

Б. А. ТЕРТЕРЯН

МЕТОДИКА И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИИ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ РАДИАЦИОННЫМ РЕЖИМОМ И БИОМЕТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

В связи с изучением закономерностей формирования теплового баланса и его составляющих, в частности испарения и транспирации, а также фотосинтетической деятельности растительного покрова в настоящее время разработаны весьма тщательные и полные методы определения разнообразных биометрических характеристик растений [1—3]. Однако эти методы трудоемкие, данные, собранные измерениями по этим методам, весьма ограничены.

Рядом исследователей [2, 8, 9, 11] в настоящем установлена связь между высотой и площадью листьев растений. Исходя из этих закономерностей, а также данных агрометеостанций о высоте и числе растений, можно получить относительную поверхность биомассы.

Выявление конкретного характера таких зависимостей в условиях АрмССР в отношении различных сортов озимой пшеницы и кукурузы и получение на основе этих связей обобщающих характеристик относительной поверхности биомассы является одной из задач настоящих исследований.

Биометрические исследования проводились на территории Армянской республики в Араратской долине над озимой пшеницей сорта Егварди-4, Арташати-42, кукурузы ВИР-42, и над виноградниками с различным азимутом рядов, а также в Севанском бассейне, в Мартунинском районе над озимой пшеницей сорта Безостая-1.

Площадь растений озимой пшеницы и кукурузы по фазам слагается:
1) до фазы выхода в трубку

$$\omega_p = \sum \omega_{\lambda}, \quad (1)$$

где ω_{λ} — площадь листа.

$$\omega_{\lambda} = \eta (l \times b), \quad (2)$$

где η — коэффициент пропорциональности,
 l — длина, а b — максимальная ширина листа.

Среднее значение η получается из выражения

$$\eta = \frac{\sum \omega_{\lambda}}{\sum (l \times b)} \quad (3)$$

По построенным зависимостям между $\omega_{л}$ и $l \times b$ для исследуемых сортов озимой пшеницы $\bar{\eta}$ имеет почти одинаковое значение (0,76—0,77), (рис. 1). Отметим, что примерно такие же величины коэффициентов пропорциональностей получены Савиной [8] и Самариной [9] (соответственно 0,78 и 0,76) для озимой пшеницы и (0,74 и 0,72) для озимой ржи и кукурузы.

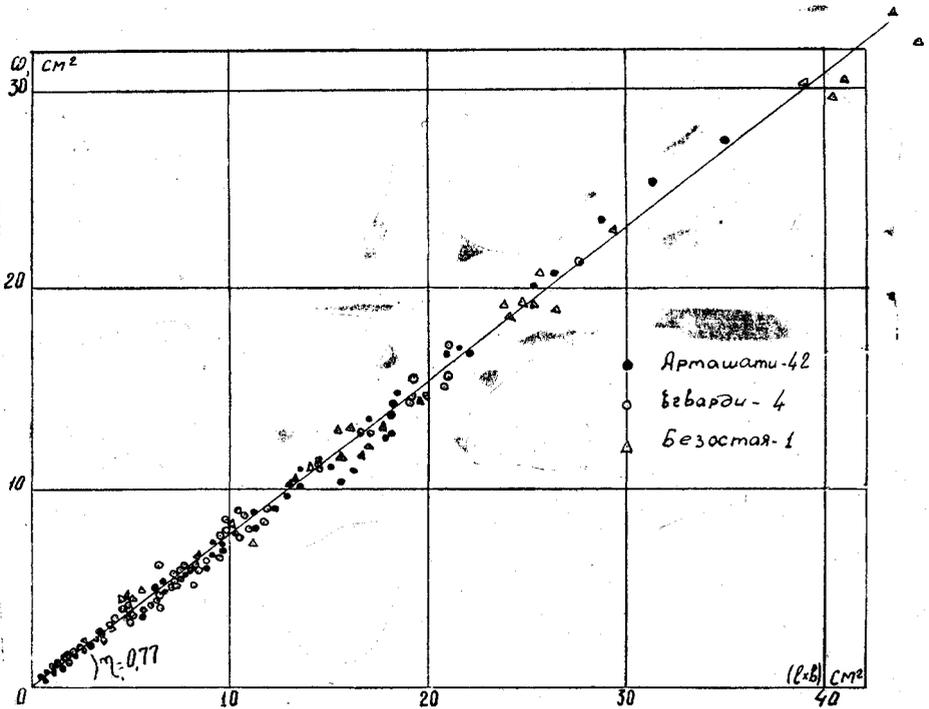


Рис. 1. Зависимость между $(l \times b)$ листа и его площадью, $\omega_{л}$, у озимой пшеницы.

Подставляя значение $\Sigma \omega_{л}$ в уравнение (1), получим:

$$\omega_p = \bar{\eta} \Sigma (l \times b). \tag{4}$$

2. От фазы выхода в трубку до фазы колошения площадь растений

$$\omega_p = \bar{\eta} \Sigma (l \times b) + \omega_{см}. \tag{5}$$

Для определения $\omega_{см}$ измеряется длина и диаметр стебля на его верхнем и нижнем частях. До наступления фазы колошения высота стебля ($h_{см}$) измеряется от поверхности почвы до узла верхнего, полностью развитого листа, а в более поздние фазы—до основания колоса. Откуда ω_p может быть определена по выражению

$$\omega_p = \bar{\eta} \Sigma (l \times b) + h_{см} \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right). \tag{6}$$

3. В фазу колошения—цветения растения:

$$\omega_p = \bar{\eta} \Sigma (l \times b) + h_{см} \frac{d_1 + d_2}{2} + h_k d_k. \tag{7}$$

Для кукурузы после появления метелок и початок площадь растений будет равна сумме площади листьев, стебля и початок.

Площадь початок кукурузы равна:

$$\omega_n = l_n d_{\max} \cdot \gamma. \quad (8)$$

А общая площадь растений кукурузы:

$$\omega_p = \omega_d + \omega_{\text{ст}} + \omega_n. \quad (9)$$

Высота растений определялась согласно наставлению агрометеорологическим станциям и постам [5].

Определяется она так: с момента появления всходов до наступления фазы колошения высота растения измеряется от поверхности почвы до конца самого длинного вытянутого вверх листа, а с момента наступления фазы колошения—до верхнего конца колоса или метелки (кукурузы).

Располагая данными о высоте и площади растений, можно построить зависимость между этими величинами, отложив по оси абсцисс значения высоты растений, а по оси ординат соответствующие им значения площадей.

Построенные нами зависимости точек, полученные на основе обмеров большого количества растений, оказались тесными, они хорошо ложатся на плавные кривые. Для иллюстрации приведены кривые зависимости $\omega_p = f(h_p)$ озимой пшеницы сорта Егварди-4 (рис. 2).

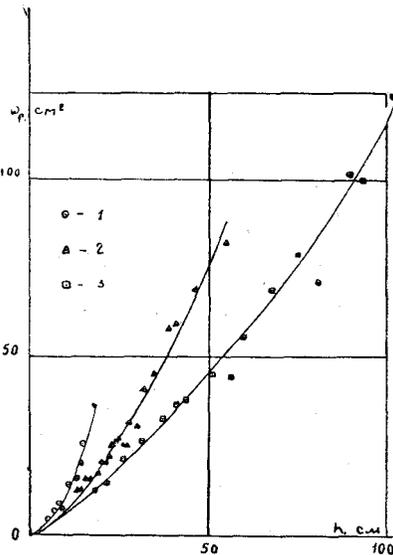


Рис. 2. Зависимость между высотой и площадью листьев растений озимой пшеницы сорта Егварди-4. 1. кушение; 2. выход в трубку; 3. колошение.

Полученные усредненные кривые зависимости площади растений от их высоты хорошо аппроксимируются с помощью степенной функции

$$\bar{\omega}_p = h_p^n, \quad (10)$$

где h_p — высота растений, x и p — параметры, значения которых оказались различными для разных сортов озимой пшеницы и фаз вегетации. А для кукурузы фазовые различия этих параметров выражаются слабо. В период листообразования с увеличением высоты растения быстро увеличивается и площадь их эффективной поверхности, а после выхода в трубку у исследуемых культур такое возрастание оказывается более медленным. После фазы молочно-восковой спелости вегетативный рост растений вообще прекращается и значения площади его поверхности убывают в результате отмирания нижних листьев.

Ошибки построенных зависимостей будут складываться из ошибок определения средней высоты и средней площади растения (ω_p) для среднего растения. Эти ошибки не зависят друг от друга. Поэтому можно написать

$$\omega_p = \sqrt{\sigma\omega_p^2 + \sigma h^2}, \quad (11)$$

где $\sigma\omega_0$ — средняя квадратичная ошибка вычисленных значений относительной площади листьев растений, $\sigma\omega_p$ — средняя квадратичная ошибка вычисления площади растений для «среднего» растения и σh — средняя квадратичная ошибка определения высоты среднего растения.

Поскольку в сети агрометеорологических станций определение средней высоты растений производится на основе обмера 40 растений, то суммарной ошибкой определения относительной площади растений будет

$$\sigma\omega_0 = \sqrt{\left(\frac{\sigma\omega_p}{\sqrt{40}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma h}{\sqrt{40}}\right)^2}. \quad (12)$$

Значения вычисленных ошибок достигли 0,034—0,085.

Таким образом, определив величину эффективной поверхности биомассы для одного среднего растения и умножив ее на число растений, приходящееся на единицу посева, получим значения относительной площади листьев растений с указанной выше ошибкой.

Поверхность биомассы растений в посеве непосредственным образом влияет на поглощение прямой радиации, следовательно, и на формирование радиационного баланса растительной среды. Поглощение прямой радиации в растительном покрове в зависимости от площади эффективной поверхности биомассы может быть описано экспоненциальной кривой.

$$S'_n = S'e^{-\alpha\omega_0 \left(\frac{1}{\sin h_{\odot}} - a\right)}, \quad (13)$$

где S' — прямая радиация, падающая на поверхность растительного покрова, α — коэффициент пропорциональности, a — параметр (две последние величины зависят от морфологической структуры растений в посеве), ω_0 — относительная поверхность биомассы, h_{\odot} — высота Солнца. Отношение $\frac{S'_n}{S'}$ определяется как разница освещенных и затененных участков поверхности почвы под пологом растений.

$$\frac{S_n'}{S'} = 1 - N, \quad (14)$$

где N —доля затенения от единицы на поверхности почвы под пологом растений. Из уравнений (13) и (14) следует:

$$1 - N = e^{-\alpha\omega_0 \left(\frac{1}{\sin h_{\odot}} - a \right)} \quad (15)$$

После логарифмирования получим:

$$\ln(1 - N) = -\alpha\omega_0 \left(\frac{1}{\sin h_{\odot}} - a \right). \quad (16)$$

Из (16) путем построения зависимости $\ln(1 - N) = f\left(\frac{1}{\sin h_{\odot}}\right)$ определяются параметры $\alpha\omega_0$ и a .

Величины доли освещения $1 - N$, т. е. прямая радиация, проникающая в растительный покров, определялись по методу, предложенному Лопухиным [3, 4], получившему применение в некоторых работах [1, 7, 9]. При наблюдениях над озимой пшеницей нами были выбраны в посеве три участка размерами $1,0 \times 0,5$ м², под кукурузой участок размерами $2,0 \times 1,4$ м², а под виноградом—от $5,0 \times 2,7$ м² до $5,0 \times 1,5$ м².

Исходя из того положения, что в течение суток площадь биомассы остается практически постоянной, нами в течение вегетационного периода были построены дневные ходы зависимостей

$$\ln(1 - N) = f\left(\frac{1}{\sin h_{\odot}}\right) \quad (17)$$

для исследуемых культур. По построенным зависимостям определены параметры $\alpha\omega_0$ и a уравнения (16).

Определив величину $\alpha\omega_0$, можно приступить к построению зависимости $\omega_0 = f(\omega_0)$. Найденные по этой зависимости средние значения α для озимой пшеницы равно 0,65, а для кукурузы—0,33 (рис. 3).

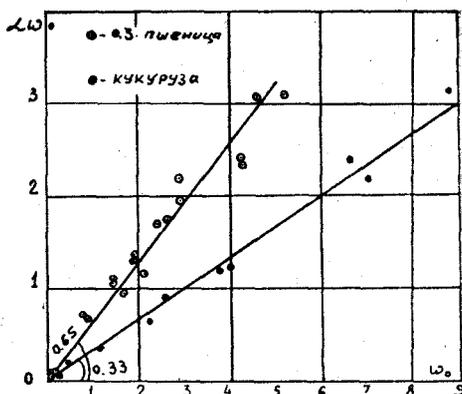


Рис. 3. Зависимость между относительной площадью листьев растений и коэффициентом пропорциональности, $\alpha\omega_0$.

Коэффициенты вариации, характеризующие ошибки $\alpha\omega_0$, рассчитанные аналогично ошибкам ω_p и h_p , равнялись 0,17 и 0,08.

Имея средние значения α и a , можно построить обобщенную зависимость

$$1 - N = e^{-\beta \omega_0}, \tag{18}$$

где

$$\beta = \alpha \left(\frac{1}{\sin h_{\odot}} - a \right). \tag{19}$$

Зависимость экспоненциальна. Точки хорошо ложатся на кривую. По зависимости (18) можно определить значения ω_0 в тех случаях, когда непосредственное ее определение путем измерений связано с трудностями.

Как видно из (19), величина β зависит сразу от трех показателей: α , $\frac{1}{\sin h_{\odot}}$ и a . Высота стояния Солнца—общая для всех исследуемых культур. Параметры α и a различны для озимой пшеницы и кукурузы и характеризуются примерно постоянными значениями в течение вегетационного периода. А для виноградников параметр a не всегда постоянен, откуда непостоянно и α . Изменчивость указанных параметров для виноградников обусловлена ориентировкой листьев к Солнцу. При направленности рядов виноградных посадок Север—Юг, Восток—Запад полученные величины a в период вегетации примерно одинаковы. А при неправильных рядах посадок значения a имеют значительные отклонения от средних значений a , полученных в вышеупомянутом случае. Выбирая достаточное количество примерно равных величин a , мы попытались определить значения β и для виноградников. Так как высота Солнца и a считаются уже заданными, после определения α из уравнения (19) легко получить значение β .

Построив зависимости между освещенностями под пологом растений при высотах Солнца $\frac{1}{\sin h_{\odot}} = 1$ и $\frac{1}{\sin h_{\odot}} = 3$ для названных трех культур (рис. 4), увидим, что угловой коэффициент больше у озимой пше-

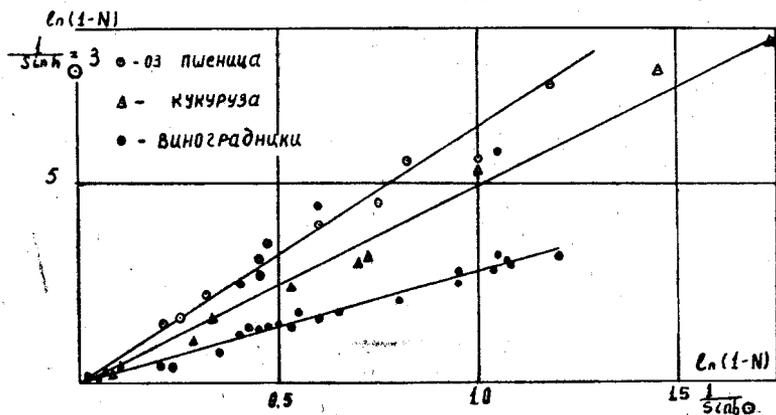


Рис. 4. Зависимость между освещенностью под пологом растений.

при $\frac{1}{\sin h_{\odot}} = 1$ и $\frac{1}{\sin h_{\odot}} = 3$.

ницы и меньше—у виноградников. А это значит: с изменением высоты Солнца доля освещенности и затенения интенсивнее, чем у остальных сравниваемых культур, меняется под пологом озимой пшеницы. Единица относительной поверхности листьев растений образует больше затенения у озимой пшеницы и меньше у виноградника. Поэтому коэффициент пропорциональности в (19) должен быть меньше для виноградников. Величина α для виноградников, определенная после экстраполяции, равна 0,20 в тех случаях, когда a постоянно. При иных значениях a величина α меняется от 0,15 до 0,23.

Для установления характера взаимосвязи радиационного баланса посева и биометрической структуры были проведены теплорасчетные наблюдения над виноградниками с учетом затенений под его пологом. Непосредственно измерялись: прямая S' , суммарная Q , отраженная $Q(1-\alpha)$ радиация, баланс радиации над виноградником под Солнцем, R_0 , баланс радиации над освещенными участками с затененным сверху балансом, R_1 и баланс радиации под виноградником в тени, R_2 .

Наблюдения проводились примерно раз в декаду при различных высотах Солнца в сроки 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 час., в условиях ясной погоды.

На основе приведенных выше измерений был определен радиационный баланс под пологом виноградника. Поскольку этот баланс складывается из сумм радиационных балансов затененных и освещенных участков почвы, то можно его представить в следующем виде:

$$\bar{R}_n = NR_2' + (R_1 + S')(1 - N). \quad (20)$$

Построенная по значениям R_n , R_0 и $1-N$ зависимость

$$R_n/R_0 = f(1 - N) \quad (21)$$

(рис. 5) надежна для высот Солнца $\geq 20^\circ$.

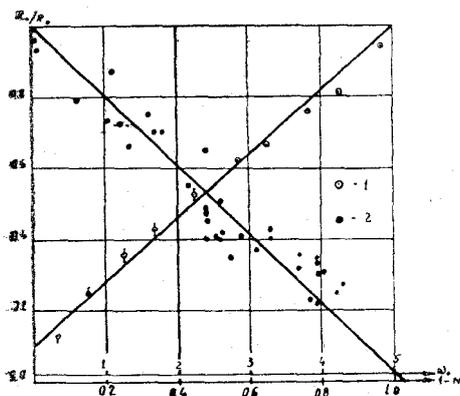


Рис. 5. Зависимость между R_n/R_0 и относительной площадью листьев растений и освещения его под пологом
1. $R_n/R_0 = f(1 - N)$. 2. $R_n/R_0 = f(\omega_0)$.

Исследуемая зависимость прямолинейная, ее уравнение имеет вид.

$$R_n/R_0 = x(1 - N) + y, \tag{22}$$

где x тангенс угла, равен 0,9, а $y = 0,1$.

$(1 - N)$ в свою очередь является функцией ω_0 , тогда

$$R_n/R_0 = f(\omega_0). \tag{23}$$

Подставляя в (22) значение $1 - N$ из (18), получим:

$$R_n/R_0 = xe^{-\beta\omega_0} + y. \tag{24}$$

Таким образом, с помощью взаимосвязи между R_n/R_0 и ω_0 можно рассчитывать значения ω_0 при заданных значениях R_n и R_0 .

Научно-исследовательский институт
водных проблем и гидротехники

Поступило 7.V 1970 г.

Բ. Հ. ՏԵՐՏԵՐՅԱՆ

ՔՈՒՍԱԾԱԾԿԻ ՀԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՌԵԺԻՄԻ ՈՒ ԲԻՈՄԵՏՐԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՅՎԱԾՔԻ ՓՈՆԱԴԱԲՁ ԿԱՊԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿԸ ԵՎ ՄԻ ՔԱՆԻ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Քուսածածկի շերմային հաշվեկշռի և նրա բաղկացուցիչների՝ մասնավորապես գոլորշիացման ու տրանսպիրացիայի, ինչպես նաև ֆոտոսինթետիկ գործունեության ուսումնասիրման կապակցությամբ ներկայումս մշակվել են բույսերի մակերեսը որոշելու մանրակրկիտ և հիմնավոր մեթոդներ:

Սակայն, այդ մեթոդները շատ աշխատարար են, ուստի մասսայական տվյալներ ստանալու համար առաջիմ ոչ պիտանի: Այդ տեսակետից ուշադրության արժանի է բույսերի մակերեսի որոշման բոլորովին վերջերս կիրառության ստացած այն եղանակը, որն օգտվում է ագրոօդերևութաբանական կայանների բույսերի միջին բարձրության և գետնի միավոր մակերեսին ընկնող նրանց թվի վերաբերյալ ստացած տվյալներից:

Մի քանի հեղինակների և մեր ուսումնասիրություններից պարզվում է, որ պարզորոշ արտահայտված կապ գոյություն ունի բույսի բարձրության և նրա մակերեսի միջև, ընդ որում այդ կապի կոնկրետ բնույթը կախված է բույսերի տեսակներից և աճման փուլից:

Օգտվելով վերոհիշյալից, որոշել ենք ցորենի տարբեր սորտերի և եգիպտացորենի գետնի մակերեսին ընկնող մակերևույթը, որը զրականության մեջ անվանվում է բույսի հարաբերական մակերես:

Սակայն ոչ բոլոր բույսերի, այդ թվում նաև խաղողի համար, է հնարավոր հարաբերական մակերեսը որոշել վերոհիշյալ եղանակով:

Նման դեպքերում կարելի է օգտվել բույսերի մակերեսի և նրանց առաջացրած ստվերի միջև եղած կապից

$$1 - N = e^{-\alpha\omega_0 \left(\frac{1}{\sin h_{\odot}} - a \right)}, \tag{1}$$

որտեղ N -ը բույսերի առաջացրած ստվերն է, արտահայտված միավորի մասերով, ω_0 -ն՝ բույսերի հարաբերական մակերեսը, h_0 -ն Արեգակի բարձրությունն է հորիզոնի նկատմամբ, α -ն համեմատության գործակիցն է, a -ն ցանքը բնորոշող պարամետր է: $\alpha\omega_0$ -ը և a մեծություններն ստանում ենք գրաֆիկական եղանակով՝ հատուկ քանոնի օգնությամբ նախօրոք որոշելով ստվերվածության աստիճանը բույսերի մեջ՝ հողի մակերեսին: Յորենի և Նեգիպտացորենի որոշված հարաբերական մակերեսի ω_0 -ի միջոցով որոշում ենք α -ն, ապա էքստրապոլյացիայի եղանակով այն տարածում խաղողի վրա: Արեի ճառագայթման բաղկացուցիչ մասերի՝ ուղիղ ճառագայթում S' ճառագայթման հաշվեկշիռը բուսականության վրա արհեստական ստվերի տակ R'_1 , նույնը բույսերի տակ R'_2 ստվերում չափելու միջոցով հաշվային բանաձևով՝

$$R_n = NR'_2 + (R'_1 + S')(1 - N) \quad (2)$$

որոշել ենք շերմային հաշվեկշիռը խաղողի վազերի տակ՝ գետնի վրա: Ապա պարզելով

$$\frac{R_n}{R_0} = f(1 - N), \quad (3)$$

որտեղ R_0 -ի շերմային հաշվեկշիռն է բույսերի վրա, կապի բնույթը և (1)-ի մեջ տեղադրելով հավասարման ձախ մասին համապատասխանող արժեքը, (3)-ից ստացել ենք այսպիսի կապ՝ բույսերի շերմային հաշվեկշիռի և նրանց հարաբերական մակերեսի միջև

$$\frac{R_n}{R_0} = xe^{-\beta\omega_0} + y, \quad (4)$$

որտեղ

$$\beta = \alpha \left(\frac{1}{\sin h_{\odot}} - a \right)$$

գոլորշիացումը հողի մակերեսից և տրանսպիրացիան բույսերից որոշող բազմապիսի գործոնների մեջ առանձնակի ծանրակշիռ դեր ունի գոլորշիացնող միջավայրի շերմային հաշվեկշիռը:

Բերված բանաձևը օգնում է մեզ բույսերի հարաբերական մակերեսի միջոցով ճիշտ որոշելու գոլորշիացումը և տրանսպիրացիան բուսական միջավայրից:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ахмедов Г. А. Тр. Средне-Азиатского научно-исслед. гидромет. института. 2 (17). 1959.
2. Будаговский А. И. Испарение почвенной влаги, 1964.
3. Лопухин Е. А. Изв. АН СССР. Серия географ. и геофиз. 14, 3, 1950.
4. Лопухин Е. А. Ташкентской геофизич. обсерв. В. 5 (6), 1951.
5. Наставление по агрометеорологическим станциям. Гидрометеониздат, Л., 1964.
6. Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Чмора С. Н., Власова М. В. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. Изд. АН СССР, М., 1961.
7. Росс Ю. К., Нильсон Т. Е. В сб. Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности, «Наука», 1966.
8. Савина С. С. Метеорол. и гидрология, 55, 1966.
9. Самарина Н. Н. Изв. АН СССР, Сер. геогр., 4, 1965.
10. Тооминг Х. Г., Росс Ю. К. Исслед. по физике атмосферы, в. 6, 1964.
11. Чирков Ю. И. Тр. центрального института прогнозов, В. 107, 1961.