторов внешней среды, влияющих на продукционный процесс растений.

В настоящее время оперативная оценка условий формирования урожая сельскохозяйственных культур выполняется преимущественно в виде качественных характеристик на основе анализа агрометеорологических наблюдений по общепринятым критериям. Такая оценка существенно зависит от квалификации и опыта работы специалистов.

Для прогноза средней областной урожайности ярового ячменя по Томской области с 2005 года применяется метод Суховой В.Н. (ФГБУ ВНИИСХМ) только по первому (предварительному) сроку прогнозирования – 21-23 июня. Он базируется на динамической модели декадного разрешения. Для второго (уточненного) срока прогноза расчетных методов по Томской области на данный момент нет.

На сегодня в регионе заметно внедрение новых сортов сельскохозяйственных культур, новой техники и, кардинально отличающихся от принятых ранее, технологий обработки почвы и ухода за

растениями. Все это требует совершенствовать расчетные методы и расширять их возможности для агрометеорологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур.

С развитием новых вычислительных технологий, автоматизации сбора и обработки агрометеорологической информации, совершенствованием оснащенности территориальных Центров гидрометеорологической службы вычислительной техникой, появилась возможность совершенствовать агрометеорологическое обеспечение сельскохозяйственных культур в режиме реального времени.

Наиболее приемлемым современным аппаратом для решения таких 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.

Данная работа посвящена разработке методов количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая и прогноза средней урожайности ярового ячменя для территории Томской области на основе применения динамико-статистического подхода и созданию технологической линии информационного обеспечения их расчетов на персональном компьютере в режиме реального времени. Она ориентирована на создание автоматизированной системы расчета текущих оценок агрометеорологических условий формирования урожая и ожидаемых

величин средней по субъекту урожайности ярового ячменя с использованием данных агрометеорологических наблюдений электронной версии ТСХ-1.

## 1 Научные основы методов

В качестве базового средства расчета необходимых параметров и характеристик применен один из вариантов динамико-статистической модели продукционного процесса ярового ячменя «Погода–Урожай» с суточным разрешением [1-3].

Модель представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений [1], описывающих изменение во времени состояния 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 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 [1]. Для задания начальных условий на дату массовых всходов ярового ячменя 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 экспериментальным данным о величине биомассы отдельных органов стандартного растения на дату массовых всходов, рассчитываются начальные биомассы отдельных органов растений в ц/га;

- 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.

Таким образом, в исходном состоянии модельный посев культуры по каждой станции представлен, как посев, обладающий среднестатистическими значениями фенологических, биометрических и агрогидрологических параметров 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 метеорологических условиях.

Динамико-статистическая модель формирования урожая с суточным шагом позволяет использовать массовый объем информации о параметрах внешней среды с учетом их комплексного нелинейного влияния на продукционный процесс растений. Достигаемое при этом расширение информативности метеорологических элементов в определенной степени компенсирует недостаточную освещенность территории агрометеорологической информацией по конкретной культуре.

В СибНИГМИ динамико-статистическая модель продукционного процесса ярового ячменя «Погода–Урожай» проходила испытания и в 1988 году была адаптирована для природно-климатических условий Сибири с использованием данных стандартных агрометеорологических наблюдений и материалов специальных полевых экспериментальных наблюдений, выполненных на АМС Огурцово и Кемерово. Модель успешно апробирована для расчета подекадной оценки сложившихся условий формирования урожая ярового ячменя по Новосибирской области [4]. Результаты этих исследований в последующие годы были применены при разработке методов агрометеорологического обеспечения производства яровой пшеницы в субъектах Западной Сибири [5].

Для практического применения модели в условиях Томской области с учетом новых условий хозяйствования необходима корректировка ряда её параметров.

### 1.1 Методологические основы расчета комплексной количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая ярового ячменя

Для расчета при помощи динамико-статистической модели комплексной количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая ярового ячменя за определенный отрезок периода вегетации, относительно выбранных эталонных условий за аналогичный период применен известный подход, предложенный в [1-3]. В качестве эталона в данной работе 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 агрометеорологических условий прошлого года, кроме простоты восприятия потребителем, удобно и с точки зрения технологии подготовки данных и выполнения расчетов.

Согласно [1-3], рассматривая урожай в качестве интегральной характеристики агрометеорологических условий вегетационного периода, мерой отличия оцениваемых условий текущей вегетации от прошлогодних будет отношение ( $\eta_k$ ) конечных урожаев, рассчитанных по условиям текущего ( $Y_k$ ) и прошлого года ( $Y_{гpg}$ ) за оцениваемый период:

$$\eta_k = \frac{Y_k}{Y_{гpg}} \times 100 \% \quad (1)$$

Таким образом, чтобы дать количественную оценку агрометеорологических условий формирования урожая ярового ячменя сложившихся, например, на 20 июля текущего года, относительно условий аналогичного периода прошлого года, необходимо рассчитать отношение (1), где:

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

$Y_{\text{грг}}$  - урожай, рассчитанный по данным прошлого года от всходов до конца вегетации (восковой спелости).

Конец вегетационного периода при этом определяется концом декады, на которую выпадает преобладающая на рассматриваемой территории средняя многолетняя дата наступления фазы восковой спелости.

Для большей части территории региона средняя многолетняя дата наступления фазы восковой спелости приходится на третью декаду августа. В динамической модели конец вегетации определяется моментом накопления заданной суммы эффективных температур, необходимой для достижения яровым ячменём фазы восковой спелости. Этот показатель для конкретного региона и для каждой злаковой культуры уточняется на основе данных многолетних агрометеорологических наблюдений [6].

## 1.2 Методологические основы прогноза урожайности ярового ячменя

Разработка методов прогноза выполнялась с ориентацией на принятые в Росгидромете оперативные сроки составления прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур - предварительного (21-23 июня), и уточненного (21-23 июля) и соответствующие критерии оправдываемости.

В ходе разработки методов и технологии расчёта предварительных и уточненных прогнозов средней областной урожайности ярового ячменя отработаны разные варианты сценариев ожидаемых метеорологических условий от даты составления прогноза до времени наступления восковой спелости культуры. В зависимости от выбранного сценария ожидаемых метеорологических условий апробированы следующие варианты прогнозов урожайности:

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, приравненным к условиям прошлого года;

N3 – с использованием долгосрочного прогноза погоды в виде года-аналога на июль (для предварительного прогноза) и на август (для уточненного);

N4 – с использованием количественной оценки сложившихся и ожидаемых по долгосрочному прогнозу погоды условий текущей вегетации, относительно условий прошлого года.

По построенным сценариям ожидаемых метеорологических условий на период от даты составления прогноза до конца вегетации рассмотрены четыре варианта прогнозов урожайности. Предложенная нумерация вариантов в технологическом плане представляет удобную последовательность автоматизированного формирования рабочих наборов данных и выполнения расчетов.

В двух из вариантов -«N1» и «N4» - использовано свойство динамической модели продукционного процесса, позволяющее дать сравнительную оценку комплекса условий формирования урожая за предшествующий отрезок текущей вегетации с выбранными эталонными условиями за аналогичный период.

Методика прогнозирования урожайности в этих двух вариантах строилась на предположении, что оценка отличия ожидаемой урожайности в текущем году от фактической урожайности года-эталона (в наших вариантах это прошлый год) равна отношению « $\eta_k$ » (1), где:  $Y_k$  – рассчитанная на модели урожайность по комплексу исходных данных, состоящих из фактических данных текущего года (от всходов до даты составления прогноза) и соответствующих данных прогноза метеорологических условий от даты составления прогноза урожайности до конца вегетации;  $Y_{\text{гpg}}$  – урожайность, рассчитанная на модели по фактическим данным года-эталона (прошлый год) за аналогичный период.

Для варианта «N1» вторая составляющая данных для расчета  $Y_k$  это инерционный прогноз метеорологических элементов – фактические данные

прошлого года, а для варианта «N4» - долгосрочный прогноз погоды в виде фактических данных года-аналога на предстоящий месяц, принятых в расчет до конца вегетации.

Исходя из этого, ожидаемая величина урожайности ( $Y_{pr}$ ) в методических прогнозах «N1» (по оценке сложившихся условий формирования урожая) и «N4» (по оценке сложившихся и ожидаемых условий) равна произведению:

$$Y_{pr} = Y_{fpg} \cdot \eta_k / 100 \quad (2),$$

Где  $Y_{fpg}$  – фактическая средняя урожайность в амбарном весе за прошлый год.

В методологических подходах по применению динамической модели для прогнозирования урожайности, обозначенных «N2» и «N3» модель применяется для прямого расчета ожидаемой урожайности, используя разные варианты сценариев ожидаемых метеорологических условий от даты составления прогноза до времени наступления восковой спелости культур в виде массивов суточных величин метеорологических параметров. Массив используемых при этом данных в методическом прогнозе «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. Для методического прогноза «N3» ожидаемые метеорологические условия от даты составления прогноза до конца вегетации заданы в виде фактической погоды прогнозируемого на предстоящий месяц года-аналога синоптических процессов.

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

Существующие прикладные динамические модели и технологии их применения находятся в процессе дальнейшего совершенствования.

Для надежной работы и развития методов агрометеорологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур и, в частности, разработанных на основе динамико-статистического подхода, необходима их систематическая корректировка. Соответствующие рекомендации по этой проблеме были выработаны участниками Международной научно-практической конференции «Агрометеорологическое обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства в условиях глобального изменения климата» [7].

Для адаптации выбранной базовой 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. Недостающая информация по числу часов солнечного сияния восстановлена по близлежащим ГМС.

Определение и уточнение ряда параметров модели выполнено путем статистической обработки данных агрометеорологических наблюдений за 1991-2008 годы.

Уточнению методом итерационного подбора оптимальных величин подлежали параметры, наиболее сильно влияющие на расчет текущих значений биомассы отдельных органов растений и влажности корнеобитаемого слоя почвы [1].

Для этого решалась задача максимального пошагового приближения рассчитанных при помощи модели и фактических величин средней урожайности. Оптимальные величины параметров определялись на основе оценок согласования результатов модельных расчетов с данными по урожайности территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Томской области.

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, на некие средние условия уборки культуры. Тренд урожайности ярового ячменя на временном отрезке, взятом для разработки методов, (1991-2008гг.) не достиг значимой величины на 5%-ном уровне значимости - коэффициент корреляции равен 0,358 при значимой величине равной 0,468. За последние 15 лет этого периода (1994-2008гг.) тренд урожайности так же не значим на 5%-ном уровне значимости - коэффициент корреляции равен 0,471 при значимой величине 0,514.

Степень согласования рассчитанных и фактических величин средней областной урожайности ярового ячменя показана на рисунке 1. Коэффициент корреляции равен 0,528 при значимой величине на 5%-ном уровне значимости равном 0,468.

Обеспеченность расчетов урожайности с ошибкой, не превышающей 0,67  $\sigma_y$  (1,4 ц/га), за 1991-2008гг. составила 72,2%. Обеспеченность расчетов с относительной ошибкой не более 20 % равна 83,3% (за 15 лет – 1994-2008 годы оба эти показателя равны 80,0%).

Верификация модели выполнена на независимых данных за 2009-2011 годы. Получены следующие оценки верификации модели: обеспеченность расчетов урожайности с ошибкой, не превышающей 0.67 $\sigma_y$  равна 67 %, а с относительной ошибкой, не превышающей 20 % равна 100 % (таблица 1).

Таблица 1- Результаты верификации динамической модели формирования урожая ярового ячменя по Томской области

Год	Фактическая урожайность (Уф), ц/га	Рассчитанная урожайность (Ур), ц/га	Абсолютная ошибка ( $\Delta U$ ), ц/га	Относительная ошибка (Pi), %
2009	15,5	15,8	-0,3	2,0
2010	18,1	16,7	1,4	8,8
2011	15,3	17,4	-1,9	11,6

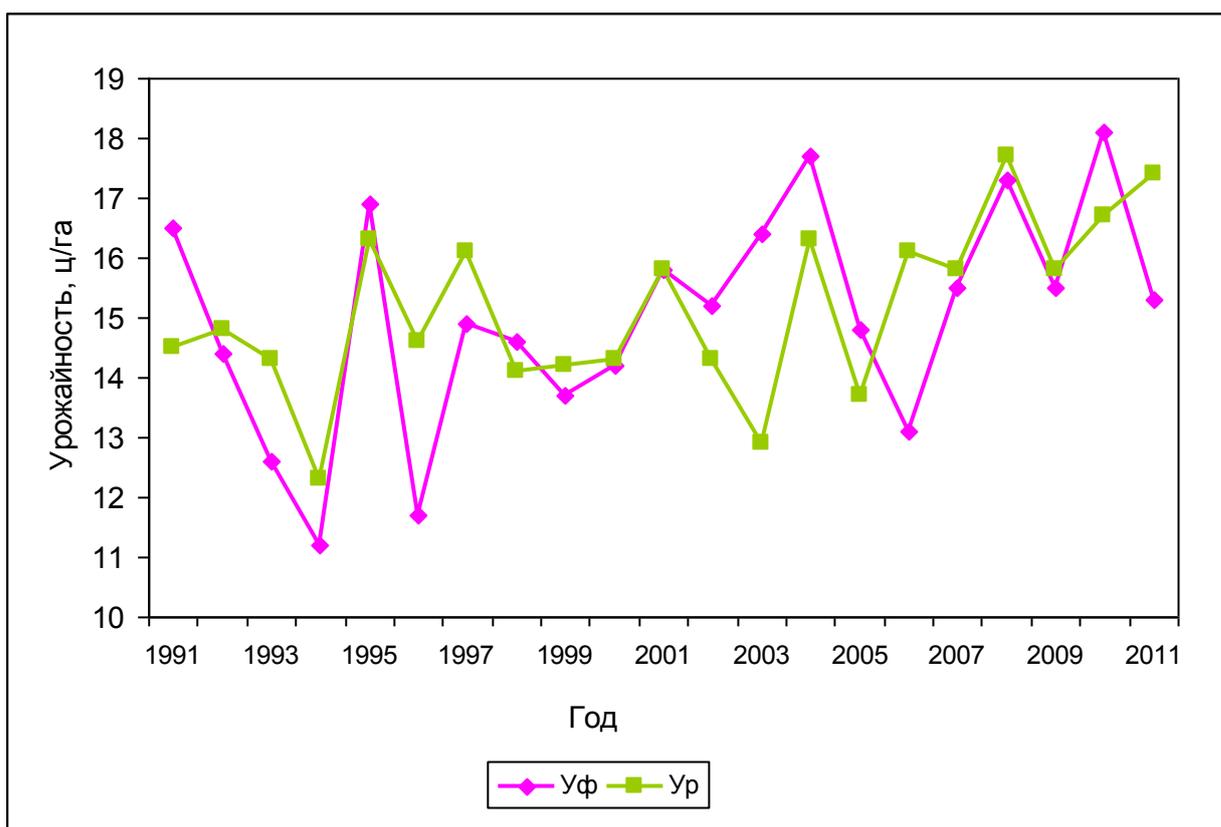


Рисунок 1 - Сравнение рассчитанной (Ur) и фактической (Уф) средней урожайности ярового ячменя по Томской области. 2009-2011 гг. - по независимым данным

Для решения обозначенных ранее прикладных задач далее будет использоваться рассмотренный вариант модели, ориентированный на расчет средней по территории Томской области урожайности ярового ячменя после доработки.

### 3 Апробация методов

Рассмотренные в разделе 1 методологические подходы реализованы для расчета количественной оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая и ожидаемых средних величин урожайности ярового ячменя всех категорий хозяйств по Томской области.

#### 3.1 Апробация метода оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая ярового ячменя

Для верификации метода расчета комплексной количественной оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая

официально принятых критериев не существует. Поэтому решение о качестве метода расчета оценки сложившихся условий, относительно условий аналогичного периода прошлого года, выработано с применением общепринятого статистического критерия - среднеквадратического отклонения ряда фактических оценок условий всего вегетационного периода относительно условий прошлого года. В качестве фактической комплексной оценки условий формирования урожая конкретного года, относительно условий прошлого года, принято отношение фактических величин урожайности последующего года к урожайности предыдущего.

Успешность метода расчета количественной оценки сложившихся условий формирования урожая ярового ячменя относительно условий аналогичного периода прошлого года характеризуется статистическими оценками за полный вегетационный период (рисунок 2).

Коэффициент корреляции рассчитанных и фактических оценок условий формирования урожая ярового ячменя за полный вегетационный период 1991-2008 гг. составляет 0,563, при значимой величине на 5%-ном уровне равной 0,468. Допустимое отклонение абсолютных значений рассчитанных и фактических оценок по показателю  $0,67\sigma$  равно 22%. Обеспеченность допустимой ошибки за тот же период составляет 83%, и относительной ошибки не превышающей 20% также 83%.

Оценку успешности данного расчетного метода на конец каждой декады, текущего года можно проводить в оперативном режиме, сравнивая ее с описанием сложившихся агрометеорологических условий произрастания посевов за аналогичный период прошлого года.

Результаты сравнения рассчитанных с фактическими величинами оценок за полный вегетационный период по независимым данным представлены в таблице 2.

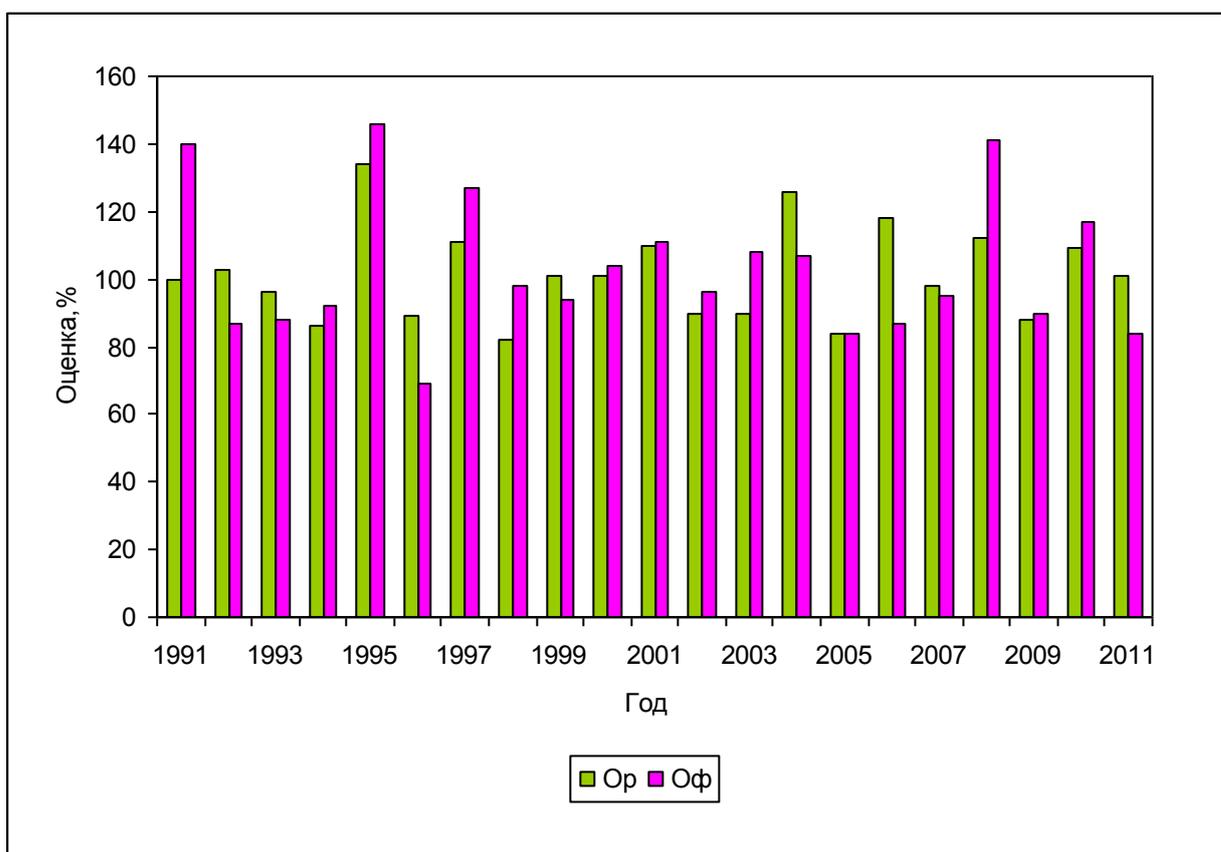


Рисунок 2 - Сравнение рассчитанных (Op) и фактических (Of) оценок агрометеорологических условий формирования урожая ярового ячменя по Томской области. 2009-2011 гг. - по независимым данным

Таблица 2 - Сравнение рассчитанных и фактических величин комплексных оценок агрометеорологических условий формирования урожая ярового ячменя по территории Томской области за полный вегетационный период, относительно условий прошлого года (независимые данные)

Год	Урожайность, ц/га				Оценка, %		Отклонение, %	
	фактическая		рассчитанная		факти- ческая	рассчи- танная	абсо- лютное	относи- тельное
	текущий год	прошлый год	текущий год	прошлый год				
2009	15,5	17,3	15,8	17,9	89,6	88,3	1,3	1,4
2010	18,1	15,5	16,7	15,8	116,8	105,7	11,1	9,5
2011	15,3	18,1	17,4	16,7	84,5	104,2	19,7	23,3

### 3.2 Апробация методов прогноза урожайности ярового ячменя

На основе полученной прикладной модели продукционного процесса ярового ячменя по Томской области апробированы обозначенные в разделе 1.2 методы прогноза урожайности в 4-рех вариантах для каждого срока составления прогноза, в зависимости от выбранного сценария ожидаемых метеорологических условий на период от даты составления прогноза до конца вегетации.

В таблице 3 представлена диагностическая оценка обеспеченности расчетов ожидаемой урожайности ярового ячменя, выполненных по методическим прогностическим схемам N1-N4 в сравнении с инерционным и климатологическим прогнозами по зависимому ряду лет.

Допустимое отклонение расчетной величины урожайности ярового ячменя от фактической для предварительного (21 июня) и уточненного (21 июля) прогнозов по критериям  $0,80\sigma_y$  и  $0,67\sigma_y$  равно 1,7 ц/га и 1,4 ц/га, соответственно. Учтено отсутствие значимого тренда временного ряда урожайности за рассматриваемый период лет (1991-2008гг.).

Диагностическая оценка методических прогнозов "N3" и "N4" проводилась по ограниченному числу лет, так как информацию об утвержденных годах-аналогах по долгосрочным прогнозам погоды удалось восстановить на июль только с 2001 года, на август - с 1997 года по текущий год.

Согласно таблице 3, на предварительный срок прогноза удовлетворительная обеспеченность прогностических расчетов получена по методическому прогнозу N2. Обеспеченность допустимой погрешности по критерию  $0,67\sigma_y$  равна 72,7%, при обеспеченности расчетов с относительной ошибкой, не превышающей 20 % также равной 72,7 %. На основной срок прогноза диагностические оценки методических прогнозов

Таблица 3 - Диагностическая оценка методических прогнозов урожайности ярового ячменя по Томской области в сравнении с инерционным и климатологическим

Метод	Критерии оценки		
	Коэффициент корреляции, $r$	Обеспеченность	
		допустимой погрешности, %	относительной ошибки не превышающей 20%, %
		1) $0,80\sigma_y$	
2) $0,67\sigma_y$			
1) Предварительный прогноз			
N1	0,101	45,4	81,8
N2	0,252	72,7	72,7
N3	0,307	54,5	72,7
N4	0,204	63,6	72,7
Инерционный	0,219	36,4	72,7
Климатологический	0,344	45,4	81,8
2) Основной прогноз			
N1	0,311	63,6	80,0
N2	0,160	53,3	93,3
N3	0,348	66,7	86,7
N4	0,460	80,0	86,7
Инерционный	0,220	33,3	73,3
Климатологический	0,126	33,3	86,7

N3 и N4 по первому критерию за аналогичный период лет равняются соответственно 53,5% и 63,6%, по второму - идентичны и равны 86,7% .

Авторская оценка успешности методов прогноза урожайности ярового ячменя на независимых данных за 2009-2011 годы (таблица 4) выполнена согласно "Методическим указаниям по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических прогнозов (РД.52.27.284-91) [8].

Сравнительная оценка испытываемых методов проводилась с инерционным и климатологическим прогнозами. Допустимое отклонение согласно [8] рассчитано за 15-летний период, включая первый испытываемый год, по критерию  $0,67\sigma_y$ , где  $\sigma_y$  - среднеквадратическое отклонение величин урожайности за расчетный период. На начало

авторских и оперативных испытаний величина допустимого отклонения равна для предварительного прогноза - 1,7 ц/га, для уточненного - 1,4 ц/га.

На рисунках 3 и 4 представлено сравнение фактических и прогнозируемых величин урожайности, рассчитанных по наиболее успешным сценариям метеорологических условий до конца вегетационного периода N2 и N3 для предварительного и уточненного сроков прогноза соответственно (2009-2011 годы – по независимым данным).

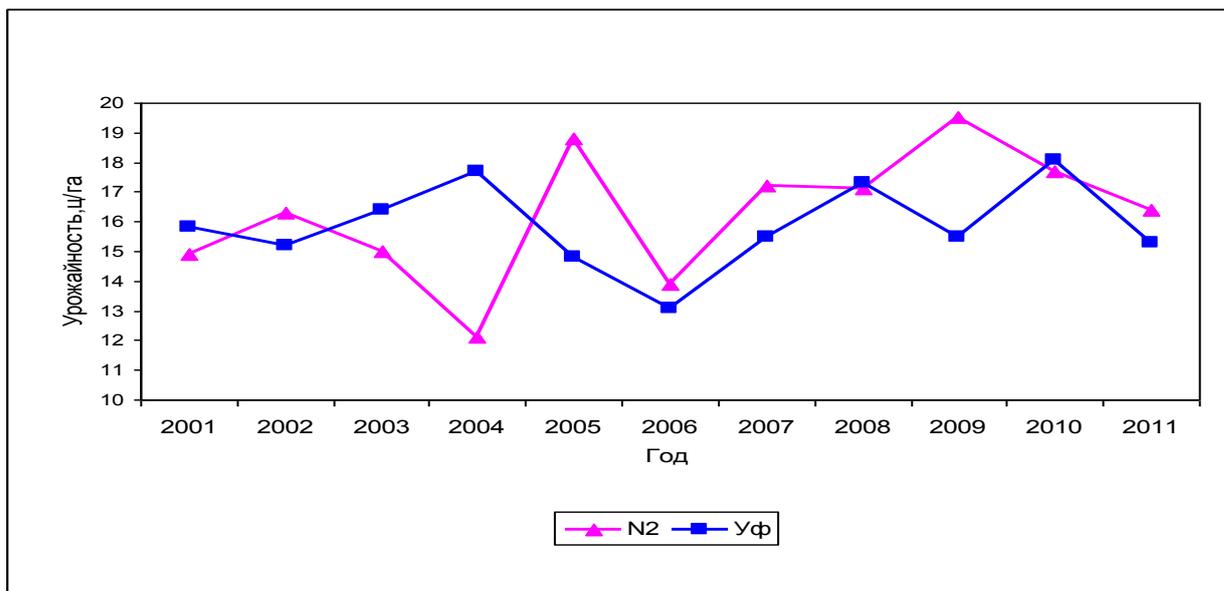


Рисунок 3 - Сравнение средней урожайности ярового ячменя по Томской области, рассчитанной в предварительный срок прогноза (21 июня) по сценарию N2 с фактической (Уф)

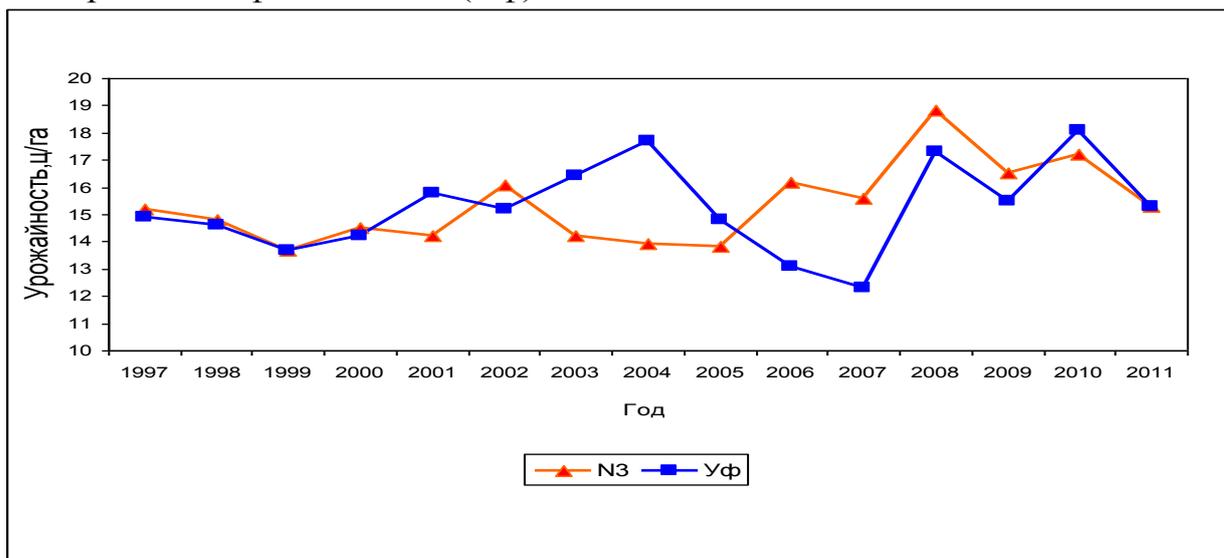


Рисунок 4 - Сравнение средней урожайности ярового ячменя по Томской области, рассчитанной в основной срок прогноза (21 июля) по сценарию N3 с фактической (Уф)

Оценка качества методических прогнозов средней областной урожайности ярового ячменя всех категорий хозяйств в сравнении с инерционным и климатологическим на независимых данных 2009-2011гг. показана в таблице 4.

Таблица 4 - Сравнительная оценка качества методов прогноза средней областной урожайности ярового ячменя всех категорий хозяйств по Томской области на независимых данных

Год	Фактическая урожайность, ц/га	Прогнозируемая урожайность, ц/га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %	Прогнозируемая урожайность, ц/га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %
<b>Предварительные методические прогнозы (21 июня)</b>							
		Методический N1			Методический N2		
2009	15,5	19,0	-3,5-	23,0	19,5	-4,0-	26,3
2010	18,1	17,6	0,5+	3,1	17,7	0,4+	2,5
2011	15,3	18,0	-2,7-	16,6	16,4	-1,1+	6,7
		Методический N3			Методический N4		
2009	15,5	19,5	-4,0-	26,3	19,0	-3,5-	23,0
2010	18,1	17,7	0,4+	2,5	17,6	0,5+	3,1
2011	15,3	17,5	-2,2-	13,5	19,2	-3,9-	23,9
		Суховой В.Н.					
2009	15,5	16,0	-0,5+	3,3			
2010	18,1	14,5	3,6-	22,6			
2011	15,3	12,3	3,0-	18,4			
<b>Уточненные методические прогнозы (21 июля)</b>							
		Методический N1			Методический N2		
2009	15,5	17,7	-2,2-	14,5	18,1	-2,6-	17,1
2010	18,1	15,9	2,2-	13,8	16,0	2,1-	13,2
2011	15,3	18,8	-3,5-	21,5	17,2	-1,9-	11,6
		Методический N3			Методический N4		
2009	15,5	16,5	-1,0+	6,6	16,1	-0,6+	3,9
2010	18,1	17,2	0,9+	4,2	17,0	1,1+	6,9
2011	15,3	15,3	0,0+	0	16,8	1,5-	9,2
<b>Стандартные прогнозы</b>							
		Инерционный			Климатологический		
2009	15,5	17,3	-1,8-	11,8	14,6	0,9+	5,9
2010	18,1	15,5	2,6-	16,3	15,3	2,8-	17,6
2011	15,3	18,1	-2,8-	17,2	15,7	-0,4+	2,4

В предварительный срок прогнозирования в двух годах из трех оправдались методический "N2" и климатологический прогнозы. Остальные

методические прогнозы, включая прогноз по методике Суховой В.Н., оправдались по одному году из трёх. Инерционный прогноз не оправдался ни в одном из трёх лет.

В основной (уточненный) срок методический прогноз "N3" оправдался за все годы, а "N4" – в двух годах из трёх с минимальным превышением допустимого отклонения расчетной урожайности от фактической в год с неоправдавшимся прогнозом.

По результатам анализа абсолютных ошибок методических, инерционного и климатологического прогнозов (таблица 4) рассчитаны оценки оправдываемости методов прогноза средней урожайности (таблица 5).

Таблица 5 - Оценка оправдываемости методов по независимым данным

Тип прогноза	Оправдываемость методов, %	Средняя относительная ошибка оправдавшихся прогнозов, %
Предварительный прогноз		
Методический N1	33,3	3,1
Методический N2	66,7	4,6
Методический N3	33,3	2,5
Методический N4	33,3	3,1
Сухова В.Н.	33,3	3,3
Уточненный прогноз		
Методический N1	0	-
Методический N2	0	-
Методический N3	100	3,3
Методический N4	66,7	5,0
Стандартные прогнозы		
Инерционный	0	-
Климатологический	66,7	4,2

По числу оправдавшихся предварительных прогнозов методический "N2" совпадает с климатологическим, но уступает последнему на 0,4 % по средней относительной ошибке оправдавшихся прогнозов.

По уточненным прогнозам наблюдается абсолютное преимущество методического прогноза "N3" со 100 %-ой оправдываемостью метода в течении трех независимых лет авторских испытаний, при средней относительной ошибке 3,3%.

По средней оправдываемости прогнозов за три года, согласно таблице 6 в предварительный срок прогнозирования на первом месте климатологический прогноз (92,0%), а на втором методический "N2" (88,1%).

По уточнённому сроку средняя оправдываемость методических прогнозов "N3" и "N4" существенно выше климатологического – 96,2 и 93,4% соответственно.

Таблица 6 - Сравнительная оценка оправдываемости прогнозов средней урожайности ярового ячменя всех категорий хозяйств по независимым данным

Метод	Оправдываемость прогнозов, %			
	Средняя за 2009-2011 гг.	2009	2010	2011
Предварительный прогноз				
Методический N1	85,7	77,4	97,2	82,4
Методический N2	88,1	83,2	88,4	92,8
Методический N3	85,9	74,2	97,8	85,6
Методический N4	83,0	77,4	97,2	74,5
Сухова В.Н.	85,8	96,8	80,1	80,4
Уточненный прогноз				
Методический N1	83,6	85,8	87,8	77,1
Методический N2	86,4	83,2	88,4	87,6
Методический N3	96,2	93,6	95,0	100
Методический N4	93,4	96,1	93,9	90,2
Стандартные прогнозы				
Инерционный	85,2	88,4	85,6	81,7
Климатологический	92,0	94,2	84,5	97,4

#### 4 Методика выполнения расчетов

Для выполнения расчетов оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая и ожидаемой средней областной урожайности ярового ячменя по выбранным вариантам методических прогнозов созданы:

1) Пакет программ для персонального компьютера на языке Фортран в электронном виде, помещенных в директории “Ячмень\_Т” и состоящий из:

- программы усвоения ежедневных и декадных данных из электронной версии таблицы ТСХ-1 рабочими наборами данных “Jh.dat”, “Jh1.dat”, и Jhq.dat загрузочный модуль “jhmen\_to.exe”);

- программы расчета оценки сложившихся условий формирования урожая зерновых и зернобобовых культур, относительно аналогичного периода прошлого года, на любой момент вегетационного периода (загрузочный модуль rjho.exe);

- программы расчета ожидаемых средних по области величин урожайности зерновых и зернобобовых культур (загрузочный модуль rjh.exe);

- каталога фрагментов метеорологических блоков рабочих наборов данных за 1971-2011 гг., содержащих ежегодные среднесуточные метеорологические данные опорных станций за 21.06 - 31.08 в виде отдельных файлов за каждый год, размещенных в директории “ANALOG”;

Методика расчета оценки сложившихся условий формирования урожая и прогноза урожайности ярового ячменя изложена в инструкции по эксплуатации программного комплекса.

5.

## ИНСТРУКЦИЯ

по эксплуатации программного комплекса для расчета количественной оценки условий формирования урожая и прогноза урожайности ячменя по  
Томской области

Программа предназначена:

1) Для автоматизация процесса занесения в наборы данных jh.dat, jho.dat, jh1.dat.

Выборка среднесуточной температуры (°С), 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,

0-100см. производится из электронных таблиц ТСХ-1 на 8-ми станциях Томской области.

2) Для расчета количественной оценки сложившихся условий формирования урожая и прогноза средней урожайности ярового ячменя всех категорий хозяйств после доработки по Томской области.

Список станций:

1	Парабель	29128
2	Подгорное	29237
3	Молчаново	29332
4	Бакчар	29328
5	Первомайское	29348
6	Томск	29430
7	Кожевниково	29532
8	Колпашево	29231

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 еженедельно 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.

При отсутствии данных в ТСХ-1 или при возникновении других вопросов можно данные занести вручную.

Программа поставляется в виде файла Ячмень\_Т.exe.

#### 1. Установка программы:

1. Скопируйте файла Ячмень\_Т.exe на диск с которого есть доступ к каталогу Тсх-1 .

2. В conf.jht в первой строчке нужно прописать путь, где находятся

а) данные Тсх-1, например:

tsx-1= c:\Тсх-1\

б) Проверить список станций и соответствие индексов в Conf.jht и spraw.dbf.

Для этого запустить пограмму Тсх-1 и войти в пункт меню <Ввод списка>

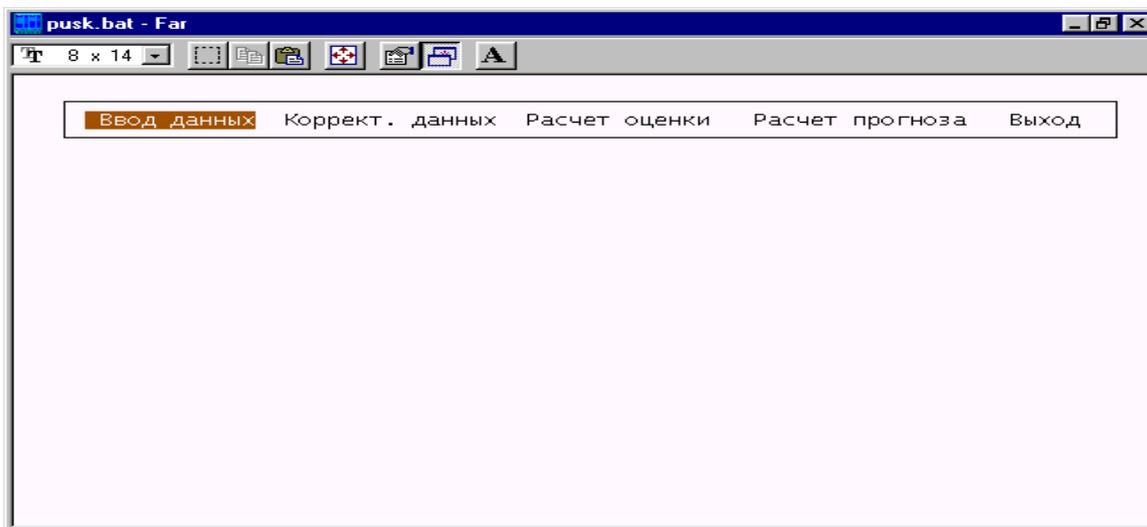
#### 2. Запуск программы.

1. Выведите ярлык pus.k.bat на экран и запустите с ярлыка или

2. Войдите в каталог Ячмень\_Т и нажмите <Enter> ( или мышкой ) на pus.k.bat .

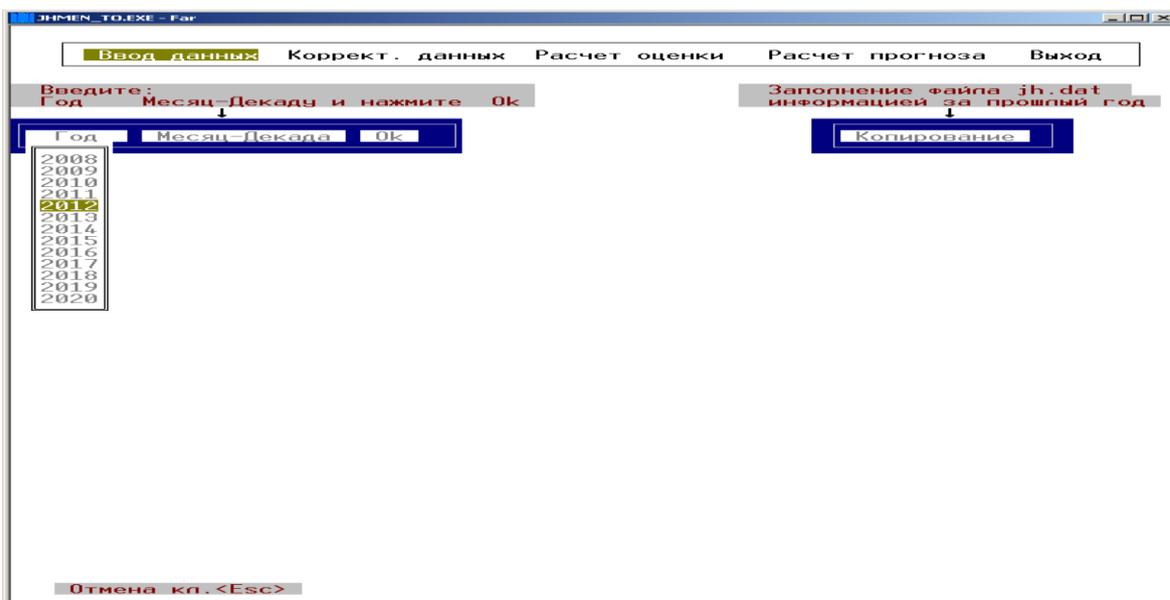
#### 3. Инструкция по работе программы.

1. При запуске программы на экране высвечивается следующее меню:



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

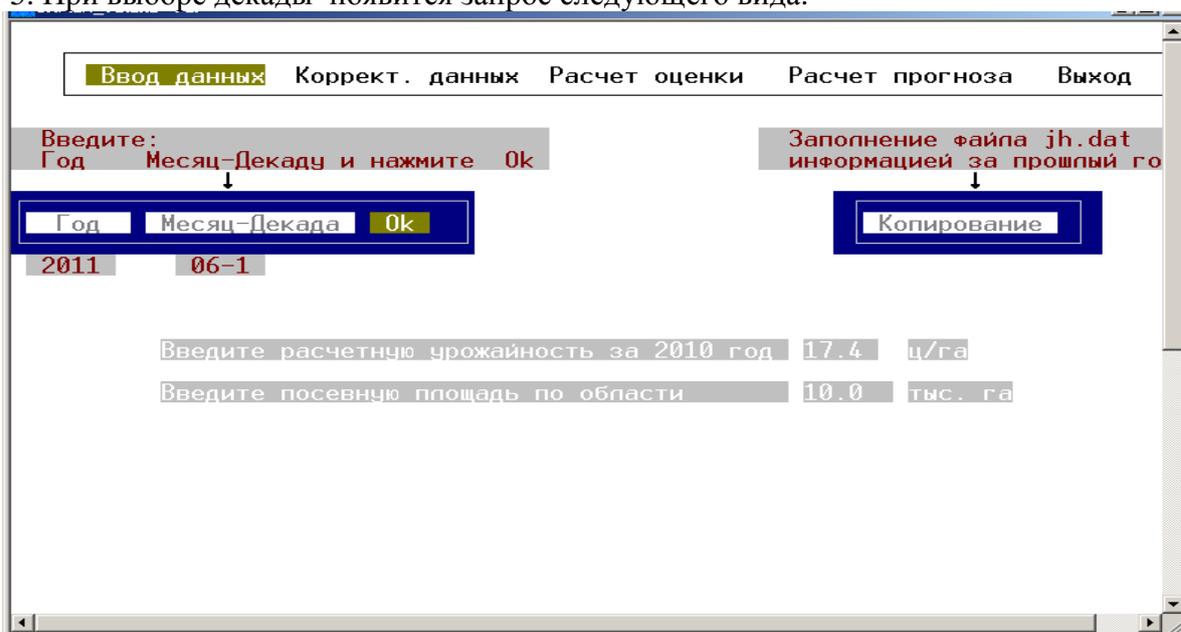
3. Высвечивается следующее меню:



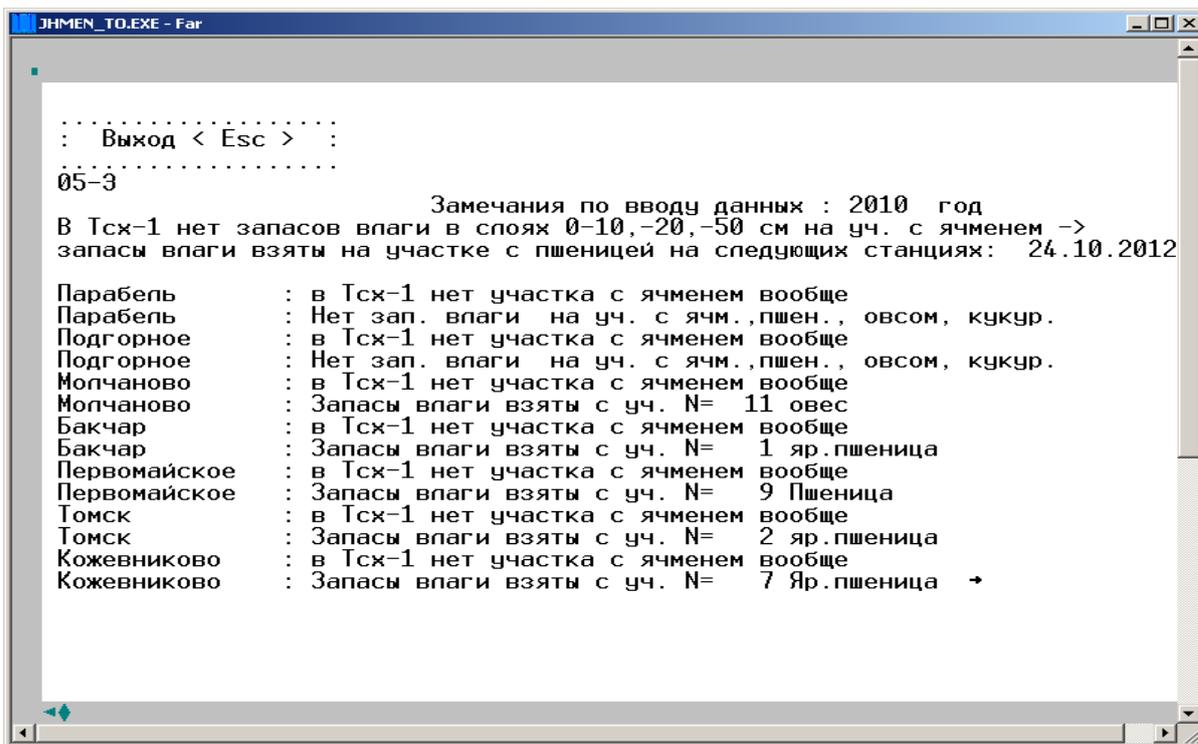
4. При первом счете (1 дек июня ) войдите в п. <Копирование>, чтобы сформировать исходный файл Jh.dat (При работе в 2012 г. исходным будет файл за 2011 г.

Используя подсказки на экране, введите год, месяц и декаду выборки данных и нажмите на < Ok > .

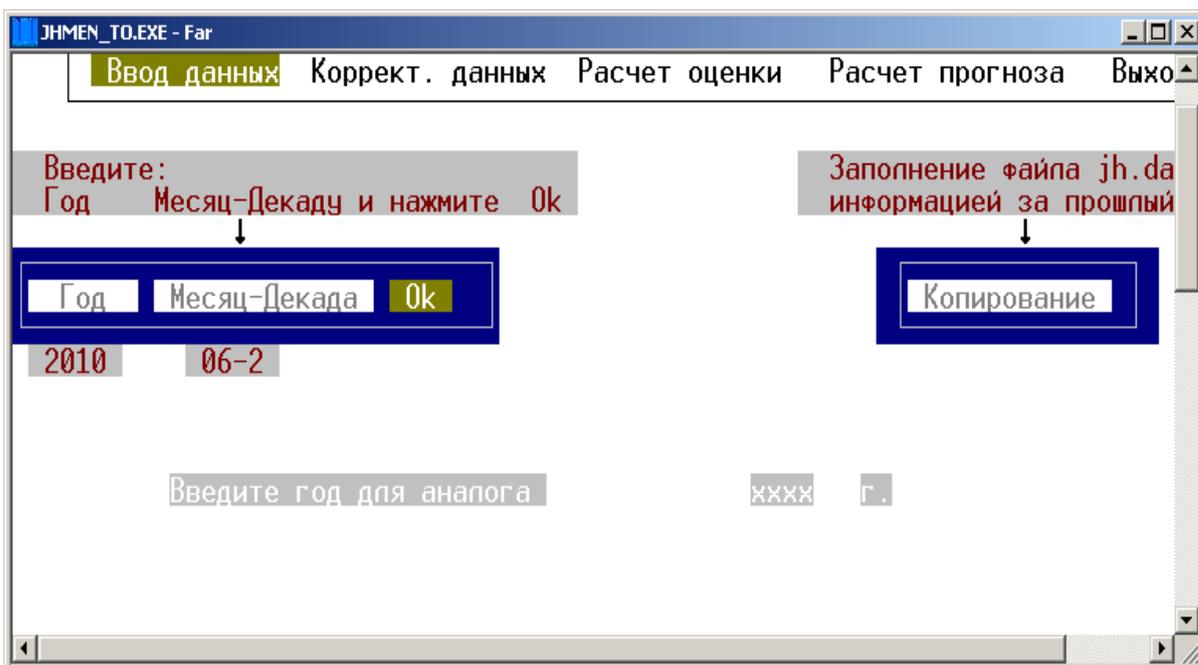
5. При выборе декады появится запрос следующего вида:



6. Произойдет выборка данных из таблиц Тсх-1 и заполнение наборов Jh.dat, Jho.dat, Jh1.dat и на экран произойдет вывод сообщений или замечаний по вводу данных. Этот же текст находится в файле prim.txt.

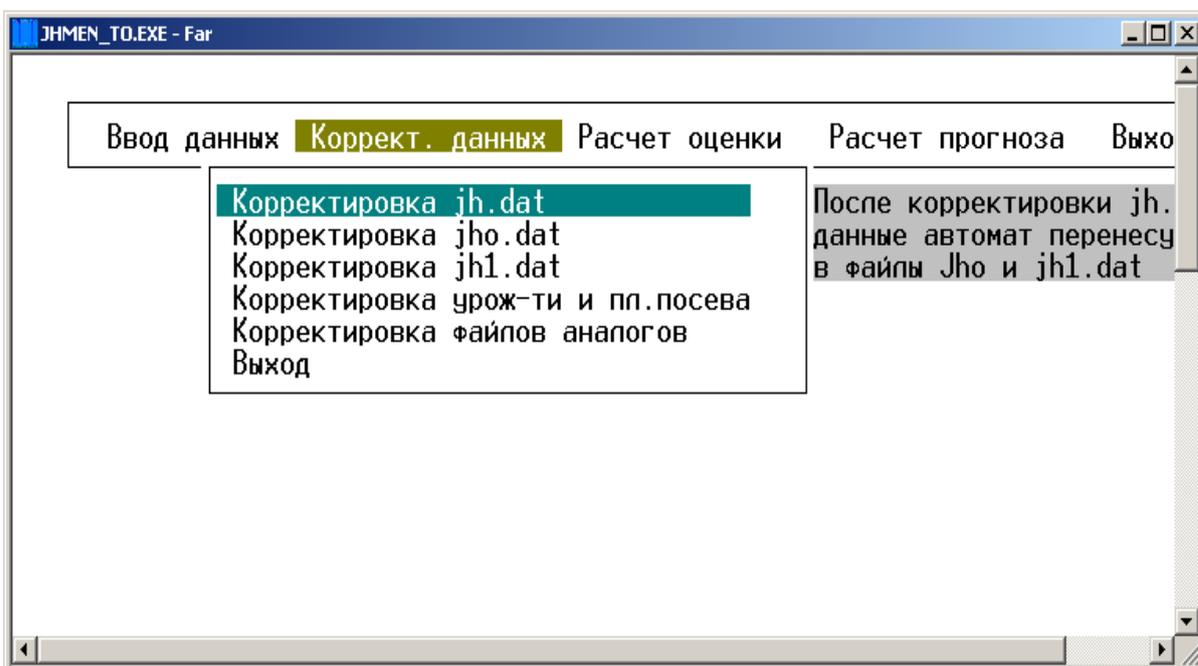


При обработке 2-ей декады июня (06 месяца) и 2-й декады июля требуется ввести год аналога.

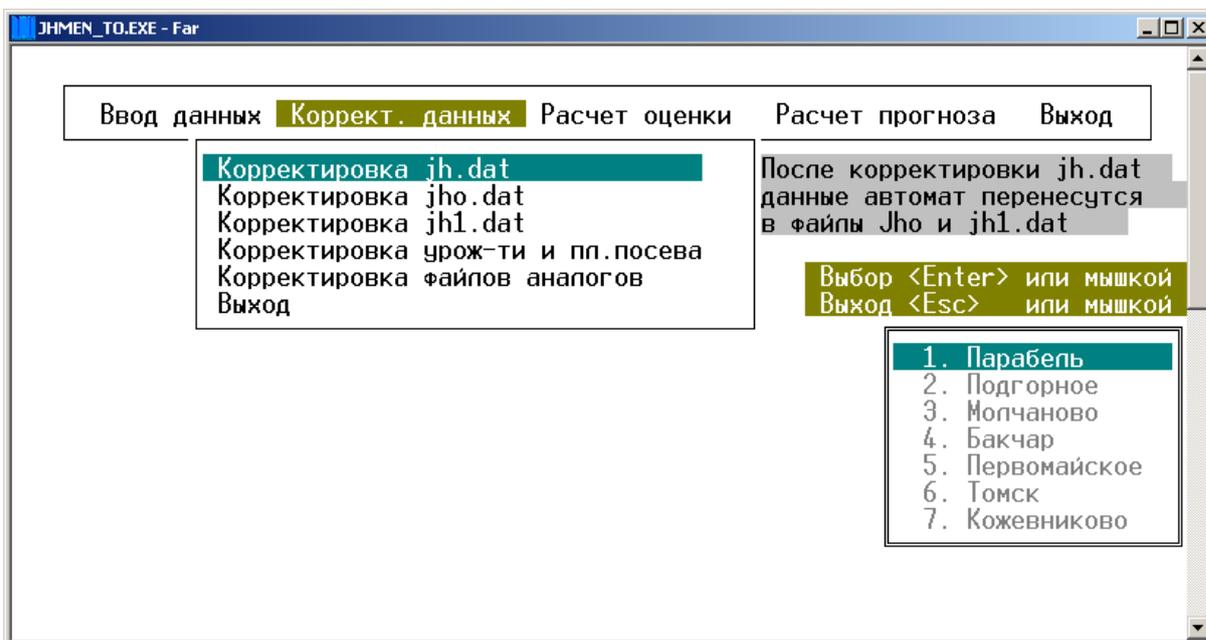


При выборе 3-й декады августа (08-3), например, 2011 г. произойдет формирование файла Jh2011.dat, который будет исходным файлом для начала работы (06-1) в 2012 г. А также будет автоматически сформирован файл-аналог за 2011 г. \Analog\tt11.

7. После ввода данных нужно войти во 2-й пункт меню и посмотреть наборы Jh.dat, Jho.dat, Jh1.dat.



Если отсутствуют некоторые данные (не поступление или ошибки в таблицах Тсх-1), надо отредактировать или ввести данные. Корректировать следует только Jh.dat. Все данные автоматически перенесутся в Jho.dat и Jh1.dat. Выберите станцию из правого меню и откорректируйте данные.



ЖМЕН\_TO.EXE - Far

Ввод данных **Коррект. данных** Расчет оценки Расчет прогноза Выход

Корректировка jh.dat  
 Корректировка jho.dat  
 Корректировка jh1.dat

После корректировки jh.dat данные автомат перенесутся в файлы Jho и jh1.dat

кп. <F3>-коррект. запасов влаги

Выбор <Enter> или мышкой  
 Выход <Esc> или мышкой

Выход <Esc> или

1. Парабель

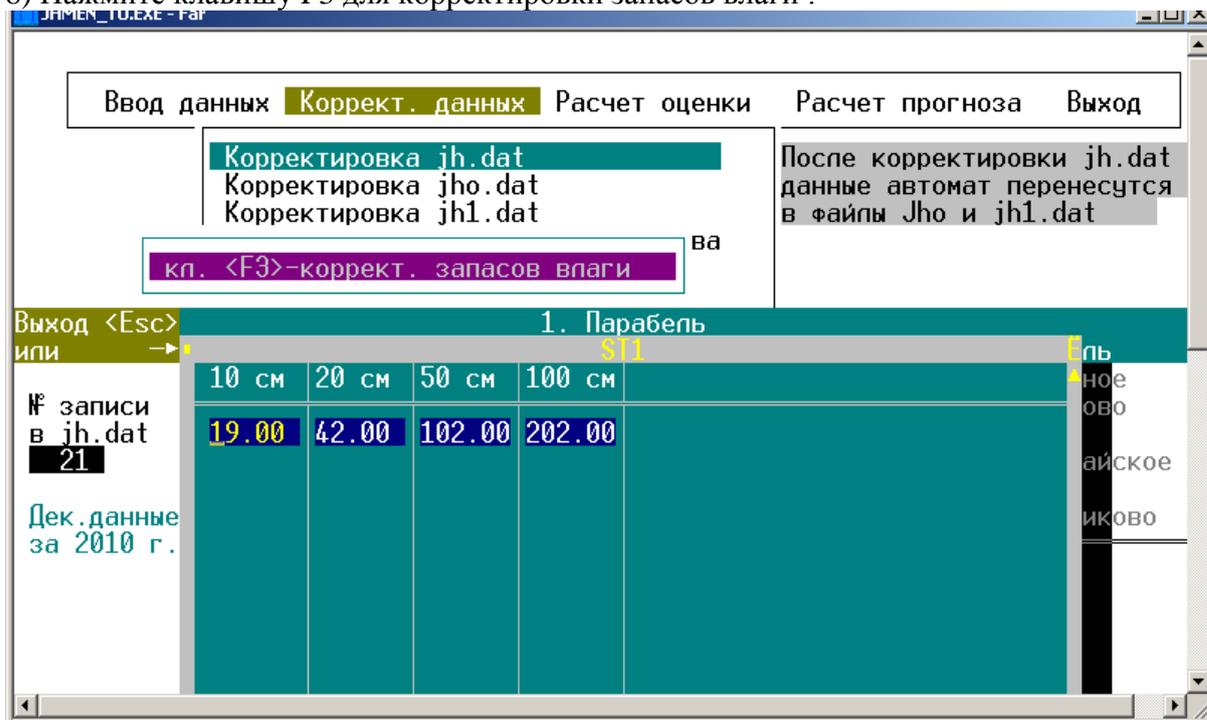
\* Номер дня в декаде \*

№ дек	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	ль
06-1 Тем	070	102	122	106	106	143	204	154	152	160		ное
06-1 Сиян	086	034	117	143	164	056	060	071	055	137		ово
06-1 Осад	037	018	118			000	012					айское
06-1 Деф	027	038	038	061	053	073	103	067	068	067		ИКОВО
06-2 Тем	141	142	130	146	188	132	118	172	216	175		
06-2 Сиян	050	071	076	042	130	106	162	164	152	003		
06-2 Осад	087		017	000	000	013			000	059		
06-2 Деф	019	069	052	034	069	038	056	108	109	022		
06-3 Тем	154	112	133	159	157	137	145	150	168	211		
06-3 Сиян	000	000	026	082	074	112	036	103	122	152		
06-3 Осад		019	004	004	052		027	008				
06-3 Деф	070	037	046	057	041	056	034	060	088	084		
07-1 Тем	180	151	125	148	172	174	135	139	134	150		
07-1 Сиян	038	052	100	130	050	087	064	007	018	082		
07-1 Осад	067		005	022	231	046		000	068	032		
07-1 Деф	061	076	043	056	035	016	033	033	020	029		
07-2 Тем	169	143	172	196	200	223	226	149	130	110		
07-2 Сиян	048	000	062	111	146	125	078	066	047	017		
07-2 Осад		077	213	009	000	000	080		005	037		
07-2 Деф	033	007	021	056	065	080	063	045	021	009		
07-3 Тем	124	157	181	186	221	147	108	117	137	142	143	
07-3 Сиян	120	138	011	151	150	006	000	046	020	086	117	
07-3 Осад	003				012	116				016		
07-3 Деф	037	075	074	079	084	023	034	042	043	027	039	
08-1 Тем	123	136	185	175	123	149	190	176	141	123		
08-1 Сиян	159	074	072	123	149	025	087	060	069	032		
08-1 Осад		000	056	020		000	089	000	005	000		
08-1 Деф	054	040	038	030	047	032	029	028	023	030		
08-2 Тем	168	103	154	152	108	112	158	165	105	139		
08-2 Сиян	096	014	000	000	011	006	114	095	050	082		
08-2 Осад		046	263	022	007	008	011	004	085			
08-2 Деф	043	013	013	013	028	024	061	057	028	042		
08-3 Тем	199	220	104	107	127	140	115	168	178	138	201	
08-3 Сиян	087	073	006	061	000	075	103	120	077	030	101	
08-3 Осад		000	033	056	032	017			011	012	005	

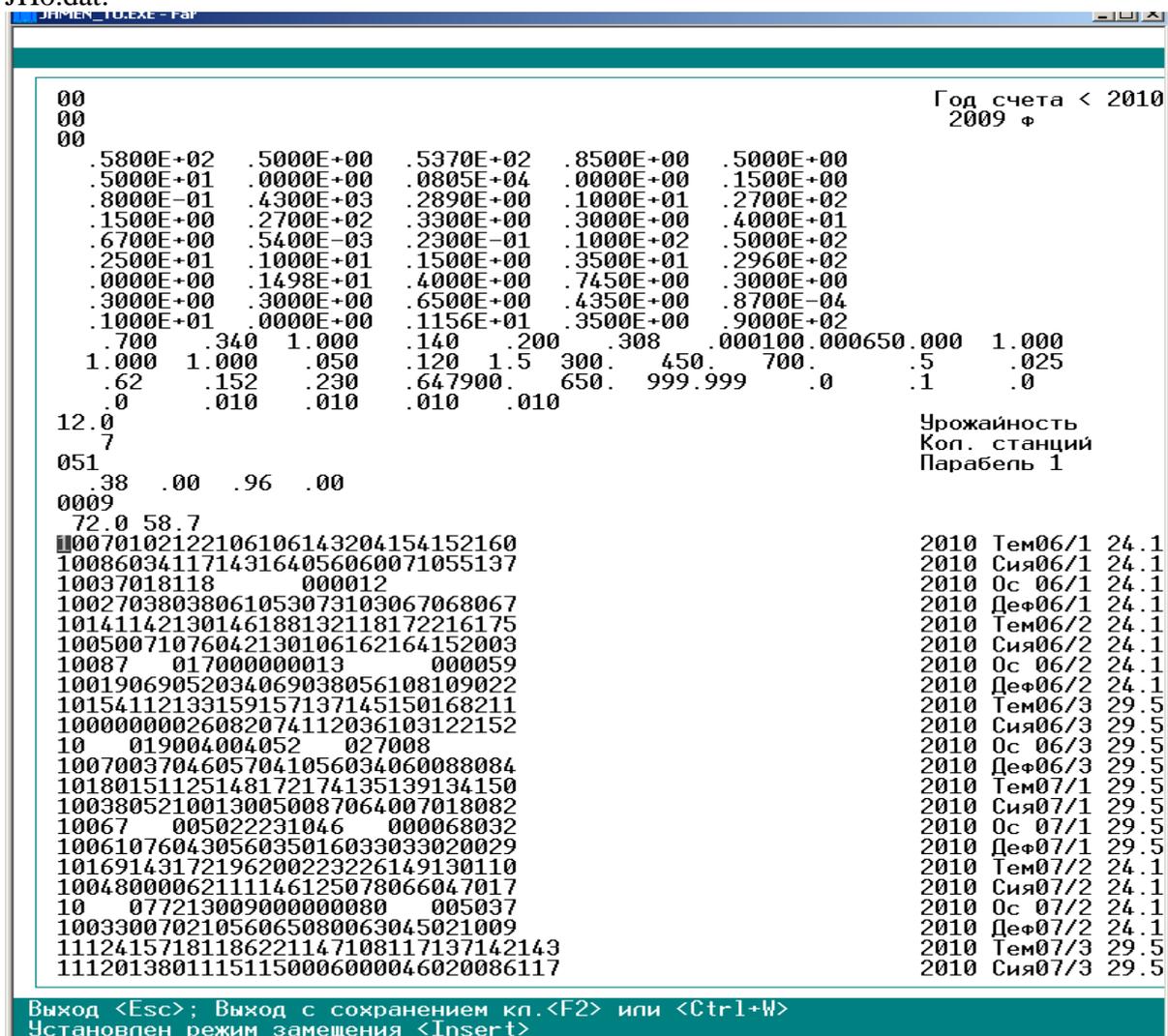
№ записи в jh.dat 21

Дек. данные за 2010 г.

8) Нажмите клавишу F3 для корректировки запасов влаги :



9. В наборах Jh.dat и др. есть некоторые подписи - подсказки для данных, например, набор JHo.dat:



10. Далее входите в пункт меню "Расчет оценки" или "Расчет прогноза".

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

Образ экрана при расчете оценки:

```
YARMIEN_T04.EXE - Far
B1= .435          B2= .000087
TOP= 27.00       C= .330          RMES= .30          RC= 4.00
EP= .670
CO2= .54E-03     AL= .023          Z0= 10.00         ZR= 50.00
QR= 2.50
RMIN= 1.00       A= .15          FS= 3.50          K0= 29.60
DT3= .000
KCO= 1.498       KC1= .400        ZP= .000
LL= .300         LS= .300        LR= .300          KR= .650KN=

A1
.700000E+00 .340000E+00 .100000E+01 .140000E+00 .200000E+00 .308000E+0
E+00 .100000E+03 .650000E+03
G1
.100000E+01 .100000E+01 .100000E+01 .500000E-01 .120000E+00 .150000E+0
E+03 .450000E+03 .700000E+03
L1
.500000E+00 .250000E-01 .620000E+00 .152000E+00 .230000E+00 .647000E+0
E+03 .650900E+03 .999990E+02
D1
.000000E+00 .100000E+00 .000000E+00 .000000E+00
R0
.100000E-01 .100000E-01 .100000E-01 .100000E-01
*****
ОЖИДАЕМАЯ СРЕДНЯЯ УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБ
16.7 ц/га.
ОЦЕНКА КОМПЛЕКСА СЛОЖИВШИХСЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАН
УРОЖАЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ В СРАВНЕНИИ С ПРОШЛ
ГОДОМ - 138.9 %
*****
Для продолжения нажмите любую клавишу или щелкните левой клавишей мыши
```

Образ экрана при расчете прогноза:

```
YARMIEN_T04.EXE - Far
MP2
.370 .000 .850 .000
22.50 46.70 114.00 196.00
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
22.5 24.2 22.4 22.4 22.4 16.4 16.4 16.4 16.4 16.4 16.4
12.7 12.2 18.1 22.1 23.2 24.2 24.9 26.0 27.4 26.0 26.4 5.1 20.6 6.9
610.70 2.97 1.06 .01 57.10 3.40 19.01
W10= 1.7
W20= 2.8
W50= 30.3
W100= 109.8
93 14.5
22.50 46.70 114.00 196.00
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
22.5 24.2 22.4 22.4 22.4 16.4 16.4 16.4 16.4 16.4 16.4
12.7 12.2 18.1 22.1 23.2 24.2 24.9 26.0 27.4 26.0 26.4 5.1 20.6 6.9
610.70 2.97 1.06 .01 57.10 3.40 19.01
W10= 1.7
W20= 2.8
W50= 30.3
W100= 109.8
93 14.5
14.5
*****
ОЖИДАЕМАЯ СРЕДНЯЯ УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛ
16.7 ц/га.
Для продолжения нажмите любую клавишу или щелкните левой клавишей мыши
```

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены удовлетворительные результаты адаптации динамико-статистической модели формирования урожая для расчета средней урожайности ярового ячменя всех категорий хозяйств после доработки по территории Томской области. Оценки согласования рассчитанных на модели и фактических характеристик продуктивности позволили апробировать ее на возможность использования в качестве средства агрометеорологического обеспечения производства данной культуры на рассматриваемой территории.

Достигнутая степень автоматизации технологии расчетов, позволяет предложить для оперативных испытаний:

- расчет количественной оценки комплекса сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая ярового ячменя на конец каждой декады вегетационного периода, относительно условий прошлого года;

- расчет ожидаемой урожайности по методическим вариантам сценариев будущих метеорологических условий вегетационного периода после даты составления прогноза: "N2" (прошлый год) для предварительного и "N3" (метеорологические условия года-аналога по долгосрочному прогнозу погоды на август) для уточненного прогноза.

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 и ежедневных и декадных агрометеорологических телеграмм, поступающих в ГИС МЕТЕО по опорным станциям;

- программу расчета оценки сложившихся условий формирования урожая относительно условий прошлого года;

- программу расчета прогноза урожайности на основе соответствующих сценариев погоды до конца вегетации;

- каталог фрагментов метеорологических блоков рабочих наборов данных за 1971-2012 годы, содержащих ежегодные среднесуточные метеорологические данные опорных станций за 21.06 - 31.08 в электронном виде;
- инструкцию по эксплуатации программного комплекса.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем.- Л.:Гидрометеиздат.1981. -167с.
2. Сиротенко О.Д., Абашина Е.В. Об использовании динамических моделей для оценки агрометеорологических условий формирования урожая//Метеорология и гидрология.-1982.-№8.-С.95-101.
3. 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.
4. Набока В.В.Методические указания по расчету оценок сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая ячменя и картофеля в Новосибирской области.- Новосибирск.1988.-30с.
5. Набока В.В., И.Г. Ковригина И.Г. Методы оценки условий формирования урожая и прогноза средней урожайности яровой пшеницы по территории Томской, Новосибирской, Кемеровской областей и Алтайского края и результаты их оперативных испытаний. //Информационный сборник ГМЦ РФ № 38. 2011.- С.115-130.
6. Агрометеорологический ежегодник. Вып.20, за 1971-2011 гг. Новосибирск 1972-2012гг.
7. Решение участников Международной научно-практической конференции «Агрометеорологическое обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства в условиях глобального изменения климата». (ГУ «ВНИИСХМ». Росгидромет. г.Обнинск, 9-13 октября 2006г.)//Труды ВНИИСХМ.2006.вып.36.С.437-440.
8. 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.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 Научные основы методов .....	5
1.1 Методологические основы расчета комплексной количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая ярового ячменя.....	7
1.2 Методологические основы прогноза урожайности ярового ячменя ....	8
2 Адаптация модели для расчета средней урожайности ярового ячменя по территории Томской области .....	11
3 Апробация методов.....	14
3.1 Апробация метода оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая ярового ячменя .....	14
3.2 Апробация методов прогноза урожайности ярового ячменя .....	16
4. Методика выполнения расчетов .....	22
5. Инструкция по работе с программным комплексом.....	23
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	33
Список использованных источников.....	35

Список исполнителей

Ответственный исполнитель  
канд. с.-х. наук

 - Т.В. Старостина

Исполнители:

 - В.В. Набока

 Т.М. Пахомова

 Н.А. Пономарева

Нормоконтролёр

 Т.П. Панькова