



УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГТК СЕЛЯНИНОВА ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

✉ Потанин В.Г.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: wgp@ngs.ru

Приведены основные моменты, определившие необходимость и сущность разработки комплексного гидротермического коэффициента (ГТКк). Данную разработку следует рассматривать как процесс усовершенствования гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова. Предложенный ГТКк позволяет более детально характеризовать территорию. Комплексный ГТКк включает в себя две составляющие: тангенсальную ГТК_t и радиальную ГТК_r. При графическом отображении ГТКк рационально выделять зоны, соответствующие ГТК_t, внутри которых формировать зоны, соответствующие ГТК_r. Приведено распределение ГТКк в Новосибирской области. Величина интервала тангенсальной зоны выбрана постоянной и составляет 0,2 мм/град. Величина радиальной зоны несколько варьируется для исключения мелких образований на границах зон. Приведенная карта-схема агроландшафтного районирования Новосибирской области позволяет сопоставить ее с распределением ГТКк. Определенное их сходство подчеркивает соответствие комплексного ГТКк тем природным процессам, которые определяют развитие растений. Дан пример применения ГТКк при его отображении на мелкомасштабной карте. Показано, что при перемещении в выбранной полосе карты Российской Федерации с севера на юг среднее значение радиальной составляющей последовательно изменяется от 70,5 до 155. Это соответствует изменению условий для произрастания растительности, в то время как предшествующий ГТК находится в одном и том же интервале. Переход к комплексному ГТКк также предоставляет возможность оценить распространение тех или иных растений на новых территориях при возрастающем потеплении. Исходя из положений модели, определяющих развитие растений в зависимости от погодных условий, возможно выделить набор параметров конкретного растения. Данные параметры соответствуют оптимальным значениям температуры и осадков на определенных фенологических фазах растения, а также определяют соответствующие им показатели климата, по близости данных наборов оценивают уровень благоприятности распространения растения.

Ключевые слова: климат, гидротермический коэффициент, осадки, температура, модель

IMPROVEMENT OF THE SELYANINOV HTC TO EXPAND THE POSSIBILITIES OF ITS APPLICATION

✉ Potanin V.G.

Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: wgp@ngs.ru

The main points that determined the necessity and essence of the development of the complex hydrothermal coefficient (HTCc) are given. This method should be considered as a process of improving the hydrothermal coefficient of Selyaninov G.T. The proposed HTCc allows for a more

detailed characterization of the territory. The complex HTCc includes two components: the tangential HTCt and the radial HTCr. In the graphical representation of HTCc, it is rational to allocate zones corresponding to HTCt within which to form zones corresponding to HTCr. The distribution of HTCc in the Novosibirsk region is given. The value of the tangential zone interval is chosen constant and is 0.2 mm/degree. The size of the radial zone varies slightly to exclude small formations at the boundaries of the zones. The given map-scheme of agro-landscape zoning of the Novosibirsk region allows to compare it with the distribution of HTCc. A certain similarity between them emphasizes the correspondence of the complex HTCc to those natural processes that determine the development of plants. An example of the application of HTCc when it is displayed on a small-scale map is given. It is shown that when moving in a selected zone of the map of the Russian Federation from north to south the average value of the radial component consistently changes from 70.5 to 155. This corresponds to a change in the conditions for vegetation growth, while the preceding HTC is in the same interval. The transition to a complex HTCc also provides an opportunity to assess the distribution of certain plants on new territories with increasing warming. Based on the provisions of the model determining the development of plants depending on weather conditions, it is possible to identify a set of parameters of a particular plant. These parameters correspond to the optimum values of temperature and precipitation at certain phenological phases of the plant and determine their corresponding climate indicators, and by the proximity of these sets assess the level of favorability of the spread of the plant.

Keywords: climate, hydrothermal coefficient, precipitation, temperature, model

Для цитирования: Потанин В.Г. Усовершенствование ГТК Селянинова для расширения возможностей его применения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 2. С. 95–104. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-2-11>. EDN OOXLNZ.

For citation: Potanin V.G. Improvement of the Selyaninov HTC to expand the possibilities of its application. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 2, pp. 95–104. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-2-11>. EDN OOXLNZ.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В рыночных условиях целью любого предприятия является повышение эффективности его деятельности, а способом повышения – интенсификация. Однако, как следует из работы [1], независимо от уровня интенсивности применяемых агротехнологий идет повышение затрат на получение дополнительной единицы сельскохозяйственной продукции. Данные, приведенные ФАО о мировом производстве зерна, свидетельствуют, что как спад, так и подъем в этом процессе определяются климатическими условиями. Ученые полагают, что в следующем десятилетии рост производства в сельском хозяйстве на основе научно-технического прогресса произойдет за счет совершенствования путей получения и эффектив-

ного использования информации о климате¹. Считается [2–5], что от территориальной организации природно-аграрных систем во многом зависит решение задач эффективного и экологического использования земель в сельскохозяйственных целях. В связи с этим все более высокие требования предъявляются к характеристикам и показателям, определяющим состояние территорий [6, 7]. Реализация актуального вопроса по совершенствованию известных и разработке новых моделей основных сельскохозяйственных процессов также стимулирует отмеченную выше тенденцию [8, 9].

Из существующих показателей, используемых для оценки агроклиматических ресурсов, наиболее широкое применение получил гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова, вычисляемый по формуле

¹Климат и сельское хозяйство: [Электронный ресурс] – http://collectedpapers.com.ua/ru/climate_and_human_activities/klimat-ta-silske-gospodarstvo (дата обращения: 14.01.2021).

$$\text{ГТК} = \Sigma p \cdot 10 / \Sigma t,$$

где Σp – сумма осадков за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10°C , Σt – сумма активных температур, накопившихся за тот же период.

В 1928 г. Г.Т. Селянинов предложил термин «климатические факторы культур», который со временем преобразовался в «агроклиматические показатели». Один из таких показателей – гидротермический коэффициент (ГТК) – вошел в практику мировой науки, получив его имя.

Несмотря на широкое использование, ГТК имеет определенные недостатки. Главный из них проявляется в том, что для районов с малыми температурами и влажностью воздуха (Архангельская область, Республика Коми), а также для районов с большими температурами и осадками (Черноморское побережье Закавказья) ГТК имеет примерно равную величину, хотя агроклиматические условия в этих районах несравнимы². Возникает необходимость дополнения ГТК составляющей амплитудного характера (например такой, как $z = f_1(p) + f_2(t)$, где p – осадки; t – температура).

Цель исследований – разработать перспективный агротехнический показатель для оценки состояния территорий, обеспечивающий достижение практически значимых результатов в сельскохозяйственном производстве.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для проработки вопроса по устранению недостатков ГТК и расширения его возможностей практического применения рассмотрим отображение факторов температуры (t) и осадков (p) на графической плоскости, в которой температура (t) представлена абсциссой. Пусть точка A_i с координатами p_i и t_i является характеристикой климатических (или погодных) условий конкретной территории малого размера. В этом случае отношение p_i/t_i является тангенсом угла α' , образованного абсциссой и линией, проходящей от начала координат до точки A_i . Ничего в

принципе не изменится, если по оси абсцисс будет отложена переменная Σt и по ординате – Σp , характерные для выбранного интервала времени ΔT . Тогда аналогичная точка A_j , являясь характеристикой климатических условий во временном интервале ΔT , однозначно определена координатами $S'p_j$ и St_j :

$$S'p_j = \sum_{i=k_j}^{l_j} p_i$$

где p_i – измеренная величина осадков с номером i ; j – номер интервала ΔT ; k_j – номер измерения, соответствующий начальной точке j -го интервала; l_j – номер измерения, соответствующий конечной точке j -го интервала:

$$St_j = \sum_{i=k_j}^{l_j} t_i$$

где t_i – измеренная величина температуры с номером i ; j – номер интервала ΔT ; k_j – номер измерения, соответствующий начальной точке j -го интервала; l_j – номер измерения, соответствующий конечной точке j -го интервала.

Отношение $10 \cdot S'p_j / St_j$ соответствует ГТК Селянинова и одновременно, как отмечалось выше, является тангенсом угла α .

Далее целесообразно перейти к полярной системе координат. В данной системе координат отмеченная выше точка A_j описывается углом α' (однозначно определяемым $\text{tg} \alpha'$) и радиусом, равным $\sqrt{(S'p_j)^2 + (St_j)^2}$.

Таким образом, климатическую характеристику выбранной территории рационально представить в комплексном варианте (комплексный гидротермический коэффициент – ГТКк), представленным двумя составляющими: тангенсальной ($10 \cdot S'p_j / St_j$) и радиальной ($\sqrt{(10 \cdot S'p_j)^2 + (St_j)^2}$). Необходимо отметить, что комплексный гидротермический коэффициент может быть равноценно представлен двумя вариантами: первый – в виде тангенсальной и радиальной составляющих, второй – в виде угловой и радиальной составляющих. Однако учитывая огромный вклад Г.Т. Селянинова, его ин-

²Константинов А.Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 248 с.

туацию и способность выявлять показатели, обладающие несомненной практической ценностью, в дальнейшем в виде основного варианта предлагается использовать вариант с тангенсальной и радиальной составляющими, а также перейти к применению следующих выражений:

$$Sp_j = 10 \cdot S'p_j;$$

$$\Gamma TKt = Sp_j / St_j;$$

$$\Gamma TKr = \sqrt{(Sp_j)^2 + (St_j)^2}.$$

Хотя вариант с тангенсальной и радиальной составляющими наиболее приемлем для большинства случаев, однако это не исключает применения при необходимости и второго варианта.

Для демонстрации возможностей предложенного ГТКк на рис. 1 отображена карта-схема Новосибирской области. На данной карте-схеме выделены зоны, которым соответствует заданный интервал тангенсальной составляющей ГТКк. Большинство отмеченных выше зон подразделяется на малые зоны, которые соответствуют радиальным составляющим ГТКк. Обозначение зон осуществляется двухразрядным кодом, в котором первая цифра определяет номер тангенсальной составляющей, вторая – соответствует радиальной составляющей ГТКк. Если внутри конкретной тангенсальной зоны присутствует только одна радиальная зона, то на рис. 1 номер зоны обозначается одной цифрой, соответствующей номеру тангенсальной зоны, в тексте рядом с этим

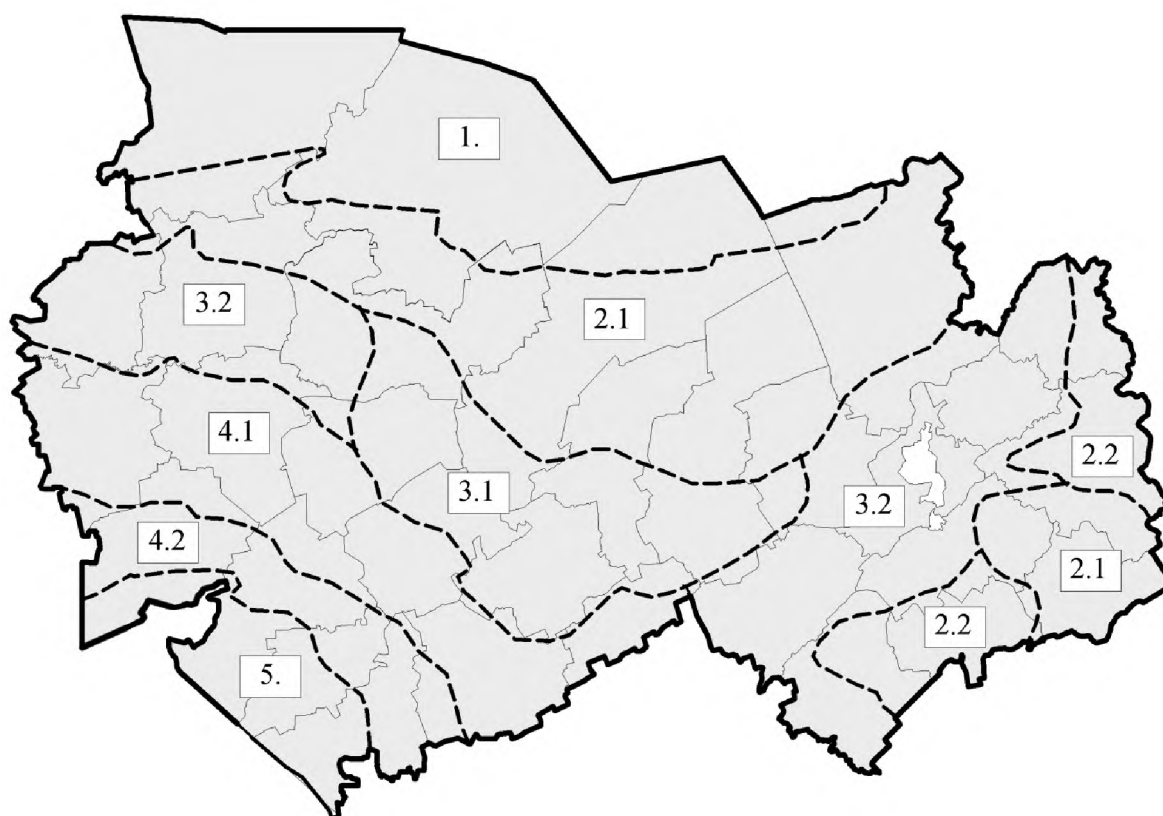


Рис. 1. Распределение ГТКк в Новосибирской области:

1.; 5. – номера зон, не имеющих дробления зонами другого вида; 1.1; 1.2; ...; 4.1; 4.2. – комплексные номера зон, где первая цифра соответствует номеру зоны с тангенсальной составляющей, вторая – номеру зоны с радиальной составляющей

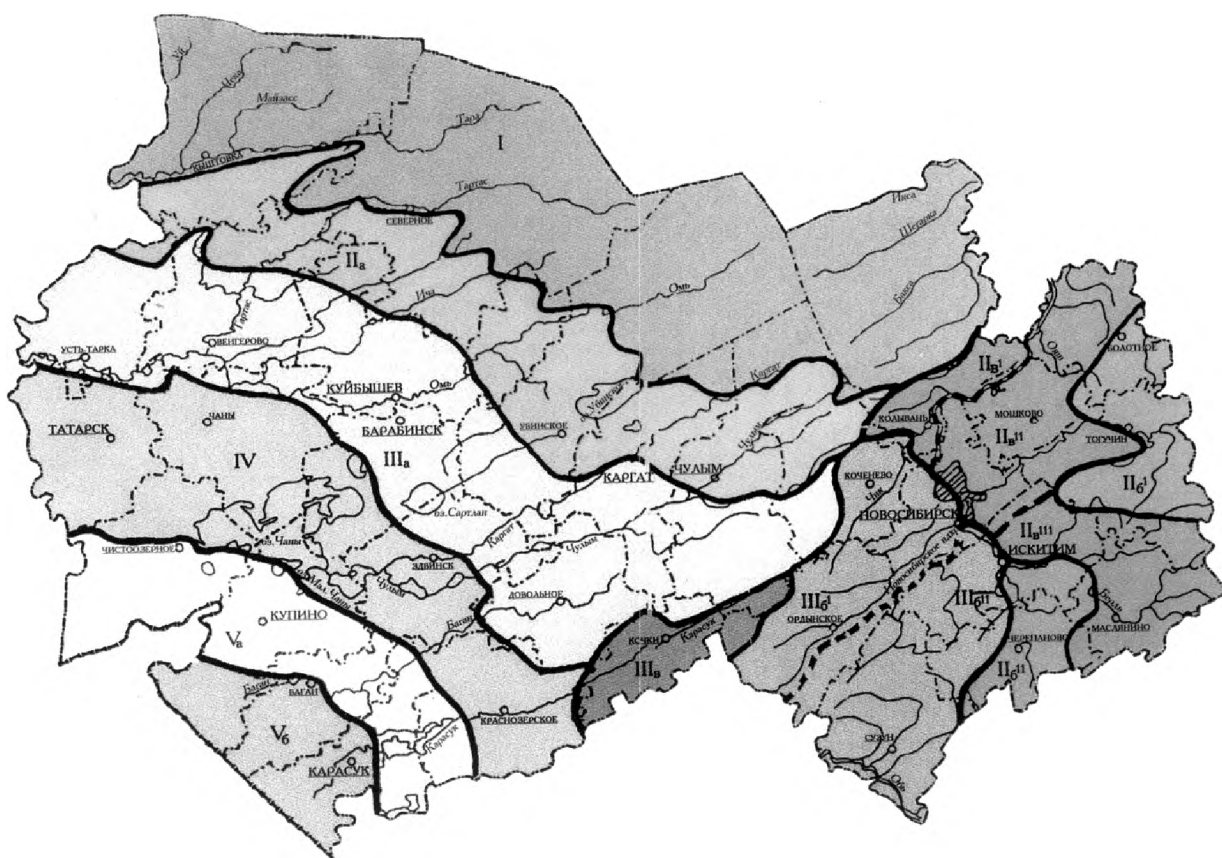
Fig. 1. Distribution of HTCc in the Novosibirsk Region:

1.; 5. - numbers of zones that have no fragmentation by zones of another type; 1.1; 1.2; ...; 4.1; 4.2. - complex zone numbers, where the first number corresponds to the number of the zone with tangential component, the second number corresponds to the number of the zone with radial component

Распределение составляющих ГТКк на рис. 1
Distribution of НТСс components in Fig. 1.

Обозначение зоны	Тангенсальная составляющая	Радиальная составляющая
1 (1.2)	1,6–1,4	285–329
2.1	1,4–1,2	265–295
2.2	1,4–1,2	295–344
3.1	1,2–1,0	225–267
3.2	1,2–1,0	267–312
4.1	1,0–0,8	230–269
4.2	1,0–0,8	269–310
5 (5.1)	0,8–0,6	234–280

На рис. 2 приведена карта-схема агроландшафтного районирования Новосибирской области [10]. Она является результатом длительных исследований научных сотрудников Сибирского научно-исследовательского института земледелия и химизации СО РАСХН, что дало возможность включить полученные результаты в материалы



I; IIa; ...; Va; Vб – индексы агроландшафтных районов

I; IIa; . . . ; Va; Vb - indices of agrolandscape areas

по формированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Сопоставление двух приведенных карт-схем позволяет отметить их определенное сходство, несмотря на то, что они существенно различаются по использованным для их разработки данным. Это обстоятельство подчеркивает соответствие комплексного ГТК тем природным процессам, которые определяют развитие растений. Более того, высока вероятность, что системы земледелия, предложенные по первой и второй картам-схемам, почти не будут различаться, если применить более узкий интервал значений внутри зон.

Другой пример применения ГТК при его отображении на мелкомасштабной карте приведен на рис. 3. В качестве основы на рис. 3 использована карта «Гидротермический коэффициент за вегетационный пе-

риод», разработанная коллективом авторов (Афонин А.Н., Ли Ю.С., Липияйнен К.Л., Цепелев В.Ю.)³.

На данной карте жирной линией выделена полоса суши вдоль меридиана 120 град., которой соответствует интервал ГТК Селянинова в пределах от 0,7 до 1,3. Проведенный расчет позволяет подразделить выделенную полосу на четыре зоны (тонкой линией). Зоне 1 соответствует среднее значение радиальной составляющей, равное 70,5; 2 – 99; 3 – 127 и 4 – 155. Таким образом, полоса суши, имеющая одинаковый интервал ГТК Селянинова, следовательно, и одинаковую степень увлажнения, подразделяется на участки с различными радиальными составляющими и различными климатическими возможностями, как этого и следовало ожидать при перемещении вдоль меридиана с севера на юг. ГТК более детально описы-

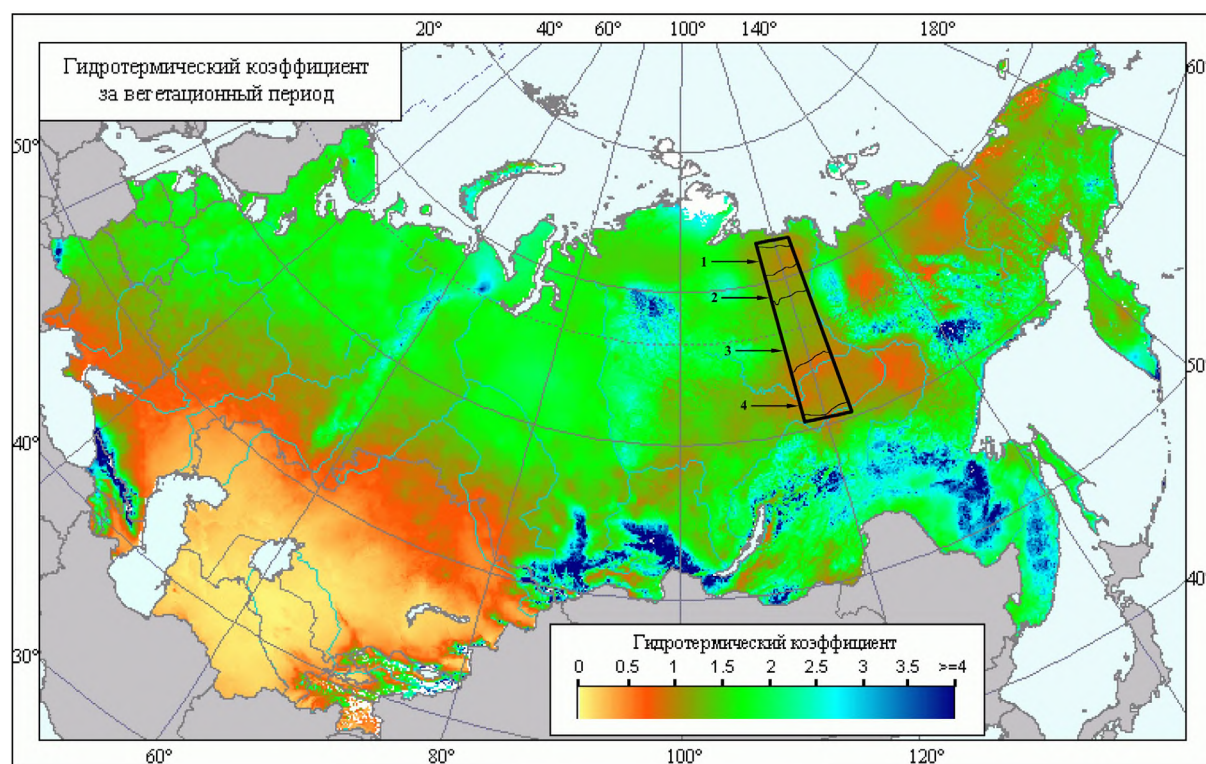


Рис. 3. Распределение радиальной составляющей ГТКк в выделенной полосе:

1; 2; 3; 4 – номера зон, сформированных относительно радиальной составляющей ГТКк

Fig. 3. Distribution of the radial component of HTCc in the selected zone:

1; 2; 3; 4 - numbers of the zones formed relative to the radial component of the HTCc

³Агроэкологический атлас России и сопредельных стран. Климат, Гидротермический коэффициент за вегетационный период: [Электронный ресурс]: URL: http://www.agroatlas.ru/ru/content/Climatic_maps/GTK/GTK/index.html. (дата обращения: 08.04.2020).

вает реальную обстановку территории (по климатике) и позволяет выявлять наиболее пригодные для тех или иных хозяйственных целей территориальные выделы.

Переход к комплексному ГТК также предоставляет возможность оценить распространение тех или иных растений на новые территории при возрастающем потеплении. Кажущееся простым предположение, что растения будут стремиться в такие места, где климатические условия будут более благоприятными, влечет за собой непростой вопрос: каковы эти благоприятные для растения условия в количественном выражении? Для ответа на него следует обратиться к работе А.Р. Константинова (см. сноску 2). Он, изучая урожайность озимой пшеницы, на экспериментальном материале показал, что величина урожайности (значит, и уровень развития данного растения) в зависимости от погодных условий в графическом отображении представляет набор уменьшающихся по размеру квазиэллипсов. Каждой величине урожайности соответствует замкнутая линия в виде квазиэллипса. Причем, чем выше урожайность, тем меньше по размеру квазиэллипс; при максимальной ее величине замкнутая линия обращается в точку. Хотя А.Р. Константинов не отметил этого, но нетрудно предположить, что данная точка соответствует оптимальным значениям факторов погоды (климата). Особенно важно, что каждой фенологической фазе (или межфазному периоду) соответствует свой набор квазиэллипсов и соответственно своя точка оптимальных значений факторов.

В качестве факторов погоды А.Р. Константинов выбрал температуру (t) и абсолютную влажность воздуха (e). При этом применял в своих расчетах средние значения факторов за интервал фенологической фазы растения (или за выбранный межфазный период).

Учитывая, что влажность воздуха e рассматривается в работе А.Р. Константинова как величина, пригодная для характеристики условий водопотребления растений, и то, что основной причиной для формирования влажности воздуха являются осадки, то переход от средней влажности воздуха к сред-

ней величине осадков не приведет к принципиальному изменению графиков и позволит на базе вновь построенных графиков определить средние оптимальные значения температуры и осадков для каждой фенологической фазы.

Многу выполнена проработка, которая предлагает аналитическую модель урожайности (или уровня развития растения), исходя из четырех положений:

- потери урожайности пропорциональны отклонению погодных (или климатических) факторов от их оптимальных значений;
- совокупные потери от двух или более факторов определяет векторная сумма потерь по отдельным факторам, представленным ортогональными векторами;
- зависимость совокупной величины потерь (в графическом отображении) от погодных и климатических факторов представляет набор возрастающих эллипсов для каждой фенологической фазы. Каждый набор эллипсов имеет поворот на определенный угол, который в аналитических формулах учитывается введением перед факторами сомножителей в виде косинуса или синуса конкретного угла;
- урожайность или уровень развития растения определяется как разность между максимально возможными и реальными потерями.

Фактически третье положение является в основном следствием первых двух, заданных в аналитической форме, дополненное особенностью реальной ситуации в виде необходимости поворота эллипса на конкретный угол. То, что суммирование двух ортогональных векторов часто приводит к образованию эллипса, продемонстрируем на упрощенном примере. Пусть два вектора x_1 и y_1 имеют начало в нулевой точке системы координат, т.е. точка оптимальных значений факторов расположена в начале системы координат. В результате суммирования имеем вектор длиной $R_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$. Часто в реальной ситуации слагаемые вектора имеют разную масштабность. В соответствии с этим заменим y_1 на kz_1 и получим $R_1 = \sqrt{x_1^2 + (kz_1)^2}$.

Возведя в квадрат левую и правую части последнего выражения и разделив все члены уравнения на R_1^2 , получим:

$$\frac{R_1^2}{R_1^2} = \frac{x_1^2}{R_1^2} + \frac{k^2 z_1^2}{R_1^2}$$

или
$$1 = \frac{x_1^2}{R_1^2} + \frac{z_1^2}{R_1^2/k^2}.$$

Последнее выражение есть классическое уравнение эллипса, если учесть, что $R_1^2 = a$, а $R_1^2/k^2 = b$, и принять во внимание, что для одинаковой длины R_1 суммарного вектора могут соответствовать различные произвольные значения x_1 и z_1 . Поворот системы координат или соответствующий поворот эллипса на заданный угол и перенос начальной точки векторов принципиально ничего не изменят, а только приведут к определенным сложностям при получении аналогичного результата.

Аналитический вид модели постоянно совершенствуется, претерпевая порой значительные изменения. В последнее время представлен такой вариант, в котором фактор «осадки» заменен производным от него фактором «влажность почвы»⁴. Графические построения относительно погодных условий, выполненные А.Р. Константиновым в процессе экспериментальных исследований, хорошо согласуются с предложенными положениями модели. Это дает основание с достаточной высокой вероятностью ожидать соответствия положений реальным природным явлениям и на базе этого использовать выявленные свойства и особенности следующим образом. Каждой фенологической фазе соответствуют средние значения факторов температуры и осадков, которые можно вычислить при помощи остаточного метода, изложенного в работе А.Р. Константинова. Следует отметить рациональность объединения очень коротких фенологических фаз с их соседями из-за их вероятной нестабильности, образуя тем самым межфазные периоды. В дальнейшем среднеголетний интервал фенологической фазы и среднеголетний межфазный период бу-

дем обозначать как анализируемый интервал, который по количеству входящих в него суток имеет величину n_i , где i – номер измерительного интервала. Зная длительность анализируемого интервала n_i и среднее значение фактора, легко перейти к следующим интегральным величинам:

$$S_{p_i}^{\text{раст}} = p_{\text{ср}i} \cdot n_i$$

$$\text{и } S_{t_i}^{\text{раст}} = t_{\text{ср}i} \cdot n_i.$$

Затем используя приемы, характерные для полярных координат, находим

$$\text{tg } \alpha_i^{\text{раст}} = S_{p_i}^{\text{раст}} / S_{t_i}^{\text{раст}}$$

и радиальный показатель

$$r_i^{\text{раст}} = \sqrt{(S_{p_i}^{\text{раст}})^2 + (S_{t_i}^{\text{раст}})^2}.$$

Таким образом, исследуемое растение имеет набор пар показателей, который по объему равен количеству анализируемых интервалов.

Далее переходим к климатическим характеристикам по температуре и осадкам для потеплевшей территории. Выделяем анализируемые интервалы, соответствующие выбранному растению (или сорту растения), и рассчитываем для данных интервалов комплексные ГТКк. Таким образом, получаем набор показателей, аналогичный первому набору для исследуемого растения. С одной стороны, устанавливаем требования растений к климатическим факторам, которые обеспечивают максимально возможный уровень развития растения, с другой – реально существующие климатические условия в виде аналогичных показателей, представляемых комплексными ГТКк. По близости данных в наборах оценивается уровень благоприятности распространения растения (с климатических позиций). Его оценивают исходя из среднеквадратического критерия близости наборов или применяют более простые варианты: например, максималь-

⁴Пат. № 2 733 728. Способ оценки урожайности яровой пшеницы в зависимости от погодных условий. М.: Государственный реестр изобретений Российской Федерации, 2020; Бюл. № 28.

ный уровень благоприятности признается, если средний уровень модуля отклонений в наборах не превышает 12% и максимальное отклонение менее 26% (при измерении отклонений в процентах) и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнено усовершенствование гидро-термического коэффициента (ГТК) Г.Т. Селянинова. Получен комплексный ГТКк, представленный тангенсальной (ГТК_t) и радиальной (ГТК_r) составляющими. Новый ГТКк позволяет получать более подробную и полную информацию о климатической ситуации территории, что продемонстрировано на крупно- и мелкомасштабном графических построениях. Фактически комплексный ГТКк по сравнению с предшествующим вариантом позволяет примерно в 2 раза увеличить объем получаемой информации об изучаемой территории. Как вариант более сложного применения ГТКк представлена проработка о продвижении конкретного растения на новые территории при потеплении климата. Кроме того, в перспективе можно с большой вероятностью ожидать применения ГТКк в селекции (для уменьшения длительности селекционного процесса в растениеводстве), земледелии (для снижения затрат при решении задач типизации земель) и некоторых других направлениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лачуга Ю.Ф. Сельскохозяйственному производству – новые знания // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. № 3. С. 3–8.
2. Арефьев Н.В., Бреусов В.П., Осипов Г.К. Основы формирования природно-аграрных систем. Теория и практика: монография. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2011. 532 с.
3. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы / под ред. В.Ф. Федоренко, А.А. Завалина, Н.З. Милащенко: монография. М.: Росинформагротех. 2018. 396 с.
4. Контишев А.А. Прошлое и будущее обработки почвы под зерновые культуры // Аграрный вестник Урала. 2020. № 3 (194). С. 21–27.

5. Сипитц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Размещение аграрного производства как механизм адаптации к климатическим изменениям // Экономика сельского хозяйства России. 2018. № 5. С. 71–76.
6. Булгаков Д.С., Рухович Д.И., Шишкова Е.А. Использование почвенно-климатического индекса при оценке агрономического потенциала пахотных земель в лесостепной зоне России // Почвоведение. 2018. № 4. С. 473–485.
7. Иванько Я.М., Полковская М.Н. Оптимизация структуры посевов с учетом изменчивости климатических параметров и биопродуктивности культур: монография. Иркутск: Издательство Иркутского государственного аграрного университета, 2016. 150 с.
8. Асалханов П.Г., Иванько Я.М. Прогнозирование и планирование агротехнологических операций для природно-климатических зон региона: монография. Иркутск: Издательство Иркутского государственного аграрного университета, 2014. 144 с.
9. Якушев В.П., Михайленко И.М., Драгавцев В.А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожаев зерновых культур России // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 550–560.
10. Кирюшин В.К., Власенко А.Н., Каличкин В.К., Власенко Н.Г., Филимонов Ю.П., Иодко Л.Н., Шарков И.Н., Тарасов А.С., Понько В.А., Южаков А.И., Хмелев В.А., Семендяева Н.В., Кинит А.В., Синещев В.Е., Новиков В.М., Шоба В.Н., Кожеевников А.И., Усолкин В.Т., Добротворская Н.И., Ким С.А., Солосич Н.А., Филимонова Л.Н., Коняева Н.М., Полухин Н.И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области: монография. Новосибирск: Издательство СО РАСХН, 2002. 387 с.

REFERENCES

1. Lachuga Yu.F. New knowledge for agricultural production. *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2011, no. 3, pp. 3–8. (In Russian).
2. Arefev N.V., Breusov V.P., Osipov G.K. Fundamentals of formation of natural-agrarian systems. Theory and practice. St. Petersburg, *Izdatel'stvo Politehnicheskogo universiteta = Polytechnic University Press*, 2011, 532 p. (In Russian).

3. Fedorenko V.F., Zavalina A.A., Milashchenko N.Z. Scientific basis for the production of high-quality wheat grain. Moscow, Rosinformagrotekh Publ, 2018, 396 p. (In Russian).
4. Konishev A.A. Past and future for tillage for grain crops. *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2020, no. 3 (194), pp. 21–27. (In Russian).
5. Siptits C.O., Romanenko I.A., Evdokimova N.E. Allocation of agrarian products as a mechanism of adaptation to climate changes. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii = Economics of Agriculture of Russia*, 2018, no. 5, pp. 71–76. (In Russian).
6. Bulgakov D.S., Rukhovich D.I., Shickova E.A. The application of soil-agroclimatic index for assessing the agronomic potential of arable lands in the forest-steppe zone of Russia. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 2018, no. 4, pp. 473–485. (In Russian).
7. Ivan'ko Ya.M., Polkovskaya M.N. *Optimization of cropping pattern taking into account variability of climatic parameters and bioproductivity of crops*: Irkutsk, Izdatel'stvo Irkutskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Publishing House of Irkutsk State Agrarian University, 2016, 150 p. (In Russian).
8. Asalkhanov P.G., Ivan'o Ya.M. *Forecasting and planning of agrotechnological operations for natural and climatic zones of the region*: Irkutsk, Izdatel'stvo Irkutskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Publishing House of Irkutsk State Agrarian University, 2014, 144 p. (In Russian).
9. Yakushev V.P., Mikhailenko I.M., Dragavtsev V.A. Reserves of agro-technologies and breeding for cereal yield increasing in the Russian Federation. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural biology*, 2015, vol. 50, no. 5, pp. 550–560. (In Russian).
10. Kiryushin V.K., Vlasenko A.N., Kalichkin V.K., Vlasenko N.G., Filimonov Yu.P., Iodko L.N., Sharkov I.N., Tarasov A.S., Pon'ko V.A., Yuzhakov A.I., Khmelev V.A., Semendyaeva N.V., Kinsht A.V., Sineshchekov V.E., Novikov V.M., Shoba V.N., Kozhevnikov A.I., Usolkin V.T., Dobrotvorskaya N.I., Kim S.A., Solosich N.A., Filimonova L.N., Konyayeva N.M., Polukhin N.I. *Adaptive Landscape Systems of Farming in the Novosibirsk Region*: Novosibirsk, Izdatel'stvo SO RASKhN = The Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2002, 387 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Потанин В.Г., научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, д. 3, кв. 12;
e-mail: wgp@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ Veniamin G. Potanin, Researcher
associate; address: 3–12, Krasnoobsk, Novosibirsk
region, 630501, Russia; e-mail: wgp@ngs.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 16.12.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 02.03.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022