

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 » 12 2013 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

Настоящие методические указания разработаны для территории Томской области и предназначены для расчета комплексной количественной оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая овса 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 овса – 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 овса 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 оснащённости 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 овса 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 овса 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 злаковых культур «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 овса 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, определённых по полной программе.

Таким образом, в исходном состоянии модельный посев культуры по каждой станции обладает 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 яровых зерновых культур на примере ярового ячменя «Погода–Урожай» (ВНИИСХМ) [2,3] 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 для культуры овса в условиях Томской области

необходима корректировка определенного ряда её параметров, наиболее сильно влияющих на расчет текущих значений биомассы и запасов влаги.

1.1 Методологические основы расчета комплексной количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая овса

Для расчета при помощи динамико-статистической модели комплексной количественной оценки агрометеорологических условий формирования урожая овса 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 (η_k) конечных урожаев, рассчитанных по условиям текущего (Y_k) и прошлого года (Y_{rpg}) за оцениваемый период:

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

Таким образом, чтобы дать количественную оценку агрометеорологических условий формирования урожая овса, 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_{rpg} - 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 овсом 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 овса

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 овса 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 « η_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; $Y_{\text{гг}}$ – урожайность, рассчитанная на модели по фактическим данным года-эталона (прошлый год) за аналогичный период.

Для варианта «N1» вторая составляющая рабочего набора 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 овса по территории Томской области

Для адаптации модели к современным условиям, в том числе и к соответствующему уровню урожайности овса, привлечены данные тех же опорных ГМС, по которым проводилась адаптация базовой модели для расчетов по яровому ячменю: Парабель, Подгорное, Молчаново, Бакчар,

Первомайское, Томск, Кожевниково. Недостающая информация по числу часов солнечного сияния восстановлена по близлежащим ГМС.

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

Определение и уточнение параметров модели выполнено путем статистической обработки данных наблюдений за 1991-2009 годы и методом итерационного подбора оптимальных величин параметров.

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 овса на временном отрезке, взятом для разработки методов, (1991-2009гг.) не значим на 5%-ном уровне значимости - коэффициент корреляции равен 0,185 при значимой величине равной 0,456. За последние 15 лет этого периода (1995-2009гг.) тренд урожайности так же не значим на 5%-ном уровне значимости - коэффициент корреляции равен 0,206 при значимой величине 0,514.

Достигнутая степень согласования рассчитанных и фактических величин средней областной урожайности овса по результатам адаптации модели показана на рисунке 1. Коэффициент корреляции равен 0,612 при значимой величине на 5%-ном уровне значимости равном 0,456.

Обеспеченность расчетов урожайности с ошибкой, не превышающей 0,67 σ (1,1 ц/га), за 1991-2009гг. составила 73,7%. Обеспеченность расчетов

с относительной ошибкой не более 20 % равна 100% (за пятнадцатилетний период 1995-2009гг. - 73,3% и 100%, соответственно).

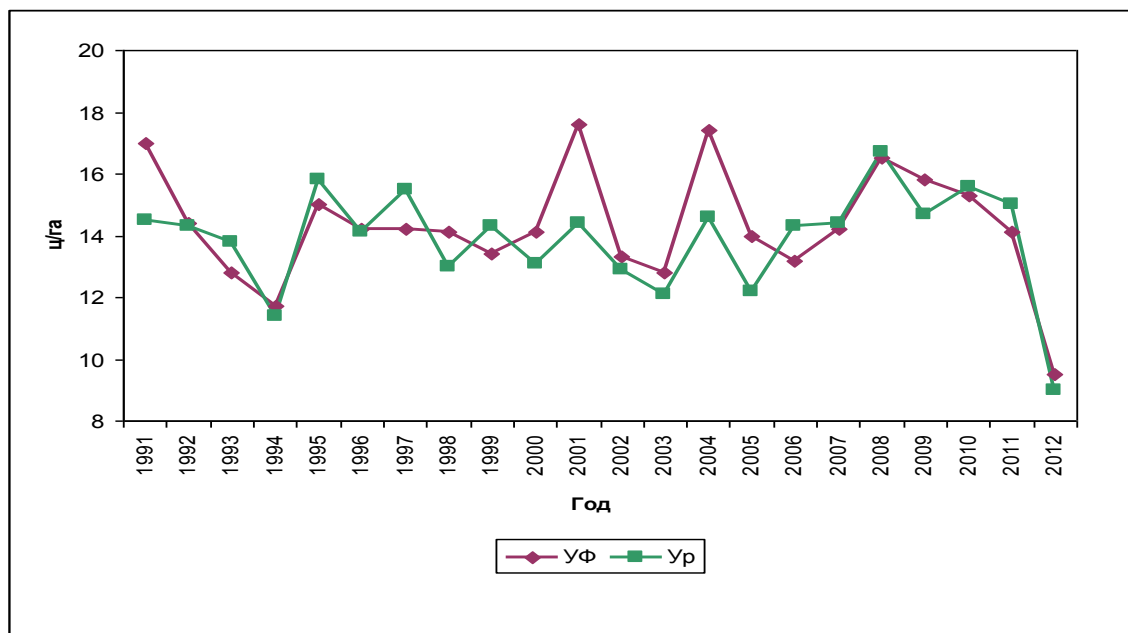


Рисунок 1 - Сравнение рассчитанных (Ur) и фактических (Уф) величин средней урожайности овса по Томской области. 2010-2012 гг. - по независимым данным

Верификация модели выполнена на независимых данных 2010-2012 гг. За этот период обеспеченность расчетов урожайности с ошибкой, не превышающей $0,67\sigma_y$ и с относительной ошибкой, не превышающей 20 %, равна 100 % (таблица 1).

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

Год	Фактическая урожайность (Уф), ц/га	Рассчитанная урожайность (Ur), ц/га	Абсолютная ошибка (ΔU), ц/га	Относительная ошибка (Pi), %
2010	15,3	15,6	-0,3	2,0
2011	14,1	15,0	-0,9	6,4
2012	9,5	9,0	0,5	5,2

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

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

3 Апробация методов

3.1 Апробация метода оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая овса

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 оцениваемого года, относительно условий прошлого года, принято отношение фактических величин урожайности оцениваемого года к урожайности предыдущего.

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

Коэффициент корреляции рассчитанных и фактических оценок условий формирования урожая овса за полный вегетационный период 1991-2009 гг. составляет 0,690, при значимой величине на 5%-ном уровне равной 0,456. Обеспеченность относительной ошибки не превышающей 20% равно 89%.

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.

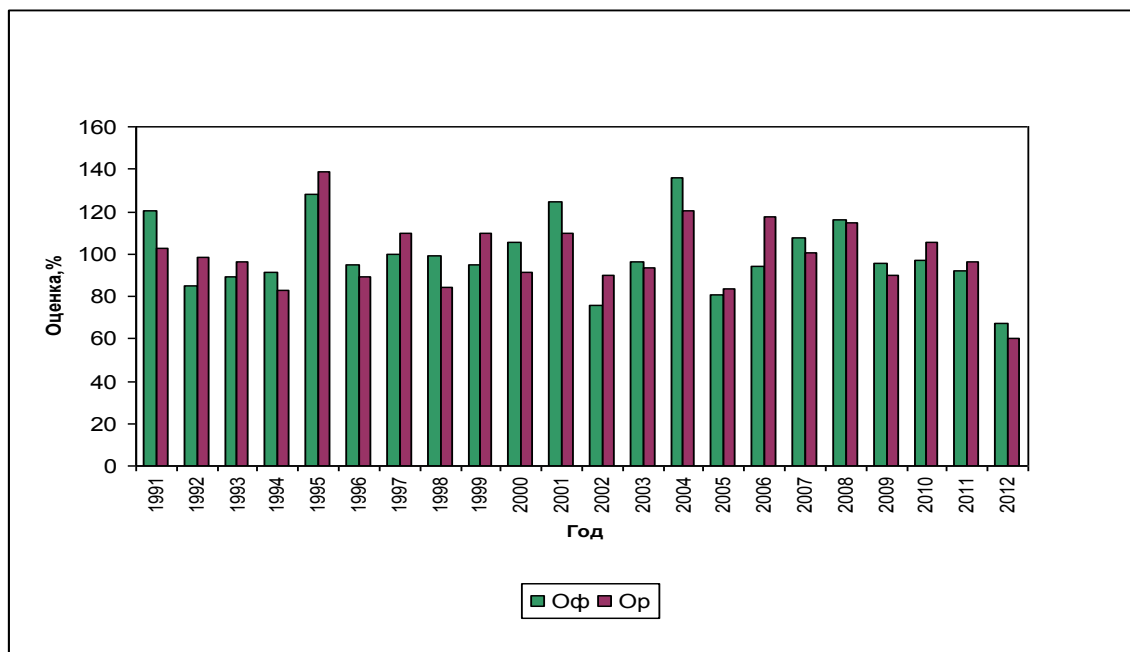


Рисунок 2 - Сравнение рассчитанных (Op) и фактических (Of) оценок агрометеорологических условий формирования урожая овса по Томской области за полный вегетационный период. 2010-2012 гг. - по независимым данным

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

Таблица 2 - Сравнение рассчитанных и фактических величин комплексных оценок агрометеорологических условий формирования урожая овса по 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- лютная	относи- тельная
	текущий год	прошлый год	текущий год	прошлый год				
2010	15,3	15,8	15,6	14,8	96,8	105,4	-8,6	8,9
2011	14,1	15,3	15,0	15,6	92,2	96,2	-4,0	4,3
2012	9,5	14,1	9,0	15,0	67,4	60,0	7,4	11,0

3.2 Апробация методов прогноза урожайности овса

На основе полученной прикладной модели продукционного процесса овса для Томской области апробированы методы прогноза урожайности в 4-рех вариантах для каждого стандартного срока составления прогноза. Каждый из вариантов соответствует определенному сценарию ожидаемых метеорологических условий на период от даты составления прогноза до конца вегетации, описанных в разделе 1.2.

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

Таблица 3 - Диагностическая оценка методических прогнозов в сравнении с инерционным и климатологическим

Метод	Число лет	Критерий оценки		
		Коэффициент корреляции, r	< 0.67 σ_y , %	$P_i < 20\%$, %
Предварительный прогноз				
N1	12	0,101	41,7	58,3
N2		0,252	66,7	75,0
N3		0,307	58,3	75,0
N4		0,204	50,0	58,3
Инерционный		0,043	50,0	66,7
Климатологический		0,628	41,7	83,3
Уточненный прогноз				
N1	16	0,441	43,8	81,2
N2		0,594	68,8	87,5
N3		0,525	75,0	81,2
N4		0,379	43,8	81,2
Инерционный		0,022	56,2	75,0
Климатологический		0,332	56,2	87,5

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 с 2001 года, на август - с 1997 года по текущий год.

Согласно таблице 3, на предварительный срок прогноза (21 июня) удовлетворительная обеспеченность прогностических расчетов получена по методическому прогнозу "N2". Обеспеченность допустимой погрешности по критерию $0,67 \sigma_y$ равна 66,7%, при обеспеченности расчетов с относительной ошибкой, не превышающей 20 % , равной 75,0 %.

На срок прогноза 21 июля диагностические оценки методических прогнозов "N3" и "N2" по первому критерию за аналогичный период лет равняются соответственно 75,0% и 68,8%, по второму - 81,2% и 87,5%, соответственно. Кроме того, результаты расчетов по вариантам "N3" и "N2" показывают значимую корреляцию с фактической урожайностью.

Авторская оценка успешности методов прогноза урожайности овса на независимых данных за 2010-2012 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 σ_y - среднеквадратическое отклонение величин урожайности за расчетный период. На начало авторских испытаний величина допустимого отклонения равна 1,3 ц/га для предварительного прогноза и 1,1 ц/га для уточненного.

Таблица 4 - Сравнительная оценка качества методов прогноза средней областной урожайности овса всех категорий хозяйств по Томской области на независимых данных 2010-2012гг.

Предварительный срок прогноза (21 июня)

Год	Фактическая урожайность, ц/га	Тип прогноза										
		Методический N1			Методический N2			Методический N3				
		Прогнозируемая урожайность, ц/га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %	Прогнозируемая урожайность, ц/га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %	Прогнозируемая урожайность, ц/га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
2010	15,3	15,8	-0,5+	3,3	14,9	0,4+	2,7	14,9	0,4+	2,7		
2011	14,1	13,3	0,8+	5,3	13,6	0,5+	3,3	15,9	-1,8-	11,2		
2012	9,5	14,0	-4,5-	31,7	14,3	-4,8-	33,8	13,5	-4,0-	28,2		
		Методический N4			Инерционный			Климатологический				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2010	15,3	15,8	-0,5+	3,3	15,8	-0,5+	3,3	14,7	0,6+	4,0		
2011	14,1	15,4	-1,3+	8,6	15,3	-1,2+	7,9	15,0	-0,9+	5,9		
2012	9,5	12,7	-3,2-	22,5	14,1	-4,6-	32,4	15,2	-5,7-	40,1		

Продолжение таблицы 17

Уточненный срок прогноза (21 июля)

Год	Фактическая урожайность, ц/га	Тип прогноза										
		Методический N1			Методический N2			Методический N3				
		Прогнозируемая урожайность, ц/га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %	Прогнозируемая урожайность, ц/га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %	Прогнозируемая урожайность, ц/га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
2010	15,3	15,1	0,2+	1,3	14,2	1,1+	6,0	16,3	-1,0+	8,7		
2011	14,1	14,4	-0,3+	2,0	14,9	-0,8+	4,6	13,4	0,7+	5,3		
2012	9,5	9,0	0,5+	3,5	9,6	-0,1+	0,7	9,4	0,1+	0,7		
		Методический N4			Инерционный			Климатологический				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2010	15,3	17,4	-2,1-	14,0	15,8	-0,5+	3,3	14,7	0,6+	4,0		
2011	14,1	13,0	1,1+	7,2	15,3	-1,2-	7,9	15,0	-0,9+	5,9		
2012	9,5	8,8	0,7+	4,9	14,1	-4,6-	32,4	15,2	-5,7-	40,1		

На рисунках 3 и 4 представлено сравнение фактических и прогнозируемых величин урожайности, рассчитанных по сценариям "N1"- "N4" за аналогичные периоды лет (из них 2010-2012 годы с расчетами по независимым данным). Результаты расчетов по наиболее успешным из них и динамика фактической урожайности выделены более жирными линиями.

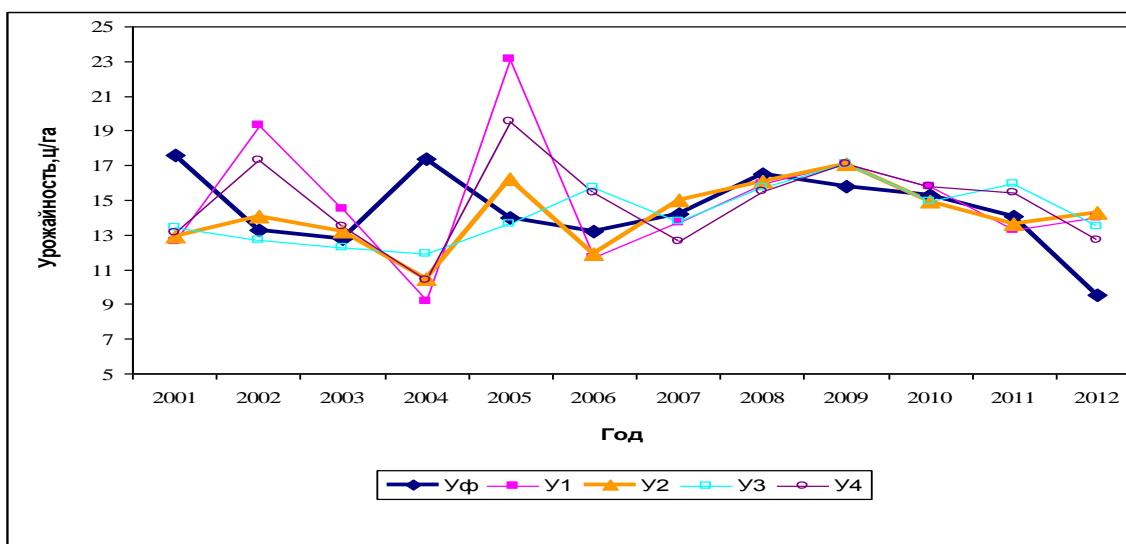


Рисунок 3 - Сравнение средней урожайности овса по Томской области, рассчитанной в предварительный срок прогноза (21 июня) по выбранным сценариям ожидаемых агрометеорологических условий, фактической (Уф)

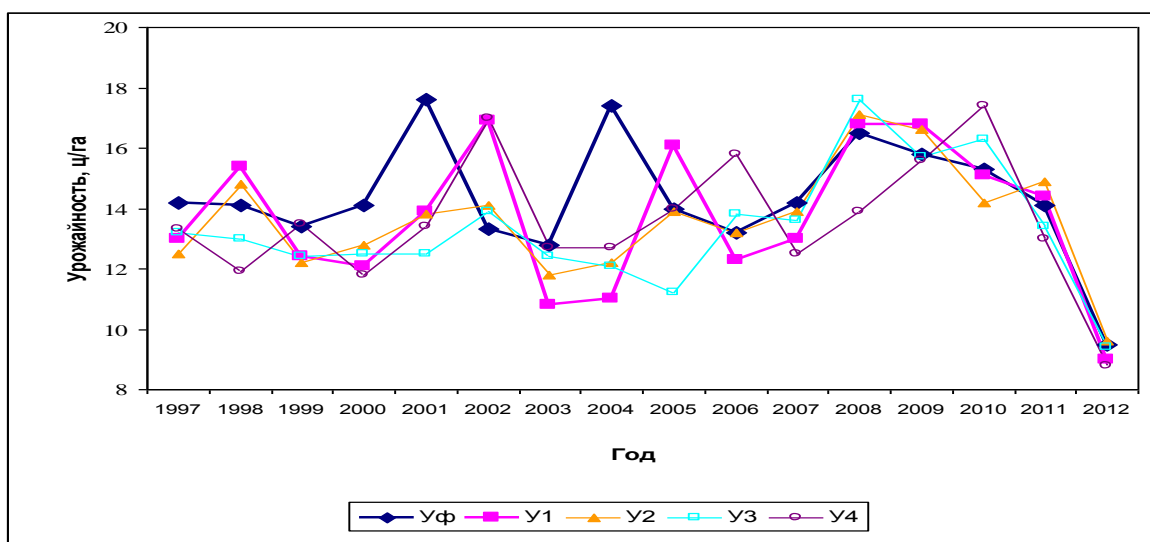


Рисунок 4 - Сравнение средней урожайности овса по Томской области, рассчитанной в уточненный срок прогноза (21 июля) по выбранным сценариям ожидаемых агрометеорологических условий, и фактической (Уф)

В предварительный срок прогнозирования в двух годах из трех оправдались варианты методических прогнозов "N1", "N2", "N4" и климатологический прогнозы; "N3" и инерционный - по одному году из трёх. Незначительным преимуществом по средней относительной ошибке оправдавшихся прогнозов обладает вариант "N2".

В уточненный срок прогнозирования методические прогнозы по вариантам "N1", "N2", "N3" оправдались за все три года авторских

испытаний с преимуществом по средней относительной ошибке оправдавшихся прогнозов у варианта "N1" (таблица5).

Таблица 5 - Оценка оправдываемости методов прогноза средней областной урожайности овса всех категорий хозяйств по Томской области на независимых данных 2010-2012 годов

Тип прогноза	Оправдываемость, %	Ошибка, %
Предварительный прогноз		
Методический N1	66,7	4,3
Методический N2	66,7	3,0
Методический N3	33,3	2,7
Методический N4	66,7	6,0
Инерционный	66,7	5,6
Климатологический	66,7	5,0
Уточненный прогноз		
Методический N1	100	2,3
Методический N2	100	3,8
Методический N3	100	4,9
Методический N4	66,7	6,0
Стандартные прогнозы		
Инерционный	33,3	3,3
Климатологический	66,7	5,0

По средней оправдываемости прогнозов за три года, согласно таблице 6 в предварительный срок прогнозирования на первом месте методический прогноз "N4" (84,6%), а на втором методический "N2" (81,5%). Из методических прогнозов предварительного срока оправдываемость варианта "N2" ниже остальных в аномально засушливом 2012 году. За

предшествующие два года оправдываемость предварительных прогнозов по варианту "N2" выше остальных, а в 2010 году равна оправдываемости "N3".

По уточнённом сроку прогнозирования методический прогноз "N1" по средней оправдываемости за три года авторских испытаний показал самый высокий результат – 97,1%.

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

Метод	Оправдываемость прогнозов, %			
	Средняя за 2010-2012 гг.	2010	2011	2012
Предварительный прогноз				
Методический N1	81,2	96,7	94,3	52,6
Методический N2	81,5	97,4	96,5	50,5
Методический N3	80,8	97,4	87,2	57,9
Методический N4	84,6	96,7	90,8	66,3
Уточненный прогноз				
Методический N1	97,1	98,7	97,9	94,7
Методический N2	95,7	92,8	94,3	99,9
Методический N3	95,8	93,5	95,0	99,0
Методический N4	90,4	86,3	92,2	92,7
Стандартные прогнозы				
Инерционный	80,2	96,7	92,2	51,6
Климатологический	75,1	91,6	93,6	40,0

4 Методика выполнения и программное обеспечение расчетов

Для выполнения расчетов оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая и ожидаемой средней областной урожайности овса по выбранным вариантам методических прогнозов создана автоматизированная технологическая линия, включающая:

1) Пакет программ для персонального компьютера на языке Фортран, помещенных в директорию “ОвесТ” и состоящий из:

- программы усвоения ежедневных и декадных данных из электронной версии таблицы ТСХ-1 рабочими наборами данных “ov.dat”, “ov1.dat”, и ovo.dat (загрузочный модуль “ovecte.exe”);

- программы расчета оценки сложившихся условий формирования урожая на заданный момент вегетационного периода (загрузочный модуль rovo.exe);

- программы расчета ожидаемых средних по области величин урожайности (загрузочный модуль rov.exe);

- инструкции по корректировке данных и эксплуатации технологической линии.

2) Каталога фрагментов метеорологических блоков рабочих наборов данных за 1971-2012 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 овса изложена в инструкции по эксплуатации программного комплекса.

5. Инструкция по эксплуатации программного комплекса

" Расчет количественной оценки условий формирования урожая и прогноза урожайности овса по Томской области".

Программа предназначена:

- 1) Для автоматизация процесса занесения в наборы данных ov.dat, ovo.dat, ov1.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 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
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 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.

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

Программа поставляется в виде файла ОвесТ.гар

1. Установка программы:

1. Скопируйте файла ОвесТ.гар и разархивируйте на диск с которого есть доступ к каталогу Тсх-1 .

2. В **conf.ove** 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>

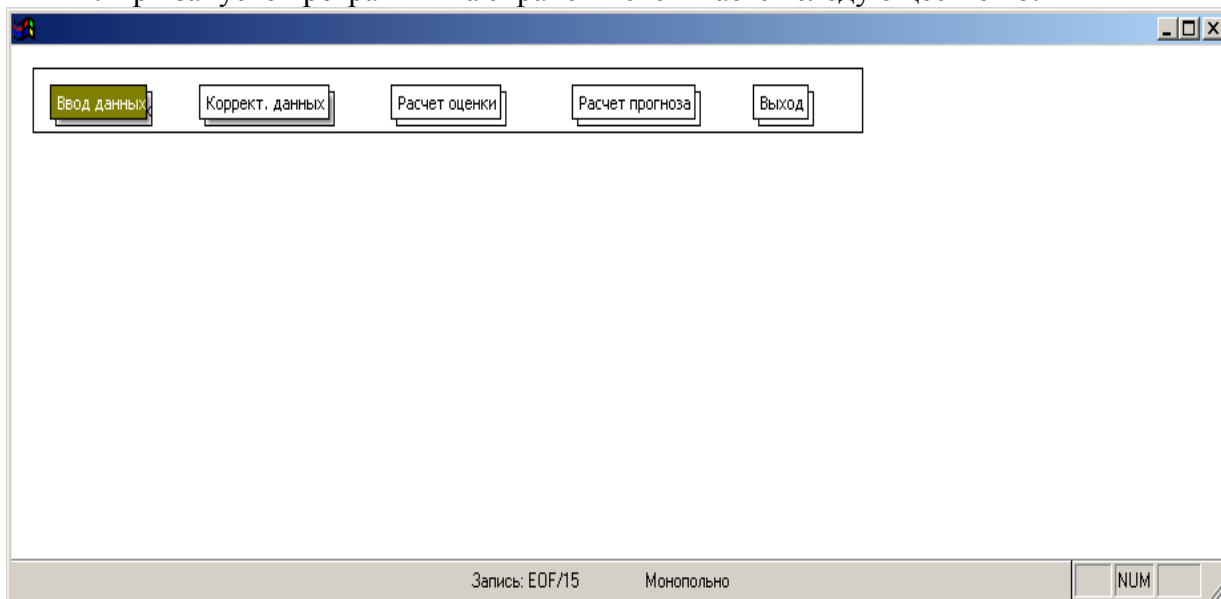
2. Запуск программы.

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

2. Войдите в каталог ОвесТ и нажмите <Enter> (или мышкой) на pusk.bat .

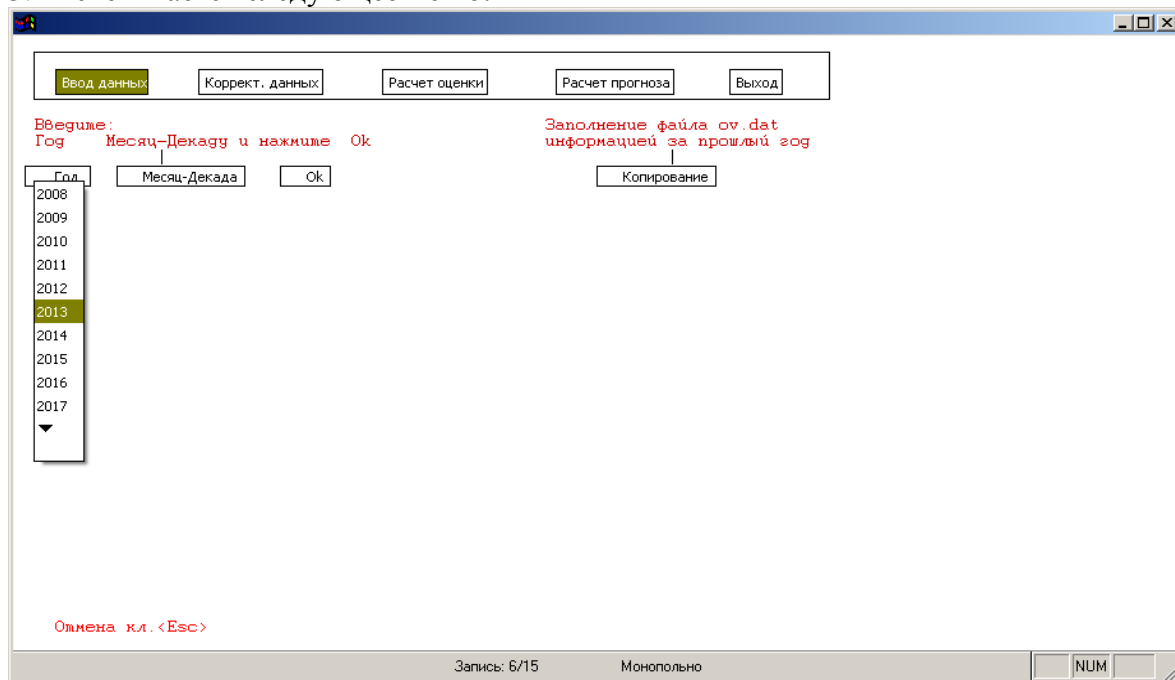
3. Инструкция по работе программы.

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 Ov.dat . (При работе в 2012 г. исходным будет файл за 2011 г.).

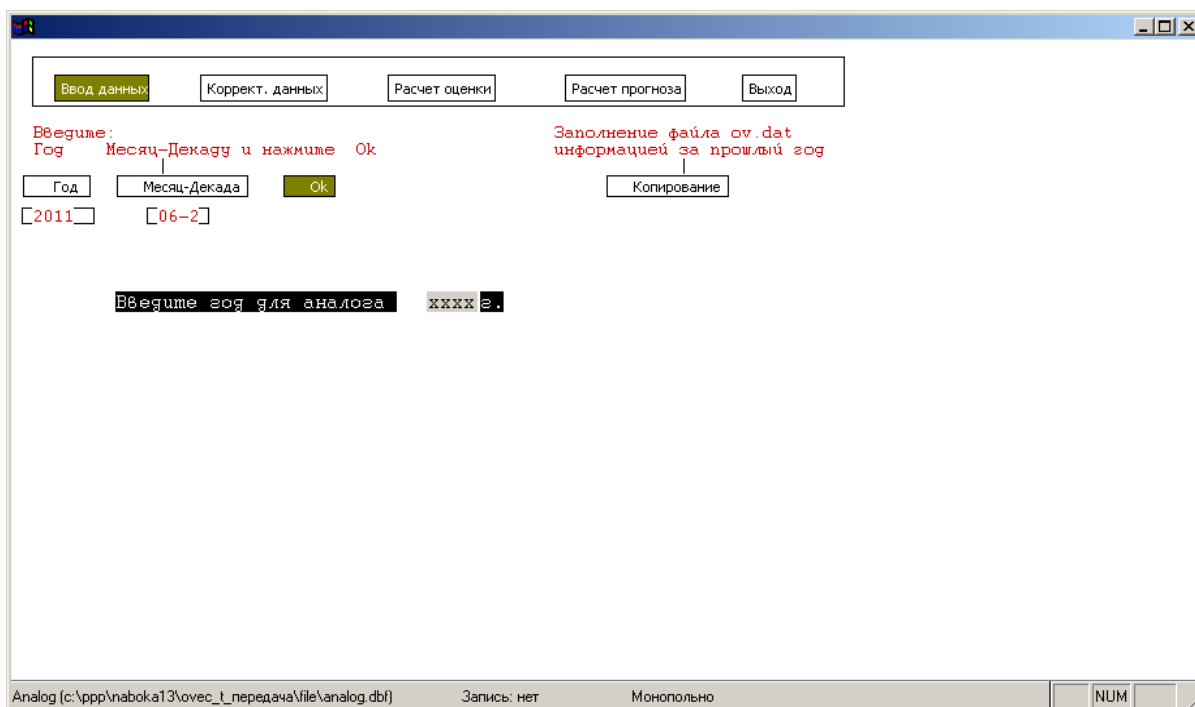
Используя подсказки на экране, введите год, месяц и декаду выборки данных и нажмите на <Ok> .

5. При выборе декады появится запрос следующего вида:

6. Произойдет выборка данных из таблиц Tcx-1 и заполнение наборов Ov.dat, Ovo.dat, Ov1.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 и 2-й декады июля требуется ввести год аналога по долгосрочному прогнозу погоды на июль и август соответственно.

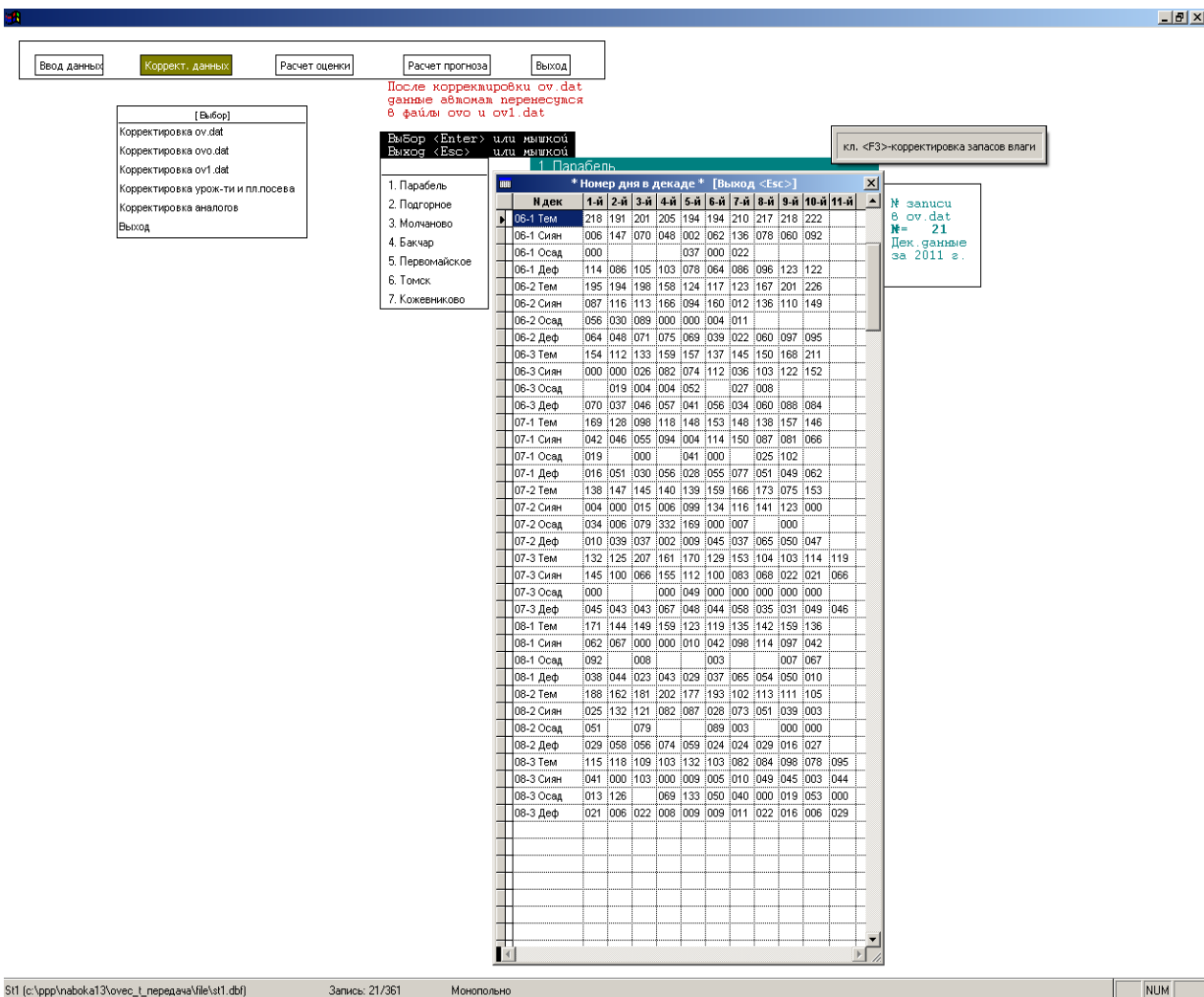
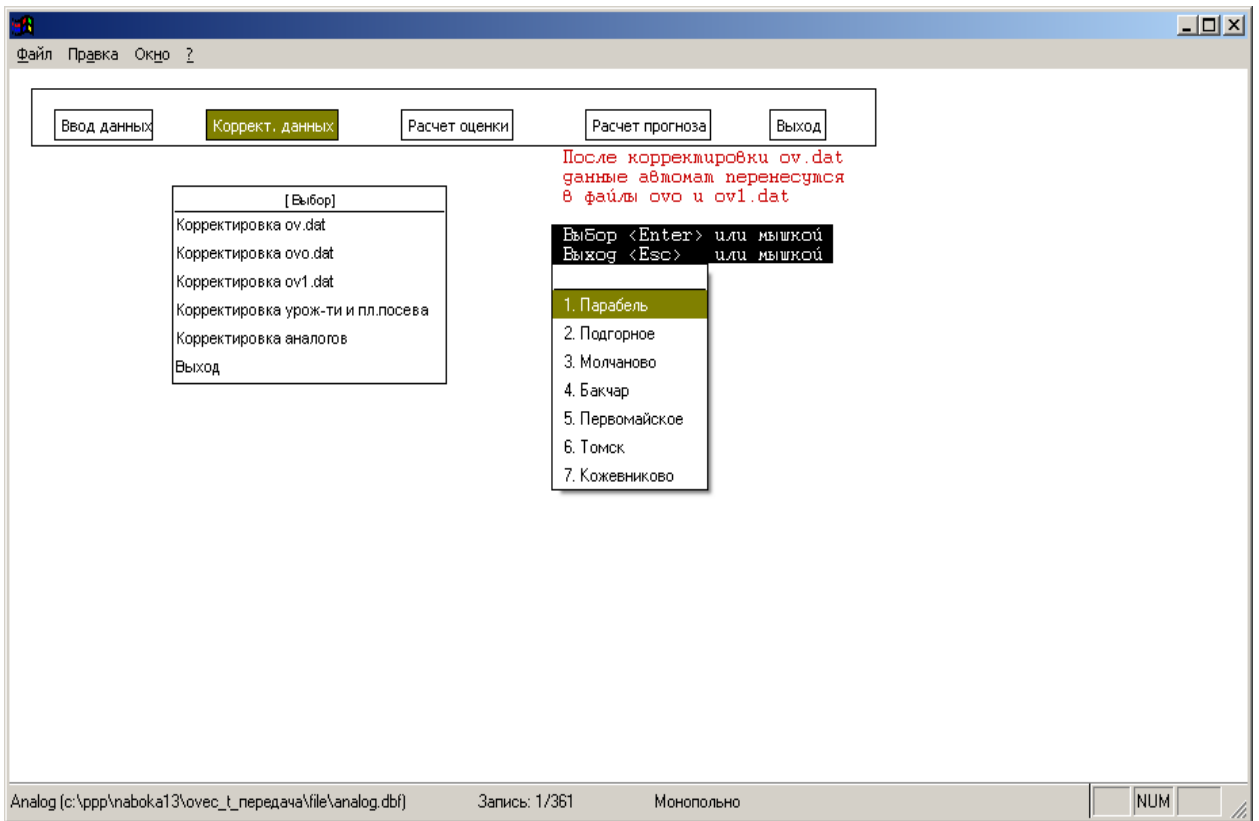


При выборе 3-й декады августа (08-3), например, 2011 г. произойдет формирование файла Ov2011.dat, который будет исходным файлом для начала работы (06-1) в 2012 г. А также будет автоматически сформирован файл-аналог за 2011 г. \Analog\tt11.

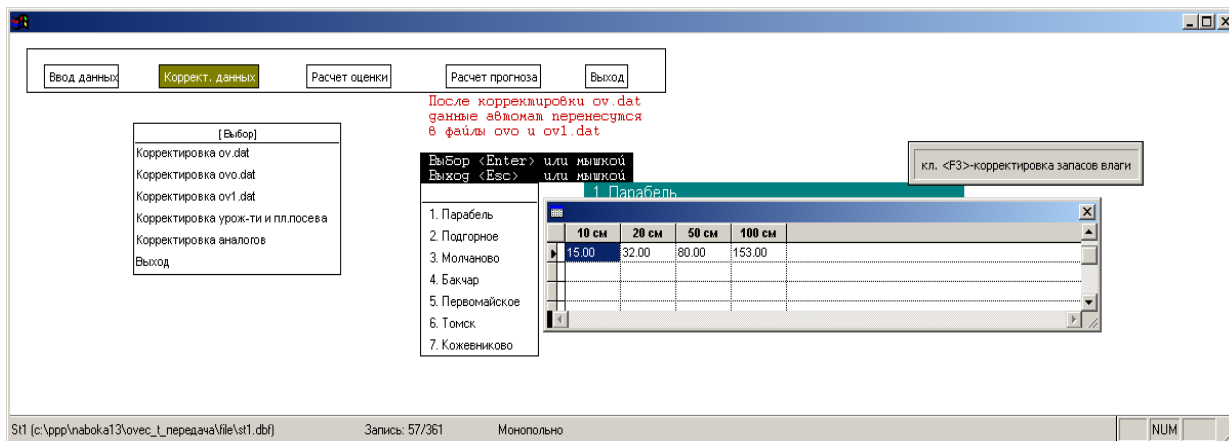
7. После ввода данных нужно войти во 2-й пункт меню и просмотреть наборы Ov.dat, Ovo.dat, Ov1.dat.

Если **отсутствуют** некоторые данные (не поступление или ошибки в таблицах Тсх-1), надо отредактировать или **ввести** данные. Корректировать следует только Ov.dat.

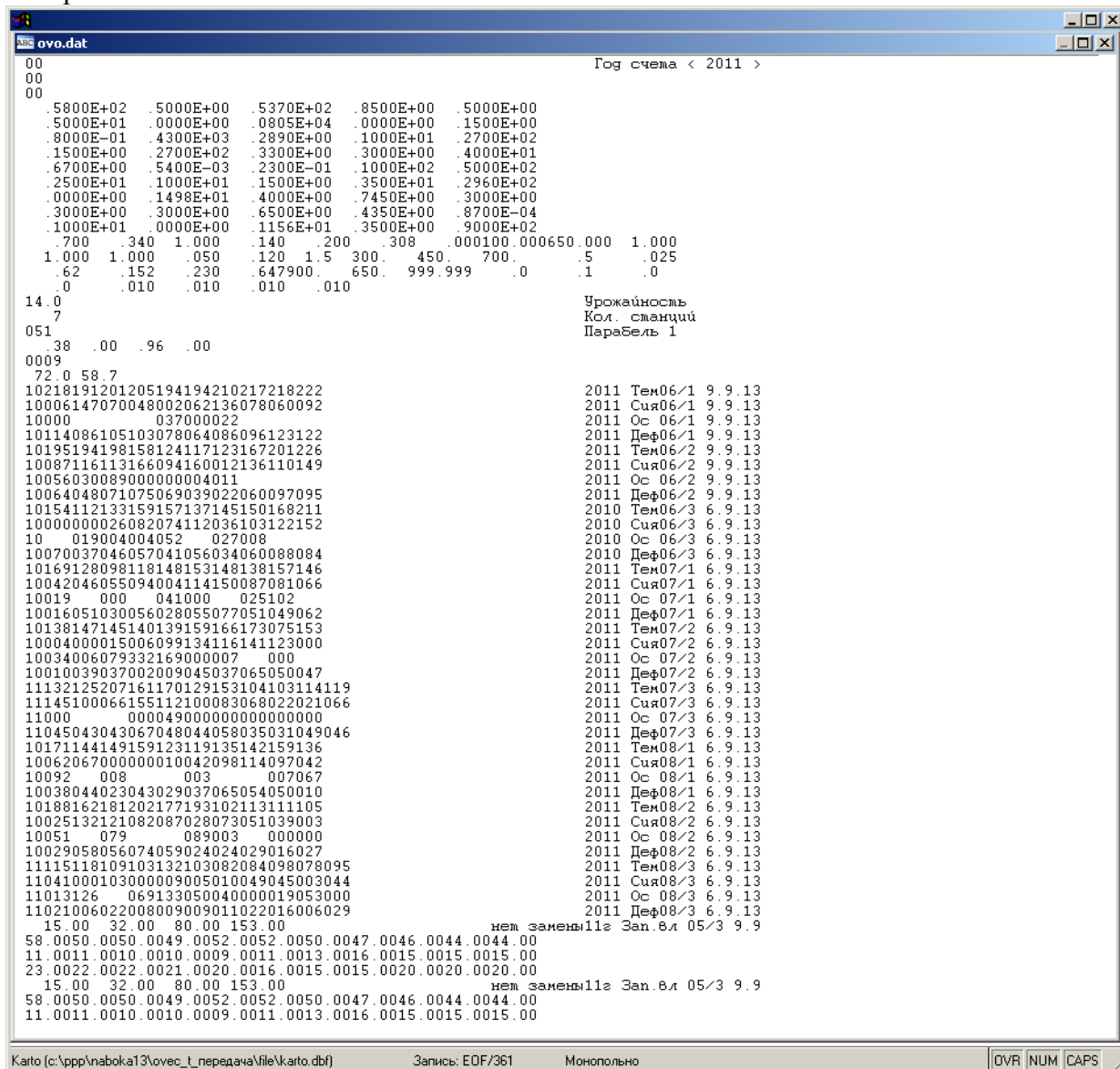
Все данные автоматически перенесутся в Ovo.dat и Ov1.dat. Выберите станцию из правого меню и откорректируйте данные.



8) Нажмите клавишу F3 для корректировки запасов влаги:



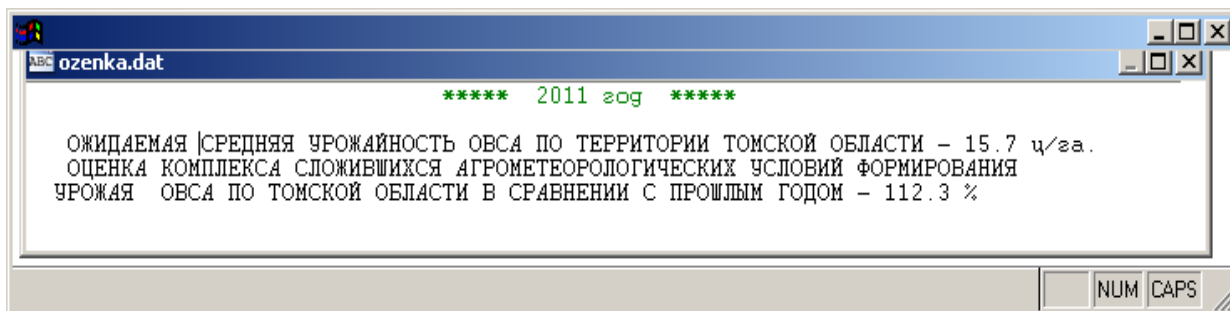
9. В наборах Ov.dat и др. есть некоторые подписи - подсказки для данных, например, набор Ovo.dat:



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

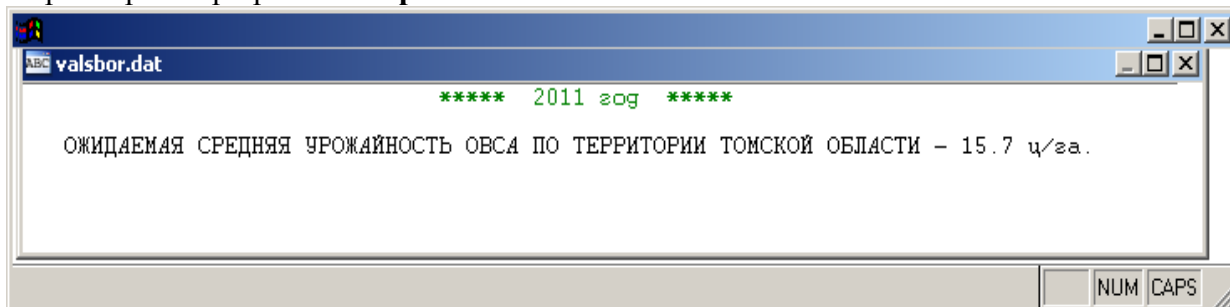
12. Результаты выводятся на экран и в файлы Ozenka.dat (оценка) и Valsbor.dat (прогноз урожайности).

Образ экрана при расчете **оценки:**



```
***** 2011 год *****  
ОЖИДАЕМАЯ СРЕДНЯЯ УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА ПО ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ - 15.7 ц/га.  
ОЦЕНКА КОМПЛЕКСА СЛОЖИВШИХСЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ  
УРОЖАЯ ОВСА ПО ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ В СРАВНЕНИИ С ПРОШЛЫМ ГОДОМ - 112.3 %
```

Образ экрана при расчете **прогноза:**



```
***** 2011 год *****  
ОЖИДАЕМАЯ СРЕДНЯЯ УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА ПО ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ - 15.7 ц/га.
```

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Получены удовлетворительные результаты адаптации динамико-статистической модели формирования урожая злаковых культур «Погода-Урожай» с суточным разрешением для расчета средней урожайности всех категорий хозяйств после доработки овса по Томской области. Оценки согласования рассчитанных на модели и фактических характеристик продуктивности посевов позволили апробировать её на возможность применения в качестве средства расчетов для агрометеорологического обеспечения производства данной группы культуры на рассматриваемой территории.

2. По результатам авторских испытаний и достигнутой степени автоматизации технологии расчетов, представляется возможным предложить для оперативных испытаний следующие методы и технологии агрометеорологических расчетов:

- метод и технологию оценки комплекса сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая овса на конец каждой декады вегетационного периода. Средняя оправдываемость оценок за полный вегетационный период по независимым данным за 2010-2012 годы – 91,9%;

- метод и технологию прогноза средней областной урожайности овса по всем категориям хозяйств по вариантам будущей погоды "N2" - "прошлый год" для предварительного прогноза и для уточненного прогноза по варианту "N1" – оценке сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая на дату составления прогноза. Средняя оправдываемость прогнозов по независимым данным за 2010-2012 годы: предварительного - 81,5%, уточненного – 97,1%.

3. Для выполнения расчетов предлагается использовать разработанные технологические линии, включающие пакеты программ для персонального компьютера и материалы информационного обеспечения.

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 урожаев//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 урожаев в аридной зоне.-Тр. ВНИИСХМ,1985,вып.10,стр. 43-61.
4. Набока В.В. О развитии в ГУ «СибНИГМИ» прикладного динамико-статистического моделирования для агрометеорологического обеспечения земледелия Урало-Сибирского региона. //Труды СибНИГМИ. Вып.106.С.112-129.
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. 2011. С.115-130.
6. 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.С437-440.
7. Агрометеорологический ежегодник. Вып.20, за 1971-2011 гг. Новосибирск 1972-2013гг.
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 овса	7
1.2 Методологические основы прогноза урожайности овса	8
2 Адаптация модели для расчета средней урожайности овса по территории Томской области	10
3 Апробация методов.....	13
3.1 Апробация метода оценки сложившихся агрометеорологических условий формирования урожая овса.....	13
3.2 Апробация методов прогноза урожайности	15
4. Методика выполнения расчетов	21
5. Инструкция по работе с программным комплексом.....	22
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	29
Список использованных источников.....	30
Список исполнителей	

Ответственный исполнитель
канд. с.-х. наук



Т.В.Старостина

Исполнители:



В.В.Набока



Т.М.Пахомова

Нормоконтролёр



Т.П.Панькова