

**ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА**  
*AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION*

УДК 631.5:551.586(476)

Поступила в редакцию 27.10.2016  
Received 27.10.2016**В. Ф. Логинов, М. А. Хитриков***Институт природопользования, Национальная академия наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОКЛИМАТИЧЕСКОГО  
ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

Биоклиматический потенциал (БКП) является одним из наиболее универсальных и удобных комплексных показателей, используемых для оценки условий выращивания сельскохозяйственных культур и проведения агроклиматического районирования. В конце XX века изучение БКП было одним из ведущих направлений агроклиматических исследований, однако в последние годы число работ, посвященных данному вопросу, уменьшилось. Оценка современных значений БКП представляет большую актуальность в связи с тем, что с конца 80-х годов XX века наблюдаются заметные изменения климата и, следовательно, изменяются агроклиматические условия. Расчет значений биоклиматического потенциала территории Беларуси проводили для периода 1977–2015 гг. по методике Д.И. Шашко. Значения БКП были уточнены с помощью методик З.А. Мищенко и собственных схем за счет учета влияния температуры почв на глубине и поступления солнечной радиации на подстилающую поверхность. Сравнительный анализ изменений значений БКП для разных периодов времени показал, что за последние десятилетия величина биоклиматического потенциала территории Беларуси значительно выросла, приращение его величины определяется, в первую очередь, пространственно-временными особенностями изменений температуры и количества осадков. Введение поправки на температуру почвы на глубине привело к заметному повышению значений потенциала, а поправки на поступление солнечной радиации – к незначительному снижению значений БКП. Расчет интегрального показателя качества условий выращивания сельскохозяйственных культур на основе биоклиматического потенциала и бонитета почв показал, что в интегральном показателе роль бонитета почв превышает роль биоклиматического потенциала. Полученные результаты имеют положительные предпосылки для создания практических рекомендаций для выращивания различных сельскохозяйственных культур с учетом пространственных различий агроклиматических условий и изменяющегося климата в последние 2–3 десятилетия.

*Ключевые слова:* биоклиматический потенциал, изменения климата, температура, количество осадков, бонитет почв.

**V. F. Loginov, M. A. Khitrykau***Institute for Nature Management, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

**SPATIOTEMPORAL CHANGES OF BIOCLIMATIC POTENTIAL OF THE TERRITORY OF BELARUS**

Bioclimatic potential (BCP) is one of the most universal and practical comprehensive indicators used for estimation of agricultural crops growing conditions and agroclimatic zoning. BCP assessments were one of the major lines of agroclimatic research in the end of XX century, but in recent years the number of works dedicated to the problem decreased. Due to significant changes of climate, which began in 1980s, and, consequently, changes of agroclimatic conditions, the assessment of current values of BCP becomes more relevant. Calculations of bioclimatic potential of the territory of Belarus according to methods developed by D. I. Shashko were performed for the period of 1977–2015. The BCP values obtained were specified by the effect of soil temperature at a certain depth and amount of solar radiation on the underlying surface according to methods developed by Z. A. Mishchenko and own approaches. Comparative analysis of BCP changes was performed for different periods of time. The analysis identified significant growth of BCP on the territory of Belarus during the last decades. Degree of increment of BCP was defined by spatio-temporal features of changes of temperature and precipitation. Introduction of soil temperature at a certain depth correction coefficient caused significant increases, and introduction of solar radiation correction coefficient caused minor decreases of BCP. Integral indicator of quality of growing conditions of agricultural plants on the basis of BCP and soil bonitet was calculated. Analysis of

the results obtained showed that the role of soil bonitet in final values of integral indicator is more important than the role of BCP. The results obtained show positive conditions for development of practical recommendations for cultivation of diverse agricultural crops, taking into account the spatial differences of agroclimatic conditions and changing climate in the last 2–3 decades.

*Keywords:* bioclimatic potential, climate changes, temperature, precipitation, soil bonitet.

В широком смысле биоклиматический потенциал (БКП) – это комплекс климатических факторов, определяющий возможности сельскохозяйственного производства в смысле набора культур, биологической продуктивности культур, производственной специализации, эффективности затрат. В узком смысле это комплекс климатических факторов, определяющий возможную биологическую продуктивность земли на рассматриваемой территории [1].

Биоклиматический потенциал позволяет оценить обеспеченность широкого набора сельскохозяйственных культур основными агроклиматическими ресурсами, что делает его одним из наиболее комплексных оценочных показателей. Первые опыты использования комплексных показателей для оценки агроклиматических ресурсов относятся к 50-м годам XX века и связаны с работами по проведению агроклиматического районирования [2–4]. Базовыми характеристиками первых комплексных показателей оценки были обеспеченности тепловыми и водными ресурсами. Данный подход был впоследствии использован Д. И. Шашко при разработке показателя биоклиматического потенциала [1], однако он не является единственным. При оценке биоклиматического потенциала могут быть использованы различные подходы, среди которых наиболее известными являются методы Д. И. Шашко и О. Д. Сиротенко – на их основе рассчитаны величины БКП для широкого круга стран и регионов [1, 5].

Оценки биоклиматического потенциала по методу О. Д. Сиротенко базируются на использовании имитационной системы «климат–почва–урожай». Под биоклиматическим потенциалом здесь подразумевается величина наземной биомассы в сухом веществе. Основными показателями БКП являются: радиационно-термический потенциал (РТП) – фундаментальная характеристика почвенно-климатических ресурсов, ограниченная не поддающимися регулированию в условиях открытого грунта приходом фотосинтетически активной радиации (ФАР) и термическим режимом при оптимальном минеральном питании, а также гидротермический потенциал (ГТП) – учитывающий также условия естественного увлажнения. С использованием данной имитационной системы получено большинство оценок агроклиматических ресурсов и продуктивности сельского хозяйства под влиянием изменений климата для территории России и всего постсоветского пространства, включая Республику Беларусь. Так, основываясь на сценарии HadCM3A1F1 Гадлеевского центра в Великобритании, О. Д. Сиротенко [6, 7] предсказывает рост урожайности зерновых культур к 2020 г. по отношению к современному уровню на 8 %, а кормовых культур – на 13 % в увлажненных районах северо-запада Европейской территории России, т. е. в прилегающих к Беларуси регионах.

Оценка качества условий выращивания сельскохозяйственных культур на основе показателя биоклиматического потенциала имеет ряд преимуществ перед другими подходами, но в то же время не лишена недостатков. Преимущества использования БКП связаны, прежде всего, с универсальностью данного показателя: его можно использовать для оценки условий выращивания всех основных сельскохозяйственных культур и он может быть легко адаптирован под характерные условия рассматриваемых регионов. В связи с этим оценки БКП могут служить хорошим подспорьем к работам по оценкам условий выращивания отдельных сельскохозяйственных культур [8–9]. Недостаток данного подхода заключается в том, что для расчета показателя БКП используется относительно малое число параметров. Это приводит к необходимости использования различных уточняющих характеристик, в особенности связанных с ресурсами солнечной радиации. Для этих целей могут быть использованы материалы работ Тооминга Х. Г. и др. [10].

После распада СССР было проведено относительно немного работ, посвященных оценке биоклиматического потенциала [5, 11–13]. В совокупности с тем, что с 80-х годов XX века наблюдаются значительные изменения климата, это делает актуальными вопросы проведения новых оценочных работ и разработки прогнозов изменения БКП. Существующие оценки будущего глобального климата имеют значительный разброс. Это обстоятельство дает основание считать, что при составлении прогнозов наряду со сценариями потепления климата необходимо рассматривать многовариантные сценарии будущего климата и, как следствие, многовариантные меры по адаптации различных отраслей экономики к изменяющемуся климату [14–16].

Для повышения потенциала в области оценки уязвимости и адаптации к изменяющемуся климату потребуется проведение широкого спектра работ, направленных на формирование научно-технической базы, определение и реализацию практических мер и мероприятий, подготовку управленческих решений в этой области.

Эффективность стратегии адаптации экономики к изменяющемуся климату будет заключаться в решении задачи минимизации экономических потерь. Принятие заблаговременных адаптационных мер позволит повысить устойчивость экономики к происходящим изменениям климата и резким проявлениям погодно-климатической изменчивости, избежать или по крайней мере снизить потери от негативных проявлений климатической изменчивости и опасных гидрометеорологических явлений, а также повысить эффективность экономики за счет корректного учета благоприятных и неблагоприятных для отраслей экономики изменений климата [17].

Для территории Беларуси был проведен перерасчет значений биоклиматического потенциала для периода современного потепления климата (1989–2015 гг.) и периода, предшествовавшему ему (1977–1988 гг.). Вычисления проводили согласно методике, разработанной Д. И. Шашко [1], и уточнялись по методикам З. А. Мищенко<sup>1</sup>. Расчет БКП проводили для всех метеорологических станций Республики Беларусь, за исключением недавно открытой станции Мстиславль, а также станций, имеющих очень короткий ряд наблюдений (Дрогичин, Щучин) и большие пропуски в рядах данных (Чечерск и Нарочь).

Базовая методика расчета БКП, предложенная Д. И. Шашко, основывается на учете тепловых и водных ресурсов, необходимых для роста и развития растений. Для вычисления значения БКП используется известная формула [1]:

$$\text{БКП} = K_p \frac{\sum T_c > 10^\circ\text{C}}{\sum T_{\text{баз}}},$$

где  $\sum T_c > 10^\circ\text{C}$  – сумма активных температур выше  $10^\circ\text{C}$ ,  $\sum T_{\text{баз}}$  – базисная сумма температур.  $K_p$  рассчитывается по формуле

$$K_p = 1,5 \lg(20Md) - 0,24 + 0,36Md - Md^2.$$

Здесь  $Md$  – показатель увлажнения,

$$Md = \frac{\sum P}{\sum (E - e)},$$

где  $\sum P$  – годовая сумма осадков,  $\sum (E - e)$  – годовая сумма значений дефицитов влажности воздуха.

Тепловые и водные ресурсы являются основными для роста и развития растений, однако для полного учета биоклиматических условий их недостаточно. В связи с этим З. А. Мищенко были разработаны методы, позволяющие провести учет влияния поступления солнечной радиации на подстилающую поверхность и температурных условий почвы [18]. Они сводятся к введению в формулу расчета БКП, предложенную Д. И. Шашко, уточняющих коэффициентов. Почвы разных гранулометрических составов характеризуются разными физическими свойствами, в особенности тепловыми. Эти различия оказывают заметное влияние на развитие сельскохозяйственных культур, поэтому для территорий с неоднородным характером почвенного покрова был предложен уточняющий коэффициент, характеризующий влияние температурных условий почв. Он вычисляется следующим образом:

$$K_{\text{пм}} = \frac{\sum T_{\text{пн}}}{\sum T_{\text{пс}}}; K_{\text{пм}} = \frac{\sum T_{\text{сп}}}{\sum T_{\text{пс}}}; K_{\text{пм}} = \frac{\sum T_{\text{тс}}}{\sum T_{\text{пс}}},$$

где  $\sum T_{\text{пс}}$ ,  $\sum T_{\text{пн}}$ ,  $\sum T_{\text{сп}}$ ,  $\sum T_{\text{тс}}$  – температуры почвы на глубине 10 см за период с температурами выше  $10^\circ\text{C}$  на суглинистых, песчаных, супесчаных, тяжелосуглинистых и глинистых почвах соответственно. Для Беларуси, где почвенный покров неоднороден на большей части территории<sup>2</sup>, учет влияния этого фактора особенно важен.

<sup>1</sup> Мищенко, З. А. Агроклиматология. – Киев: КНТ, 2009. – 512 с.

<sup>2</sup> Нацыянальны атлас Рэспублікі Беларусь / пад рэд. М. У. Мясніковіча. – Мінск: Белкартаграфія, 2002. – 292 с.

Важнейшим фактором развития растений являются ресурсы солнечной радиации. Их поступление на поверхность почв неоднородно и зависит от уклона и экспозиции рассматриваемого участка. В связи с этим для характеристики различий поступления радиации был предложен уточняющий коэффициент следующего вида:

$$K_Q = \frac{\sum Q_c}{\sum Q},$$

где  $\sum Q_c$  – сумма радиации, приходящая на рассматриваемый склон, а  $\sum Q$  – сумма радиации, приходящая на горизонтальную поверхность.

Нами были предложены дополнительные методики уточнения значения БКП, основанные на следующих соображениях. Регулярные измерения температуры почвы на глубинах, которые предусмотрены программой наблюдений метеорологических станций, характеризуют температуру на относительно небольших участках, отличающихся однородным гранулометрическим составом почв. В связи с этим расчет уточняющего коэффициента по методике З. А. Мищенко зачастую не представляется возможным. Учет влияния температур почв на глубинах предлагается проводить путем вычисления среднего арифметического значения сумм активных температур воздуха выше 10 °С и сумм температур почвы на глубине за аналогичный период времени. Принимая во внимание, что растения развиваются одновременно в надземной и подземной средах, условия обеих сред для них одинаково важны [19].

Расчет БКП по методике Д. И. Шашко возможно провести для всех метеостанций страны, однако, поскольку измерения температуры почвы на глубинах и параметров солнечной радиации проводятся не на всех станциях, уточненные значения БКП можно получить лишь для ограниченного числа пунктов: уточняющие коэффициенты на влияние температуры почвы на глубинах можно рассчитать для станций Верхнедвинск, Шарковщина, Березинский заповедник, Ошмяны, Новогрудок, Минск, Марьина Горка, Горки, Брест, Пинск, Полесская, Василевичи, Гомель, а уточняющие коэффициенты на влияние поступления солнечной радиации – для станций Шарковщина, Березинский заповедник, Ошмяны, Минск, Марьина Горка, Горки, Брест, Полесская, Василевичи, Гомель. Ряд данных по станции Волковыск слишком короток, и она была исключена из рассмотрения.

С целью проследить динамику изменений биоклиматического потенциала были проведены расчеты для разных временных периодов: I – всего доступного периода (1977–2015 гг.); II – периода современного потепления климата (1989–2015 гг.); III – периода, предшествовавшего потеплению (1977–1988 гг.); IV – периода, когда происходил самый интенсивный рост летней и зимней температуры (1989–2000 гг.); V – периода, когда динамика величины сезонного роста нормированной температуры изменилась: рост летней температуры стал существенно больше зимней (2001–2015 гг.). Это следует из работ [20, 21].

На рис. 1 представлено распределение значений БКП по территории Беларуси по данным Д. И. Шашко [1], соответствующее климатическим условиям, типичным для третьей четверти XX века, базирующееся на данных наблюдений на пяти метеорологических станциях (Витебск, Борисов, Слуцк, Пружаны и Гомель). Для определения местных особенностей распределения значений БКП этого недостаточно. Однако данная карта в целом позволяет увидеть общие закономерности в изменении биоклиматического потенциала. Так, четко прослеживается рост значений БКП при продвижении с севера на юг. Густота изолиний БКП на востоке Беларуси, где климат испытывает большие изменения, оказывается выше.

Результаты расчетов значений БКП за период 1977–2015 гг. представлены в табл. 1–3 и на рис. 2–6.

Некоторые станции, расположенные в пределах выделенных зон, отличались нехарактерными значениями биоклиматического потенциала. Так, на станциях Шарковщина, Лепель и Сенно среднее значение БКП превышало 145 баллов, а на станции Марьина Горка – 150 баллов. На станции Новогрудок среднее значение БКП было ниже 140 баллов, на станции Бобруйск – ниже 145 баллов, на станции Брагин – ниже 150 баллов. Станции Пинск и Житковичи отличались повышенными средними значениями биоклиматического потенциала. Для станции Березинский заповедник было характерно аномально низкое значение БКП – 125,69 балла.

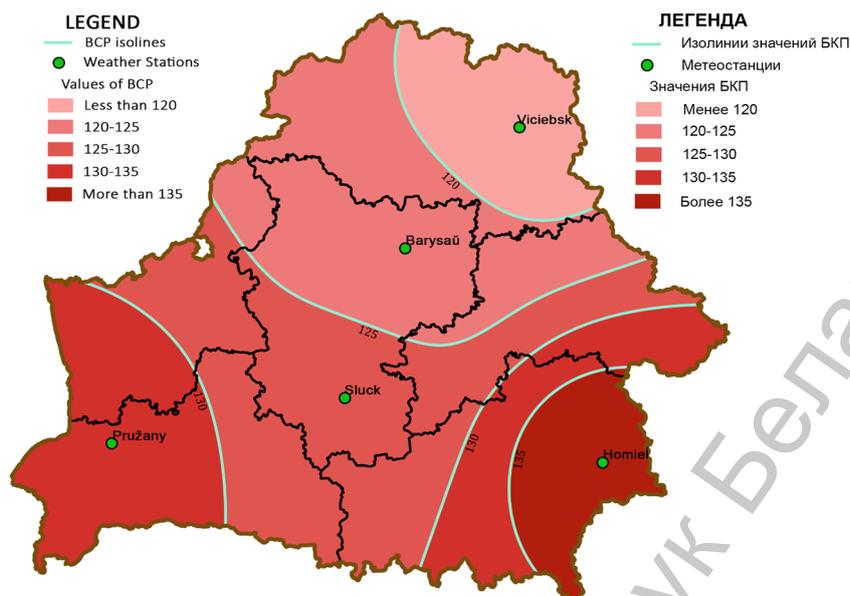


Рис. 1. Значения БКП по территории Беларуси по данным Д. И. Шашко [1]

Fig. 1. BCP values over the territory of Belarus according to D. I. Shashko [1]

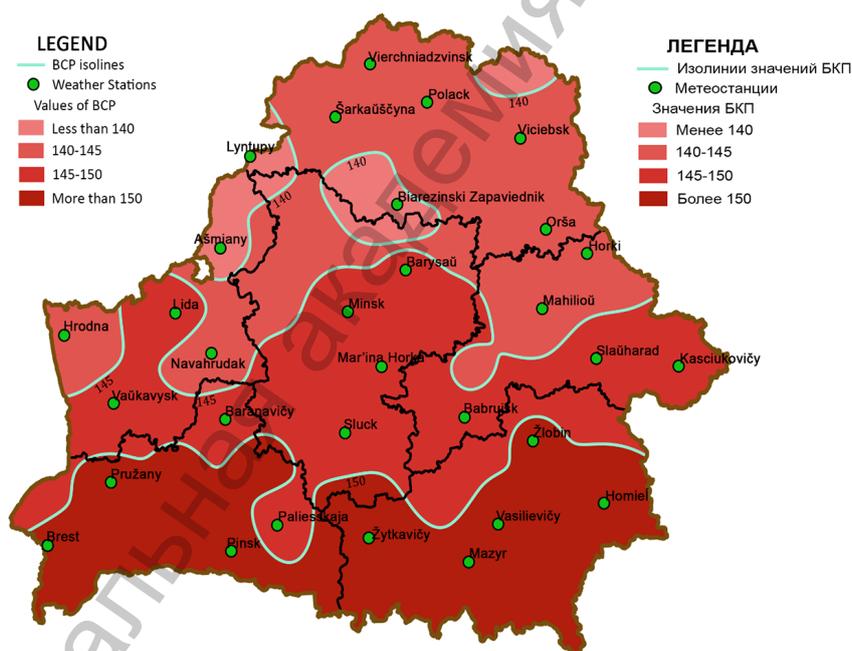


Рис. 2. Значения БКП по территории Беларуси за 1977–1988 гг.

Fig. 2. BCP values over the territory of Belarus for 1977–1988

Для ряда станций были отмечены нехарактерные средние значения БКП. Так, среднее значение биоклиматического потенциала по станции Лида превышает 165 баллов, а значение БКП по станции Житковичи составляет 171,61 балла, что значительно выше средних значений для выделенной зоны. Для станций Лынтупы, Докшицы, Верхнедвинск, Езерище, Горки и Могилев характерны пониженные значения БКП.

Как видно из табл. 1 и рис. 2, 3, величина БКП по территории страны увеличивается при продвижении с севера на юг, однако некоторые станции выпадают из этой закономерности. Это объясняется местными особенностями распределения температуры и, прежде всего, осадков, связанными с такими факторами, как характер подстилающей поверхности, рельеф, заболоченность

Т а б л и ц а 1. Средние значения БКП по метеостанциям Беларуси за разные периоды времени  
 T a b l e 1. Average BCP values on the meteorological stations of Belarus over different periods of time

Метеостанция	Период				
	I	II	III	IV	V
Барановичи	159,81	164,55	147,01	155,48	171,80
Березино	157,57	161,72	146,36	155,00	167,10
Березинский заповедник	149,07	155,99	125,69	147,66	162,66
Бобруйск	156,71	161,10	144,87	155,45	165,62
Борисов	158,12	162,25	146,98	156,49	166,86
Брагин	160,93	165,61	149,23	152,46	177,74
Брест	159,72	162,30	152,77	160,27	163,92
Василевичи	164,28	167,54	154,52	163,43	170,83
Верхнедвинск	151,88	154,88	142,90	148,18	160,24
Вилейка	154,41	158,90	143,20	148,52	168,48
Витебск	157,31	162,74	142,66	155,16	168,80
Волковыск	157,42	161,98	145,13	159,61	163,87
Воложин	154,37	165,43	142,17	150,84	166,12
Высокое	158,98	163,20	147,60	158,08	167,29
Ганцевичи	162,69	167,18	151,47	159,77	174,02
Гомель	164,49	168,80	152,85	163,27	173,23
Горки	150,52	154,28	140,38	147,59	159,63
Гродно	157,39	162,55	141,92	156,41	167,46
Докшицы	148,77	152,88	138,49	146,17	159,07
Езерище	149,46	154,02	138,06	146,11	161,31
Житковичи	167,62	171,61	156,85	164,98	176,91
Жлобин	161,08	164,96	150,60	159,50	169,32
Ивацевичи	161,78	166,07	151,04	157,88	173,64
Кличев	153,96	157,40	144,68	150,24	163,13
Костюковичи	157,79	161,70	147,24	152,25	169,27
Лельчицы	162,80	166,66	153,15	161,45	171,48
Лепель	157,24	161,99	145,35	152,66	170,62
Лида	161,16	165,48	148,20	158,48	171,07
Лынтупы	146,57	150,68	135,47	142,32	157,36
Марьиная Горка	155,48	156,81	151,49	149,63	162,55
Минск	159,46	162,80	149,45	155,00	169,05
Могилев	150,88	153,64	142,58	146,44	159,40
Мозырь	162,47	167,05	150,09	161,18	171,75
Новогрудок	157,25	161,15	139,69	150,01	170,07
Октябрь	158,19	162,15	147,47	155,92	167,14
Орша	151,85	155,77	141,26	148,33	161,73
Ошмяны	152,66	158,19	137,70	149,02	165,53
Пинск	164,13	166,82	156,06	157,95	173,92
Полесская	156,02	158,61	148,25	150,71	164,92
Полоцк	155,05	159,57	142,85	152,05	165,59
Пружаны	159,87	163,30	151,30	159,80	166,53
Сенно	158,77	164,06	145,55	157,35	170,25
Славгород	158,03	168,51	147,65	154,20	167,77
Слуцк	158,88	162,46	149,19	154,39	168,92
Столбцы	159,11	163,33	146,45	153,23	171,41
Шарковщина	155,18	158,09	146,44	153,33	161,90
<i>Среднее значение</i>	<i>157,33</i>	<i>161,69</i>	<i>146,09</i>	<i>154,22</i>	<i>167,33</i>

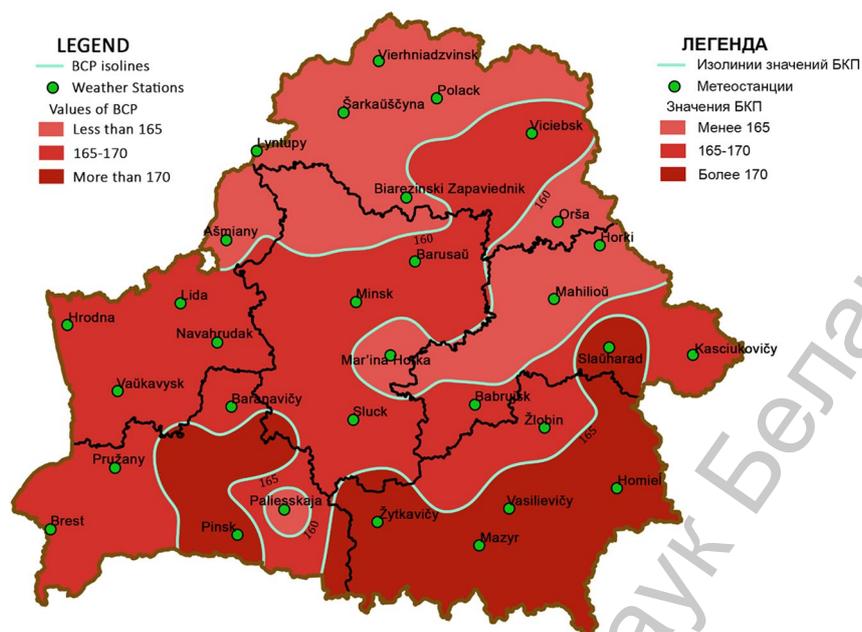


Рис. 3. Значения БКП по территории Беларуси за 1989–2015 гг.

Fig. 3. BCP values over the territory of Belarus for 1989–2015

Таблица 2. Средние значения БКП по метеостанциям Беларуси с учетом влияния температуры почв на глубинах за разные периоды времени

Table 2. Average BCP values on the meteorological stations of Belarus considering the effect of the soil temperature at depths over different periods of time

Метеостанция	Период				
	I	II	III	IV	V
Березинский заповедник	161,49	164,47	151,46	156,06	171,20
Брест	169,25	172,37	160,85	171,19	173,31
Василевичи	173,94	177,45	164,46	172,49	181,43
Верхнедвинск	156,49	160,91	144,54	152,35	167,76
Гомель	172,18	176,43	160,73	170,73	180,99
Горки	156,87	160,55	146,94	154,95	165,03
Марына Горка	163,81	165,88	158,22	159,15	171,26
Минск	165,37	168,78	155,13	161,81	174,36
Новогрудок	156,85	162,20	136,22	151,72	170,59
Ошмяны	160,63	166,28	145,38	158,20	172,74
Пинск	171,88	176,09	160,53	166,92	183,42
Полесская	158,38	162,44	147,42	152,23	170,60
Шарковщина	161,22	165,67	149,20	160,56	169,76
Среднее значение	163,72	167,66	152,39	160,64	173,27

и влияние осушительной мелиорации. Например, высокое значение БКП на станции Житковичи связано с тем, что там годовое количество осадков на 40–50 мм выше, чем на соседних станциях Полесская и Лельчицы. Низкое значение БКП на станции Полесская связано с более низкими температурами, чем на соседних станциях. Низкие значения БКП на станциях Могилев и Горки по сравнению со станциями Витебск и Сенно, расположенными севернее, связано с более низким количеством осадков, а также менее благоприятным температурным режимом. Возникновение области с высокими значениями БКП на востоке Витебской области за период 1989–2015 гг. связано с повышением количества осадков и ростом температуры в данный период. Невысокие значения БКП по станции Новогрудок, особенно за период, предшествовавший периоду современного по-

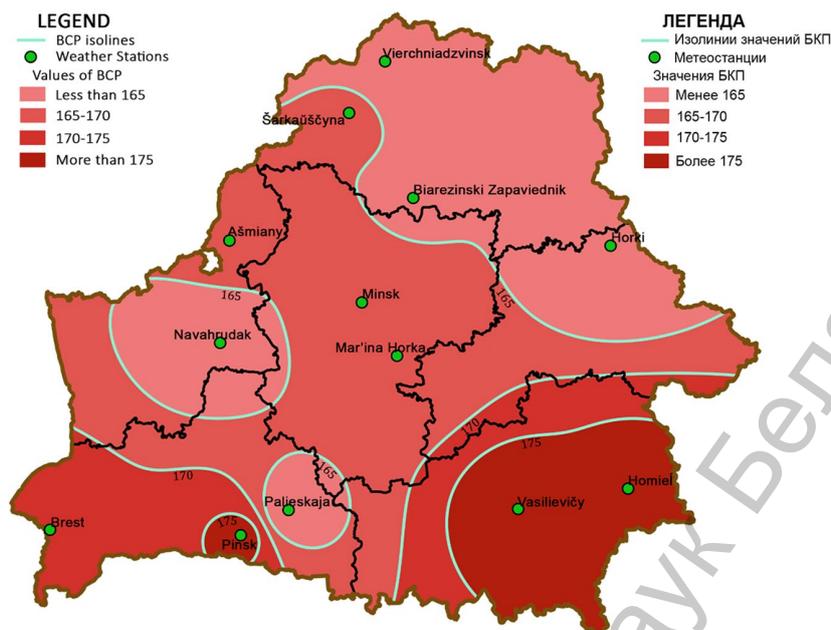


Рис. 4. Значения БКП по территории Беларуси с уточнением на температуру почв на глубинах за 1989–2015 гг.

Fig. 4. BCP values over the territory of Belarus considering the effect of the soil temperature at depths for 1989–2015

тепления климата, объясняются расположением станции на возвышенности (280 м), что приводит к снижению значений температуры и увеличению количества осадков. Подобное характерно также для станции Мозырь, но в меньшей степени. Невысокие по сравнению с соседними станциями значения БКП по станции Брагин связаны с небольшим количеством осадков, обусловленным расположением станции в «тени» Мозырской гряды. Аномальное значение БКП на станции Березинский заповедник на рис. 2 объясняется тем, что ряд данных наблюдений по ней короче и не включает в себя некоторые года с благоприятными климатическими условиями (более высокие температуры).

Как видно из табл. 2 и рис. 4, при введении поправки на температуру почв общие закономерности распределения величины БКП сохраняются, а сами значения БКП повышаются. Единственное исключение составляет станция Новогрудок, где за период, предшествовавший потеплению климата, наблюдалось значительное снижение величины БКП. Вероятно, причина этого кроется не только в физических свойствах почв, но и влиянии рельефа Новогрудской возвышенности. Низкое значение БКП на станции Полесская связано не только с более низкими температурами, но также с преобладанием холодных торфяных почв.

Была рассмотрена возможность проведения учета влияния температур почв на глубинах непосредственно по методике З. А. Мищенко. Однако в связи с ограниченностью доступных данных такое исследование выполнить затруднительно, поскольку в Беларуси всего 13 станций, проводящих регулярные измерения температуры почв на глубинах, и они расположены на значительных расстояниях друг от друга в регионах с различными физико-географическими условиями и свойствами почв. По этой причине рассчитанные коэффициенты не отражали бы реальную картину распределения температур почв на глубинах по всей территории Беларуси.

Как показывают данные табл. 3 и рис. 5, введение поправки на влияние поступления солнечной радиации не привело к значительному изменению величины БКП. Причина этого заключается в том, что в рельефе Беларуси преобладают мелкохолмистые, волнистые и плоские равнины. Изменение характера распределения значений БКП по территории Беларуси связано прежде всего с уменьшением числа рассматриваемых станций.

Дополнительно были построены карты величин разностей значений БКП за разные временные периоды: на рис. 6 показаны различия между значениями БКП за период современного потепления климата (II) и значениями БКП по данным Д. И. Шашко, а на рис. 7, 8 – различия значений БКП между периодом современного потепления климата (II) и периодом, ему предшествовавшим (III).

Полученные результаты наглядно показывают, что биоклиматический потенциал территории Беларуси значительно изменился за последние десятилетия. Разность между значениями БКП по Д. И. Шашко и БКП, рассчитанными для периода современного потепления климата, составляет 32–44 балла, и ее величина увеличивается при продвижении с юга на север.

Если рассматривать период современных изменений климата (1989–2015 гг.) и период, ему предшествовавший (1977–1988 гг.), то разность между средними значениями БКП по пяти ранее рассмотренным станциям составит 12–20 баллов. Это свидетельствует о том, что улучшение условий выращивания сельскохозяйственных культур началось задолго до начала современного потепления климата. Однако потепление климата внесло некоторые изменения в характер распределения значений разностей БКП по территории страны: наиболее заметное повышение значений БКП наблюдается при продвижении с юго-запада на северо-восток.

Т а б л и ц а 3. Средние значения БКП по метеостанциям Беларуси с учетом влияния температуры почв на глубинах и солнечной радиации за разные периоды времени

Table 3. Average BCP values on the meteorological stations of Belarus considering the effect of the soil temperature at depths and amount of solar radiation on the underlying surface over different periods of time

Метеостанция	Период				
	I	II	III	IV	V
Березинский заповедник	161,46	164,44	151,43	156,03	171,17
Брест	172,14	172,30		171,12	173,24
Василевичи	173,94	177,45	164,45	172,48	181,42
Гомель	172,07	176,31	160,62	170,61	180,87
Горки	156,47	160,14	146,57	154,55	164,61
Мар'ина Горка	165,66	165,85		159,12	171,24
Минск	164,31	167,70	154,13	160,77	173,24
Ошмяны	165,37	165,03		156,43	170,56
Полесская	158,38	162,44	147,42	152,23	170,60
Шарковщина	160,91	164,71	149,04	159,10	169,11
Среднее значение	165,07	167,64	153,38	161,24	172,61

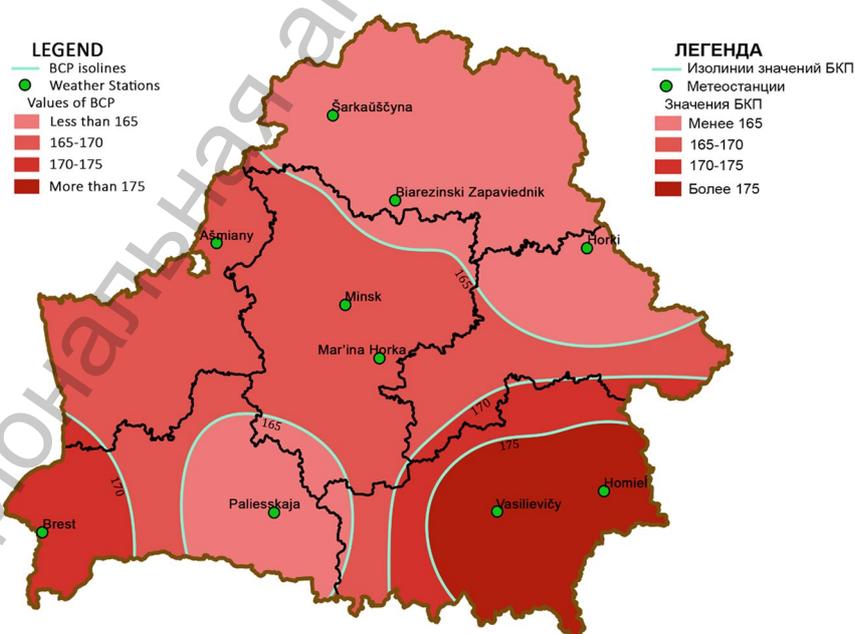


Рис. 5. Значения БКП по территории Беларуси с уточнением на температуру почв на глубинах и поступление солнечной радиации за 1989–2015 гг.

Fig. 5. BCP values over the territory of Belarus considering the effect of the soil temperature at depths and amount of solar radiation on the underlying surface for 1989–2015

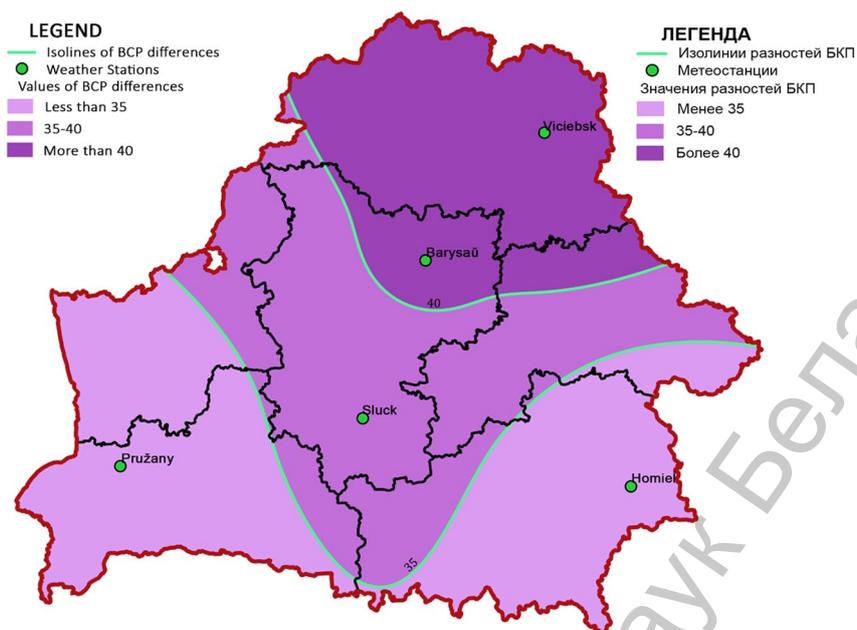


Рис. 6. Различия между значениями БКП по данным Д. И. Шашко [1] и средними значениями за период современного потепления климата (1989–2015 гг.)

Fig. 6. Differences between BCP values according to D.I. Shashko [1] and average values for the period of current warming (1989–2015)

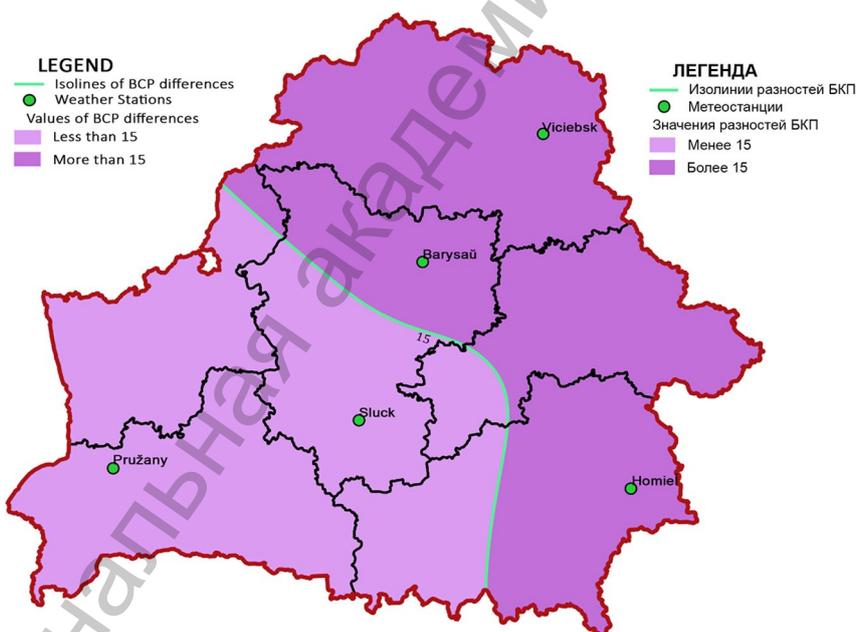


Рис. 7. Различия между значениями БКП за период современного потепления климата (II) и период, предшествовавший ему (III)

Fig. 7. Differences between BCP values for the period of current warming (II) and the period before it (III)

Тем не менее, данных пяти метеорологических станций для точной характеристики изменений значений БКП по всей территории страны недостаточно. Для этих целей был произведен расчет разностей значений БКП для периода современных изменений климата (II) и периода, предшествовавшего ему (III), по всем 46 станциям, рассмотренным в данном исследовании. Полученные результаты не выявляют общей закономерности изменений значений БКП по территории страны, а скорее свидетельствуют о том, что на изменения значений БКП наибольшее влияние оказывают местные особенности изменений температуры и количества осадков.

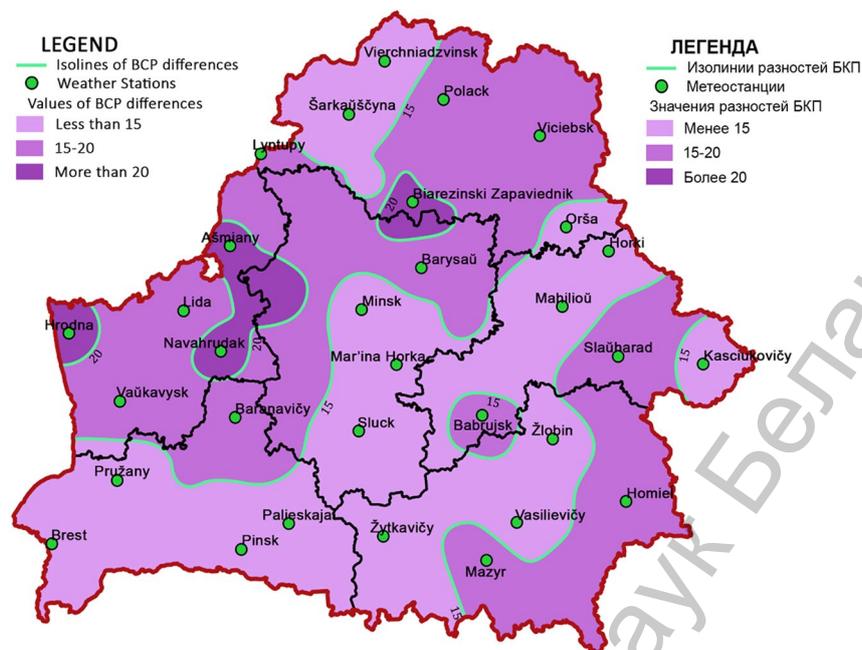


Рис. 8. Различия между значениями БКП за период современного потепления климата (II) и период, предшествовавший ему (III), по всем рассмотренным метеорологическим станциям

Fig. 8. Differences between BCP values for the period of current warming (II) and the period before it (III) on all the meteorological stations considered

Данные особенности изменения значений БКП свидетельствуют о том, что потепление оказалось более выраженным на севере Беларуси, чем на юге. Это не противоречит наблюдаемым особенностям изменения климата: генеральные особенности изменений современного климата состоят в относительно большем увеличении температуры и количества осадков в северной части Беларуси, особенно в ее северо-восточной части. Конечно, определенное влияние на указанные изменения различий значений БКП оказывает разное число станций, использованных при расчетах БКП.

Рассмотрим более детально пространственно-временные особенности распределения величины БКП на территории Беларуси (см. табл. 1). Минимальные значения БКП за рассмотренный период были характерны для 1978 г., наибольшие – для 2012 г. Больше всего абсолютных минимумов значений БКП отмечалось в 1980 г. (станции Ошмяны, Лынтупы, Волковыск, Барановичи, Высокое, Лида). Наименьшее значение БКП было отмечено на метеостанции Ошмяны в 1980 г. – 92,4 балла, наибольшее – на метеостанции Гомель в 2012 г. – 210 баллов. Для всех рассмотренных периодов минимальные значения БКП были характерны для метеостанции Лынтупы, а максимальные – для метеостанции Житковичи. Наиболее высокие значения БКП были характерны для станций Житковичи, Василевичи, Гомель и Пинск, наименьшие – для станций Лынтупы, Докшицы, Березинский заповедник и Езерище. При введении поправок на температуру почвы на глубинах и солнечную радиацию особенности изменений и распределения величины балла БКП преимущественно сохраняются (см. табл. 2, 3). После введения поправок наименьшие значения БКП по-прежнему характерны для 1978 г., наибольшие – для 2012 г. Поскольку данные поправки можно ввести лишь для ограниченного числа пунктов наблюдений, списки станций, где отмечаются наибольшие и наименьшие значения, выглядят следующим образом. Максимумы характерны для станций Василевичи, Брест и Пинск, минимумы – для станций Новогрудок, Верхнедвинск, Горки и Полесская. Интересно, что после введения только поправок на температуру почвы на глубине для разных периодов максимумы и минимумы отмечаются на разных станциях; после введения поправок на поступление солнечной радиации максимальные значения отмечаются почти во всех случаях на станции Василевичи, минимальные – на станции Горки, что отражает физико-географические особенности климата: зависимость температуры от широты, долготы, высоты над уровнем моря и континентальности. Сравнение с данными Д. И. Шашко показало, что наибольшее повышение значения БКП произошло в Витебске (рост на 44,7 балла), а наименьшее – в Пружанах

(рост на 31,3 балла). Результаты расчета разностей между средними значениями для периода современного потепления климата (II) и периода, ему предшествовавшего (III), следующие. Наибольший рост величины БКП был отмечен на станции Березинский заповедник (30,3 балла), наименьший – на станции Марьина Горка (5,3 балла). Наибольший рост значений БКП был характерен также для станций Воложин, Новогрудок, Витебск, Гродно, Ошмяны и Славгород. Минимальный рост отмечался на станциях Брест, Верхнедвинск, Шарковщина, Могилев, Пинск, Полеская и Пружаны.

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать следующие выводы.

1. За 1977–2015 гг. БКП значительно вырос по сравнению с данными, приведенными в работе Д. И. Шашко [1]: баллы биоклиматической продуктивности для метеорологических станций Витебск, Борисов, Пружаны, Гомель и Слуцк, согласно Д. И. Шашко, составляют 118, 122, 132, 137 и 127 соответственно, баллы для этих же станций, рассчитанные за период 1977–2015 гг., составляют 157,3, 158,1, 159,5, 164,5 и 158,9 соответственно. Это означает, что обеспеченность сельскохозяйственных культур тепловыми и водными ресурсами за последние десятилетия улучшилась по сравнению с периодом, для которого Д. И. Шашко проводил свои расчеты.

2. Рост БКП особенно заметен при продвижении с северо-запада и севера на юго-восток и юг, однако при этом выделяются локальные особенности в распределении величины БКП. Например, на станциях Полеская, Мозырь и Брагин величина БКП на 3–8 баллов ниже, чем на соседних, а на станциях Верхнедвинск, Полоцк, Шарковщина и Сенно – на 2–6 баллов выше. Причина этого – влияние местных особенностей распределения температуры и количества осадков, вызванных характером подстилающей поверхности, рельефом, заболоченностью территории и другими факторами.

3. Если сравнить рассчитанные по оригинальной схеме Д. И. Шашко и уточненные средние значения баллов биоклиматической продуктивности за III (1977–1988 гг.), IV (1989–2000 гг.) и V (2001–2015 гг.) периоды, то окажется, что в связи с изменением сезонной динамики роста температуры рост значений БКП ускорился: средние значения по станциям за IV период превышают средние значения за III период на 7–11 баллов, а средние значения за V период превышают средние значения за IV период на 8–14 баллов. Это объясняется тем, что начиная с 2001 г. наибольший рост нормированных значений температуры и повторяемость крупных температурных аномалий наблюдаются в летний период [21]. Кроме того, наблюдается рост среднего количества осадков: в среднем за год в течение III периода выпадало 632,8 мм осадков, за IV период – 646,2, за V период – 655,5, однако, если из последнего периода исключить два последних года, которые были довольно засушливы по сравнению с предыдущими, то окажется, что за V период в среднем выпало 671,6 мм осадков за год.

4. При введении поправки на температуру почв на глубине 10 см величина БКП выросла в среднем на 4–8 баллов в зависимости от рассматриваемого периода и преобладающего типа почв. Для метеостанций, находящихся на легких песчаных грунтах (Василевичи, Брест, Березинский заповедник, Марьина Горка), «приращение» значения БКП вдвое превосходило повышение для станций с тяжелыми глинистыми или торфяными почвами (Верхнедвинск, Ошмяны, Полеская): величина «приращения» для первой группы станций составила 7–11 баллов, а для второй – всего 3–5 баллов.

5. При введении поправки на поступление солнечной радиации значение балла биоклиматической продуктивности в абсолютном большинстве случаев снижалось на 0,2–0,4 балла при рассмотрении отдельных лет для каждой станции. Однако в связи с тем, что измерения актинометрических показателей проводятся на меньшем числе станций, чем измерения температуры почвы на глубинах, и отсутствием по станциям Ошмяны, Марьина Горка и Брест данных за период, предшествовавший периоду современных изменений климата, рассчитанные средние значения для рассматриваемых временных периодов отличаются. Обнаруженное снижение БКП объясняется следующим. Уточняющий коэффициент, предложенный З. А. Мищенко, показывает именно влияние разностей поступления радиации на склоны разной крутизны и экспозиции на рост и развитие растений. В связи с тем, что на территории Беларуси преобладают небольшие уклоны (в среднем не больше  $5^\circ$ )<sup>3</sup>, разности в величине потока суммарной радиации, приходящегося на склоны разной экспозиции, оказались незначительны. Другая причина связана с тем, что методика, примененная для вычисления значений сумм радиации, приходящихся на склоны

<sup>3</sup> Нацыянальны атлас Рэспублікі Беларусь / пад рэд. М. У. Мясніковіча. – Мінск: Белкартаграфія, 2002. – 292 с.

разной экспозиции [22], не учитывает количество радиации, приходящееся на северные склоны. В результате суммарное количество радиации, приходящее на наклонные поверхности, оказалось немного меньше, чем приходящее на горизонтальную поверхность, и величина уточняющего коэффициента получилась меньше единицы. Соотношение количества радиации, приходящегося на наклонную поверхность, к количеству, приходящемуся на горизонтальную, оказалось стабильной величиной, практически не меняющейся за весь рассмотренный период по всем станциям.

Нами было произведено еще одно уточнение расчетной схемы Д. И. Шашко, заключавшееся в подстановке в формулу расчета БКП величины биологической суммы температур, необходимой для созревания каждой культуры, вместо базовой суммы температур. Это позволило бы произвести картирование биоклиматического потенциала для отдельных сельскохозяйственных культур, что удобно для сравнительного анализа условий выращивания сельскохозяйственных культур на различных территориях. В связи с этим большой интерес представляет сравнительный анализ БКП для отдельных культур, выращиваемых на территории Беларуси и сопредельных государств, где климатические условия и уровень агротехники несколько отличны, чем в нашей стране. Эта работа в настоящее время выполняется.

В ходе работы по анализу пространственно-временных особенностей распределения БКП была предпринята попытка учесть другую характеристику, важную для сельскохозяйственного производства – бонитет почвы. Объединение БКП и бонитета почв позволит получить интегральный показатель, отображающий влияние всех важнейших природных ресурсов на сельскохозяйственное производство.

Для расчета такого показателя были предложены следующие две методики. Первая предполагает вычисление соотношения среднего балла бонитета почв по административному району, где расположена метеостанция, к 100, вторая – соотношения среднего балла бонитета почв по административному району, где расположена метеостанция, к среднему бонитету почв по территории страны (30,9 балла). С точки зрения отображения степени воздействия бонитета почв на рост и развитие растений первый подход является более правильным, однако в связи с тем, что для абсолютного большинства территорий Беларуси характерны низкие значения бонитета, при использовании первой методики итоговая величина интегрального показателя оказывается значительно ниже БКП. Вторая методика лишена данного недостатка и является более наглядной.

Значения БКП с уточнениями на величину бонитета почв по всем метеостанциям республики за период современного потепления климата представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. Значения интегрального показателя природных условий за период современного потепления климата, 1989–2015 гг.

Table 4. Values of the integral indicator of natural conditions over the period of current warming (1989–2015)

Метеостанция	Значение	Метеостанция	Значение	Метеостанция	Значение
Барановичи	188,51	Гомель	156,78	Минск	187,5634
Березино	142,88	Горки	163,77	Могилев	174,0255
Березинский заповедник	139,59	Гродно	197,80	Мозырь	149,2128
		Докшицы	139,02	Новогрудок	173,1492
Бобруйск	179,35	Езерище	101,18	Октябрь	165,3017
Борисов	157,00	Житковичи	165,50	Орша	158,7991
Брагин	150,60	Жлобин	175,10	Ошмяны	168,9456
Брест	179,63	Ивацевичи	172,52	Пинск	157,6415
Василевичи	164,28	Кличев	152,3063	Полесская	141,6672
Верхнедвинск	125,81	Костюковичи	137,1071	Полоцк	120,8411
Вилейка	156,32	Лельчицы	145,629	Пружаны	170,6939
Витебск	136,40	Лепель	131,0638	Сенно	140,6984
Волковыск	198,67	Лида	179,3986	Славгород	157,0566
Воложин	167,57	Лынтупы	131,1724	Слуцк	200,3174
Высокое	178,51	Марьина Горка	154,7769	Столбцы	169,6725
Ганцевичи	156,90			Шарковщина	146,3215

Распределение интегральной величины качества условий выращивания сельскохозяйственных культур более согласуется с распределением плодородности почв по территории республики, чем со значениями БКП. Так, если наибольшие и наименьшие значения БКП, рассчитанного по неуточненной схеме, отмечались на станциях Житковичи и Лынтупы соответственно, то при учете влияния бонитета почв максимальные и минимальные значения отмечаются на станциях Слуцк и Езерище соответственно, т. е. в районах с наиболее и наименее плодородными почвами в стране. Таким образом, в реальности в интегральном показателе значение бонитета почв уточняется на величину БКП.

В заключение следует обратить внимание на исключительно важное замечание А. А. Жученко [23] об укоренившейся практике занижения агроклиматического потенциала бывшего СССР, чтобы списать низкую продуктивность сельского хозяйства на неблагоприятные погодные и климатические условия. Кроме изменяющегося климата важным резервом повышения сельскохозяйственного производства в нашей стране является полнота использования агроклиматического потенциала, основанная на адаптивных особенностях культивируемых видов, сортов и агроэкосистем, подъеме уровня агрокультуры, включая обеспеченность удобрениями, мелиорантами, средствами защиты растений и техникой. Использование этого резерва уменьшит зависимость сельскохозяйственного производства от погоды и климата.

### Список использованных источников

1. *Шашко, Д. И.* Агроклиматические ресурсы СССР / Д. И. Шашко. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 247 с.
2. *Колосков, П. И.* Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование / П. И. Колосков. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 328 с.
3. *Сапожникова, С. А.* Опыт агроклиматического районирования территории СССР / С. А. Сапожникова // Вопросы агроклиматического районирования СССР : сб. ст. / ВАСХНИЛ ; ред.: Ф. Ф. Давитай, А. И. Шульгин. – М., 1958. – С. 14–37.
4. *Шашко, Д. И.* Агроклиматическое районирование СССР / Д. И. Шашко. – М. : Колос, 1967. – 335 с.
5. Биоклиматический потенциал России: теория и практика / А. В. Гордеев [и др.]. – М. : Товарищество науч. изд. КМК, 2006. – 516 с.
6. *Сиротенко, О. Д.* Имитационная система «Климат–урожай СССР» / О. Д. Сиротенко // Метеорология и гидрология. – 1995. – № 4. – С. 107–114.
7. *Сиротенко, О. Д.* Чувствительность сельского хозяйства России к изменениям климата, химического состава атмосферы и плодородия почв / О. Д. Сиротенко, Е. В. Авашина, В. Н. Павлова // Метеорология и гидрология. – 1991. – № 4. – С. 67–73.
8. *Уланова, Е. С.* Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы / Е. С. Уланова. – Л. : Гидрометеиздат, 1975. – 304 с.
9. *Чирков, Ю. И.* Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы / Ю. И. Чирков. – Л. : Гидрометеиздат, 1969. – 251 с.
10. *Тооминг, Х. Г.* Солнечная радиация и формирование урожая / Х. Г. Тооминг. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.
11. *Витченко, А. Н.* Теоретические и прикладные основы оценки агроэкологического потенциала ландшафтов Беларуси : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук : 11.00.01 / А. Н. Витченко ; Беларус. гос. ун-т. – Минск, 1996. – 29 с.
12. *Коляда, В. В.* Агроклиматическая оценка продуктивности сельскохозяйственных культур в Беларуси / В. В. Коляда // Природопользование : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования. – Минск, 2014. – Вып. 25. – С. 53–60.
13. *Коляда, В. В.* Биоклиматический потенциал Беларуси в сравнении со странами СНГ и ЕС / В. В. Коляда // Природопользование : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования. – Минск, 2013. – Вып. 24. – С. 17–26.
14. *Логинов, В. Ф.* Изменения климата в Беларуси и их последствия для ключевых секторов экономики (сельское, лесное и водное хозяйство) / В. Ф. Логинов. – Минск : БелНИЦ «Экология», 2010. – 152 с.
15. *Логинов, В. Ф.* Оценка неопределенностей в изменении глобальной температуры за период инструментальных наблюдений / В. Ф. Логинов // Природопользование : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования. – Минск, 2015. – Вып. 27. – С. 61–67.
16. *Climate change 2007: the physical science basis / ed.: S. Solomon [et al.].* – New York ; Cambridge : Cambridge Univ. Press, 2007. – 996 p.
17. *Гусаков, В.* Стратегия национальной продовольственной независимости / В. Гусаков // Наука и инновации. – 2007. – № 1 (47). – С. 25–28.
18. *Мищенко, З. А.* Агроклиматология / З. А. Мищенко. – Киев : КНТ, 2009. – 512 с.
19. Условия жизни сельскохозяйственных растений и их регулирование [Электронный ресурс] // Помощник агронома : агропортал. – Режим доступа: <http://agrofak.com/zemledelie/usloviya-zhizni-selskoxozyajstvennykh-rastenij-ix-regulirovanie.html>. – Дата доступа: 13.09.2015.

20. Изменения климата Беларуси и их последствия / В. Ф. Логинов [и др.] ; под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Тонпик, 2003. – 330 с.

21. Логинов, В. Ф. Сезонные особенности изменения климата Беларуси / В. Ф. Логинов, Ю. А. Бровка // Природопользование : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования. – Минск, 2014. – Вып. 25. – С. 16–22.

22. Кондратьев, К. Я. Актинометрия / К. Я. Кондратьев. – Л. : Гидрометеорол. изд-во, 1965. – 692 с.

23. Жученко, А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) / А. А. Жученко. – М. : АГРОПУС, 2004. – 1109 с.

## References

1. Shashko D.I. *Agroklimaticheskie resursy SSSR* [Agroclimatic resources of the USSR]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1985. 247 p. (In Russian).

2. Koloskov P.I. *Klimaticheskij faktor sel'skogo hozjajstva i agroklimaticheskoe rajonirovanie* [Climatic factor of agriculture and agroclimatic zoning]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 328 p. (In Russian).

3. Sapozhnikova S.A. *Opyt agroklimaticheskogo rayonirovaniya territorii SSSR* [Experience in agro-climatic zoning of the USSR]. *Voprosy agroklimaticheskogo rayonirovaniya SSSR: sbornik statey* [Issues of agroclimatic zoning of the USSR: collection of articles]. Moscow, 1958, pp. 14–37. (In Russian).

4. Shashko D.I. *Agroklimaticheskoe rayonirovanie SSSR* [Agroclimatic zoning of the USSR]. Moscow, Kolos Publ., 1967. 335 p.

6. Sirotenko O.D. *Imitatsionnaya sistema «Klimat–urozhay SSSR»* [Imitation system “climate-crop of the USSR”]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], 1995, no. 4, pp. 107–114. (In Russian).

5. Gordeev A.V., Kleshchenko A.D., Chernyakov B.A., Sirotenko O.D., Gordeev A.V. (ed.) *Bioklimaticheskij potentsial Rossii: teoriya i praktika* [Bioclimatic potential of Russia: theory and practice]. Moscow, Association of scientific editions KMK, 2006. 516 p. (In Russian).

7. Sirotenko O.D., Avashina E.V., Pavlova V.N. *Chuvstvitel'nost' sel'skogo khozyaystva Rossii k izmeneniyam klimata, khimicheskogo sostava atmosfery i plodorodiya pochv* [Sensitivity of agriculture in Russia to climate change, atmospheric chemistry and soil fertility]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], 1991, no. 4, pp. 67–73. (In Russian).

8. Ulanova E.S. *Agrometeorologicheskie usloviya i urozhaynost' ozimoy pshenitsy* [Agrometeorological conditions and winter wheat yield]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1975. 304 p. (In Russian).

9. Chirkov Yu.I. *Agrometeorologicheskie usloviya i produktivnost' kukuruzy* [Agrometeorological conditions and maize productivity]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1969. 251 p. (In Russian).

10. Tooming Kh.G. *Solnechnaya radiatsiya i formirovanie urozhaya* [Solar radiation and crop formation]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977. 200 p. (In Russian).

11. Vitchenko A.N. *Teoreticheskie i prikladnye osnovy otsenki agroekologicheskogo potentsiala landshaftov Belarusi. Avtoref. diss. dokt. geogr. nauk* [Theoretical and practical bases for estimation of agroecological potential of landscape in Belarus. Dr. geogr. sci. abstr. diss.]. Minsk, 1996. 29 p. (In Russian).

12. Kolyada V.V. *Agroklimaticheskaja ocenka produktivnosti sel'skohozjajstvennykh kul'tur v Belarusi* [Agroclimatic assessment of productivity of crops in Belarus]. *Prirodopol'zovanie: sbornik nauchnykh trudov* [Nature management: collection of scientific papers]. Minsk, 2014, no. 25, pp. 53–60. (In Russian).

13. Kolyada V.V. *Bioklimaticheskij potentsial Belarusi v sravnenii so stranami SNG i ES* [Bioclimatic potential of Belarus in comparison with the CIS and EU countries]. *Prirodopol'zovanie: sbornik nauchnykh trudov* [Nature management: collection of scientific papers]. Minsk, 2013, no. 24, pp. 17–26. (In Russian).

14. Loginov V.F. *Izmeneniya klimata v Belarusi i ikh posledstviya dlya klyuchevykh sektorov ekonomiki (sel'skoe, lesnoe i vodnoe khozyaystvo)* [Climate change in Belarus and its impact on the key sectors of economy (agriculture, forestry and water sector)]. Minsk, BRC “Ecology” Publ., 2010. 152 p. (In Russian).

15. Loginov V.F. *Otsenka neopredelennostey v izmenenii global'noy temperatury za period instrumental'nykh nablyudeniy* [Assessment of uncertainties in global temperature change for the period of instrumental record]. *Prirodopol'zovanie: sbornik nauchnykh trudov* [Nature management: collection of scientific papers]. Minsk, 2015, no. 27, pp. 61–67. (In Russian).

16. Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.). *Climate change 2007: the physical science basis*. Cambridge University Press, Cambridge, New York, 2007. 996 p.

17. Gusakov V. *Strategiya nacional'noj prodovol'stvennoj nezavisimosti* [Strategy of the national food self-sufficiency]. *Nauka i innovatsii* [Science and Innovation], 2007, no. 1, pp. 25–28. (In Russian).

18. Mishchenko Z.A. *Agroklimatologiya* [Agroclimatology]. Kiev, 2009. 512 p. (In Russian).

19. *Usloviya zhizni sel'skokhozyaystvennykh rasteniy i ikh regulirovanie* [Living conditions of agricultural plants and their regulation]. Available at: <http://agrofak.com/zemledelie/usloviya-zhizni-selskoxozyajstvennyx-rasteniy-i-ix-regulirovanie.html> (accessed 13.09.2015). (In Russian).

20. Loginov V.F., Sachok G.I., Mikutskiy V.S., Mel'nik V.I., Kolyada V.V., Loginov V.F. (ed.) *Izmeneniya klimata Belarusi i ikh posledstviya* [Climate change in Belarus and its consequences]. Minsk, Tonpik Publ., 2003. 330 p. (In Russian).

21. Loginov V.F., Bровка Yu.A. *Sezonnye osobennosti izmeneniya klimata Belarusi* [Seasonal climate changes features of Belarus]. *Prirodopol'zovanie: sbornik nauchnykh trudov* [Nature management: collection of scientific papers]. Minsk, 2014, no. 25, pp. 16–22. (In Russian).

22. Kondrat'ev K.Ya. *Aktinometriya* [Actinometers]. Leningrad : Hydrometeorological Publ., 1965. 692 p. (In Russian).

23. Zhuchenko A.A. *Resursnyj potentsial proizvodstva zerna v Rossii (teoriya i praktika)* [Resource potential of grain production in Russia (theory and practice)]. Moscow, Agrorus Publ., 2004. 1109 p.

**Информация об авторах**

*Логинов Владимир Федорович* – академик, доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории трансграничного загрязнения и климатологии. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Скорины, 10, 220114 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

*Хитриков Максим Александрович* – магистр географических наук, младший научный сотрудник лаборатории трансграничного загрязнения и климатологии. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Скорины, 10, 220114 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

**Для цитирования**

*Логинов, В. Ф.* Пространственно-временные изменения биоклиматического потенциала территории Беларуси / В. Ф. Логинов, М. А. Хитриков // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2017. – №1. – С. 42–57.

**Information about the authors**

*Loginov Vladimir F.* – Academician, D. Sc. (Geographical), Professor, The Institute for Nature Management (10 F. Scoriny Str., Minsk 220114, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

*Khitrykau Maxim A.* – Postgraduate student (Geographical), The Institute for Nature Management (10 F. Scoriny Str., Minsk 220114, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

**For citation**

Loginov V.F., Khitrykau M.A. Spatiotemporal changes of bioclimatic potential of the territory of Belarus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, agrarian series*, 2017, no 1, pp. 42–57.

Национальная академия наук Беларуси