

УДК 631.559:635.21:551.583(476.4)

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ
КАРТОФЕЛЯ И АДАПТАЦИЯ ПОСЕВОВ
К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ПОГОДНЫМ
УСЛОВИЯМ (НА ПРИМЕРЕ
МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Г. А. Камышенко,
*кандидат технических наук,
ученый секретарь Института
природопользования НАН Беларуси*

Поступила в редакцию 06.08.20.

Исследована устойчивость урожайности картофеля, возделываемого в сельскохозяйственных организациях административных районов Могилевской области, выполнен анализ адаптивности выделенных посевных площадей под культуру к изменяющимся погодным условиям, рассмотрены климатообусловленные недоборы урожая. Результаты исследования отличаются новизной, поскольку расчеты по устойчивости урожайности картофеля в административных районах Могилевской области выполнены впервые (ранее рассматривалась область в целом), в расчетах использованы данные за 1995–2019 гг.

Ключевые слова: урожайность картофеля, коэффициент устойчивости, тенденции, адаптация, климатообусловленные потери.

The paper studies the sustainability of crop capacity of potatoes grown in agricultural organizations of administrative districts of Mogilev region, analyzes the adaptability of the areas under crop to the changing weather conditions, considers the shortages of crops conditioned by the climate. The results of the study are notable for novelty for the reason that the measurements of sustainability of productivity of potatoes in administrative districts of Mogilev region (earlier the whole region was considered) are conducted for the first time using the data of 1995–2019.

Keywords: productivity of potatoes, coefficient of sustainability, tendencies, adaptability, shortages of crops conditioned by the climate.

Введение. Происходящие изменения погодно-климатических условий влияют на различные сектора экономики и, в первую очередь, на растениеводство, сказываясь на формировании урожая и уровне потерь. По данным климатических исследований, в Беларуси на 1,3 °С увеличилась среднегодовая температура воздуха, при этом в текущем столетии наблюдается смещение потепления климата на вторую половину года [1]. Заметно участились почвенные засухи. Согласно данным Белгидромета, в Беларуси все чаще наблюдаются жаркие дни с температурой воздуха, превышающей 35 °С, за последние 30 лет отмечается увеличение продолжительности климатического лета в среднем на 5–7 дней [2]. Тенденция к изменению климата в сторону потепления в ближайшем будущем будет сохраняться. В связи с этим исследования в области агрометеорологии, направленные на изучение последствий происходящих климатических изменений на растениеводство, актуальны и важны для организации эффективного использования пахотных земель.

В современном мире информационных технологий при исследовании хронологических рядов данных все шире применяются многомерные математико-статистические методы. Наиболее распространены методами, позволяющими исследовать изменчивость продуктивности культур и выполнить прогноз состояния агроэкосистемы, являются тренд-анализ, кластерный анализ, индексный метод, программирование уро-

UDC 631.559:635.21:551.583(476.4)

**SUSTAINABILITY OF PRODUCTIVITY
OF POTATOES AND ADAPTATION
OF CROPS TO THE CHANGING
WEATHER CONDITIONS (ON THE
EXAMPLE OF MOGILEV REGION)**

H. Kamyshenka,
*PhD in Technical Sciences,
Academic Secretary of the Institute
of Nature Management, NAS of Belarus*

Received on 06.08.20.

жайности, СВАН-анализ. Методические подходы к исследованию колебаний урожайности сельскохозяйственных культур под влиянием изменяющихся погодно-климатических условий представлены в работах как белорусских, так и зарубежных ученых. В частности, в центре климатических исследований Института природопользования НАН Беларуси ведутся работы по расчету агроклиматической оценки продуктивности и потерь урожайности сельскохозяйственных культур, биоклиматического потенциала территории республики [3–5]. Выполнена оценка последствий изменений погодно-климатических условий для растениеводства страны, включая изменчивость продуктивности основных возделываемых культур, устойчивость и эффективность сельскохозяйственного производства [6]. Ранее под руководством Г. И. Сачка с использованием методов парной, множественной и канонической корреляций были выполнены комплексные исследования условий и факторов, влияющих на формирование урожайности основных возделываемых в Беларуси сельскохозяйственных культур [7].

Значительный вклад в решение вопросов оценки продуктивности культур под влиянием погодно-климатических условий внесли ученые Белорусского государственного университета А. Н. Витченко [8], О. В. Давыденко, П. С. Лопух [9] и другие.

В представленном исследовании показаны результаты расчетов устойчивости урожайности сельскохозяйственной культуры. В данном на-

правлении мы опирались на разработки российских исследователей Г. И. Чудилина [10], С. А. Сулова и И. В. Громовой [11], подробно изложивших систему критериев и методику оценки устойчивости сельскохозяйственного производства. Кроме того, нами использована методика расчета значений коэффициента устойчивости продуктивности культуры, опубликованная в работе В. Волчок [12].

Расчеты выполнены на основе опубликованных статистических материалов Министерства статистики и анализа Республики Беларусь за 1995–2019 гг. Выбор в качестве объекта исследования картофеля, возделываемого в Могилевской области, обусловлен как традиционностью сложившейся важностью картофелеводства для народного хозяйства Беларуси, так и тем, что ранее нами уже были выполнены расчеты по устойчивости урожайности культуры на уровне административных районов по всем областям, за исключением Могилевской области.

Обсуждение результатов. В картофелеводстве Могилевской области наблюдаются определенные изменения, приведшие к колебаниям валовых сборов культуры (рисунок 1а). В период с 1995 по 2019 г. валовой сбор картофеля в сельскохозяйственных организациях области уменьшился более чем в 2,5 раза, снизившись со 189,6 до 72,3 тыс. т, при этом снижение происходило волнообразно – в 2011–2014 гг. отмечался подъем показателя до среднего значения 140,1 тыс. т.

На рисунке 1б показана динамика урожайности картофеля с полиномиальным трендом, характеризующим график с достаточно высокой достоверностью аппроксимации, равной 0,81. Пик продуктивности картофеля отмечается в те же годы, что и повышение валовых сборов, то есть в период с 2011 по 2014 г. В целом по урожайности отмечается положительная тенденция, однако рост носит волнообразный характер, что свидетельствует о неустойчивости процесса.

При количественной оценке устойчивости исследуемого показателя рассчитываются разница между его максимальным и минимальным уровнем, среднее квадратическое отклонение, коэф-

фициент вариации и другие статистические показатели. Алгоритм расчета значений коэффициента устойчивости продуктивности культуры подробно представлен в [12].

Вариация урожайности, рассчитанная в целом за весь исследуемый период, выражается одним числом, что не позволяет судить о динамике процесса. В представленном исследовании расчеты выполнены по скользящим трехлетним периодам статистических рядов, что позволило исключить из рассмотрения короткопериодные колебания данных и по полученным значениям построить графики динамики устойчивости урожайности картофеля в Могилевской области (рисунок 2).

Использование в расчетах скользящих временных периодов не только позволяет сгладить колебания данных, но и в определенной степени завышает значения коэффициента устойчивости. Графики дополнены трендовой составляющей, что позволяет выявить тенденции развития процесса.

В исследовании использована следующая градация значений показателя устойчивости в процентах: $k \geq 90,0$ – норматив устойчивости; $90,0 > k \geq 80,0$ – допустимая колеблемость; при $80,0 > k \geq 60,0$ – неустойчивое развитие явления или процесса; при $60,0 > k \geq 40,0$ – ситуация крайне неустойчивая; при $k < 40,0$ – ситуация недопустимая [11].

Самые высокопродуктивные относительно возделывания картофеля районы (Бобруйский, Горецкий, Кировский и Шкловский) со средней урожайностью, превышающей 200 ц/га, характеризуются положительной тенденцией устойчивости урожайности культуры. В сельскохозяйственных организациях Климовичского района выявлена высокая устойчивость продуктивности картофеля, однако сама урожайность в данном районе из года в год оказывается низкой, уступающей среднему уровню по области. Пахотные земли данного района в результате агрохимического обследования получили минимальную балльную оценку (26,0) при среднем балле плодородия пахотных почв Могилевской области, равном 31,8.

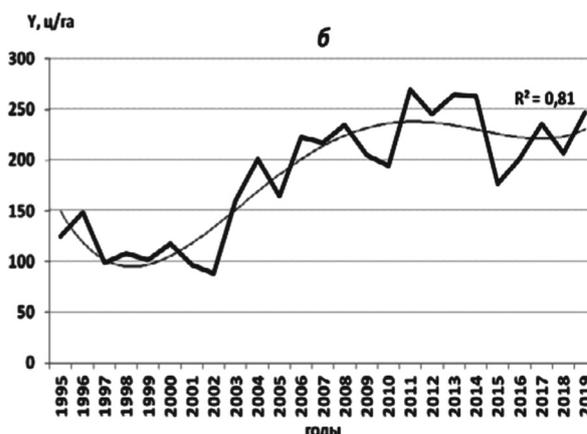
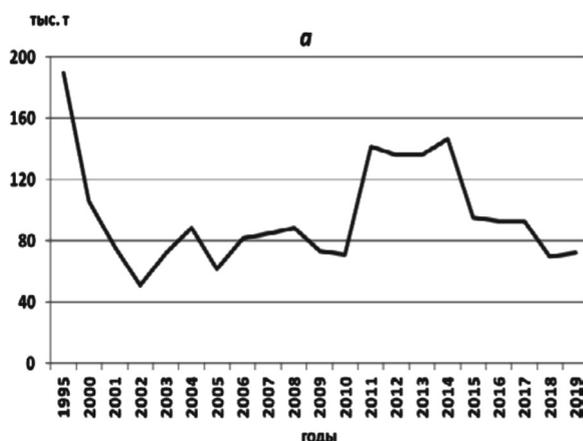


Рисунок 1 – Динамика валового сбора (а) и урожайности (б) картофеля в Могилевской области (1995–2019 гг.)

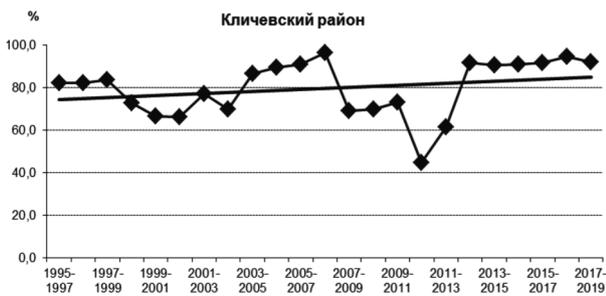
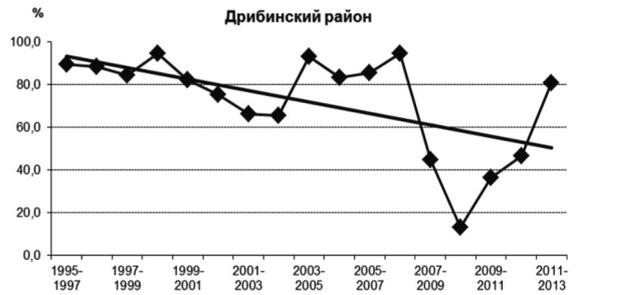
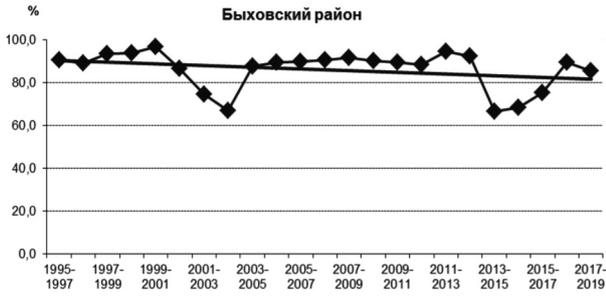
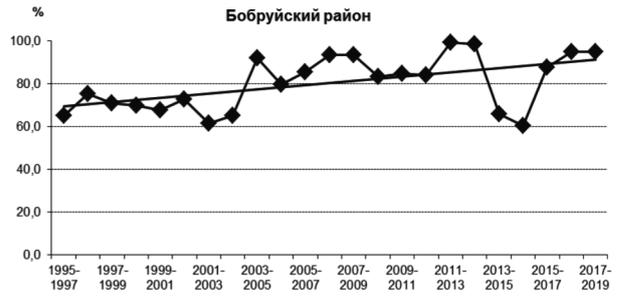






Рисунок 2 – Устойчивость продуктивности картофеля в районах Могилевской области (1995–2019 гг.)

Наименее устойчивыми районами в отношении возделывания картофеля оказались Дрибинский, Костюковичский, Мстиславский, Хотимский и Чаусский районы с отрицательной динамикой показателя. В частности, в Мстиславском районе в период с 1998 по 2010 г. урожайность картофеля была очень низкая (среднее значение составило 56 ц/га), в последующие годы продуктивность повысилась, что, естественно, отразилось на показателе устойчивости. Аналогичная ситуация наблюдалась и в остальных неустойчивых относительно возделывания картофеля районах.

В целом в Могилевской области устойчивость урожайности картофеля достаточно высокая.

Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 28.11.2019 № 800, на 2020–2024 годы определен перечень районов, относящихся к неблагоприятным для производства сельскохозяйственной продукции. Неблагоприятным для производства сельхозпродукции признается район, на территории которого в связи с природно-климатическими, почвенными, экологическими и социально-экономическими показателями (факторами) организация высококоротельного производства не представляется возможной. В указанный перечень внесено 66 районов республики, включая 13 районов Могилевской области (Белыничский, Бобруйский, Быховский, Глусский, Дрибинский, Климовичский, Костюковичский, Краснопольский, Могилевский, Славгородский, Хотимский, Чаусский, Чериковский), то есть значительная часть территории области признана как неблагоприятная для ведения сельского хозяйства. В целом наши исследования подтверждают данный вывод, однако возникают вопросы по Бобруйскому району, характеризующемуся положительно в отношении возделывания картофеля.

Изменяющиеся погодные условия зачастую сопровождаются климатообусловленными снижениями урожайности возделываемых культур. Климатическая составляющая в урожайности картофеля нами рассчитана в процентах как отклонение значения продуктивности от агротехнического тренда. Для наглядности построены диаграммы недоборов урожайности картофеля в административных районах, обусловленные проявляющимися погодно-климатическими явлениями (рисунок 3).

Согласно расчетам [13, 14], Могилевская область является самой климатозависимой в республике относительно возделывания картофеля в исследуемые годы. Здесь выделяются Дрибинский, Мстиславский и Костюковичский районы со значительным превышением среднего по области значения потерь, равного 12 %. Основными причинами недоборов урожайности картофеля явились засухи, приведшие к недостатку почвенной влаги. Именно в годы, отличающиеся на территории Беларуси значительным числом дней с засухой (1996, 1999, 2002 и 2015 гг.), произошли наиболее значимые недоборы урожайности картофеля.

Вопрос адаптации посевов к изменяющимся погодно-климатическим условиям в настоящее время не утратил своей актуальности. Оценка эффективности современного территориального распределения посевных площадей под возделывание картофеля выполнена по методике, базирующейся на расчете коэффициентов адаптивности посевных площадей к сложившимся условиям в пространственном аспекте [15, 16]. Для конкретного года на основе значений рядов урожайности исследуемой культуры и посевных площадей на уровне административных районов рассчитан коэффициент адаптивности выделенных посевных площадей под культуру к изменяющимся погодным условиям. При расчетах используется формула:

$$K = 1 + r_{YS} \cdot V_Y \cdot V_S,$$

где K – коэффициент адаптивности посевных площадей под культуру к почвенно-климатическим условиям; r_{YS} – коэффициент корреляции между урожайностью культуры и размером посевных площадей; V_Y – коэффициент вариации ряда данных по урожайности культуры; V_S – коэффициент вариации ряда данных по посевным площадям.

Низкие значения r_{YS} и близкие к 1 значения коэффициента адаптивности K свидетельствуют об отсутствии адаптации выделенных посевных площадей под культуру к почвенным и погодным условиям. Отрицательная корреляция урожайности с размерами посевных площадей (при наличии) свидетельствует о контрадаптивном распределении посевов.

Ранее выполненная агроклиматическая оценка эффективности территориального распределения посевных площадей под различные культуры охватывала временной интервал с 2000 по

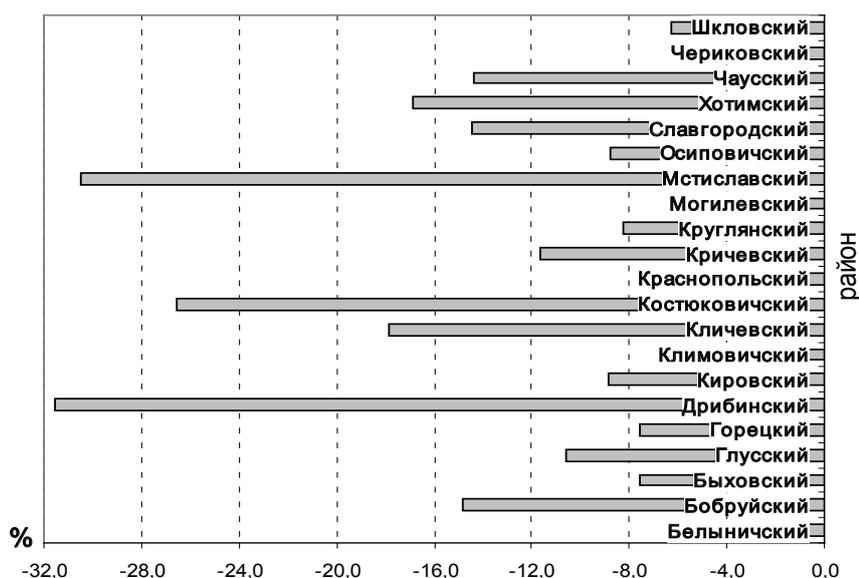


Рисунок 3 – Недоборы урожайности картофеля в Могилевской области (%)

2013 г. [17]. В представленном исследовании в качестве фактографической основы использованы опубликованные статистические материалы по продуктивности картофеля и посевным площадям, выделенным под культуру в Могилевской области, за 20-летний период (2000–2019 гг.). Результаты агроклиматической оценки эффективности территориального распределения посевных площадей под картофель представлены в таблице. Полужирным шрифтом выделены высокие значения коэффициента адаптивности, свидетельствующие о благоприятном территориальном распределении посевов.

Таблица – Оценка адаптации посевных площадей, выделенных под картофель, к изменяющимся агроклиматическим условиям

Год	V_s	V_y	r_{ys}	К
2000	0,75	0,33	0,37	1,09
2001	0,74	0,25	0,36	1,07
2002	0,76	0,26	0,31	1,06
2003	0,82	0,28	0,64	1,15
2004	0,93	0,27	0,60	1,15
2005	0,95	0,30	0,33	1,09
2006	1,06	0,38	0,43	1,17
2007	1,10	0,28	0,43	1,13
2008	1,00	0,25	0,48	1,12
2009	1,03	0,29	0,36	1,11
2010	1,06	0,32	0,30	1,10
2011	0,99	0,29	0,32	1,09
2012	0,90	0,27	0,31	1,08
2013	0,84	0,35	0,36	1,10
2014	0,85	0,40	0,31	1,10
2015	0,78	0,41	0,05	1,02
2016	0,89	0,32	0,15	1,04
2017	1,03	0,40	0,42	1,17
2018	1,04	0,43	0,26	1,11
2019	0,96	0,45	0,42	1,18
Среднее значение	0,92	0,33	0,36	1,11

Расчеты показали, что в области сложилась достаточно благоприятная ситуация по адаптации посевов картофеля к современным агроклиматическим условиям, что в значительной степени достигнуто за счет изменения размеров посевных площадей в отдельных административных районах, которые на исследованном временном интервале сильно варьировали, снижаясь в отдельные годы до крайне малых величин. Такие районы нами не учитывались в расчетах, что позволило избежать завышенных расчетных величин. В 2000 г. картофель в производственных масштабах возделывался на посевных площадях 21 административного района, в 2010-м – 15 районов, а в последние годы – на территории 18–19 районов. Изменение размеров посевных площадей является одним из факторов, повлиявших на адаптацию выделенных под картофель посевных площадей к сложившимся агроклиматическим условиям.

Заключение. В результате выполненного статистического исследования проанализирована динамика устойчивости урожайности картофеля, возделываемого в Могилевской области в 1995–2019 гг. Выявлены самые высокопродуктивные районы (Бобруйский, Горецкий, Кировский и Шкловский), характеризующиеся положительной тенденцией устойчивости урожайности культуры, а также неустойчивые районы (Дрибинский, Костюковичский, Мстиславский, Хотимский и Чаусский) с отрицательной динамикой показателя. Установлено, что Могилевская область является в высокой степени климатозависимой относительно ведения картофелеводства. При этом в области сложилась достаточно благоприятная ситуация по адаптации посевов картофеля к современным агроклиматическим условиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Логинов, В. Ф.* Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, В. И. Мельник – Минск : УП «Энциклопедикс», 2020. – 264 с.
2. Белгидромет об изменении климата в стране: лето увеличивается, зима сокращается [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pniva.by/2020/07/belgidromet-ob-izmenenii-klimata-v-strane-letu-uvelichivaetsya-zima-sokrashchaetsya>.
3. *Логинов, В. Ф.* Изменения биоклиматического потенциала территории Беларуси за период 1977–2015 гг. / В. Ф. Логинов, М. А. Хитриков // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 2. – С. 47–52.
4. *Лысенко, С. А.* Климатообусловленные изменения биопроductивности наземных экосистем Беларуси / С. А. Лысенко // Исследование Земли из космоса. – 2019. – № 6. – С. 77–88.
5. *Коляда, В. В.* Агроклиматическая оценка продуктивности сельскохозяйственных культур в Беларуси / В. В. Коляда // Природопользование. – 2014. – Вып. 25. – С. 53–60.
6. *Камышенко, Г. А.* Погодные условия Беларуси и урожайность сельскохозяйственных культур / Г. А. Камышенко. – LAMBERTAcademicPublishing, Saarbrucken, Germany, 2013. – 158 с.
7. *Сачок, Г. И.* Факторы и модели изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси / Г. И. Сачок, Г. А. Камышенко. – Минск: Белорусская наука, 2006. – 243 с.
8. *Витченко, А. Н.* Агроэкологическая оценка продуктивности сельскохозяйственных культур в Беларуси (на примере озимой ржи) / А. Н. Витченко // Вестник БГУ. Серия 2. Химия, биология, география. – 2014. – № 3. – С. 60–65.
9. *Давыденко, О. В.* Зависимость урожайности картофеля и сахарной свеклы от метеорологических показателей периода вегетации / О. В. Давыденко, П. С. Лопух // Вестник БДПУ. Сер. 3. – 2010. – № 3. – С. 56–62.
10. *Чудилин, Г. И.* О состоянии и методике оценки устойчивости сельскохозяйственного производства / Г. И. Чудилин // Вестник Чувашского университета. – 2006. – № 1. – С. 165–178.
11. *Суслов, С. А.* Методика региональной оценки экономической устойчивости сельскохозяйственного производства / С. А. Суслов, И. В. Громов // Вестник Нижегородского гос. инженерно-экономического института. Серия экономич. наук. – Нижний Новгород. – 2012. – № 5. – С. 100–114.
12. *Волчок, В.* Статистический анализ устойчивости сельскохозяйственного производства / В. Волчок // Экономический вестник (ЭКОВЕСТ). – 2001. – № 4. – С. 627–642.
13. *Камышенко, Г. А.* Климатическая составляющая в изменении урожайности картофеля / Г. А. Камышенко // Природопользование. – 2014. – Вып. 25. – С. 39–46.
14. *Камышенко, Г. А.* Климатообусловленные недоборы урожайности картофеля / Г. А. Камышенко // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды: материалы междунар. науч.-практ. конф., Брест, 25–27 сентября 2017 г. – С. 259–263.
15. *Сиротенко, О. Д.* Агрометеорологические аспекты оптимизации использования земельных ресурсов / О. Д. Сиротенко, В. Н. Павлова // Метеорология и гидрология. – 2000. – № 12. – С. 84–95.
16. Агроклиматическая оценка эффективности территориального распределения посевных площадей под различные культуры / В. Ф. Логинов [и др.] // Природопользование. – 2003. – Вып. 9. – С. 59–61.
17. *Камышенко, Г. А.* Оценка адаптации посевных площадей к изменяющимся агроклиматическим условиям / Г. А. Камышенко // Природопользование. – 2015. – Вып. 27. – С. 68–76.

REFERENCES

1. *Loginov, V. F.* Izmenenie klimata Belarusi: prichiny, posledstviya, vozmozhnosti regulirovaniya / V. F. Loginov, S. A. Lysenko, V. I. Mel'nik – Minsk : UP «Enciklopediks», 2020. – 264 s.
2. Belgidromet ob izmenenii klimata v strane: leto uvelichivaetsya, zima sokrashchaetsya [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.pniva.by/2020/07/belgidromet-ob-izmenenii-klimata-v-strane-letu-uvelichivaetsya-zima-sokrashchaetsya>.
3. *Loginov, V. F.* Izmeneniya bioklimaticheskogo potentsiala territorii Belarusi za period 1977–2015 gg. / V. F. Loginov, M. A. Hitrikov // Zemledelie i zashchita rastenij. – 2017. – № 2. – S. 47–52.
4. *Lysenko, S. A.* Klimatoobuslovlennyye izmeneniya bioproduktivnosti nazemnykh ekosistem Belarusi / S. A. Lysenko // Issledovanie Zemli iz kosmosa. – 2019. – № 6. – S. 77–88.
5. *Kolyada, V. V.* Agroklimaticeskaya ocenka produktivnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur v Belarusi / V. V. Kolyada // Prirodopol'zovanie. – 2014. – Vyp. 25. – S. 53–60.
6. *Kamyshenko, G. A.* Pogodnye usloviya Belarusi i urozhajnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur / G. A. Kamyshenko. – LAMBERTAcademicPublishing, Saarbrucken, Germany, 2013. – 158 s.
7. *Sachok, G. I.* Faktory i modeli izmenchivosti urozhajnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur Belarusi / G. I. Sachok, G. A. Kamyshenko. – Minsk: Belorusskaya nauka, 2006. – 243 s.
8. *Vitchenko, A. N.* Agroekologicheskaya ocenka produktivnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur v Belarusi (na primere ozimoz rzhii) / A. N. Vitchenko // Vestnik BGU. Seriya 2. Himiya, biologiya, geografiya. – 2014. – № 3. – S. 60–65.
9. *Davydenko, O. V.* Zavisimost' urozhajnosti kartofelya i saharnoj svekly ot meteorologicheskikh pokazatelej perioda vegetacii / O. V. Davydenko, P. S. Lopuh // Vesci BDPU. Ser. 3. – 2010. – № 3. – S. 56–62.
10. *Chudilin, G. I.* O sostoyanii i metodike ocenki ustojchivosti sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / G. I. Chudilin // Vestnik Chuvashskogo universiteta. – 2006. – № 1. – S. 165–178.
11. *Suslov, S. A.* Metodika regional'noj ocenki ekonomicheskoy ustojchivosti sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / S. A. Suslov, I. V. Gromov // Vestnik Nizhegorodskogo gos. inzhenerno-ekonomicheskogo instituta. Seriya ekonomich. nauk. – Nizhnij Novgorod. – 2012. – № 5. – S. 100–114.
12. *Volchok, V.* Statisticheskij analiz ustojchivosti sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / V. Volchok // Ekonomicheskij vestnik (EKOVEST). – 2001. – № 4. – S. 627–642.
13. *Kamyshenko, G. A.* Klimaticeskaya sostavlyayushchaya v izmenenii urozhajnosti kartofelya / G. A. Kamyshenko // Prirodopol'zovanie. – 2014. – Vyp. 25. – S. 39–46.
14. *Kamyshenko, G. A.* Klimatoobuslovlennyye nedobory urozhajnosti kartofelya / G. A. Kamyshenko // Aktual'nye problemy nauk o Zemle: ispol'zovanie prirodnykh resursov i sohranenie okruzhayushchej sredy: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Brest, 25–27 sentyabrya 2017 g. – S. 259–263.
15. *Sirotenko, O. D.* Agrometeorologicheskije aspekty optimizacii ispol'zovaniya zemel'nykh resursov / O. D. Sirotenko, V. N. Pavlova // Meteorologiya i gidrologiya. – 2000. – № 12. – S. 84–95.
16. Agroklimaticeskaya ocenka effektivnosti territorial'nogo raspredeleniya posevnykh ploshchadej pod razlichnyye kul'tury / V. F. Loginov [i dr.] // Prirodopol'zovanie. – 2003. – Vyp. 9. – S. 59–61.
17. *Kamyshenko, G. A.* Ocenka adaptacii posevnykh ploshchadej k izmenyayushchimsya agroklimaticeskim usloviyam / G. A. Kamyshenko // Prirodopol'zovanie. – 2015. – Vyp. 27. – S. 68–76.