

УДК 631.559:551.5

Доктор геогр. наук А.Н. Полевой\*  
Л.В. Флоря\*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УРОЖАЯ И ФОРМИРОВАНИЯ  
ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

*ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС РАСТЕНИЙ, АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ УРОЖАЙНОСТИ, ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ КРИВАЯ ФОТОСИНТЕЗА, ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ*

*Рассматривается моделирование агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур, основанная на концепции максимальной продуктивности растений, результатах моделирования формирования урожая и методах оценки микроклиматической изменчивости элементов климата в холмистом рельефе.*

**Постановка проблемы.** Одним из основных условий высокой культуры земледелия является наиболее полное использование климатических ресурсов. В этом аспекте изучение климатической обеспеченности формирования урожая сельскохозяйственных культур с учетом особенностей микроклимата территорий имеет важное научное и практическое значение.

**Анализ последних исследований и публикаций по проблеме.** При учете влияния климата на эффективность сельскохозяйственного производства главным является определение агроклиматических ресурсов территории, реализуемое путем их агроклиматического районирования.

Существует большое количество работ, среди которых следует выделить работы Дж. Ацци [3], В.П. Дмитренко [7], П.И. Колоскова [12], А.Р. Константинова [14], С.А. Сапожниковой [26], в которых делается попытка оценить агроклиматические ресурсы с помощью физико-статистических моделей формирования урожайности сельскохозяйственных культур.

Одним из фундаментальных направлений по оценке агроклиматических ресурсов является направление, развиваемое в работах

---

\* Одесский государственный экологический университет, Украина

А.И. Коровина [17], В.К. Абрамова [1], В.Н. Дюбина [8], В.А. Корнеева [15], Л.И. Корнеевой [16], связанное с решением задачи агроклиматической характеристики сельскохозяйственных культур в связи с селекцией и обоснованием размещения посевов.

Для оценки потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур Х.Г. Тоомингом предложен метод эталонных урожаев, являющийся логическим выходом принципа максимальной продуктивности [27, 30].

На основе развития и углубления известной в экологии растений концепции, в соответствии, с которой растение нормально растет и развивается лишь в том случае, если его жизненные циклы совпадают с благоприятными условиями окружающей среды, а последние носят стохастический характер. В.А. Жуковым было сформулировано новое направление в оценке агроклиматических ресурсов – создание комплекса моделей распознавания образов «климат – урожай», которые позволяют вести учет агроклиматических ресурсов территории путем определения степени риска и потерь урожайности конкретной культуры из-за неблагоприятных условий погоды [9, 10]. Исследования Е.К. Зоидзе по сельскохозяйственной бонитировке климата также выполнены в рамках указанного направления [11].

О.Д. Сиротенко создана информационно-справочная система «климат – урожай», основанная на применении динамических моделей продукционного процесса растений, которая успешно применяется для оценки влияния возможных изменений климата на продуктивность сельского хозяйства России [29].

**Постановка задачи.** Основной целью исследования является разработка максимальной продуктивности посевов на основе концепции Х.Г. Тооминга и результатов моделирования урожая сельскохозяйственных культур, полученных в наших работах [22, 23], а также научных положений об изменчивости элементов климата в условиях холмистого рельефа, сформулированных в работах Е.Н. Романовой [26].

**Изложение основных материалов исследования.** Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов имеет блочную структуру. Она содержит шесть блоков: блок входной информации; блок показателей солнечной радиации и влажно-температурного режима, с учетом экспозиции поля; блок функций влияния фазы развития и метеорологических факторов на продукционный процесс растений; блок плодородия почвы и обеспеченности растений минеральным питанием; блок агроэкологических

категорий урожайности; блок обобщающих оценочных характеристик. Рассмотрим более подробно эти блоки.

*Блок входной информации.* Этот блок содержит данные стандартных метеорологических и агрометеорологических наблюдений и включает все необходимые для выполнения расчетов характеристики. Они делятся на три группы:

первая группа включает запасы продуктивной влаги в почве, среднедекадные значения температуры воздуха, числа часов солнечного сияния, сумм осадков, дефицита влажности воздуха и число суток в расчетной декаде;

вторая группа – сведения о внесении доз азотных, фосфорных и калийных удобрений, данные об оптимальных дозах этих удобрений, данные о внесении органических удобрений и их оптимальной дозе, год внесения органических удобрений, балл почвенного бонитета;

третья группа – сведения об экспозиции и крутизне склона, на котором расположено поле, характеристика типа склона и местоположение поля на склоне.

*Блок показателей солнечной радиации и влаготемпературного режима с учетом экспозиции поля.* Для расчета интенсивности суммарной солнечной радиации используется формула С.И. Сивкова [28]

$$Q_0^j = 12,66 \cdot (SS^j)^{1,31} + 315 \cdot (A^j + B^j)^{2,1}, \quad (1)$$

где  $Q_0$  – суммарная солнечная радиация, приходящая на горизонтальную поверхность, кал/см<sup>2</sup>·сутки;  $SS$  – среднее за декаду количество часов солнечного сияния;  $j$  – номер расчетной декады;  $A$  и  $B$  – промежуточные характеристики, которые рассчитываются по широте местности и склону Солнца.

Интенсивность суммарной солнечной радиации с учетом экспозиции и крутизны склона находим по выражению:

$$Q_{eks}^j = k_{eks}^{Q(j)} \cdot Q_0^j, \quad (2)$$

где  $Q_{eks}$  – суммарная солнечная радиация в зависимости от экспозиции и крутизны склона, кал/см<sup>2</sup>·сутки;  $k_{eks}^Q$  – коэффициент для перерасчета средней за декаду суммарной солнечной радиации с горизонтальной поверхности для склонов разной крутизны, относительная ед. Величина  $k_{eks}^Q$

определяется в зависимости от широты местности, календарного месяца, экспозиции и крутизны склона.

Для расчета температуры воздуха на склоне воспользуемся выражением

$$T_{S_{eks}}^j = k_{eks}^{T(j)} \cdot T_S^j, \quad (3)$$

где  $T_{S_{eks}}$  – среднедекадная температура воздуха на склоне, °С;  $k_{eks}^T$  – коэффициент для перерасчета температуры воздуха на склоне, отн. ед.;  $T_S$  – среднедекадная температура воздуха на горизонтальной поверхности, °С. Величина  $k_{eks}^T$  определяется в зависимости от широты местности и крутизны склона.

Режим увлажнения почвы с учетом экспозиции склона определяется двумя способами:

1. – при наличии данных о влажности почвы:

$$W_{eks}^j = W_0^j \cdot k_{eks}^{W(j)}, \quad (4)$$

где  $W_0$  – запасы продуктивной влаги в слое почвы 0...100 см на горизонтальной поверхности, мм;  $W_{eks}$  – запасы продуктивной влаги в слое почвы 0...100 см на склоне, мм;  $k_{eks}^W$  – коэффициент для перерасчета запасов влаги на склоне, отн. ед. Величина  $k_{eks}^W$  определяется в зависимости от увлажнения местности, времени года, экспозиции склона и формы рельефа;

2. – при отсутствии данных о влажности почвы:

$$O_{S_{eks}}^j = k_{eks}^{O_s} \cdot O_S^j, \quad (5)$$

где  $O_{S_{eks}}$  – сумма осадков за декаду с учетом склона, мм;  $k_{eks}^{O_s}$  – коэффициент для перерасчета осадков на склоне, отн. ед;  $O_S$  – сумма осадков за декаду на горизонтальную поверхность. Величина  $k_{eks}^{O_s}$  определяется в зависимости от увлажнения территории, экспозиции склона и формы рельефа.

Для расчета испаряемости  $E_0$  используем способ А.М. Алпатьева [2]:

$$E_0^j = 0,65 \cdot DWW^j \cdot dv^j \cdot 0,75, \quad (6)$$

где  $DWW$  – средний за декаду дефицит влажности воздуха;  $dv$  – число дней в расчетной декаде.

Расчет испаряемости с учетом экспозиции склона выполним по соотношению:

$$E_{0eks}^W = k_{eks}^{E(j)} \cdot E_0^j, \quad (7)$$

где  $E_{0eks}^W$  – испаряемость на склоне;  $k_{eks}^E$  – коэффициент для пересчета испаряемости на склоне.

Найдем суммарное испарение по способу С.И. Харченко [30]:

$$E_{eks}^j = \frac{2W_{eks}^j + O_{S_{eks}}^j + P_{nor}^j}{1 + \frac{2W_{HB}}{E_{Oeks}^j}}, \quad (8)$$

где  $E_{eks}^j$  – суммарное испарение на склоне;  $P_{nor}$  – норма вегетационных поливов;  $W_{HB}$  – наименьшая влагоемкость в слое почвы 0...100 см;  $O_{S_{eks}}$  – сумма осадков за декаду с учетом склона;  $W_{eks}$  – запасы продуктивной влаги на склоне в слое почвы 0...100 см.

Величину коэффициента для перерасчета испаряемости на склоне  $k_{eks}^E$  находим в зависимости от увлажнения территории, времени года, экспозиции и крутизны склона. С помощью следующего соотношения рассчитываем инфильтрацию в нижние слои почвы

$$F_{ilt_{eks}}^j = W_{eks}^j + O_{S_{eks}}^j + P_{nor}^j - E_{eks}^j - W_{нв}, \quad (9)$$

где  $F_{ilt_{eks}}^j$  – инфильтрация в нижние слои почвы на склоне за декаду, мм.

Воспользуемся уравнением водного баланса для расчета запасов продуктивной влаги на склоне

$$W_{eks}^{j+1} = W_{eks}^j + O_{S_{eks}}^j + P_{nor}^j - E_{eks}^j - F_{ilt_{eks}}^j. \quad (10)$$

*Блок функций влияния фазы развития и метеорологических факторов на продукционный процесс растений.* В основе продукционного процесса растений лежит фотосинтез. Его интенсивность обуславливается фазой развития растений и условиями окружающей среды. Для расчета онтогенетической кривой фотосинтеза воспользуемся формулой вида

$$\alpha_\phi^j = \exp \left[ -a_\phi \cdot \left( \frac{TS_2 - \Sigma t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (11)$$

в которой величину  $\alpha_\phi$  находим по выражению

$$\alpha_{\phi} = \frac{-100 \cdot \ln \alpha_{\phi}^0}{(\sum t_{1_i})^2}, \quad (12)$$

где  $\alpha_{\phi}$  – онтогенетическая кривая фотосинтеза, отн. ед.;  $\alpha_{\phi}^0$  – начало онтогенетической кривой фотосинтеза;  $\sum t_{1_i}$  – сумма эффективных температур воздуха от восходов, при которой наблюдается максимальная интенсивность фотосинтеза растений, °C;  $TS_2$  – сумма эффективных температур.

Определим функцию влияния температуры воздуха на продукционный процесс с помощью выражения:

$$\Psi_{\phi} = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_1^j), & \text{при } (t^j - t_o) < t_{opt1}^j \\ 1, & \text{при } t_{opt1}^j \leq (t^j - t_o) \leq t_{opt2}^j \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_2^j), & \text{при } (t^j - t_o) > t_{opt2}^j \end{cases}, \quad (13)$$

где  $\Psi_{\phi}$  – температурная кривая фотосинтеза;  $t$  – среднедекадная температура воздуха;  $t_o$  – среднедекадная температура воздуха, при которой начинается фотосинтез;  $t_{opt1}$  – нижняя граница температурного оптимума для фотосинтеза;  $t_{opt2}$  – верхняя граница температурного оптимума для фотосинтеза.

$$x_1^j = (t_x^j \cdot k_{eks}^T - t_o) / (t_{opt1}^j - t_o), \quad (14)$$

$$x_2^j = (t_x^j \cdot k_{eks}^T - t_{opt2}^j) / (t_{max}^j - t_{opt2}^j), \quad (15)$$

где  $t_{max}$  – среднедекадная температура воздуха, при которой прекращается фотосинтез;  $t_x$  – температура воздуха на горизонтальной поверхности;  $k_{eks}^T$  – коэффициент для пересчета температуры воздуха на склоне. Значения нижней и верхней границ температурного оптимума для фотосинтеза находятся как функции времени.

Функцию влияния влажности почвы на фотосинтез  $\gamma_{\phi}$  находим по формуле:

$$\gamma_{\phi} = \begin{cases} -1,163 \cdot (x_3^j)^2 + 2,187 \cdot x_3^j, & \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W < W_{opt1}^j \\ 1, & \text{при } W_{opt1}^j \leq W^j \cdot k_{eks}^W \leq W_{opt2}^j \\ -0,654 + 3,824 \cdot x_4^j - 2,633 \cdot (x_4^j)^2 + 0,467 \cdot (x_4^j)^3, & \\ \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W > W_{opt2}^j \end{cases}, \quad (16)$$

где  $W$  – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы;  $W_{opt1}$  – нижняя граница оптимальных влагозапасов;  $W_{opt2}$  – верхняя граница оптимальных влагозапасов.

$$x_3^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt1}^j, \quad (17)$$

$$x_4^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt2}^j, \quad (18)$$

где  $k_{eks}^W$  – коэффициент для пересчета запасов влаги на склоне.

Функция влияния влагообеспеченности посевов рассматривалась нами как сочетание двух функций. Учитывалась функция влияния влажности почвы на продуктивность растений (по данным о фактических запасах влаги), и отношение суммарного испарения посевов к испаряемости с учетом экспозиции и крутизны склонов:

$$FW = \left( \gamma_{\phi}^j \cdot \frac{E_{eks}^j}{E_{0eks}} \right)^{0,5}, \quad (19)$$

где  $FW$  – относительная влагообеспеченность посевов.

Аналогично определим обобщенную функцию влияния термического режима и влагообеспеченности  $FTW_1$  на фотосинтез:

$$FTW_1 = (\Psi_{\phi} \cdot FW)^{0,5}. \quad (20)$$

Введем коррекцию функции на уровень температуры в сочетании с влагообеспеченностью:

$$FTW_2 = \begin{cases} FTW_1 [1 + (1 - \Psi_{\phi}) (1 - FW)] & \text{при } t_n < t_{opt1} \\ FTW_1 & \text{при } t_{opt1} \leq t_n \leq t_{opt2} \\ FTW_1 [1 - (1 - \Psi_{\phi}) (1 - FW)] & \text{при } t_n > t_{opt2} \end{cases}. \quad (21)$$

Блок плодородия почвы и обеспеченности растений минеральным питанием. Плодородие почвы характеризуется содержанием в ней гумуса, которое зависит от степени влияния эрозии почвы.

$$Gum_{eks} = k_{er}^G \cdot Gum, \quad (22)$$

$$F_{Gum} = \frac{Gum_{eks}}{Gum_{opt}}, \quad (23)$$

где  $Gum$  – содержание гумуса в почве, %;  $Gum_{eks}$  – содержание гумуса в почве на склонах с учетом эрозии, %;  $k_{er}^G$  – функция влияния эрозии почвы на наличие гумуса, отн. ед;  $Gum_{opt}$  – оптимальное для культуры содержание гумуса в почве, %.

Функцию влияния содержания гумуса в почве определим по формуле А.С. Образцова для расчета обеспеченности элементами минерального питания [18]

$$FW_{Gum} = (F_{Gum})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Gum})], \quad (24)$$

где  $FW_{Gum}$  – функция влияния содержания гумуса в почве на формирование урожая.

Значение функций оптимальности азотного, фосфорного и калийного питания рассчитаем по методу А.С. Образцова с некоторыми модификациями [18]

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}}, \quad (25)$$

$$FW_N^j = \left\{ (F_N)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_N)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (26)$$

где  $N_m$  – вносимая доза азотных удобрений, кг/га;  $N_{opt}$  – оптимальная доза азотных удобрений, необходимая для получения максимального урожая, кг/га;  $FW_N$  – функции влияния обеспеченности азотом, отн. ед. Аналогичным образом определяются функции влияния обеспеченности фосфором  $FW_P$  и калием  $FW_K$ , отн. ед.

Далее учтем влияние режима увлажнения почвы на эффективность удобрений:



$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1 & \text{при } W^j / W_{opt1}^j \geq 0,85 \\ 0,8 & \text{при } 0,70 < W^j / W_{opt1}^j < 0,85, \\ 0,6 & \text{при } W^j / W_{opt1}^j \leq 0,70 \end{cases} \quad (27)$$

где  $k_{ef}$  – коэффициент эффективности удобрений в зависимости от влажности почвы, отн. ед.

Аналогично определим соотношения дозы органических удобрений к их оптимальной величине и рассчитаем функцию влияния внесения органических удобрений с учетом года внесения удобрений:

$$F_{Org} = \frac{Org}{Org_{opt}} \quad (28)$$

$$FW_{Org}^j = \left\{ (F_{Org})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Org})] \right\} \cdot k_{Org}^g \cdot k_{ef}^j \quad (29)$$

где  $FW_{Org}$  – функция влияния внесения органических удобрений на урожай, отн. ед.;  $Org$  – внесенная доза органических удобрений, т/га;  $Org_{opt}$  – оптимальная для культуры доза внесения органических удобрений, т/га;  $k_{Org}^g$  – коэффициент влияния года внесения органических удобрений, отн. ед.

Обобщенную функцию влияния плодородия почвы и внесения минеральных и органических удобрений рассчитаем по принципу Либиха

$$FW_{ef}^j = \min \{ FW_{Org}^j, FW_N^j, FW_P^j, FW_K^j \}, \quad (30)$$

где  $FW_{ef}$  – функция влияния эффективного плодородия на урожай, отн. ед.

*Блок агроэкологических категорий урожайности.* Определим величины различных агроэкологических категорий урожайности, с учетом внесенных нами модификаций, с привлечением более полной информации и наполнения этих категорий новым содержанием.

Приращение потенциальной урожайности за декаду определялось в зависимости от интенсивности фотосинтетической активной радиации (ФАР) и биологических особенностей культуры, с учетом изменения способностей растений к фотосинтезу в течение вегетации:

$$\frac{\Delta PY^j}{\Delta t} = \alpha_{\phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\phi AP}^j \cdot k_{eks}^{Q^j} \cdot d\nu^j}{q} \quad (31)$$

где  $\frac{\Delta PY}{\Delta t}$  – прирост потенциальной урожайности за декаду;  $\alpha_\phi$  – онтогенетическая кривая фотосинтеза;  $\eta$  – КПД посевов;  $Q_{\phi AP}$  – интенсивность ФАР;  $k_{eks}^Q$  – коэффициент для пересчета средней за декаду суммарной солнечной радиации с горизонтальной поверхности для склонов разной экспозиции и крутизны;  $q$  – калорийность.

Прирост метеорологически возможной урожайности представляет собой прирост потенциальной урожайности, который будет ограничен влиянием влажно-температурного режима:

$$\frac{\Delta MBY^j}{\Delta t} = \frac{\Delta PY^j}{\Delta t} \cdot FTW_2, \quad (32)$$

где  $\frac{\Delta MBY}{\Delta t}$  – прирост метеорологически возможной урожайности;  $FTW_2$  – обобщенная функция влияния влажно-температурного режима с коррекцией на сочетание различных экстремальных условий.

Эта функция определяется по принципу Либиха с учетом влияния температуры воздуха и условий увлажнения на продукционный процесс.

Формирование действительно возможной урожайности ограничивается уровнем естественного плодородия почвы:

$$\frac{\Delta DBY^j}{\Delta t} = \frac{\Delta MBY^j}{\Delta t} \cdot B_{nl} \cdot F_{Gum}, \quad (33)$$

где  $\frac{\Delta DBY}{\Delta t}$  – прирост действительно возможной урожайности;  $B_{nl}$  – балл почвенного бонитета.

Получение уровня хозяйственной урожайности ограничивается реально существующим уровнем культуры земледелия и эффективностью внесенных минеральных и органических удобрений:

$$\frac{\Delta UY^j}{\Delta t} = \frac{\Delta DBY^j}{\Delta t} \cdot k_{земл} \cdot FW_{ef}^j, \quad (34)$$

где  $\frac{\Delta UY}{\Delta t}$  – прирост урожайности в производстве;  $k_{земл}$  – коэффициент, который характеризует уровень культуры земледелия и хозяйственной деятельности;  $FW_{ef}$  – функция эффективности внесения органических и

минеральных удобрений в зависимости от условий влагообеспеченности декад вегетации.

Наконец, вычислим различные агроэкологические категории урожая зерна при его стандартной 14 %-ной влажности:

$$PY_{\text{зерна}} = 1,14 \cdot 0,1PY \cdot K_{\text{хоз}}, \quad (35)$$

где  $PY_{\text{зерна}}$  – потенциальный урожай зерна (при стандартной влажности зерна 14 %), ц/га;  $K_{\text{хоз}}$  – доля зерна в общей массе урожая, отн. ед.

Аналогично определим соответственно метеорологически возможный  $MBU_{\text{зерна}}$ , действительно возможный  $ДВУ_{\text{зерна}}$  и урожай в производстве  $УПР_{\text{зерна}}$  зерна.

**Выводы по результатам исследования.** Формулы (1) – (35) позволяют определить различные агроэкологические категории урожайности разных сельскохозяйственных культур в различных элементах рельефа, формирующиеся под влиянием почвенно-климатических условий и микроклиматических особенностей изучаемых территорий.

Включение в модель параметров, которые характеризуют различия в требованиях разных сельскохозяйственных культур, групп сортов к условиям внешней среды, позволило выполнить обширные исследования по оценке реакции различных культур, сортов на агроклиматические условия их выращивания. На основе предложенной модели выполнено агроклиматическое районирование продуктивности озимой пшеницы [5, 6, 21], озимой ржи [5], ярового ячменя [4, 5], кукурузы [20, 21], сорго [13], картофеля [5], льна-долгунца [5], топинамбура [24], овощных культур [19], с учетом микроклиматических особенностей территорий в различных почвенно-климатических условиях и оценку роста естественной растительности и процессов опустынивания [13].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов В.К. Агроклиматическое обоснование интродукции сортов яровой пшеницы, устойчивых к неблагоприятным метеорологическим условиям // Бюллетень ВИР. – 1987. – Вып. 168. – С. 7-10.
2. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. – Л.: Гидрометеодиздат, 1954. – 248 с.
3. Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 479 с.
4. Барсукова О.А. Агрокліматичні ресурси продуктивності ярого ячменю

- в Україні: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. / ОДЕКУ. – Одеса: 2004. – С. 8-19.
5. Витченко А.Н. Агроэкологическая оценка сельскохозяйственной продуктивности ландшафтов Белоруссии: Автореф. Дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.01. /Белорусский Гос. ун-т. – Минск: – 1983. – 19 с.
  6. Гаджиев Н.М. Агроклиматическое обоснование размещения сортов озимой пшеницы в Азербайджане: Автореф. Дис. ... канд. геогр. наук: 06.01.09. / ВИР. – СПб.: 1997. – 20 с.
  7. Дмитренко В.П. Метод расчета урожайности озимой пшеницы на территории УССР // Труды УкрНИГМИ. – 1975. – Вып. 139. – С. 3-14.
  8. Дюбин В.Н., Новикова М.В., Сербин А.Д. Агроклиматическая оценка высоты растений сортов озимой пшеницы // Бюллетень ВИР. – 1993. – Вып. 231. – С. 6-10.
  9. Жуков В.А. Моделирование, оценка и рациональное использование агроклиматических ресурсов России: Автореф. дис. ... доктора геогр. наук: 11.00.09. / ГМЦ России. – М.:– 1998. – 54 с.
  10. Жуков В.А., Полевой А.Н., Витченко А.Н., Даниелов С.А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 207 с.
  11. Зоидзе Е.К. Методологические основы оценок сельскохозяйственного потенциала агрометусловий и почвенно-климатических ресурсов территории РФ: Дис. .... доктора геогр. наук в виде научного доклада: 11.00.11. – М.: – 1998. – С. 60-75.
  12. Колосков П.И. О биоклиматическом потенциале и его распределении на территории СССР // Труды НИИАК. – 1953. – Вып. 23. – С. 90-111.
  13. Конне Баперма Г. Моделювання впливу метеорологічних умов на процесі опустелювання та продуктивності сорго в центральній зоні Сахеля: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. /ОГМІ. – Одеса: 1998. – С. 5-16.
  14. Константинов А.Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 263 с.
  15. Корнеев В.А., Чаадаев Л.Г. Реакция сортов озимой мягкой пшеницы североамериканской экологической группы к инфекционному выпариванию // Бюллетень ВИР. – 1993. – Вып. 231. – С. 3-6.
  16. Корнеева Л.И. Агроклиматическое обоснование размещения овса на Восточно-Европейской равнине // Бюллетень ВИР. – 1993. – Вып. 231.– С. 31-35.

17. Коровин А.И., Корнеев В.А., Козлов Г.И. Разработка агрометеорологических методов оценки сортов для селекции растений на зимостойкость // Труды ВНИИСХМ. – 1981. – Вып. 1. – С. 70-76.
18. Образцов А.С. Системный метод: Применение в земледелии. – М.: ВО Агропромиздат, 1990. – 303 с.
19. Омар Фарід М. Агрокліматичне районування території України стосовно вирощування плодкових овочевих культур: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. / ОГМІ. – Одеса. –2001. – С 14-19.
20. Перстнева И. Ф. Агроклиматическая оценка продуктивности ландшафтов Молдавии применительно к возделыванию различных по скороспелости сортов кукурузы: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. / Санкт-Петерб. Гос. ун-т. – СПб.: – 2000. – С 15-21.
21. Плотникова В.В. Агроклиматическая оценка продуктивности природно-территориальных комплексов левобережья Днестра: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. / Санкт-Петерб. Гос. ун-т. – СПб.: – 1998. – С. 15-20.
22. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 320 с.
23. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.
24. Приходько К.О. Моделювання впливу агрометеорологічних умов на формування продуктивності топінамбуру в Україні: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. / ОГМІ. – Одеса: 1999. – С. 14-18.
25. Романова Е.Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 279 с.
26. Сапожникова С.А. Об уточнении оценки сельскохозяйственного бонитета климата. //В кн.: Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – С. 80-91.
27. Сепп Ю.В., Тооминг Х.Г. Ресурсы продуктивности картофеля. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 260 с.
28. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации.– Л.: Гидрометеиздат, 1961 – 227 с.
29. Сиротенко О.Д. Будущее сельского хозяйства России в связи с ожидаемыми изменениями климата. //В сб.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2000. – Т. XVII. – С. 258-274.
30. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.

Геогр. ғылымд. докторы А.Н. Полевой  
Л.В. Флоря

**ӨНІМДІЛІКТІҢ АГРОКЛИМАТТЫҚ ҚОРЫН МОДЕЛДЕУ ЖӘНЕ  
АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН  
ҚАЛЫПТАСТЫРУ**

*Ауылшаруашылық дақылдардың өнімділігін қалыптастыратын, өсімдіктердің ең жоғарғы өнімділік концепциясына негізделген агроклиматтық қорларды моделдеу және өнімділікті қалыптастыруды моделдеу нәтижелері мен төбелі бедерлердің климат элементтерінің микроклиматтық өзгешілігін бағалау әдістемесі қарастырылады.*