

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-1-120-130>

УДК 631.559:633.19

Метод прогноза урожайности семян подсолнечника по субъектам европейской части и России в целом с заблаговременностью 3–3,5 месяца

А.И. Страшная, В.А. Тищенко

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации, г. Москва, Россия
ais@mecom.ru*

Разработан метод прогноза урожайности семян подсолнечника для субъектов европейской части России и России в целом по наземным наблюдениям гидрометстанций Росгидромета; урожайность подсолнечника использовалась по данным Росстата в весе после доработки. При разработке метода прогноза по субъектам Российской Федерации прогностическая урожайность подсолнечника рассматривалась как сумма двух прогнозов: прогноза тенденции урожайности, описываемой полиномами первой и второй степени, и прогноза аномалий урожайности (отклонений урожайности от тренда), зависящих от метеорологических и агрометеорологических факторов и в наибольшей степени влияющих на урожайность. Критерием отбора параметров для регрессионной прогностической модели по субъектам являлась степень влияния этого параметра на урожайность. Прогностическая регрессионная модель для расчета урожайности в целом по России разработана на основе метода главных компонент с использованием урожайности по федеральным округам, выраженной в отклонениях урожайности от средней многолетней урожайности по конкретным округам. Метод прогноза принят в качестве основного в ФГБУ «Гидрометцентр России» и по субъектам на территории деятельности Башкирского, Приволжского Крымского, Центрально-Черноземного УГМС, УГМС Республики Татарстан и Северо-Кавказского УГМС (Волгоградская, Ростовская области, Краснодарский, Ставропольский края, Кабардино-Балкарская Республика).

Ключевые слова: подсолнечник, урожайность, метод прогноза, производственные испытания, оправдываемость

Method for forecasting the sunflower yield in the subjects of the European part of Russia and entire Russia with a lead time of 3–3.5 months

A.I. Strashnaya, V.A. Tishchenko

*Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia
ais@mecom.ru*

A method is developed for forecasting the yield of sunflower seeds for the subjects of the European part of Russia and entire Russia based on ground observations of hydrometeorological stations. The sunflower yield was used according to Rosstat data in weight after processing. When developing the forecast method for the subjects of the Russian Federation, the predicted sunflower yield was considered as the sum of two forecasts: the forecast of the yield trend described by degree 1 and 2 polynomials and the forecast of yield anomalies (yield deviations from the trend) depending on meteorological

and agrometeorological factors and most affecting the yield. The criterion for selecting parameters for the predictive regression prediction model for different subjects was a degree of influence of this parameter on the yield. The predictive regression model for calculating yields in entire Russia was developed on the basis of the principal component analysis using yields for federal districts expressed in yield deviations from the average long-term yield for specific districts. The method for forecasting the sunflower yield was adopted as the main one at Hydrometeorological Research Center of Russia and for the subjects on the territory of the Bashkir, Volga, Crimean, Central Chernozem, Tatarstan, and North Caucasian administrations for hydrometeorology and environmental monitoring (the Volgograd, Rostov, Krasnodar, Stavropol regions, the Kabardino-Balkarian Republic).

Ключевые слова: sunflower, yield, forecast method, operational tests, accuracy

Метод прогноза урожайности семян подсолнечника разработан по наземным данным агрометеорологических и метеорологических наблюдений гидрометстанций Росгидромета, урожайность подсолнечника использовалась по данным Росстата в весе после доработки.

Большой спрос на семена подсолнечника внутри страны и на внешних рынках обуславливает необходимость своевременного планирования производства подсолнечника как для самообеспечения регионов, так и для экспортных целей. Разнообразие использования подсолнечника в пищевых целях, а также в промышленности, медицине требует более точного прогноза валовых сборов семян, определения наиболее целесообразной структуры их использования в погодных условиях конкретных лет. Этому способствует большая заблаговременность прогноза (3–3,5 месяца до начала уборки). Актуальность разработки метода обусловлена также необходимостью создания метода, адаптированного к значительно изменившимся в последние десятилетия агроклиматическим условиям и учитывающего внедрение новых сортов и гибридов подсолнечника с большим потенциалом продуктивности.

В [1] нами показано, что суммы среднесуточных значений температуры воздуха за период с температурой выше 10 °С почти повсеместно на европейской части России увеличились по сравнению с периодом 1966–1990 гг. на 150–250 °С и более. Граница целесообразного возделывания подсолнечника, проходившая в 60–70-е гг. через Курск – Самару, в начале 2000-х гг. значительно продвинулась к северу и проходит по южным районам Брянской, Орловской, Рязанской областей и далее по широте Казани, Бугульмы (Республика Татарстан), где появилась возможность возделывания подсолнечника не только скороспелых, но и высокопродуктивных раннеспелых сортов и гибридов, вегетационный период которых длится 85–90 дней. В указанных субъектах, где ранее подсолнечник на семена практически не возделывался, посевные площади его составляют до 70–140 тыс. га и более. В связи с этим возникает необходимость разработки метода прогноза и для этих районов.

При разработке метода прогноза урожайности семян подсолнечника использован единый методический подход для составления прогнозов и оценок оправдываемости в субъектах Центрального, Приволжского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, где производится до 93 % валового сбора семян подсолнечника. Анализ временных рядов урожайности за период 2001–2019 гг. показал резкий рост урожайности в округах и субъектах этих округов, как и в России в целом (особенно в последние 10–12 лет), обусловленный значительным повышением культуры земледелия: массовым сортообновлением и применением инновационных технологий. Об этом свидетельствуют высокие (0,68–0,78) значения коэффициентов детерминации в уравнениях рассчитанных трендов.

В связи с этим при разработке метода прогностическая урожайность подсолнечника (Упр) рассматривалась как сумма двух прогнозов: (1) прогноза тенденции урожайности (Утр), описываемого нами полиномами первой и второй степени, и (2) прогноза аномалий урожайности (отклонений урожайности от тренда, ΔY), зависящих от метеорологических и агрометеорологических факторов, в наибольшей степени влияющих на урожайность.

Потенциальные предикторы для разрабатываемых прогностических регрессионных моделей для расчета ΔY устанавливались на основе корреляционного анализа, проведенного для каждого субъекта. При этом использовались запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, температура воздуха, количество осадков, дефицит влажности воздуха, гидротермический коэффициент увлажнения за основной период вегетации подсолнечника (апрель–июль) и по отдельным отрезкам этого периода.

В связи с большим разнообразием агроклиматических и погодных условий в субъектах указанных выше округов, в разрабатываемые регрессионные модели для каждого субъекта гидрометеорологические факторы (параметры) входили в различных сочетаниях. Критерием отбора параметров в регрессионной модели по субъектам являлась степень влияния этого параметра на урожайность, в нашем случае это значение коэффициентов корреляции r между урожайностью подсолнечника и исследуемыми факторами $\geq 0,42$. Схема прогноза урожайности семян подсолнечника по субъектам РФ показана на рис. 1. На рисунке обозначено: a_1, a_2, a_3 – коэффициенты регрессии; x – порядковый номер года; t – температура воздуха; R – количество осадков; GTK – гидротермический коэффициент увлажнения (за месяц или определенные периоды); W_{4-3} – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в третьей декаде апреля.

Алгоритм автоматизированных расчетов прогнозов урожайности в субъектах Центрального, Приволжского и Южного федеральных округов изложен в [3] в виде инструкции по использованию метода в оперативной работе агрометеорологов-прогнозистов.

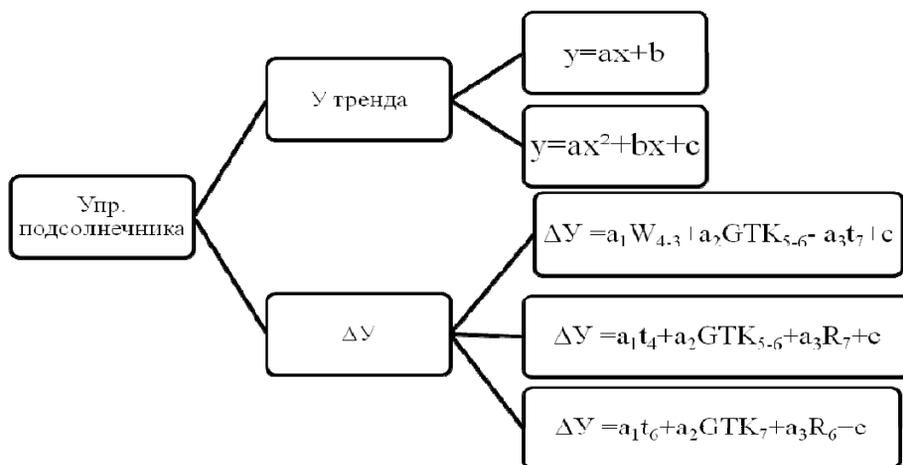


Рис. 1. Схема прогноза урожайности семян подсолнечника по субъектам РФ.
Fig. 1. The sunflower yield forecast scheme for the subjects of the Russian Federation.

В агрометеорологическом обеспечении сельского хозяйства часто ставится задача рассчитать ожидаемую урожайность сельскохозяйственных культур (в нашем случае подсолнечника) по федеральному округу (округам) или России в целом. Задача разработки регрессионной модели для прогноза урожайности подсолнечника по округу решалась с использованием метода главных компонент. Подробно процедура расчетов с использованием этого метода изложена в [5–7]. Прогностическая регрессионная модель для расчета урожайности в целом по Российской Федерации (Урф), также с использованием метода главных компонент, разработана на основе использования урожайности по федеральным округам, выраженной в отклонениях урожайности от средней многолетней (за 2001–2019 гг.) по конкретным округам. При этом исходные ряды урожайности представляются в виде отклонений от средних многолетних значений и раскладываются на главные компоненты:

$$Y_{ih} = \sum_{j=1}^k G_{ij}V_{jh}, \tag{1}$$

где Y_{ih} – отклонения от средних многолетних значений урожайности в округе h за год i ; V_{jh} – собственные векторы ковариационной матрицы Y_{ih} ; G_{ij} – коэффициенты разложения по времени.

Решается уравнение множественной линейной регрессии, связывающее среднюю урожайность Y_p с G . В векторном виде уравнение записывается следующим образом:

$$Y_p = R' \cdot G, \quad (2)$$

где R – вектор-строка коэффициентов регрессии. Y_p , как и значения урожайности по округам, представляются в виде отклонений от средней многолетней урожайности.

Чтобы перейти к исходным переменным, вычисляются коэффициенты: $k = V \cdot R$, которые входят в искомое прогностическое уравнение:

$$Y_{pФ} = k' \cdot Y. \quad (3)$$

Для построения прогностической схемы использованы 20-летние ряды (2001–2020 гг.) средних значений урожайности по пяти федеральным округам: Центральному, Приволжскому, Южному, Северо-Кавказскому и Сибирскому, а также средние значения урожайности по Российской Федерации. Полученное прогностическое уравнение для вычисления $Y_{pФ}$ на 20-летнем ряду наблюдений имеет вид:

$$Y_{pФ} = MY_{pФ} + 0,122Y_1 + 0,413Y_2 + 0,347Y_3 - 0,011Y_4 - 0,041Y_5, \quad (3)$$

где $MY_{pФ} = 12,78$ – средняя многолетняя урожайность подсолнечника в целом по Российской Федерации, ц/га; $Y_1 - Y_5$ – значения урожайности по федеральным округам в отклонениях от средней (1 – ЦФО, 2 – ПФО, 3 – ЮФО, 4 – СКФО, 5 – СФО). Использовались значения средней урожайности по округам: $MY_1 = 17,04$; $MY_2 = 9,77$; $MY_3 = 15,06$; $MY_4 = 14,38$; $MY_5 = 6,87$ ц/га.

Используя метод кросс-валидации, т. е. последовательно убирая из выборки один год и решая уравнение регрессии для оставшейся выборки, были получены следующие характеристики качества прогноза $Y_{pФ}$: коэффициент корреляции $r = 1$, оценка по знаку аномалии $\rho = 1$. Однако, поскольку наблюдается существенная положительная динамика урожайности, в данном случае имеет смысл рассчитать показатели r и ρ для рядов урожайности в отклонениях от линейного тренда. Для таких рядов значения $r = 0,95$, $\rho = 0,92$.

На рис. 2 показаны значения рассчитанной урожайности подсолнечника (прогноз) и фактическая урожайность по данным Росстата.

Необходимо отметить, что для расчета урожайности по Сибирскому федеральному округу использовалась урожайность по Алтайскому краю, где сосредоточены основные площади возделывания подсолнечника (до 95–96 % от площади в целом по этому округу). Как показал анализ, урожайность по округу практически идентична урожайности по Алтайскому краю. В других субъектах округа подсолнечник на семена практически не возделывается.

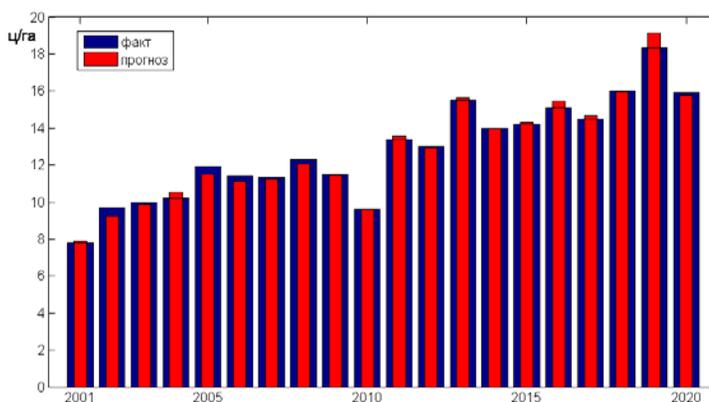


Рис. 2. Фактическая средняя урожайность по Российской Федерации и прогноз.

Fig. 2. Observed and predicted average yield in the Russian Federation.

Разработанная нами регрессионная модель для прогнозов по Алтайскому краю аналогична моделям, приведенным на рис. 1 (схема).

Авторские испытания разработанной модели, проведенные по независимым данным в Алтайском крае (за 2019, 2020, 2021 гг.) показали хорошую оправдываемость (88–91 %); оправдываемость инерционного и климатического метода за эти годы была ниже на 2–3 %.

Производственные испытания метода в субъектах европейской части России на независимых материалах за 2019, 2020 и 2021 гг. проводились в оперативных подразделениях УГМС Республики Татарстан, Башкирского, Приволжского, Северо-Кавказского, Крымского и Центрально-Черноземного УГМС, а также авторские испытания на зависимых (2001–2018 гг.) и независимых (2019–2021 гг.) материалах в Гидрометцентре России. Оценка качества (успешности) разработанного метода прогноза урожайности подсолнечника проводилась в соответствии с требованиями [2, 4]; основные результаты представлены в табл. 1 и 2.

Как следует из табл. 1, оправдываемость испытываемого метода для первого срока (I) составления прогноза (первая пятидневка июня) в среднем по субъектам Центрального, Южного, Северо-Кавказского и Приволжского федеральных округов составила от 86 до 91 %; для второго срока (II) составления прогноза (первая пятидневка августа) – от 88 до 93 %. Оправдываемость инерционного прогноза составила в Центральном, Северо-Кавказском и Приволжском федеральных округах 83–87 %, т. е. на 3–4 % ниже, чем по разработанному методу. При этом в республиках Крым и Калмыкия инерционный прогноз не оправдался (оправдываемость 55–67 %), а в среднем по Южному округу оправдываемость составила 73 %. Оправдываемость климатического прогноза составила в среднем 86–90 %, т. е. на 2–4 % была ниже, чем по разработанному методу.

Таблица 1. Оправдываемость (%) прогнозов урожайности семян подсолнечника в субъектах за период авторских испытаний по зависимым (2001–2018 гг.) и производственным испытаниям по независимым (2019–2021 гг.) данным

Таблица 1. The accuracy (%) of sunflower yield forecasts in the subjects over the period of author's tests based on dependent data (2001–2018) and operational tests based on independent data (2019–2021)

Субъект РФ	Оправдываемость, %			
	Испытываемый метод		Инерцион. метод	Климатич. метод
	I прогноз	II прогноз		
Белгородская область	90	92	86	90
Воронежская область	93	94	85	89
Курская область	91	93	87	89
Липецкая область	92	92	88	89
Орловская область	93	94	88	89
Тамбовская область	80	81	84	87
Средняя по ЦФО	90	91	86	89
Ставропольский край	84	90	80	86
Кабардино-Балкарская Республика	94	90	91	90
Карачаево-Черкесская Республика	80	86	78	83
Средняя по СКФО	86	89	83	86
Краснодарский край	92	89	80	92
Ростовская область	91	92	77	90
Волгоградская область	92	94	87	92
Республика Калмыкия	78	87	67	80
Республика Крым	81	79	55	82
Средняя по ЮФО	87	88	73	87
Саратовская область	89	93	87	90
Самарская область	89	90	87	91
Оренбургская область	90	91	87	90
Пензенская область	94	93	85	85
Ульяновская область	91	91	81	88
Республика Татарстан	93	95	92	88
Республика Башкортостан	93	94	89	89
Средняя по ПФО	91	93	87	90

Относительные ошибки прогнозов по результатам производственных испытаний в оперативных подразделениях шести указанных выше УГМС на независимых данных за 2019–2021 гг. для первого и второго сроков прогнозов заметно различались (табл. 2).

Так, небольшие ошибки (от 1,9 до 13 %) в первый срок составления прогнозов наблюдались в 42 годослучаях (или 67 %) от всех

составленных в субъектах прогнозов за 2019–2021 гг; в 21 годослучае (или 33 %) ошибки превышали 13 %, из них в 4 годослучаях составили от 21,3 до 25,1 %. Такие ошибки были в Республике Калмыкия (2020 г.), Республике Крым (2019, 2020 гг.) и Карачаево-Черкесской Республике (2020 г.). Основной причиной снижения оправдываемости был недоучет засушливых условий [5].

Таблица 2. Результаты производственных испытаний метода по субъектам европейской части и России в целом с заблаговременностью 3–3,5 месяца

Таблица 2. The results of operational testing of the method for the subjects of the European part of Russia and entire Russia with a lead time of 3–3.5 months

Субъект федерации	Год испытания	Уфакт (ц/га)	I прогноз			II прогноз		
			Упрогн. (ц/га)	Ошибка отн. (%)	Опр-ть (%)	Упрогн. (ц/га)	Ошибка отн. (%)	Опр-ть (%)
ЦФО								
Белгородская область	2019	31,6	27,6	12,6	87,4	27,8	12,0	88,0
	2020	29,3	25,7	12,2	87,8	28,7	1,9	98,1
	2021	26,0	28,5	9,7	90,3	28,5	9,3	90,7
Воронежская область	2019	28,6	28,0	1,9	98,1	25,3	11,5	88,5
	2020	23,9	24,5	2,5	97,5	25,3	5,8	94,2
	2021	22,2	26,1	17,6	82,4	25,6	15,3	84,7
Курская область	2019	29,9	26,2	12,2	87,8	27,0	9,7	90,3
	2020	28,1	26,2	6,9	93,1	27,5	2,3	97,7
	2021	24,9	28,1	12,8	87,2	28,3	14,0	86,0
Липецкая область	2019	26,7	24,0	10,1	89,9	24,5	8,4	91,6
	2020	25,6	23,9	6,6	93,4	23,1	9,7	90,3
	2021	22,4	25,1	11,9	88,1	24,9	11,2	88,8
Орловская область	2019	27,0	25,7	4,9	95,1	27,4	1,4	98,6
	2020	27,6	25,0	9,5	90,5	26,3	4,6	95,4
	2021	25,0	27,3	9,3	90,7	27,3	9,2	90,8
Тамбовская область	2019	24,3	25,8	6,2	93,8	27,8	14,6	85,4
	2020	22,1	25,5	15,5	84,5	25,6	15,9	84,1
	2021	22,1	26,0	17,6	82,4	25,9	17,0	83,0
СКФО								
Ставропольский край	2019	17,0	19,5	14,8	85,2	18,0	5,7	94,3
	2020	12,8	15,3	19,5	80,5	13,6	6,2	94,8
	2021	18,9	20,6	9,2	90,8	20,4	8,1	91,9
Кабардино-Балкарская Республика	2019	18,4	18,7	18,7	81,3	17,7	4,0	96,0
	2020	20,9	19,1	3,1	96,9	16,9	19,3	80,7
	2021	23,5	21,4	12,1	87,9	21,4	9,0	91,0
Карачаево-Черкесская Республика	2019	18,5	16,5	10,8	89,2	17,2	7,0	93,0
	2020	13,5	16,9	25,2	74,8	15,9	18,0	82,0
	2021	20,8	17,7	14,9	85,1	17,6	15,0	85,0

Субъект федерации	Год испытания	Уфакт (ц/га)	I прогноз			II прогноз		
			Упрогн. (ц/га)	Ошибка отн. (%)	Опр-ть (%)	Упрогн. (ц/га)	Ошибка отн. (%)	Опр-ть (%)
ЮФО								
Краснодарский край	2019	25,1	23,0	8,4	91,6	21,8	13,2	86,8
	2020	19,9	22,9	14,9	85,1	22,7	14,3	85,7
	2021	24,2	22,6	6,7	93,3	21,9	9,5	90,5
Ростовская область	2019	24,6	22,7	7,7	92,2	21,34	13,3	86,7
	2020	18,8	21,6	14,9	85,1	20,68	10,0	90,0
	2021	22,1	22,2	0,5	99,5	21,90	0,9	99,1
Волгоградская область	2019	17,9	15,0	16,5	83,5	15,6	12,9	87,1
	2020	15,3	15,7	2,4	97,6	15,1	1,5	98,5
	2021	15,0	16,0	7,0	93,0	15,6	4,0	96,0
Республика Калмыкия	2019	14,1	12,3	12,8	87,2	12,7	10,2	89,8
	2020	15,3	12,1	20,9	79,1	14,1	7,8	92,2
	2021	17,9	15,2	15,3	84,7	14,6	18,7	81,3
Республика Крым	2019	12,1	9,2	24,0	76,0	9,4	21,9	78,1
	2020	8,7	10,8	24,3	75,7	10,0	14,9	85,1
	2021	14,3	13,8	3,6	96,4	17,4	21,7	78,3
ПФО								
Саратовская область	2019	15,6	12,7	18,7	81,3	13,4	14,3	85,7
	2020	12,3	12,7	3,1	96,9	11,5	6,3	93,7
	2021	11,9	13,3	12,1	87,9	12,4	4,2	95,8
Самарская область	2019	16,7	13,8	17,5	82,5	13,8	17,3	82,7
	2020	13,1	13,5	2,7	97,3	13,6	4,0	96,0
	2021	13,6	14,5	6,8	93,2	13,9	2,4	97,6
Оренбургская область	2019	12,8	10,3	19,5	80,5	10,6	17,6	82,9
	2020	10,6	10,9	2,8	97,2	10,2	3,7	96,3
	2021	9,7	11,0	13,8	86,2	10,5	8,2	91,8
Пензенская область	2019	19	18,1	4,8	95,2	17,1	7,5	92,5
	2020	19,2	18,2	5,3	94,7	17,0	11,3	88,7
	2021	17,6	19,5	11,0	89,0	19,5	10,5	89,5
Ульяновская область	2019	16,3	14,1	13,8	86,2	14,1	13,7	86,3
	2020	12,8	14,0	9,0	91,0	14,0	9,5	90,5
	2021	14,5	15,5	7,2	92,8	15,6	7,3	92,7
Республика Татарстан	2019	15,3	12,9	15,6	84,4	14,1	7,8	92,2
	2020	14,3	12,8	10,5	89,5	13,0	9,2	90,8
	2021	14,2	13,0	8,8	91,2	13,0	8,4	91,6
Республика Башкортостан	2019	14,3	12,9	9,7	90,3	14,1	1,3	98,7
	2020	13,9	12,8	7,9	92,1	13,0	6,6	93,4
	2021	12,3	13,0	5,3	94,7	13,0	5,8	94,2
Российская Федерация	2019	18,3	18,2	0,5	100			
	2020	15,9	15,9	0,6	99,4			
	2021	16,2	16,2	1,3	98,8			

В прогнозах второго срока небольшие ошибки (от 0,8 до 13 %) наблюдались в 46 годослучаях, или 73 % от всех составленных (63) прогнозов, т. е. хороших прогнозов было больше, чем в прогнозах первого срока, а ошибки более 13 % составляли 27 % (т. е. на 6 % меньше, чем для первого срока прогноза). Причем большая ошибка (21,7 %) была только в одном годослучае (в 2019 г. в Республике Крым). Таким образом, можно констатировать, что успешность прогнозов второго срока составления оказалась несколько больше, чем для прогнозов первого срока составления.

Экспериментальная проверка разработанного метода прогноза урожайности подсолнечника в целом по России проводилась в Гидрометцентре России по независимым материалам за 2019–2021 гг. Результаты ее (табл. 2) свидетельствуют о хорошей работоспособности метода, оправдываемость метода составила 99–100 %.

В соответствии с решениями Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам (ЦМКП) Росгидромета и Решениями Технических советов УГМС, метод прогноза урожайности семян подсолнечника по субъектам европейской части и России в целом с заблаговременностью 3–3,5 месяца принят в качестве основного в ФГБУ «Гидрометцентр России» и по субъектам на территории деятельности Башкирского, Приволжского Крымского, Центрально-Черноземного УГМС, УГМС Республики Татарстан и Северо-Кавказского УГМС (Волгоградская, Ростовская области, Краснодарский, Ставропольский края, Кабардино-Балкарская Республика).

Список литературы

1. Вильфанд Р.М., Страшная А.И., Береза О.В. О динамике агроклиматических показателей условий сева, зимовки и формирования урожая основных зерновых культур // Труды Гидрометцентра России. 2016. Вып. 360. С. 45-78.
2. Инструкция по оценке оправдываемости агрометеорологических прогнозов. М.: Гидрометеоиздат, 1983. 7 с.
3. Методические указания по составлению прогноза урожайности семян подсолнечника по субъектам европейской части России (проект). М., 2020. 29 с.
4. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиографических прогнозов. М.: Гидрометеоиздат, 1991. С. 98-107.
5. Страшная А.И., Береза О.В., Кланг П.С. Агрометеорологические условия и прогнозирование урожайности семян подсолнечника в Центральном федеральном округе // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 3 (373). С. 121-138.
6. Страшная А.И., Береза О.В., Тищенко В.А. Влияние агрометеорологических условий на урожайность семян подсолнечника в Южном федеральном округе // Труды Гидрометцентра России. 2017. Вып. 364. С. 203-219.

7. Страшная А.И., Богомолова Н.А., Тищенко В.А., Павлова К.И., Тебурев Х.Х. Агрометеорологические условия и прогнозирование урожайности семян подсолнечника в Приволжском федеральном округе // Труды Гидрометцентра России. 2016. Вып. 359. С. 142-160.

8. Уланова Е.С., Страшная А.И. Засухи в России и их влияние на урожайность зерновых культур // Труды ВНИИСХМ. 2000. Вып. 33. С. 64-83.

References

1. Vilfand R.M, Strashnaya A.I., Bereza O.V. About the dynamics of the agroclimatic indicators of conditions of sowing, wintering and formation of the yield of the main grain crops. *Trudy Gidromettsentra Rossii [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia]*, 2016, vol.360, pp. 45-78 [in Russ.].

2. Instruksiya po ocenke opravdyvaemosti agrometeorologicheskikh prognozov. Moscow, Gidrometeoizdat publ., 1983, 7 p. [in Russ.].

3. Metodicheskie ukazaniya po sostavleniyu prognoza urozhaynosti semyan podsolnechnika po sub"ektam evropeyskoy chasti Rossii (proekt). Moscow, 2020, 29 p. [in Russ.].

4. RD 52.27.284-91. Metodicheskie ukazaniya. Provedenie proizvodstvennykh (operativnykh) ispytaniy novykh i usovershenstvovannykh metodov gidrometeorologicheskikh i geliograficheskikh prognozov. Moscow, Gidrometeoizdat publ., 1991, pp. 98-107.

5. Strashnaya A.I., Bereza O.V., Klang P.S. Agrometeorological conditions and forecasting of sunflower seed yield in the Central Federal District. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy [Hydrometeorological Research and Forecasting]*, 2019, vol. 373, no. 3, pp. 121-138 [in Russ.].

6. Strashnaya A.I., Bereza O.V., Tishtshenko V.A. The influence of agrometeorological conditions on yield of sunflower seeds in the Southern Federal District. *Trudy Gidromettsentra Rossii [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia]*, 2017, vol. 364, pp. 203-219 [in Russ.].

7. Strashnaya A.I., Tishtshenko V.A., Bogomolova N.A., Pavlova K.I., Tebuev H.H. Agrometeorological conditions and forecasting of productivity of sunflower seeds in the Privolzhskiy Federal District. *Trudy Gidromettsentra Rossii [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia]*, 2016, vol. 359, pp. 142-160 [in Russ.].

8. Ulanova E.S., Strashnaya A.I. Zasuhi v Rossii i ih vliyanie na urozhaynost' zernovykh kul'tur. *Trudy VNIISKHM*, 2000, vol. 33, pp. 64-83 [in Russ.].

Поступила 06.03.2023; одобрена после рецензирования 16.03.2023;
принята в печать 31.03.2023.

Submitted 06.03.2023; approved after reviewing 16.03.2023;
accepted for publication 31.03.2023.