

УДК 551.584.43:582.542(476.5)

**Г. И. Пиловец<sup>1</sup>, М. А. Дубовский<sup>2</sup>**<sup>1</sup>доц. каф. географіі*Вітэбскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя П. М. Машэрава*<sup>2</sup>інжынер-агаметэаролаг філіяла «Вітэбскоблгидромет»e-mail: [1pilovets\\_galina@mail.ru](mailto:1pilovets_galina@mail.ru)**АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ  
НА ЗЕРНО НА ТЕРРИТОРИИ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ  
В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА**

*Статья посвящена рассмотрению агроклиматических условий территории для развития сельского хозяйства. Представлены результаты оценки агрометеорологических условий территории Витебской области для выращивания кукурузы на зерно в условиях современного изменения климата. Исследование показало, насколько вероятно достижение фаз восковой и полной зрелости зерна кукурузы на раннеспелых и среднеранних гибридах в северном регионе Беларуси в условиях потепления климата.*

**PILOVETS G. I., DUBOVSKY M. A.****AGROMETEOROLOGICAL CONDITIONS FOR THE CULTIVATION OF CORN FOR GRAIN  
IN ON THE TERRITORY OF VITEBSK REGION IN CLIMATE WARMING**

*The article is devoted to the consideration of agro-climatic conditions of the territory for the development of agriculture. The results of the assessment of the agrometeorological conditions of the territory of the Vitebsk region for growing corn for grain in the current climate change are presented. The study showed how likely it is to achieve phases of waxy and full maturity of corn grain on early ripening and mid-early hybrids in the northern region of Belarus under conditions of climate warming.*

**Введение**

Специфика развития большинства отраслей хозяйства, в том числе и сельского хозяйства – это тесная зависимость от климата. Правильный учет агрометеорологических факторов, и всестороннее использование агроклиматических ресурсов необходимы для принятия оптимальных решений в сельскохозяйственном производстве.

В последние десятилетия, начиная с 1989 г., на территории Республики Беларусь наблюдается потепление климата. Среднегодовая температура воздуха превысила климатическую норму на 1,3 °С. Потепление климата привело к смещению границ агроклиматических областей к северу так, что практически вся территория Витебской области стала относиться к центральной зоне. Увеличилась продолжительность вегетационного периода. В связи с этим повысилась благоприятность агрометеорологических условий для выращивания более теплолюбивых сельскохозяйственных культур. Данный фактор в целом носит положительный характер, так как с потеплением климата появилась возможность провести адаптацию аграрного сектора к новым агроклиматическим условиям, пересмотреть структуру выращивания сельскохозяйственных культур, в частности, выявить районы, пригодные для возделывания кукурузы. Если раньше агроклиматические условия Витебской области были благоприятными для выращивания кукурузы только на силос и зеленый корм, то на сегодняшний день при условии оптимальных сроков сева и правильного подбора гибридов в ряде административных районов возможно получать полноценное зерно.

В этой связи целью исследования стала оценка агрометеорологических условий территории Витебской области для возделывания кукурузы на зерно в период потепления климата. Основная задача – выявить, насколько вероятно достижение фаз восковой и полной спелости зерна кукурузы скороспелыми гибридами в северном регионе Беларуси в условиях потепления климата.

### Материал и методы

Исследование выполнено на основе материалов агрометеорологических наблюдений метеостанций Витебской области Филиала «Витебскоблгидромет» за период 1997–2016 гг. Важными критериями оценки пригодности территории для выращивания кукурузы являются среднесуточные температуры за период с мая по сентябрь или сумма эффективных температур.

Сумма эффективных температур – это показатель, который характеризует количество тепла и выражается суммой средних суточных температур воздуха или почвы, превышающий определенный порог: 0, +5, +10 °С или биологический минимум температуры, необходимой для развития определенного растения. Для каждого вида растения количество эффективных температур, необходимых для прохождения определенной фазы или всей генерации растения, специфично. Наиболее полно потребность кукурузы в тепле характеризуют суммы эффективных температур воздуха выше +10 °С.

За период с мая по сентябрь сумма эффективных температур ( $T_{эф.т.}$ ) выше +10 °С (при ее устойчивых значениях) определяется по формуле:

$$T_{эф.т.} = 0,5 \times (T_{макс.} + T_{мин.}) - 10, \quad (1)$$

где  $T_{макс.}$  и  $T_{мин.}$  – максимальная и минимальная суточные температуры воздуха.

Данный расчет не совсем точен, т. к. среднесуточная температура вычисляется путем сложения максимальной и минимальной температуры воздуха за сутки с умножением на 0,5, т. е. по сравнению с метеорологическими данными (за 8 сроков наблюдений) в ряде случаев погрешность составляет 1–3 °С.

В нашем исследовании за период с мая по сентябрь сумма эффективных температур выше +10 °С ( $T_{эф. т.}$ ) (при ее устойчивых значениях) определялась по формулам:

$$T_{эф. т.} = (T_{ср. декадная} \times 10) - 100 - \text{для 10-дневной декады}, \quad (2)$$

$$T_{эф. т.} = (T_{ср. декадная} \times 11) - 110 - \text{для 11-дневной декады}, \quad (3)$$

где  $T_{ср. декадная}$  – средняя декадная температура. Значения 10 или 11 берутся в зависимости от количества дней в данной декаде месяца.

Показатель суммы эффективных температур рассчитывается как сумма среднесуточных температур воздуха за те дни, когда эта температура превышает установленный порог. В нашем исследовании порогом считалась температура +10 °С, т. к. начиная с этой температуры кукуруза начинает рост и развитие. При этом среднесуточные температуры исчисляются как среднее арифметическое измерение наружного термометра за сроки наблюдений: 00 ч, 03 ч, 06 ч, 09 ч, 12 ч, 15 ч, 18 ч, 21 ч ВСВ.

По ежедневным наблюдениям за неполные декады (в начале и конце вегетационного периода) для суммы эффективных температур выше +10 °С подсчет начинался со значения среднесуточной температуры воздуха +10,1 °С, тогда  $10,1^\circ - 10^\circ = 0,1^\circ$ . Среднесуточная температура ниже +10 °С в сумму эффективных температур не включалась, так как процессы роста и развития кукурузы при такой температуре практически останавливаются.

В ходе исследования, используя данную методику, рассчитаны суммы эффективных температур выше +10 °С за период вегетации кукурузы и построены карты вероятности достижения восковой и полной спелости зерна. Учитывая классификацию гибридов кукурузы по группам спелости, для исследования выбраны раннеспелые и среднеранние гибриды как наиболее подходящие для возделывания на территории Витебской области.

### Результаты и их обсуждение

Кукуруза – самая урожайная в мире зерновая культура, она обеспечивает 30 % валовых сборов зерна. Родиной кукурузы является Центральная и Южная Америка [1]. Это теплолюбивое и светолюбивое растение. Необходимая температура для роста и развития кукурузы – от +12 до +25 °С [2]. Дневная температура от +22 до +25 °С и ночная температура +18 °С являются оптимальными [2]. Прирост вегетативной массы кукурузы начинается при температуре воздуха выше +10 – +12 °С [2]. Осенью процессы накопления сухого вещества заканчиваются при температурах ниже +12 °С [2].

С суммой эффективных температур воздуха выше +10 °С, которые наиболее полно удовлетворяют потребность кукурузы в тепле, тесно связана скороспелость гибридов кукурузы. При этом учитываются только дни со среднесуточной температурой выше +10 °С за этот период или до достижения определенной фазы спелости [2]. Чем более раннеспелый гибрид, тем меньше необходимая для него сумма тепла [2].

Возделывание кукурузы на силос оправдано в районах Беларуси, где сумма эффективных температур превышает 700 °С. Минимум эффективных температур при возделывании кукурузы на зерно составляет 800 °С [3]. По результатам исследований Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию, от сева до полной спелости раннеспелым гибридам требуется в среднем 820–870 °С, среднеранним – 870–920 °С [4]. В холодный год требуется меньшая сумма эффективных температур, в теплый – большая [4]. В нашем исследовании рассчитывались средние значения из интервала требуемых эффективных температур: для раннеспелых – 845 °С, для среднеранних – 895 °С.

Гибриды кукурузы различают по группам спелости, и для их сравнения служит число ФАО. Весь мировой ассортимент кукурузы распределен по ФАО-числам (далее – ФАО) в диапазоне от 100 до 999. Минимально необходимая сумма эффективных температур для получения зерна полной спелости составляет около 800 °С (для раннеспелых гибридов) (таблица 1).

Таблица 1. – Тепловой режим гибридов кукурузы различных групп спелости

Группа спелости (ФАО)	Сумма эффективных температур от сева до спелости зерна, °С		
	Полной	Восковой	Молочно-восковой
Раннеспелые 131–180	820–870	770–820	720–770
Среднеранние 181–230	870–920	820–870	770–820
Среднеспелые 231–280	920–970	870–920	820–870
Среднепоздние 281–330	1080–1130	970–1020	880–930

Высокую потребность кукурузы в тепле надо учитывать при определении сроков посева и уборки. Из отличительных признаков кукурузы как растения с циклом С-4 по отношению к теплу и влаге следует, что колебания урожайности кукурузы по годам в северных регионах выращивания больше зависят от суммы температур, чем от влаги [2]. В ходе исследования рассчитаны накопленные температуры каждой из декад месяца с мая по сентябрь по всем 10 метеостанциям Витебской области за период с 1997 по 2016 г. включительно (таблицы 2, 3).

В результате агрометеорологические данные за период 1997–2006 гг. (таблица 2) показывают, что вероятность достижения полной спелости зерна гибридами раннеспелой группы в Витебской области составляют от 20 до 60 %, среднеранней группы – от 20 до 50 %, с минимумом в Поставском районе (Лынтупы).

Однако, если проанализировать накопление эффективных температур за последние 10 лет (2007–2016 гг.) исследуемого периода, можно сделать вывод о том, что вероятность наступления полной спелости зерна кукурузы по сравнению с предыдущим периодом увеличилась в основном на 20–30 %, в отдельных районах на 40–60 % (таблица 3).

Таблица 2. – Агрометеорологические данные за период 1997–2006 гг.

Метеостанция	Суммы эффективных температур выше +10 °С	Раннеспелые гибриды ФАО 131-180		Среднеранние гибриды ФАО 181-230	
	1997–2006 гг.	% лет достижения		% лет достижения	
		восковой спелости зерна	полной спелости зерна	восковой спелости зерна	полной спелости зерна
Витебск	892	90	60	60	50
Верхнедвинск	810	60	30	30	20
Езерище	780	30	20	20	20
Шарковщина	843	70	50	50	30
Лынтупы	762	40	30	30	20
Полоцк	834	70	50	50	30
Докшицы	788	40	30	30	20
Лепель	861	70	60	60	40
Сенно	877	70	60	60	50
Орша	824	60	40	40	20

Таблица 3. – Агрометеорологические данные за период 2007–2016 гг.

Метеостанция	Суммы эффективных температур выше +10 °С	Раннеспелые гибриды ФАО 131-180		Среднеранние гибриды ФАО 181-230	
	2007–2016 гг.	% лет достижения		% лет достижения	
		восковой спелости зерна	полной спелости зерна	восковой спелости зерна	полной спелости зерна
Витебск	1026	100	90	90	80
Верхнедвинск	878	70	60	60	50
Езерище	877	80	60	60	50
Шарковщина	922	80	70	70	60
Лынтупы	821	60	50	50	20
Полоцк	927	80	80	80	60
Докшицы	871	80	70	70	50
Лепель	979	90	80	80	80
Сенно	1004	100	80	80	80
Орша	963	90	80	80	80

По данным диаграммы (рисунок 1), теплообеспеченность периода 2007–2016 гг. увеличилась на 59–139 °С, при этом наибольший прирост эффективных температур (выше +10 °С) отмечается в ряде южных и некоторых восточных районах области.

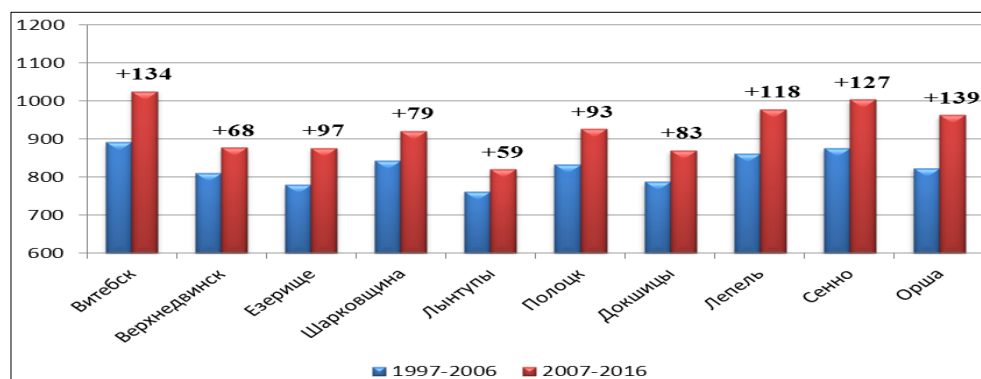
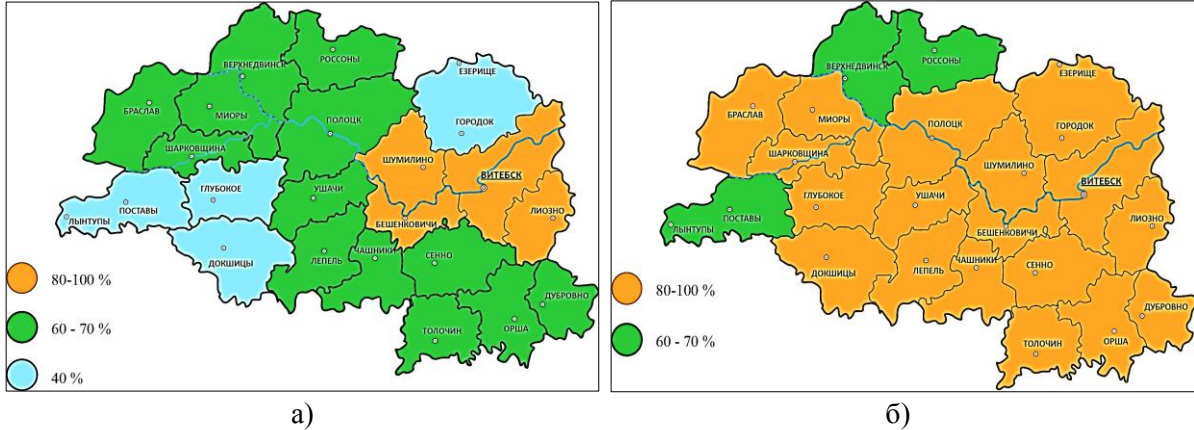
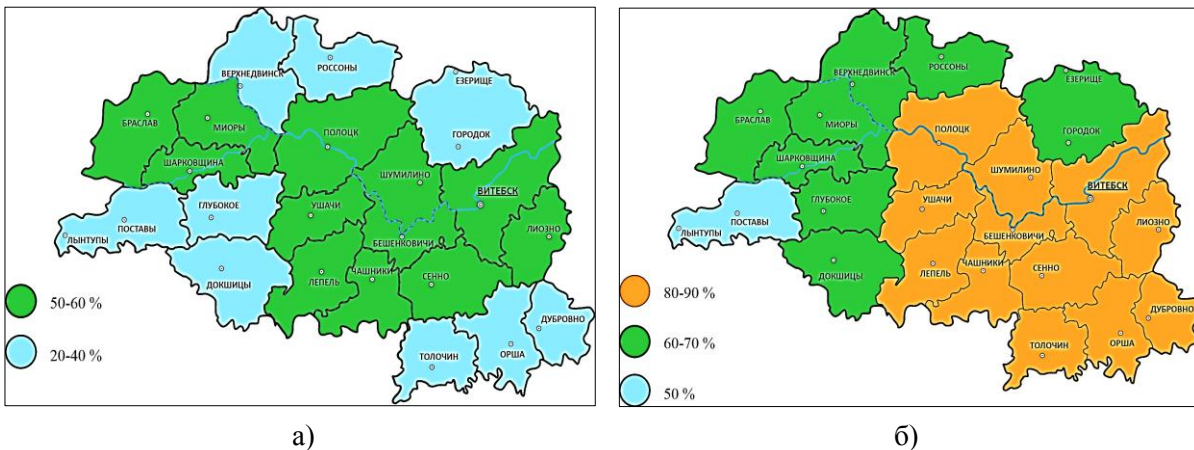


Рисунок 1. – Сумма эффективных температур выше +10 °С с мая по сентябрь за периоды 1997–2006 гг. и 2007–2016 гг.

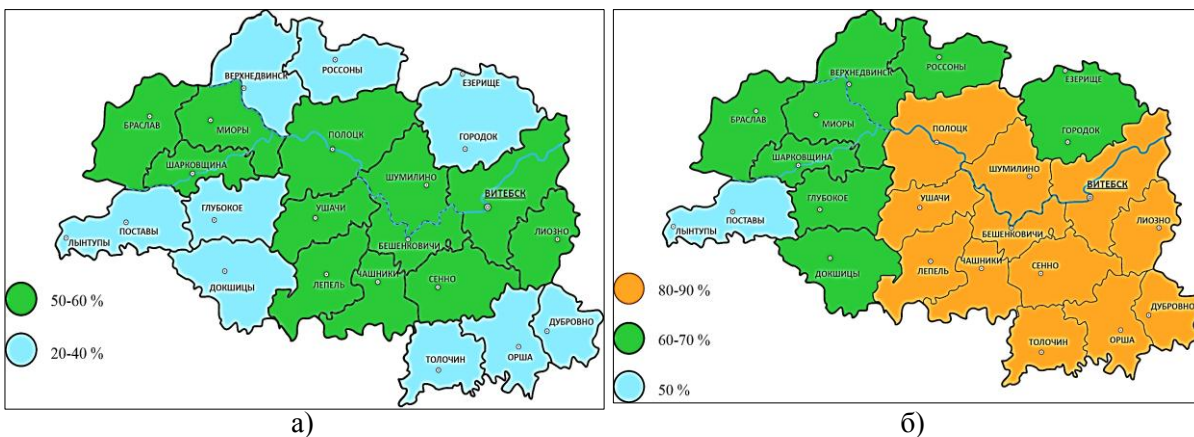
Вероятность наступления восковой и полной спелости гибридов кукурузы представлена на рисунках 2–5. При нанесении результатов исследования на карту учитывались данные по пунктам гидрометеорологических наблюдений, в которых они проводятся, и интерполировались на прилегающие к ним административные районы.



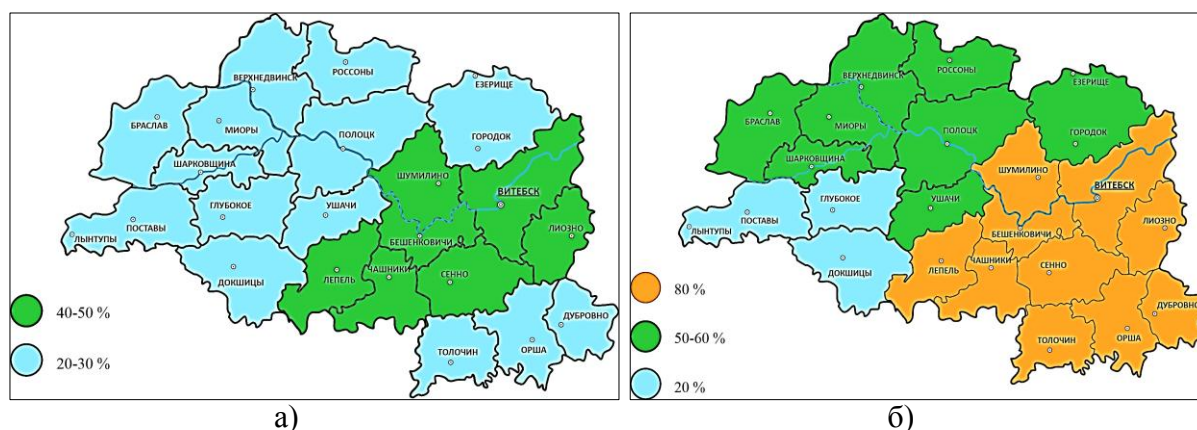
**Рисунок 2. – Вероятность (%) лет получения восковой спелости зерна кукурузы у гибридов раннеспелой группы по районам Витебской области за периоды: а) 1997–2006 гг.; б) 2007–2016 гг.**



**Рисунок 3. – Вероятность (%) лет получения полной спелости зерна кукурузы у гибридов раннеспелой группы по районам Витебской области за периоды: а) 1997–2006 гг.; б) 2007–2016 гг.**



**Рисунок 4. – Вероятность (%) лет получения восковой спелости зерна кукурузы у гибридов среднеранней группы по районам Витебской области за периоды: а) 1997–2006 гг.; б) 2007–2016 гг.**



**Рисунок 5. – Вероятность (%) лет получения полной спелости зерна кукурузы у гибридов среднеранней группы по районам Витебской области за периоды: а) 1997–2006 гг.; б) 2007–2016 гг.**

В период 1997–2006 гг. большинство районов Витебской области (13 из 21) имели вероятность (%) лет получения восковой спелости зерна кукурузы у гибридов ранне-спелой группы 60–70 %, 4 района (Поставский, Глубокский, Докшицкий, Городокский) – 40 % и 4 района (Шумилинский, Бешенковичский, Витебский, Лиозненский) – 80–100 %. В следующее десятилетие (2007–2016 гг.) вероятность (%) лет получения восковой спелости зерна у гибридов ранне-спелой группы 80–100 % уже имели 18 из 21 района Витебской области, за исключением трех (Поставский, Верхнедвинский, Россонский), где она составила 60–70 %.

Вероятность (%) лет получения полной спелости зерна кукурузы у гибридов ранне-спелой группы 80–100 % в период 1997–2006 гг. не отмечена ни в одном из районов Витебской области; большинство районов (12 из 21) имели 50–60 %, а 9 районов (Поставский, Глубокский, Докшицкий, Верхнедвинский, Россонский, Городокский, Толочинский, Оршанский, Дубровенский) – лишь 20–40 %. В следующее десятилетие (2007–2016 гг.) вероятность (%) лет получения зрелого зерна значительно повысилась. В восьми районах (Докшицкий, Глубокский, Шарковщинский, Браславский, Миорский, Верхнедвинский, Россонский, Городокский) она составила 60–70 %, 12 районов (Витебский, Лиозненский, Шумилинский, Бешенковичский, Полоцкий, Ушачский, Лепельский, Чашникский, Сенненский, Оршанский, Дубровинский, Толочинский) имели 80–90 %, самый низкий процент (50 %) отмечен лишь в одном Поставском районе.

Территориальные особенности вероятности (%) лет получения полной спелости зерна кукурузы у гибридов ранне-спелой группы и восковой спелости зерна кукурузы у гибридов среднеранней группы оказались схожими.

В период 1997–2006 гг. большинство районов Витебской области (14 из 21) имели вероятность (%) лет получения полной спелости зерна кукурузы у гибридов среднеранней группы 20–30 %, 7 районов (Лепельский, Чашникский, Шумилинский, Бешенковичский, Сенненский, Витебский, Лиозненский) – 40–50 %. В следующее десятилетие (2007–2016 гг.) вероятность (%) лет получения полной спелости зерна у гибридов среднеранней группы 50–60 % имели 8 районов, а 10 из 21 района Витебской области (Лепельский, Чашникский, Шумилинский, Бешенковичский, Сенненский, Витебский, Лиозненский, Толочинский, Оршанский, Дубровенский) уже имели 80 %, и лишь три района (Поставский, Глубокский, Докшицкий) имели 20 %.

### **Заключение**

Таким образом, рассмотрев агрометеорологические условия районов Витебской области за период с 1997 по 2006 г., выявлено, что вероятность получения полной спелости зерна кукурузы невысока: от 35 до 60 % у гибридов раннеспелой группы и от 20 до 50 % у гибридов среднеранней группы.

Однако данные за период 2007–2016 гг. показывают, что теплообеспеченность с мая по сентябрь увеличилась и вероятность получения зрелого зерна у раннеспелых и среднеранних гибридов возросла на 15–30 %, а при создании идеальных условий технологии выращивания (размещение на легких плодородных почвах, южных склонах, защищенных от северных ветров участках и т. д.) возможно еще на 10–20 % повысить вероятность получения зрелого зерна в любом из районов Витебской области [1].

Для получения полноценного урожая зерна у скороспелых гибридов необходимо иметь минимум 800 °С эффективных температур с вероятностью 80 % (8 лет из 10) [1]. Проанализировав накопившиеся эффективные температуры выше +10 °С за последние 10 лет (2007–2016 гг.) исследуемого периода, можно выделить районы, в которых вероятность получения полной спелости зерна составляет 80 % и более: для раннеспелых гибридов (ФАО 131-180) это Витебский, Лиозненский, Шумилинский, Бешенковичский, Полоцкий, Ушачский, Лепельский, Чашникский, Сенненский, Оршанский, Дубровенский и Толочинский; для среднеранних гибридов (ФАО 181-230) это те же районы, за исключением Полоцкого и Ушачского.

Так как сумма эффективных температур в разные годы может изменяться, для получения высокой степени вероятности урожая зерна в этих районах следует отдать предпочтение раннеспелым гибридам.

Данное исследование позволило выявить, насколько вероятно достижение фаз восковой и полной спелости зерна кукурузы скороспелыми гибридами на территории Витебской области в условиях потепления климата, и на основании проведенных расчетов вероятности выявлена возможность ее производства на зерно в северном регионе Беларуси. Несомненно, проведенное исследование является основой для дальнейшего более глубокого анализа полученных результатов.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Надточаев, Н. Ф. Возделывание кукурузы на зерно и силос [Электронный ресурс] / Н. Ф. Надточаев, М. А. Мелештвич. – Режим доступа: <http://agrosbornik.ru>. – Дата доступа: 23.08.2019.
2. Кукуруза (выращивание, уборка, консервирование и использование) / Д. Шпаар [и др.] ; под общ. ред. Д. Шпаара. – М. : DVL Агродело, 2006. – 390 с.
3. Биологические особенности кукурузы, требования к теплу [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agrosbornik.ru>. – Дата доступа: 03.09.2019.
4. Барановский, А. М. Гибриды кукурузы фирмы «KWS» и технология их выращивания в Беларуси / А. М. Барановский, В. В. Шолтанюк, В. В. Зеленьяк. – Минск : KWS SAAT AG, 2013. – 104 с.

*Рукапіс наступіў у рэдакцыю 10.02.2020*