

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»

О.В.Климов

«27» сентября 2021 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методы прогноза урожайности картофеля по
Иркутской области

Разработаны в рамках темы:

1.2.4.2. Разработка автоматизированных методов прогноза урожайности картофеля, многолетних, однолетних и луговых трав на сено по Иркутской области плана НИТР Росгидромета на 2020-2024 гг.

Руководитель НИР,
младший научный сотрудник

О.И. Пищимко

Новосибирск 2021

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методы прогноза урожайности картофеля по Иркутской области

(Проект)

Настоящие методические указания рекомендованы для использования в оперативной работе ФГБУ «Иркутское УГМС» при прогнозировании урожайности картофеля по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным предприятиям Иркутской области в единые по России сроки (1-3 августа).

Предлагаемая методика разработана с использованием данных наземных наблюдений на гидрометеорологических станциях и с учетом статистических сведений о урожайности территориальной федеральной службы государственной статистике по Иркутской области с 1981 по 2020 годы. Методы прогнозов базируются на физико-статистических моделях.

В ходе разработки моделей изучена многолетняя динамика урожайности картофеля, выявлены наиболее значимые факторы и показатели формирования урожая. Опробованы алгоритмы решения задач и изучены статистические свойства ошибок прогнозов на архивном и тестовом материале. Отобраны наиболее информативные факторы, лимитирующие показатель урожайности.

В настоящих методических указаниях изложено описание модели для прогнозирования урожайности картофеля по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным предприятиям: методические аспекты, обоснование структуры модели и технология ее создания. Приведены результаты авторских испытаний метода на независимом материале 2017-2019 годов. Разработана автоматизированная технология расчета прогноза урожайности картофеля по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным предприятиям на персональном компьютере.

Указания предназначены для специалистов агрометеорологов, занимающихся вопросами агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель на территории Иркутской области является ценной продовольственной, кормовой и технической культурой. Возделывается практически на всей освоенной в сельскохозяйственном отношении территории.

Климат на территории Иркутской области умеренный, резко континентальный, обусловлен географическим положением. Зимний период затяжной, отличается сухостью и значительными понижениями температур. Средняя температура января колеблется от -36°C на севере до -21°C на юге области, на побережье Байкала $-17,2^{\circ}\text{C}$. Летний период отличается высокими температурами и малым количеством осадков в июне начале июля, во второй половине лето – дождливое (до 80–85% годовой суммы осадков). Средняя температура июля $15-16^{\circ}\text{C}$ на севере, на юге $17-18^{\circ}\text{C}$. Осадков в год 350–450 мм, в горах до 700 мм и выше. Континентальный климат сопровождается значительной изменчивостью погодных условий, что приводит к существенным колебаниям урожайности по годам. В связи с зависимостью урожайности картофеля от условий погоды и значительных колебаниях валового сбора необходима современная технология, позволяющая заблаговременно прогнозировать валовой сбор картофеля [1,2].

В системе оперативного агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства значительная роль отводится агрометеорологическим прогнозам урожайности сельскохозяйственных культур. Новые модели и технологии с применением персональных компьютеров обеспечивают повышение точности, устойчивости и оперативности получения результатов прогноза; способствуют повышению качества агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства. По территории Иркутской области до настоящего времени был разработан метод расчета урожайности картофеля в 1992 г, но он устарел и требовал. Разработка метода выполнялась с ориентацией на принятые в Росгидромете оперативные сроки составления прогноза урожайности картофеля по Иркутской области.

1 Методические аспекты и обоснование структуры модели

В настоящее время отечественной агрометеорологической наукой достигнуты значительные успехи в разработке методов прогноза урожайности сельскохозяйственных культур [3,9].

Исследования по прогнозированию урожайности сельскохозяйственных культур в России и за рубежом ведутся в основном по трем направлениям:

1) статистическому, когда методы прогноза урожайности разрабатываются на основании учета статистических закономерностей влияния агрометеорологических условий на формирование продуктивности сельскохозяйственных культур;

2) динамическому или динамико-статистическому, основанному на динамических моделях формирования урожайности, учитывающих влияние факторов внешней среды на основные процессы жизнедеятельности растений (фотосинтез, дыхание, рост и развитие);

3) синоптико-статистическому, когда прогностические схемы строят с учетом таких закономерностей атмосферной циркуляции, которые обуславливают погоду на обширной территории на длительное время (периоды).

На практике прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, как правило, ведется с учетом результатов расчетов либо по физико-статистическим, либо по динамическим моделям.

Физико-статистические модели хорошо зарекомендовали себя на практике благодаря простоте расчетов, удобству их применения и приемлемой во многих случаях успешности прогнозов.

Что касается регрессионных моделей, то методика их создания в целом отработана многолетним опытом множества коллективов ученых и практиков-агрометеорологов. Наиболее трудоемок и плохо поддается формализации начальный этап, состоящий в том, что для определенной культуры, территории и заблаговременности прогноза изучают условия роста

и формирования урожая. При этом на качественном уровне определяют главные факторы климата, среду обитания растений и культуру земледелия.

Затем составляется предварительный список вероятных факторов, в соответствии с которым отбираются данные из архивов и формируются локальные базы данных. При помощи баз данных рассчитываются корреляционные матрицы, отражающие зависимость факторов между собой и урожайностью.

При анализе матрицы отбирают главные рабочие факторы, принимая во внимание следующее: 1) они должны быть значимы с учетом объема выборки и точности измерения; 2) они должны быть, по возможности, слабо коррелированы между собой или вовсе независимы.

Отобранные таким путем факторы служат материалом для получения уравнений регрессии различной степени сложности (линейных, нелинейных, одно- и многофакторных). Если полученное уравнение обеспечивает приемлемую успешность прогноза (относительная ошибка не более 20 %) на независимых данных нескольких лет, с условием хорошей обеспеченности на зависимом материале, то процесс создания модели считается законченным. В противном случае некоторые из этапов повторяют, но меняя структуру и объем данных, а также вид уравнения.

В практике агрометеорологического прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур широко применяется подход, при котором ряды урожайности рассматриваются, как сумма двух слагаемых – детерминированной составляющей и случайных отклонений от нее.

Первая из них представляет собой функцию времени (тренд) и характеризуется как тенденцией изменения почвенно-климатических условий, так и уровнем культуры земледелия, включающим в себя внедрение новых сортов, мелиоративных мероприятий и т.п. Составляющая, характеризующая отклонения урожайности от сложившейся тенденции, определяется агрометеорологическими условиями вегетационного периода конкретных лет.

2 Основы метода прогноза урожайности картофеля по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным предприятиям на территории Иркутской области.

Исследования показали, что природные условия и климатические ресурсы Иркутской области потенциально благоприятны для возделывания картофеля. Однако вследствие значительной изменчивости агрометеорологических условий по времени и пространству урожайность колеблется по годам.

В последние годы на динамику урожайности заметно влияет специфика материально-технических условий, а также наблюдающиеся изменения регионального климата и агроклиматических ресурсов, усиление антропогенных воздействий на окружающую среду. Эти обстоятельства усложняют процедуру прогнозирования продуктивности сельскохозяйственных культур и требуют дополнительных усилий (в частности, учета большого числа факторов) для обеспечения даже прежних требований к оправдываемости прогнозов. Поэтому, для надежной работы и дальнейшего развития методов агрометеорологического обеспечения аграрного сектора экономики необходимы разработка новых методов их систематическая корректировка и обновление.

По территории Иркутской области методы прогнозов урожайности картофеля разработаны с использованием наземной информации сети агрометеорологических станций.

3 Природные условия Иркутской области

Иркутская область, субъект Российской Федерации; образован в результате объединения Иркутской области и Усть-Ордынского Бурятского автономного округа. Область расположена в Азиатской части России, на юге Восточной Сибири. На юго-востоке омывается водами оз. Байкал (Рис.1) [8].



Рис. 1. Расположение Иркутской области на карте России

Климат Иркутской области

Климат на территории Иркутской области умеренный, резко континентальный. Зимний период затяжной, отличается сухостью и значительными понижениями температур. Средняя температура января колеблется от -36°C на севере до -21°C на юге области, на побережье Байкала $-17,2^{\circ}\text{C}$. Летний период отличается высокими температурами и малым количеством осадков в июне начале июля, во второй половине лето – дождливое (до 80–85% годовой суммы осадков). Ср. температура июля $15\text{--}16^{\circ}\text{C}$ на севере, на юге $17\text{--}18^{\circ}\text{C}$. Осадков в год 350–450 мм, в горах до 700 мм и выше[8].

Мощность снежного покрова в различных районах Иркутской области колеблется от почти полного его отсутствия до 600 мм и более.

Весна начинается в конце марта и продолжается около 35 дней. Снежный покров сходит в апреле. Среднесуточная температура на большей части территории Иркутской области переходит к устойчиво положительной лишь к началу мая.

Осень длится около месяца и характеризуется резкими суточными колебаниями температур и ранними заморозками.

Осадки. Распределение осадков неравномерно как по территории области, так и по временам года. Около 60 % их годовой суммы выпадает в летние месяцы, на весну приходится 12–15 %, на осень 20 %, зимой в виде снега выпадает только 10 %. Максимум осадков приходится на июль–август, минимум на февраль–март. На равнинной территории в среднем за год выпадает 300–400 мм осадков, в горах – свыше 600 мм. Наибольшее количество на территории Иркутской области отмечается в горных районах.

В период с апреля по конец июля по данным ФГБУ «Иркутского УГМС» сумма осадков в исследуемые годы с 1981 по 2019 гг. колебалась от 160 до 250 мм. Осадки в Иркутской области являются одним из основных факторов продуктивности сельскохозяйственного производства и требуют внимательного рассмотрения, при разработке прогностических моделей.

Солнечное сияние. По количеству солнечных дней Иркутская область не уступает Крыму и Северному Кавказу. Ежегодное количество часов солнечного сияния, в зависимости от района, колеблется от 1700 до 2500 (для сравнения: в Кисловодске – 2007, на Южном берегу Крыма 2300) [8].

Рельеф Иркутской области

Территория области охватывает юг Среднесибирского плоскогорья и бассейны верхних течений Ангары, Лены и Нижней Тунгуски. На юго–западе в ее пределы вклиниваются горные массивы Восточного Саяна, на востоке Приморский и Байкальский хребты, Становое и Патомское нагорья. В состав Иркутской области входит часть водной поверхности озера Байкал

[1]. Самая низкая точка находится на дне озера Байкал, вблизи острова Ольхон, и соответствует отметке 1181 м ниже уровня моря. Самая высокая — на вершине Кодарского хребта, на отметке 2999 м выше уровня моря. Таким образом, общий перепад высот в пределах области достигает 4180 м (Рис 2.).

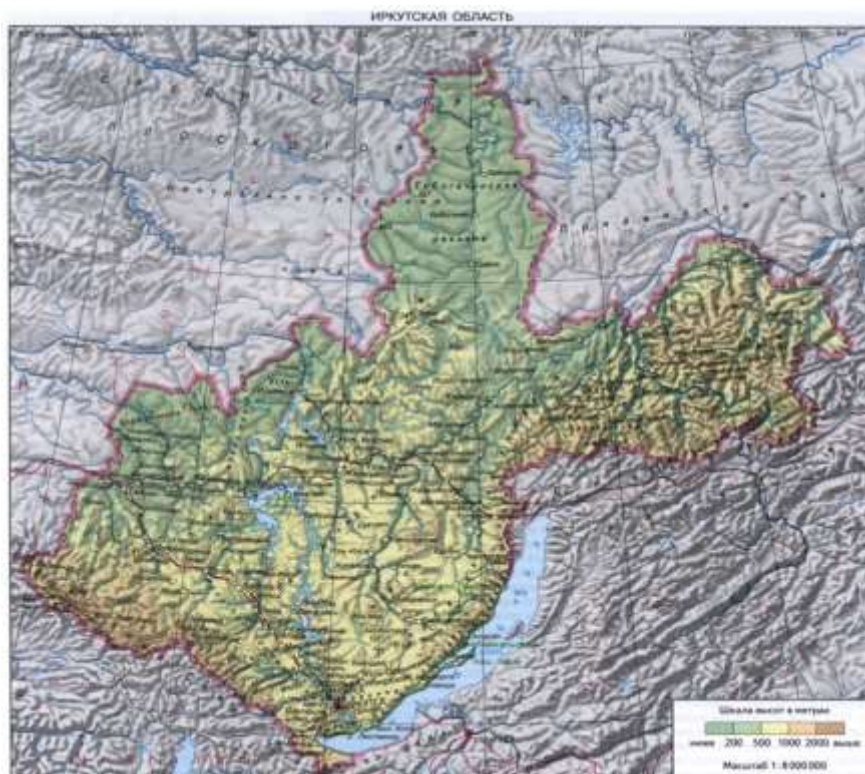


Рис 2. Карта Иркутской области

4. Метод прогноза урожайности картофеля по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным предприятиям Иркутской области

Для создания моделей прогнозирования урожайности картофеля по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным предприятиям использовались банки данных созданные совместно с отделом агрометеорологических прогнозов и агрометеорологии ФГБУ «Иркутское УГМС». Данные были отобраны по ежегодникам с 20 станций, расположенных на территории Иркутской области (Киренск, Усть-Илимск, Железногорск, Тангуй, Новочунка, Тайшет, Худоеланское, Тулун, Куйтун, Зима, Залари, Кутулик, Новонкутск, Бохан, Оса, Черемхово, Новожилкино, Хомутово, Усть-Ордынский, Кочуг). Станции репрезентативно расположены и в совокупности наиболее информативно отражают агрометеорологию Иркутской области. На рисунке 3 изображено административное деление районов Иркутской области и изображены границы основных анализируемых станций области.

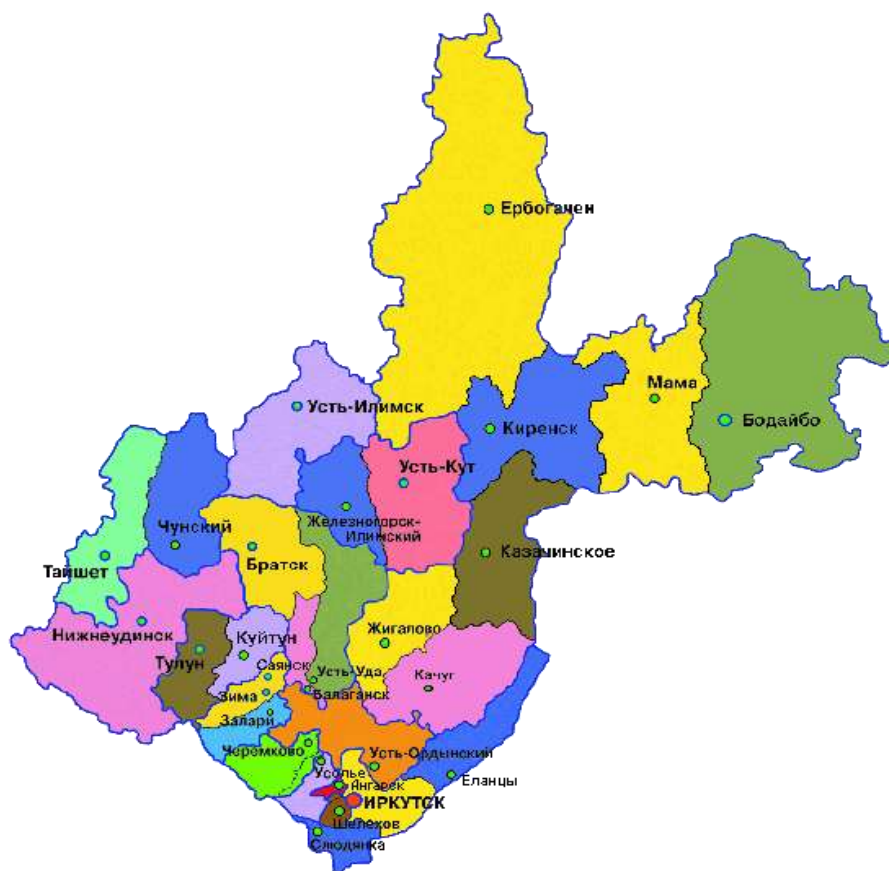


Рис. 3. Схема административных районов Иркутской области

Информация о многолетней динамике урожайности сельскохозяйственных культур на конкретных территориях представляет значительный интерес при оценке степени продовольственной безопасности Иркутской области для принятия и реализации соответствующих экономических решений.

По исследуемой территории проанализированы данные урожайности картофеля по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным предприятиям с 1981 по 2020 годы (табл. 1). Из таблицы 1 видно, что характеристики урожайности картофеля заметно колеблются по сельхозпредприятиям: минимальная урожайность составила 63 ц/га, максимальная 195 ц/га, что в три раза превышает минимальную. Коэффициент вариации по урожайности картофеля по сельхозпредприятиям составил 34%, что указывает на неоднородную степень рассеивания значений урожайности. Урожайность картофеля по всем категориям хозяйств более стабильна, чем по сельхозпредприятиям. Минимальное значение урожайности составляет 82 ц/га, максимальное 186 ц/га. Коэффициент вариации по урожайности картофеля по всем категориям хозяйств составил 13%, что указывает на среднюю степень рассеивания данных и более стабильную динамику ряда значений урожайности [11].

На рисунках Б1 и Б4 (Приложение Б) представлена динамика урожайности картофеля по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным предприятиям Иркутской области. Как видно из рисунков, урожайность культур имеет значительные колебания.

Влияние культуры земледелия на рост урожайности можно оценить по изменению эволюторной линии (линии тренда), характеризующей тенденцию изменения урожайности картофеля за 1981-2020 годы.

Таблица 1 – Характеристики урожайности (ц/га) картофеля по сельскохозяйственным предприятиям и по всем категориям хозяйств (1981-2020 годы)

	Картофель по сельхозпредприятиям	Картофель по всем категориям хозяйств
Средняя	121,8	138,1
Максимум (год)	195,00 (2016)	186,00 (1994)
Минимум (год)	63,00	82,00
Коэффициент Вариации (%)	34	13
Стандартное отклонение	40,94	18,50

Как известно, процесс формирования урожая является интегральным и зависит от ряда факторов (свет, тепло, влага, технология возделывания, сорт и т.д.). Но наиболее изменчивым из этих факторов являются тепло и влага, поэтому прогноз урожая чаще всего основывается на количественных зависимостях урожая с теми факторами, которые в данной почвенно-климатической зоне являются лимитирующими для создания урожая [6,7,10].

Выявлено влияние зимних осадков на урожайность картофеля на территории Иркутской области.

Картофель в разные фазы своего развития предъявляет различные требования к условиям внешней среды. Оптимальная температура для роста ботвы 19-21°C, для процесса клубнеобразования 16-18°C. Повышение среднесуточной температуры воздуха до 20-25°C и более вызывает замедление роста клубней, при температуре 30°C и выше прирост клубней прекращается.

Чередование жарких и холодных периодов вызывает израстание клубней картофеля.

К влаге картофель предъявляет умеренные требования. При прорастании он засухоустойчив, однако недостаток влаги в период клубнеобразования приводит к снижению урожая. Переизбыток влаги, также пагубно влияет на продуктивность картофеля.

В мае связи урожайности картофеля со всеми метеорологическими предикторами в основном невысокие. Наиболее высокие коэффициенты корреляции урожайности с метеорологическими предикторами в июле (время клубнеобразования).

Как показал анализ, наибольшее влияние на формирование урожайности картофеля на рассматриваемой территории оказывают условия тепло- и влагообеспеченности. Особенно важен период клубнеобразования, который является критическим по требовательности растений к метеорологическим условиям.

Большую информативность имеют комплексные показатели, которые отражают как термический режим, так и условия увлажнения. В качестве основных агрометеорологических факторов, определяющих условия вегетации и формирование урожая, мы использовали гидротермический коэффициент Г.Т.Селянинова с мая по июль. При сопоставлении этих факторов с урожайностью оказалось, что в основном неблагоприятные агрометеорологические условия, резко снижающие урожайность картофеля, складываются при низких значениях ГТК за май – июль, т.е. при возникновении засушливых явлений. В годы, когда за май – июль ГТК равен 0.8 и выше, влагообеспеченность бывает достаточной, урожайность картофеля, как правило, выше линии тренда [7,9].

На основании учета основных факторов и статистической обработки информации был получен ряд моделей (табл. 2), позволяющих прогнозировать урожайность картофеля по всем категориям хозяйств и по сельхозпредприятиям. Разработка метода выполнялась с ориентацией на принятые в Росгидромете оперативные сроки составления прогнозов урожайности картофеля 1-2 августа.

Таблица 2 - Физико-статистические модели для прогноза урожайности картофеля по Иркутской области

Номер модели	Срок составления прогноза	Вид модели	Коэффициент корреляции (R)	Ошибка модели ($\pm S_y$), ц/га
		По всем категориям хозяйств		
1	1-3 августа	$Y = 155,69 - 26,43 \text{ ГТК V} - \text{VII} + 0,776 n$	0,59	5,6
2	1-3 августа	$Y = 20,572 + 8,05T \text{ V} - \text{VII} - 0,063 \text{ ОС X} - \text{VII} + 0,5117 n$	0,63	6,1
3	1-3 августа	$Y = 7,83 + 13,4 D \text{ VI-VII} + 0,136 \text{ ОС V} - \text{VII} + 0,296 n$	0,70	6,0
		По сельскохозяйственным предприятиям		
1	1-3 августа	$Y = 43,820 + 12,963 \text{ ГТК V} - \text{VII} + 3,148 n$	0,85	-13,8
2	1-3 августа	$Y = 0,473 + 2,122 D \text{ VI} - \text{VII} + 0,175X - \text{VII} + 2,911 n$	0,86	-11,
3	1-3 августа	$Y = 5,429 + 2,314 T \text{ V} - \text{VII} + 0,153 \text{ ОС V-VII} + 2,974 n$	0,86	-15,3

Примечание:

Y – урожайность картофеля, ц/га;

ОС VII – сумма осадков за периоды, мм (римскими цифрами в индексе указан месяц);

T VII – среднесуточная температура воздуха за периоды, °С;

D VII – среднесуточный дефицит насыщения воздуха за периоды, гПа;

ГТК VII – гидротермический коэффициент Селянинова:

$$\text{ГТК V} - \text{VII} = \frac{\text{ОС V} - \text{VII}}{0,1 \sum T \text{ V} - \text{VII}};$$

n – порядковый номер года (1981 год принят за 1).

5 Результаты авторских испытаний

Оценка успешности методов прогноза урожайности проводилась согласно “Методическим указаниям по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов” РД 52.27.284-91 [5].

Заключение о качестве метода проводилось на материалах трехлетней независимой выборки на основе двух критериев оправдываемости метода и его ошибки. Критерием оправдываемости прогнозов при заблаговременности два месяца и меньше служит допустимая погрешность, равная $0,67\Delta\sigma$, при заблаговременности прогноза более двух месяцев $0,8 \Delta\sigma$, - где $\Delta\sigma$ - среднеквадратическое отклонение прогнозируемого элемента.

В качестве погрешности прогноза принимается величина относительной ошибки:

$$\varepsilon = \frac{\Delta Y}{Y_{ф.ср.}} 100\%,$$

где ΔY – абсолютная ошибка ($\Delta Y = Y_{ф} - Y_{п}$), $Y_{ф}$ – фактическая урожайность, $Y_{п}$ – прогностическая урожайность, $\bar{Y}_{ф.ср.}$ – среднее арифметическое значение фактической урожайности за последние пять лет, включая год прогноза. Заключение о целесообразности использования метода производится на основании итогов сравнения успешности прогнозов, составленных по новому методу с инерционным и климатологическим [5].

За период авторских испытаний (2017-2019 гг.) было проверено по 3 физико-статистические модели для картофеля по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным предприятиям на срок: 1-3 августа. Результаты испытания методического прогноза урожайности картофеля приведены в таблице 3, инерционного и климатологического прогнозов в таблице 4.

Таблица 3 – Результаты испытания методического прогноза урожайности картофеля по территории Иркутской области

Номер модели, год	Фактическая урожайность, ц/га	Допустимая погрешность, ц/га ($\Delta\sigma$)	Прогнозируемая урожайность, ц/га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %
По всем категориям хозяйств					
1. 2017	147	5,6	152,6	5,6+	3,9
2018	150	5,4	155,5	5,5+	3,8
2019	145	5,4	141,6	-3,4+	2,3
Среднее					3,3
2. 2017	147	5,6	157,1	10,1-	7,0
2018	150	5,5	151,3	1,3+	0,9
2019	146	5,4	148,2	3,2+	2,2
Среднее					3,4
3. 2017	147	5,6	162,7	15,7-	10,9
2018	150	5,4	157,4	7,4+	5,0
2019	146	5,4	146,4	1,4+	0,9
Среднее					4,1
По сельскохозяйственным предприятиям					
1. 2017	156	28,6	175,8	19,8+	12,9
2018	191	28,3	178	-13+	7,8
2019	189	28,5	188,6	-0,4+	0,2
Среднее					6,7
2 2017	156	28,6	174,6	18,6+	12,1
2018	191	28,3	179,6	-11,4+	6,9
2019	189	28,5	187,4	-1,6+	0,9
Среднее					6,6
3. 2017	156	28,6	178	22+	14,3
2018	191	28,3	175,7	-15,3+	9,2
2019	189	28,5	192,2	3,2+	1,9
Среднее					8,5

Таблица 4 – Результаты испытания инерционного и климатологического прогнозов урожайности картофеля по территории Иркутской области

Год	Фактическая урожайность, ц/га	Инерционный прогноз			Климатологический прогноз		
		Прогнозируемая урожайность, ц/га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %	Прогнозируемая урожайность, /га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %
1	2	3	4	5	6	7	8
По всем категориям хозяйств							
2017	147	150	3	2,1	145	2	1,4
2018	150	147	3	2,1	144	6	4,1
2019	145	150	5	3,4	146	1	0,7
Среднее				2,5			2,1
По сельскохозяйственным предприятиям							
2017	156	195	-35-	22,8	158	-2+	1,3
2018	191	156	35-	21,1	153	38-	22,9
2019	189	191	-2+	1,2	166	23+	13,5
Среднее				15			12,7

Средняя величина относительной ошибки методических прогнозов урожайности картофеля по всем категориям хозяйств на сок 1-3 августа составила 4,1%. Средняя ошибка методических прогнозов урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям на территории Иркутской области составила 8,5%. Средние ошибки инерционного и климатологического прогнозов по картофелю по всем категориям хозяйств составили 2,5 и 2,1% соответственно, что не значительно ниже относительной ошибки методического прогноза, по сельскохозяйственным предприятиям – 15 и 12,7 % соответственно, что выше ошибок методических прогнозов. На рисунках 3 и 4 наглядно показана динамика прогнозируемой урожайности в сравнении с фактической, графический анализ урожайности картофеля Иркутской области представлен по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным предприятиям.

Оценка оправдываемости составленных прогнозов по новому методу по величине допустимой погрешности ($\Delta\sigma$) позволила выявить число

оправдавшихся прогнозов (таблица 5). По территории Иркутской области все методические прогнозы картофеля по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным территориям - оправдались.

Таблица 5 - Средняя оправдываемость прогнозов за 2017-2019 годы по территории Иркутской области (по величине относительной ошибки)

Район	Заблаговременность	№ модели	Методические	Инерционные	Климатологические
1	2	3	4	5	6
По всем категориям хозяйств	1-3 августа	1	96,7	97,5	97,9
		2	96,6	97,5	97,9
		3	95,9	97,5	97,9
По сельскохозяйственным предприятиям	1-3 августа	1	93,3	85	87,3
		2	93,4	85	87,3
		3	91,5	85	87,3

На основании этого можно сделать заключение, что разработанные нами методы прогнозов урожайности картофеля по всем категориям хозяйств и по сельскохозяйственным предприятиям имеют преимущества в оправдываемости и удобстве использования, и могут быть рекомендованы для производственного испытания в отдел агрометеорологических прогнозов и агрометеорологии ФГБУ «Иркутского УГМС».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В системе оперативного агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства значительная роль отводится агрометеорологическим прогнозам урожайности картофеля. В связи с большой зависимостью урожайности от условий погоды и колебаний валового сбора картофеля в Иркутской области разработана современная технология, позволяющая заблаговременно прогнозировать урожайность и валовой сбор картофеля по всем категориям хозяйств и сельскохозяйственным предприятиям Иркутской области.

Предлагаемая методика разработана с использованием данных метеорологических наблюдений на гидрометеорологических станциях и с учетом статистических сведений об урожайности с 1981 по 2020 годы. Методы прогнозов базируются на физико-статистических моделях, отражающих связи между урожайностью и ее основными факторами.

Средняя величина относительной ошибки методических прогнозов урожайности картофеля по всем категориям хозяйств на срок 1-3 августа составила 4,1%. Средняя ошибка методических прогнозов урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям на территории Иркутской области составила 8,5 %.

Оценка оправдываемости составленных прогнозов по новому методу по величине допустимой погрешности ($\Delta\sigma$) позволила выявить число оправдавшихся методических, инерционных и климатологических прогнозов. По территории Иркутской области все методические прогнозы картофеля как по всем категориям хозяйств, так и по сельскохозяйственным предприятиям - оправдались

Таким образом, новые модели и технологии с применением персональных компьютеров обеспечивают повышение точности, устойчивости и оперативности получения результатов прогноза; способствуют улучшению качества обслуживания агрометеорологической информацией и повышению эффективности агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Винокуров М.А., Суходолов А.П. Экономика Иркутской области: В 4 т. - Иркутск: Изд-во: БГУПЭ, 1998. Т. 1. - 203 с.
2. Камышенко Г.А. Климатическая составляющая в изменении урожайности картофеля // Природопользование: сб. науч. тр. Минск, 2014. – Вып. 25. – С. 39–46.
3. Кононенко С.М., Старостина Т.В. Совместное использование спутниковой и наземной метеорологической информации для мониторинга посевов сельскохозяйственных культур // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля 2017 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 2 т. Т.2. – Новосибирск: СГУГиТ, 2017.- С. 28-33.
4. Малыш М.Н. Экономика сельского хозяйства: практикум / М.Н. Малыш, Т.Н. Волков, Т.В. Смирнов, Н.Б. Суховольская. – СПб: Изд-во “Лань”, 2004. – 224 с
5. 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.
6. Основы технологии сельскохозяйственного производства. Земледелие и растениеводство. Под ред. В.С. Никляева. — М.: «Былина», 2000. — 555 с.
7. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1928.– Вып. 20. – С.169-178.
8. Страшун Б. А., Самойлова Г. С. и др. ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ // Большая российская энциклопедия. Том 11. Москва, 2008, с. 654.
9. Старостина Т.В., Кононенко С.М., Гусарова Т.Ю. Результаты испытания методов прогноза урожайности картофеля, многолетних и однолетних трав по Омской области// Результаты испытания новых и

усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. – 2019. –№46 – С.56-59.

10. Уланова Е.С. Методы агрометеорологических прогнозов.- Л.- Гидрометеоиздат, 1959. - 280 с.

11. Статистические параметры - дисперсия. [Электронный ресурс]
<http://investment-analysis.ru/metodFC2/daily-variance-arithmetic-mean-deviation.html>

Приложение А

Технология расчета прогнозов урожайности и валового сбора картофеля по Иркутской области на персональном компьютере

Программа предназначена для автоматизация процесса расчета прогнозов урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям и по всем категориям хозяйств Иркутской области на 1-3 августа.

1. Запуск программы.

1. Скопируйте файл <картоф_Иркутск.xls> на компьютер.
2. Создайте на экране и запустите ярлык <картоф_Иркутск.xls>.
3. Или откройте файл <картоф_Иркутск.xls>.
4. Перейдите на лист <Ввод данных>.

На данном листе находятся 2 таблицы для ввода исходных данных:

1. Для расчета прогнозов урожайности, введите год составления прогноза и данные о сумме осадков, средней температуре воздуха по декадам и среднесуточном дефиците насыщения воздуха (гПа).

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with a spreadsheet titled 'Картофель по сельскохозяйственным предприятиям'. A dialog box 'Специальная вставка' is open, showing options for 'Скопировать' (Paste) and 'Ссылки на ячейки' (Paste links to cells). The spreadsheet contains two main tables for data input. The first table, 'Вводите год составления прогноза', has columns for 'Год' (Year) and 'Среднесуточный дефицит насыщения воздуха (гПа)' (Average daily deficit of air saturation in gPa). The second table, 'Вводите фактическую урожайность и площадь посева', has columns for 'Год' (Year), 'Площадь посева (га)' (Sowing area in ha), and 'Урожайность (ц/га)' (Yield in c/ha). A yellow callout box points to the second table, and a red oval highlights a cell in the same table. The spreadsheet also contains a table for 'Среднеобластная урожайность картофеля по Иркутской области' (Average regional potato yield in Irkutsk region).

Также нужно ввести сумму осадков за октябрь, ноябрь, декабрь предыдущего года.

2. Для расчета оценок прогнозов урожайности, введите **фактическую** урожайность и площадь посева для **расчета валового сбора** картофеля по Иркутской области. При вводе данных желтым цветом подсвечиваются предыдущие 5 лет для расчета оценок. Как только ввели **данные и год**, сразу же автоматически рассчитаются все таблицы.

3. Все **прогнозы** урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям и по всем категориям хозяйств сведены в 2 таблицы, находятся на листе <Прогнозы>
1-ая страница:

Автоматизация Иркутск картофель..... [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Вставить Arial Cyr 10 Шрифт Выравнивание Число Стили Ячейки Редактирование

Прогнозы среднеобластной урожайности картофеля по сельхозпредприятиям Иркутской области на в 2020 г.

Картофель	Площадь посева в году (тысяга)	Прогнозируемая урожайность (ц/га)	Валовый сбор (т)
1-е уравнение	1980,0	185,2	36669600,0
2-е уравнение	1980,0	184,1	36451800,0
3-е уравнение	1980,0	186,7	36966600,0

Прогнозы среднеобластной урожайности картофеля по всем категориям хозяйств Иркутской области на в 2020 г.

Картофель	Площадь посева в году (тысяга)	Прогнозируемая урожайность (ц/га)	Валовый сбор (т)
1-е уравнение	24388,0	155,0	378014000,0
2-е уравнение	24388,0	147,4	359479120,0
3-е уравнение	24388,0	155,6	379477280,0

Готово

Пуск Поиск Мой рисунок Иркутск: картофель Microsoft Excel - Ав...

4. Все оценки прогнозов урожайности сведены в 2 таблицы и находятся на листе

<Оценки>

Автоагизация Иркутск картофель!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Буфер обмена Вставить Шрифт Arial Cyr 10 Выравнивание Число Условное форматирование Форматировать как таблицу ячеек Стили

Оценка прогнозов среднеобластной урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям Иркутской области в 2020 г.					
Картофель	Фактическая урожайность в году ц/га	Площадь посева в году (тыс/га)	Прогнозируемая урожайность Модель 1 (ц/га)	Абсолютная ошибка Модель 1 (ц/га)	Относительная ошибка Модель 1 (%)
1-е уравнение	177,0	1980,0	185,2	-8,2	4,5
2-е уравнение	177,0	1980,0	184,1	-7,1	3,9
3-е уравнение	177,0	1980,0	186,7	-9,7	5,3

Оценка прогнозов среднеобластной урожайности картофеля по всем категориям хозяйств Иркутской области в 2020 г.					
Картофель	Фактическая урожайность в году ц/га	Площадь посева в году (тыс/га)	Прогнозируемая урожайность Модель 1 (ц/га)	Абсолютная ошибка Модель 1 (ц/га)	Относительная ошибка Модель 1 (%)
1-е уравнение	146,0	24388,0	155,0	-9,0	6,1
2-е уравнение	146,0	24388,0	147,4	-1,4	0,9
3-е уравнение	146,0	24388,0	155,6	-9,6	6,5

Ввод данных Прогнозы **Оценки** Картофель по сельхозпредприятиям Картофель по всем категориям х.

5. Для детального просмотра и контроля прогнозов урожайности прогнозы размещены на 2 листах:

<Картофель по сельхоз предприятиям> - прогноз среднеобластной урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям на срок 1-3 августа

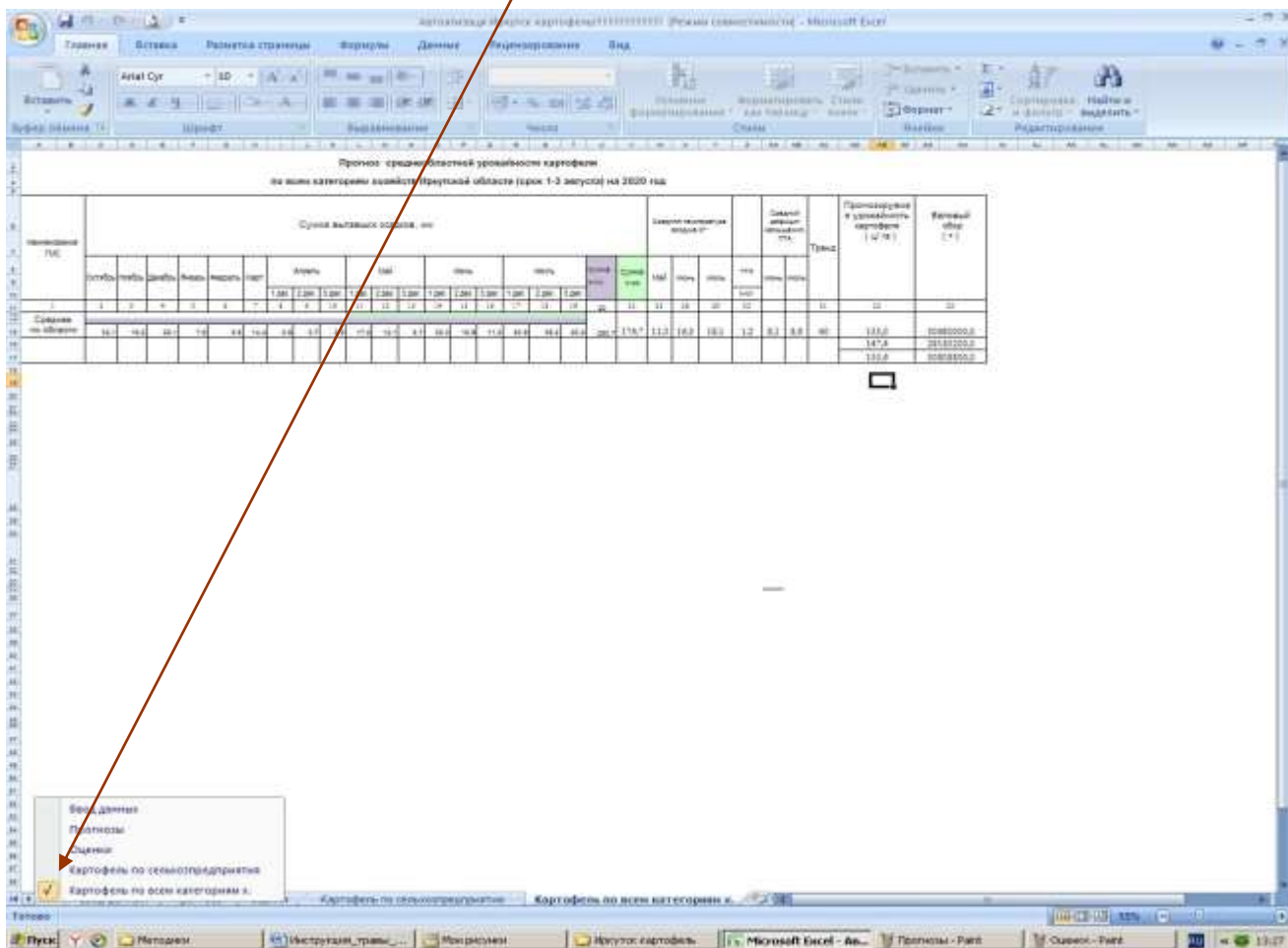
<Картофель по всем категориям хозяйств> - прогноз среднеобластной урожайности картофеля по всем категориям хозяйств на срок 1-3 августа

Например, лист < Картофель по сельхоз предприятиям >:

Прогноз среднеобластной урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям Иркутской области (срок 1-3 августа) на 2020 год

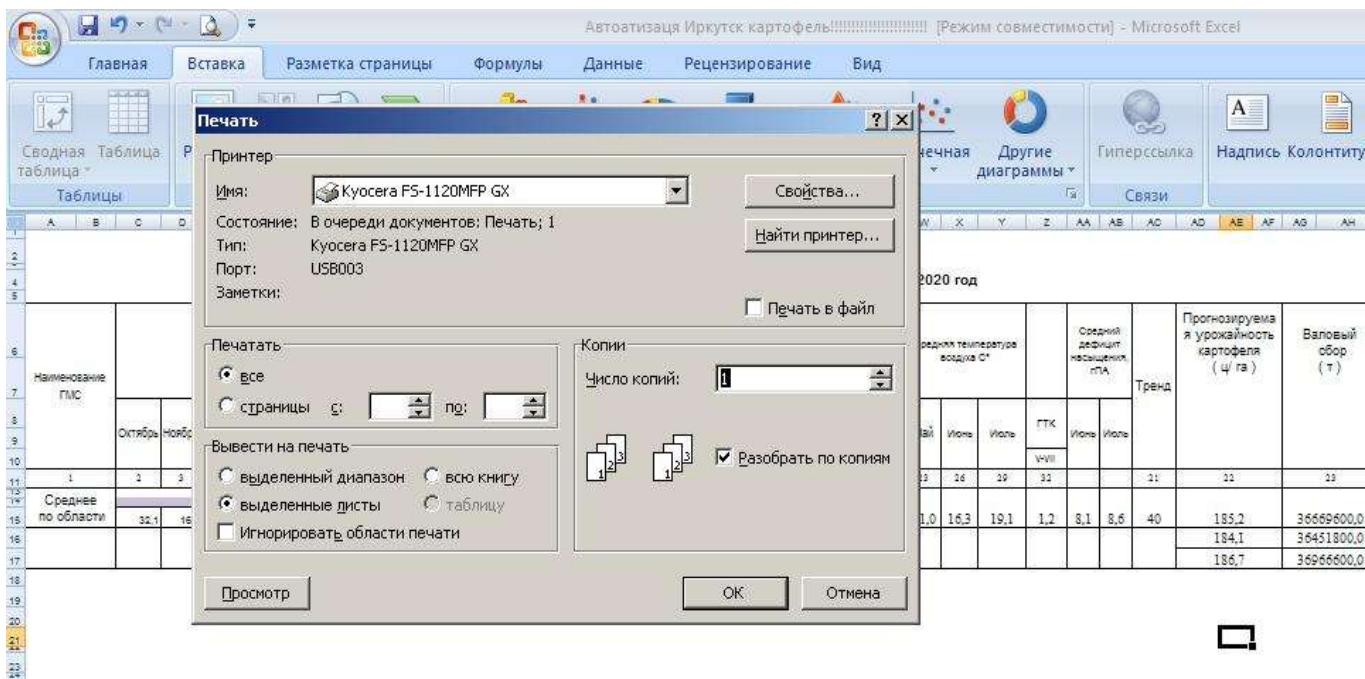
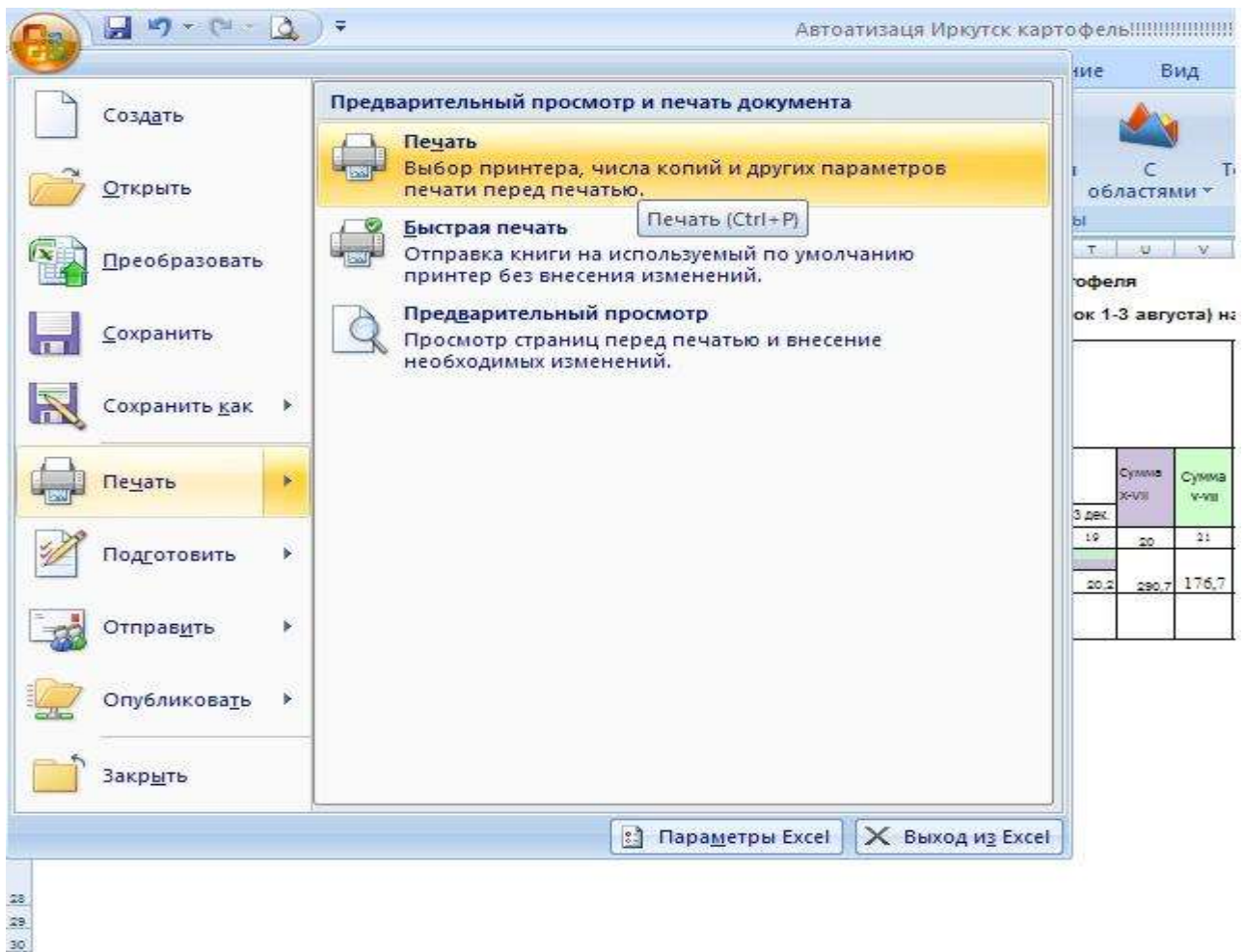
Наименование ЛЭС	Сумма выпавших осадков, мм												Средняя температура воздуха, °С				Средний дефицит испаряемости, мм		Тренд	Прогнозируемая урожайность картофеля (ц/га)	Валовой сбор (т)									
	Октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	Апрель			Май			Июнь			Июль						Сумма осадков	Сумма t-ухв	Май	Июнь	Июль	ТТС	Июнь	Июль	
Средняя по области	32.1	18.3	28.1	7.8	8.8	14.4	0.8	3.7	2.8	17.2	12.1	8.7	32.3	18.8	11.2	20.8	38.5	20.2	280.7	176.7	11.0	16.3	19.1	1.2	8.1	8.8	40	185.2	36682600.0	
																													184.1	36451800.0
																													186.7	36986600.0

6. Для быстрого перехода по листам подведите мышь в левый нижний угол и нажмите правую клавишу. Высветится меню:



Выберите переход на нужный лист.

7. Каждый лист можно распечатать на принтере



8. Закройте Excel.

Приложение Б

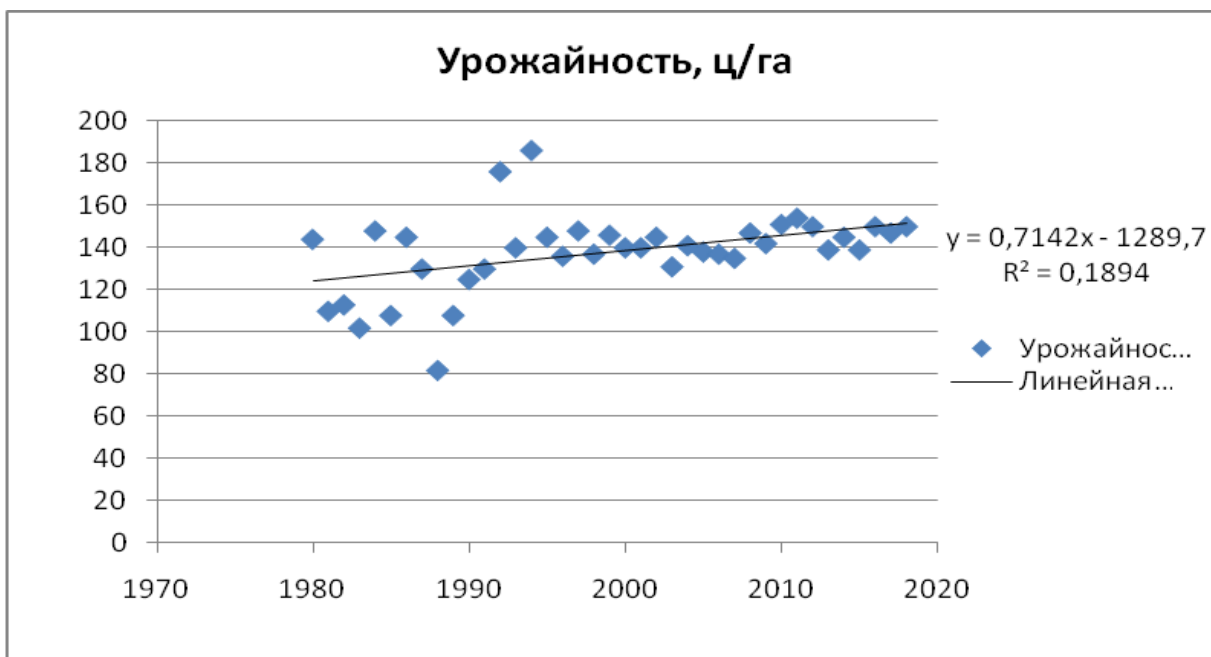


Рис. Б1 – Динамика урожайности картофеля по всем категориям хозяйств Иркутской области, ц/га.

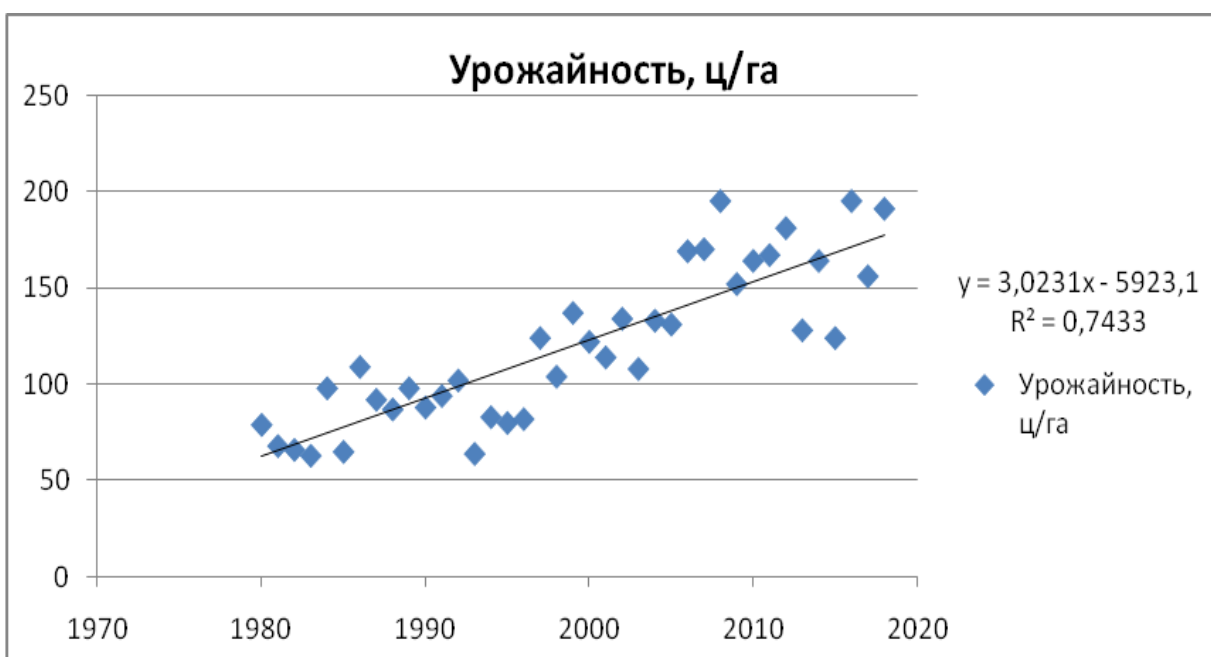


Рис. Б2 – Динамика урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям Иркутской области, ц/га.



Рис. Б3 - Динамика фактической и прогнозируемой урожайности картофеля по всем категориям хозяйств на территории Иркутской области, ц/га.



Рис. Б4 - Динамика фактической и прогнозируемой урожайности картофеля по сельскохозяйственным предприятиям на территории Иркутской области, ц/га.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
1 Методические аспекты и обоснование структуры модели.....	4
2 Основы метода прогноза урожайности картофеля	6
3 Природные условия Иркутской области.....	7
4 Метод прогноза урожайности картофеля по Иркутской области.....	10
5 Результаты авторских испытаний.....	16
Заключение.....	20
Библиографический список.....	21
Приложение А. Технология расчета прогнозов урожайности и валового сбора картофеля по Иркутской области на персональном компьютере.....	23
Приложение Б. Графический анализ динамики урожайности картофеля по Иркутской области.....	28

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Ответственный
исполнитель

М.н.с.



О.И. Пищимко

Исполнители

Инженер



В.В. Пищимко

Инженер



Е.А. Потапенко

Нормоконтролер



Т.П. Панькова