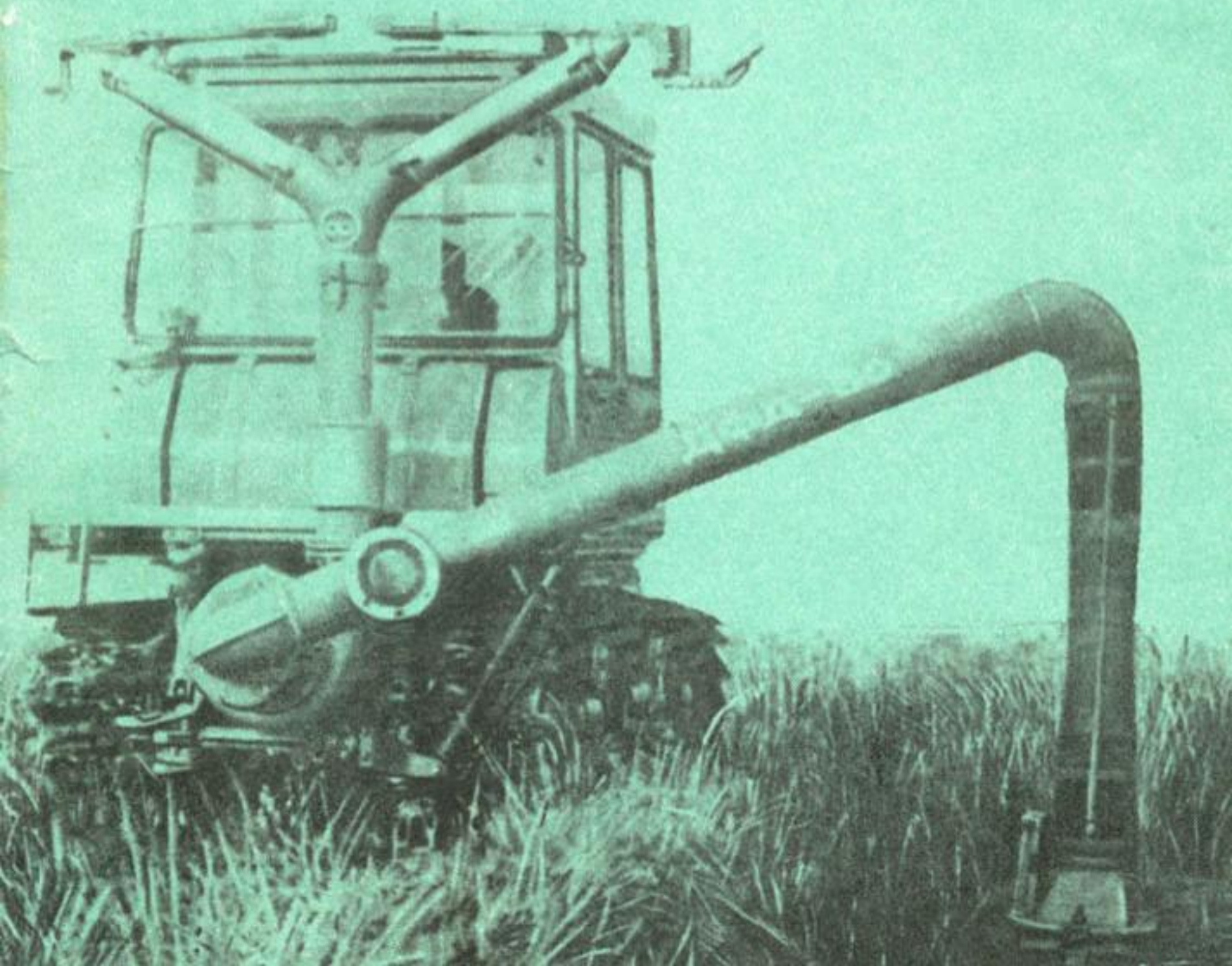
В. СЕВРЮГИН

ИСПАРЕНИЕ ПРИ ПОЛИВЕ ХЛОПЧАТНИКА ДОЖДЕВАНИЕМ



ТАШКЕНТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
(ТИИИМСХ)
Хозрасчетный центр научно-технических услуг
(ХЦНТУ "ПОЛИВ")

В. Севрюгин

ИСПАРЕНИЕ ПРИ ПОЛИВЕ ХЛОПЧАТНИКА ДОЖДЕВАНИЕМ

Ташкент "Мехнат" 1992

В работе описаны различные теоретические концепции на природу испарения, существующие методы его определения и их критика, представлены результаты натурных определений испарения и даны уточненные методы расчета структуры испарения при поливе дождеванием.

Рассчитана на работников сельского хозяйства, преподавателей и студентов вузов сельхозмелиоративных факультетов.

Рецензенты - Доктор техн.наук, проф. У.У.Умаров
Доктор техн.наук, проф. А.А.Рачинский

ISBN
5-8244-0881-5

© По заказу хозрасчетного центра научно-технических услуг (ХЦНТУ) "Полив", 1992 г.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время дождевание является одним из самых распространенных способов полива. Так, в США из 24 млн.га орошаемых земель, дождеванием орошается свыше 9 млн.га (40 %). В СССР из 21 млн.га - около 10 млн.га (49%).

Роль дождевания в орошаемом земледелии продолжает расти, и из зоны умеренного климата дождевание перемещается все активнее в зону жаркого климата. Так, в южных штатах США в настоящее время дождевание активно применяется на поливе хлопчатника. Площадь хлопчатника, орошаемого дождеванием, там превысила 1,5 млн.га. В Тунисе, в пустыне Сахара успешно используются дождевальные машины "Волмонт," "Зиматик", Перрот и др. для полива различных сельхозкультур, включая хлопчатник /69/.

В СССР также накоплен большой положительный опыт по применению дождевания в республиках Средней Азии, в том числе на поливе хлопчатника /86/. Однако широкому внедрению дождевания в условиях жаркого климата до недавнего времени препятствовали как социальные, так и конъюнктурно-политические причины. Это и низкая занятость населения, это и бесплатная вода, неизбежно развивающая расточительные технологии полива, это и политика выкачивания больших государственных ассигнований под проекты века, как переброска сибирских рек, это и низкая техническая культура. Все это способствовало снижению спроса на высокопроизводительную и водосберегающую технику полива, какой является дождевальная техника.

Естественно, что о конъюнктурно-политических причинах до недавнего времени в СССР было не принято говорить. И только перестройка позволила вскрыть главные причины, задержавшие на долгие годы внедрение прогрессивных способов и технологий полива.

Однако вскрытие причин вовсе не означает сиюминутное исправление их последствий.

Длительные годы пропагандирующиеся и, казалось бы, успешно внедряемые способы поверхностного полива на поверке выявили, что механизированным поверхностным поливом в республиках Средней Азии поливается всего около 7% орошаемой территории. Остальные 93% - это дедовский ручной полив с применением тяжелого ручного труда с кетменем, чимом, бумажными салфетками /61/.

Не случайно, что при таком способе полива в среднем по Узбекистану на орошаемый гектар расходуется до 14000 кубометров воды,

а в отдельных регионах (Ферганская долина) до 20 и более.

Такие расточительные нормы привели повсеместно к подъему грунтовых вод. Вместе с водой поднялись и соли, повысилась минерализация коллекторных вод и рек. В отдельные годы сток реки Сырдарья в Аральское море полностью прекращался. Уровень воды в Аральское море упал на 14 м , что привело к экологической катастрофе в районе Приаралья.

Естественно, что сейчас, перейдя повсеместно на способ полива дождеванием, всех проблем не решить. Да и повсеместный переход уже невозможен. По оценкам специалистов, в условиях Узбекистана из 4,2 млн.га орошаемых земель. не засоленных и пригодных для дождевания. находится в пределах 0,3 - 2,3 млн.га. Такой разброс в оценках возможности применения дождевания связан прежде всего с тем, что в настоящее время среди специалистов нет единого мнения о величине "потерь" воды на испарение, сопутствующих дождеванию. То есть многие специалисты убеждены, что потери на испарение при дождевании соизмеримы с потерями воды на поверхностный и глубинный сброс при бороздковом поливе. А коли это так, то зачем на поля тащить дорогостоящую и ненадежную в работе технику. Есть и другие причины, выдвигаемые против дождевания, о чем много писалось в работах Рачинского А.А., Севрюгина В.К., Беспалова Н.Ф., Саттарова Ф.М., Павлова Г.Н., Лактаева Н.Т., Духовного В.А. и др. /22, 76, 95/.

Однако вопрос об испарении во время дождевания во всех научных дискуссиях всегда оставался камнем преткновения.

Вот почему вопросы, связанные с изучением испарения, рассматриваемые в предлагаемой работе, представляются весьма актуальными.

Настоящая работа написана на базе многолетних исследований, проведенных автором и его аспирантами: Тлеукуловым А.И., Климкиным Д.С., Хуаном Р.Д., Мазиным Д.М., которые оказали существенную помощь в сборе и оформлении материалов к публикации.

Автор благодарит кафедру сельхозмелиорации ТИИМСХ и профессора Рахимбаева Ф.М. и Рачинского А.А., просмотревших рукопись и давших свои замечания.

Автор будет благодарен всем, пришлавшим отзывы на данную работу в хозрасчетный центр научно-технических услуг (ХЦНТУ) "Полив", финансировавший издание данной работы, по адресу : г.Херсон,325026, ул.Тираспольская, 1 , ХЦНТУ "Полив".

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ НА ПРИРОДУ ИСПАРЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ПОЛИВА ДОЖДЕВАНИЕМ

I.I. Структура испарения при поливе дождеванием

Испаряющуюся в процессе полива дождеванием воду обычно считают потерянной, поскольку она не переходит в почвенную влагу. Такая условность трактовки испарения сразу относит этот физический процесс к категории вредных, с которым необходимо бороться /22/.

При этом различают потери на испарение капель дождя в воздухе, потери на их ветровой снос за пределы орошаемого поля, потери на задержание воды листьями растений и, наконец, потери на физическое испарение и транспирацию в период полива /28/.

Измерением испарения в естественных условиях занималось большое количество видных отечественных и зарубежных ученых, таких, как Рыкачев М.А., (1898), Попов В.П. (1928), Будаговский А.И., Будыко М.И. /12/, Тимофеев М.П., Федоров С.Ф., Русин Н.П., Струзер Л.Р., Иванов Л.А./25/, Милькис Б.Е. /48/ и др. Результаты исследований по определению величины испарения имеют большую практическую значимость. На их базе рассчитываются режимы орошения сельхозкультур, производятся водобалансовые расчеты.

Величину суммарного испарения определяют либо методами водного баланса, основанными на определении влажности почвы и приходно-расходных составляющих влаги, либо физическими методами, основанными на измерении потоков водяного пара в приземном слое воздуха (метод теплового баланса, метод турбулентных диффузий водяного пара). Не останавливаясь на этих методах, поскольку они не являлись предметом наших исследований, отметим лишь тот факт, что ни один из методов не позволяет замерить величину испарения непосредственно в период выпадения дождя, поскольку все замеры можно выполнять лишь в промежутке между периодами его выпадения.

Однако вопрос определения испарения в период дождевания является весьма важным. Этому вопросу посвящено большое количество исследований /6, 12, 23, 28, 34, 45, 69/. Несмотря на это, достаточно четких достоверных рекомендаций по этому вопросу не существует. В самом деле, при поливе дождеванием часть воды расходуется на испарение за период падения капель на насадки до земли. Другая часть воды уносится ветром за пределы поля, третья часть задерживается на листьях растений, не долетев до земли, а четвертая - участвует в фотосинтезе. То есть все рассмотренные части израсходован-

ной воды не вызывают увеличение почвенной влаги, поэтому с точки зрения водного баланса их относят к потерям. На самом же деле они способствуют изменению потока водяного пара в приземном слое воздуха, то есть являются составляющими теплового баланса, определяющими водопотребление культуры. Чем больше испаряется влаги в приземном слое в воздухе, тем меньше поток восходящего водяного пара из почвы и, следовательно, меньше водопотребление. Недаром многолетние исследования по определению водопотребления хлопчатникам при бороздковом поливе и дождевании, выполненные отделом водного баланса САНИИРИ /48, 52/, не подтвердили сколько-нибудь существенной разницы. Напротив, в исследованиях В.К.Севрюгина, А.Т.Тлеукулова, А.И.Арфауй, Д.С.Климкина /70, 73, 74, 80/ доказывается, что испарение при непрерывном дождевании весьма незначительно, а при прерывистом - предопределяется характером дождя и технологией дождевания.

В диссертационной работе Мансурова М.С. /45/, как и во многих предшествующих /19, 28/ и последующих работах /54, 82/, величину испарения в период дождевания относят к потерям. Суммарную величину потерь определяют по формуле:

$$б_{\Sigma} = б_к + б_у + б_л, \qquad (1.1)$$

где $б_к$ - потери с поверхности дождевых капель;

$б_у$ - потери на унос ветром;

$б_л$ - потери на испарение с листовой поверхности растений.

Отметим при этом, что испарения с поверхности почвы и транспирацию во время дождевания М.С.Мансуров не принимает во внимание, считая, что этот процесс аналогичен испарению при поливе самотечным способом. Такая отрывочность исследований при всей своей достоверности приводит к неправильности выводов при обобщении результатов.

1.2. Испарение с поверхности капель

Потери на испарение с поверхности дождевых капель М.С.Мансуров предлагает определять расчетным методом по преобразованной им формуле Е.Г.Зака /23/

$$б_к = \frac{100D\,(1+1.92V_{ср})\,x\,t}{10584\ d^2_{ср}} \qquad (1.2)$$

где $V_{ср}$ - геометрическая средняя от скорости падения и скорости ветра, м/с;

D - дефицит влажности воздуха до полива, мм.рт.ст;

$d_{ср}$ - средневзвешенный диаметр капель, мм ;

t - время полета капли в воздухе, сек.

Сумму потерь ($\sigma_к + \sigma_у$) определяют посредством дождемеров, установленных на открытой площадке, по разнице расходов насадки и расхода воды, обнаруженного в дождемере /54/.

$$(\sigma_к + \sigma_у) = \frac{Q_{нас} - Q_{дожд}}{Q_{нас}} \qquad (I.3)$$

Если поле покрыто растительностью, определяют сразу сумму всех потерь (σ_Σ) тем же методом дождемеров, расставляемых под растениями.

Если необходимо отдельно определить потери на задержание воды листьями растений, то дождемеры устанавливают над растениями и под растениями.

Величина всех потерь во время дождевания, определенная таким образом М.С.Мансуровым /45/, в условиях аридного климата Азербайджана изменялась от II% до 24%. При этом сам М.С.Мансуров отмечает, что его опыты хорошо согласуются с опытами Е.Г.Петрова, Н.П. Демидова /57/, А.К.Дорошко, М.К.Мустафаевой /50/, где величины потерь получены с использованием метода дождемеров.

Метод концентрации солей /99/ и метод радиоактивных изотопов давали значительно заниженные результаты, поэтому Мансуров М.С. ими не рекомендует пользоваться. О большом испарении в период дождевания говорит и академик А.П.Аверьянов /I/. Величину (σ_Σ) он предлагает принимать для условий Поволжья от I0 до 25%. Более того, по мнению А.П.Аверьянова, при расчете поливных норм при дождевании необходимо вводить поправочный коэффициент (η =I - I,2), учитывающий просачивание воды ниже расчетного слоя. Непонятно только, почему при бороздковом поливе этот коэффициент не вводится.

Совершенно противоположное утверждают профессор А.А.Рачинский и к.т.н. Севрюгин В.К. /60/. По их мнению, величина так называемых "потерь" в период полива дождеванием значительно меньше. В факеле дождя при непрерывном дождевании у основного типа дождевальных машин испаряется, не долетев до земли, не более I% всех капель. На листьях может оседать больше. Но осевшая на листьях вода не является потерянной. Она участвует в процессе водопотребления.

При прерывистом дождевании в промежутках между проходами дождевого облака может испаряться значительное количество воды. Однако и в этом случае большая часть испарившейся воды участвует в

процессе водопотребления и входит в составную часть суммарного водопотребления.

В работе Севрюгина В.К. и Арфауй А.К. испарение во время прерывистого дождевания предлагается рассчитывать по формуле /69/

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \frac{e_0 K_б}{14{,}4 \rho_ф C_п} + \frac{H_{пад} \; e_0}{576 \; d_к^{1.5}} , \qquad (1.4)$$

где e_0 - испаряемость в конкретных природохозяйственных условиях в конкретный период развития, мм/сут;

$K_б$ - биологический коэффициент;

$\rho_ф$ - интенсивность в факеле дождя, мм/мин;

$C_п$ - показатель прерывистого дождя ($C_п$ 1.0) ;

$H_{пад}$ - высота падения дождевых капель, м;

$d_к$ - диаметр капель, мм.

То есть в указанной формуле испарение во время полива предопределяется величиной испаряемости (e_0), которая меняется в течение сезона, и коэффициентом ($K_б$), зависящим от культуры и фазы ее развития. Изменяющейся величиной является и показатель прерывистости дождя ($C_п$), который зависит от технологии дождевания (длины гона и скорости движения). Величины: $\rho_ф$, $H_{пад}$ и $d_к$ - для данной машины не изменяются в течение сезона.

То есть формула (1.4) позволяет учесть динамику водопотребления и определяет ту часть суммарного испарения, которая приходится на период проведения полива.

Как видим, в этой формуле не фигурирует ни дефицит влажности, ни скорость ветра, ни температура. Все эти величины однако учитываются при определении структурных значений испаряемости (e_0) и ($K_б$), которые для различных природнохозяйственных условий достаточно точно определены и имеются в справочных материалах.

Как видим, в формуле (1.4) нет и составляющей задержания воды листьями растений, поскольку само по себе задержание еще не является потерей. Потери происходят при испарении, а величина испарения (e_0) в формуле (1.4) имеется и является хорошо изученной величиной.

Таким образом, в формуле (1.4) впервые раскрывается влияние интенсивности дождя и технологии полива (прерывистости дождя) на

величину относительного испарения. Однако и она имеет недостаток, заключающийся в том, что в ней помимо коэффициента, учитывающего биологические особенности конкретной культуры, должен быть коэффициент, учитывающий снижение испарения за период падения капель вследствие повышения влажности в факеле дождя. Этот коэффициент меньше единицы и в целом определяемый по формуле (I.4), величина испарения во время полива будет еще меньше, хотя она и так дает самые низкие значения по сравнению с известными формулами.

I.3. Сравнительный анализ величины испарения с поверхности капель

Одной из первых, получившей всеобщее признание формулой, определяющей величину испарения капли, является формула Максвелла (1890).

$$C = 4\Pi r D_0 (C_0 - C_I) \; ; \qquad (1,5)$$

где C - вес воды, испарившейся с поверхности капли, г/сек;
r - радиус капли, см;
D_0 - коэффициент диффузии, см^2/сек;
$(C_0 - C_I)$ - концентрация пара у поверхности капли и на небольшом расстоянии от нее.

Несмотря на кажущуюся простоту в формуле Максвелла присутствуют величины D_0, C_0 и C_I, которые в полевых условиях трудно или вовсе невозможно измерить. В практике поэтому чаще всего пользуются формулой Е.Г.Зака, которая позволяет определить время полного испарения отдельной капли :

$$T = \frac{176.4\, d_k^2}{(1+1.92\, v)} \, , \qquad (1.6)$$

где T - время полного испарения капли, мин;
d_k - диаметр капли, мм ;
v - скорость потока, м/с;
D - дефицит упругости пара, мм. рт.ст.

В работе Федоренко И.Д. (1938) отмечается /104/, что по закону Дальтона при незначительном дефиците влажности испарение с открытой поверхности очень маленькое. Однако испарение с падающей капли, по его мнению, должно быть больше, поскольку объем воздуха, окружающий каплю, больше объема плоской поверхности тех же размеров. И если поверхность плоскости равна I, то для капли она

будет больше на величину β:

$$\beta = I + \frac{I}{R} + \frac{I}{3R^2} \qquad (I.7)$$

При выводе этой формулы принимается слой, в который происходит испарение, равный (h). Однако размерность этого слоя не указана и принимается просто ($h = I$). Отсюда следует некорректность выведенной формулы, хотя эта некорректность пока никем не оспаривалась. На основании этого Федоренко И.Д. подсчитывает, что объем воздуха над каплей 0,5 мм больше объема воздуха над плоской поверхностью в 4 раза, а для капли 0,05 мм это преувеличение возрастает в I54 раза. Отсюда делается вывод, что и испарение соответствующим образом возрастает. На самом деле вывод основан на принятии (h=I) без указания размерности, поэтому при сохранении (h) и уменьшении (R) естественно растет объем оболочки вокруг капли, но это не значит, что весь ее объем поглощает водяной пар и что испарение пропорционально объему оболочки.

Допустив, что скорость снижения поверхности капли при испарении постоянна (еще одно необоснованное допущение), и используя формулу Е.Г.Зака, Федоренко И.Д. находит :

$$\Delta S = \frac{St(I+I.92U)D}{I0584\, d^2}, \qquad (1,8)$$

где ΔS – убывание поверхности за время t мм^2/мин;

t – время падения капли, мин;

S – поверхность капли, мм^2.

Объем капли, оставшейся после испарения, за период падения определяется по формуле:

$$W = \frac{I}{6\sqrt{\pi}} \sqrt{(S-\Delta S)^3} \qquad (I.9)$$

После подставки S и ΔS он получил :

$$W = \frac{\pi d^3}{6}\left[I - \frac{t(I+I.92U)D}{I0584\, d^2}\right]^{3/2} \qquad (I.I0)$$

Отнеся этот объем к объему капли до испарения, был определен % испарения за период падения капли :

$$\mu = I00\left[I - \frac{(I+I,92U)D\cdot t}{I0584\, d^2}\right]^{3/2} \qquad (I.II)$$

Далее Федоренко И.Д. справедливо отмечает, что при падении капли, по мере ее испарения происходит снижение дефицита влажности.

Чтобы определить, на сколько при этом снизится величина испарения, он, используя известные физические формулы, находит величину испарения после некоторого промежутка времени (τ) по формуле:

$$\sigma = \left\{ I - \left[I - \frac{D \cdot \tau \cdot t\,(I + I.92\,v)}{I0584\ d^2} \right]^{3/2} \right\} I00 \qquad (I.I2)$$

Из формулы видно, что при $D = 0$ величина испарения также становится равной нулю.

То есть, если в факеле дождя наступит насыщение пара и дефицит станет равен нулю, дальнейшее испарение прекратится. Но поскольку время падения обычно невелико, то за этот период насыщения не происходит. Во всяком случае все существующие расчеты, сделанные известными исследователями, допускают наличие дефицита влажности, который приравнивают к дефициту влажности окружающего воздуха. При этом для мелких капель получает довольно большой процент испарения. Так, по данным Мансурова М.С., с капли диаметром I мм испаряется I - 3 % от ее массы, а с капли диаметром 0,3 мм ужз 7 - I2 %. Ниже мы покажем, что расчеты Мансурова М.С. справедливы лишь для отдельно падающей капли, поскольку в расчетные формулы подставлялось значение дефицита влажности окружающего воздуха.

Во всех же дождевальных аппаратах и машинах формируется факел дождя из множества капель различных диаметров. И если отдельная капля долетает до поверхности земли от сотых долей до 3 сек, то факел дождя существует в течение всего полива.

Дефицит влажности воздуха в факеле дождя устраняется довольно быстро (несколько минут с начала полива) и при дальнейшем поливе в самом факеле испарение имеет место только на границах факела. Вот почему рассчитанные по формуле Е.Г.Зака значения испарения капель в воздухе нельзя относить ко всему периоду полива. Они справедливы только для периода падения первой серии капель. Все последующие капли испаряются медленнее первых, а через определенный отрезок времени после насыщения факела дождя водяным паром испарение вовсе прекратится. Зная период насыщения факела дождя до I00% влажности ($t_{нас}$), можно определить фактическое испарение за весь период полива ($t_{пол.}$):

$$\text{фак.} = \frac{\sigma \cdot t_{нас}}{2t_{пол}} \qquad (I.I3).$$

Например, если период насыщения равен 6 мин, а период полива (t полив) длится I20 мин и если за период падения (3 сек) первой серии капель испаряется I0%, то за весь период полива испарится 0,25% от вылитого объема воды (по мере снижения t полива) фак.будет расти.

Такой примерно порядок получается и при расчете по формуле В.К.Севрюгина. Так, если в формулу (I.4) подставить: H=8 м, ℓ_o= I4 мм/сут, d_K = I мм, то получим: G =0,I9%.

Таким образом, говорить о существенности величины испарения с поверхности капель нет смысла. Эта величина очень мала и ею можно просто пренебречь. Однако именно этот фактор многими мелиораторами игнорируется и потери при падении одиночной капли принимаются за потери из факела дождя за период полива. Их пытаются учесть и добавить к поливным нормам, о чем пишут в своих работах академик А.П.Аверьянов, /I/ канд.техн.наук Г.С.Кальянов /28/ и другие /82/.

Именно из-за якобы больших потерь при испарении капель дождя применять дождевание в аридном климате не рекомендуется. Так, канд.техн.наук В.А.Духовный пишет /22/, что при дождевании потери в основном состоят из испарения при распыле. По его сведениям, в США потери при дождевании определены в 33% (штат Вашингтон); в Испании - 30%. Большими потерями на испарение В.А.Духовный объясняет неудачные опыты дождевания в Каршинской и Голодной степях, где влажность воздуха меньше 50% и большая часть воды, по его мнению, не доходит до поверхности поля. Подобные мнения, к сожалению, не единичны и вот уже многие годы тормозят внедрение дождевания на поливе хлопчатника в условиях Узбекистана, в то время как в США полив хлопчатника дождеванием успешно применяется на площади I,5 млн.га.

I.4. Задержание воды листьями растений

Задержание воды листьями растений изучается вот уже более I30 лет. Этому вопросу посвящены работы видных ученых : Г.Р.Эйнгер /I07/, В.И.Рутковского /65/, В.П.Лохова /40/, А.А.Лушевского и Ю.С.Петровского /4/, М.И.Сахарова /68/, Г.А.Харитонова /92/, И.С.Шпака /97/, В.В.Виноградова /I6/, Шеленкова /96/, Шульги Н.К. /I0I/, Гусейнова Г.Н./I8/, Чичасова В.Я./ 94/, Яковлева С.А. /I09/ и др.

Поначалу исследовали в основном величину задержания осадков на листьях лесных массивов. Позднее эти исследования были перенесены на сельхозкультуры.

Было установлено, что в лесных массивах на листьях и стеблях оседает от 15 до 60 % от величины выпавшего слоя осадков. Этот процент зависит от величины выпавшего слоя осадков. Чем продолжительнее дождь и больше выпавший слой осадков, тем величина задержания в % ниже.

Позднее было установлено, что величина задержания зависела и от климатических условий. Зависела она и от метода определения, и от количества дождемеров, и от времени проведения опыта, и от того, на каком расстоянии от ствола были установлены дождемеры.

Например, в статье П.И.Колесника /31/ отмечалось, что ночью на деревьях оседало 45%, а днем 65% от выпавшего слоя осадков. Из чего было сделано предположение, что разница в 20% связана с более высоким испарением в дневное время. Там же отмечалось, что часть задержанной воды от 0,5 до 4% стекает по стволу дерева.

Исследование задержания воды листьями сельхозрастений показало, что эта величина значительно меньше и зависит от вида культуры, фазы ее развития, густоты посевов, от микроклимата окружающей среды и ряда других факторов.

Исследования, выполненные под Киевом на гидрогеологической станции АН УССР показали, что в лесном массиве на листьях, в среднем, за летний период оседало 54% всех осадков, на озимой пшенице 18% и стеблях картофеля 27%. То есть, на сельхозкультурах оседало значительно меньше осадков. Но и здесь отмечалась значительная вариация опытных данных в течение суток. Так, на картофеле днем оседало до 40% всех осадков, а ночью всего 15%. Подобная вариация отмечалась и другими исследователями. В работе И.Ф.Штангея /98/ показано влияние роста и развития растений на величину задержания воды листьями. Например, с увеличением роста кукурузы после первого полива обнаружено задержание воды на листьях в размере 5%, после второго полива - 28% и после третьего - 39% при поливной норме 666 м^3/га. Здесь же отмечается о влиянии прерывистости дождевания на величину задержания. Так, если проходы делаются сравнительно через большие промежутки времени (20 мин и более), то общее количество задержанной на листьях воды возрастает. Однако И.Ф.Штангей предупреждает, что удержание воды листьями растений нельзя относить полностью к потерям. По его мнению, часть удержанной воды впитывается листьями растений, часть стекает с листьев.

Та же часть, которая испаряется, способствует увеличению влажности воздуха.

Продолжая мыслить в этом направлении, можно предположить, что в результате повышения влажности воздуха на поле снижается транспирация и в целом баланс водопотребления держится на уровне, определяемом природно-климатическими условиями.

В работе доктора О.Кеслера /29/ уже вполне конкретно говорится о величине поглощения листьями растений воды через поверхность листьев.

Так, в опытах с листьями растений виноградный лист за 24 часа контакта с водой увеличил свой вес на 36%, лоза на 24%, а капуста на 17%. Еще большего эффекта поглощения воды листьями получили при орошении листьев дождем. Так, за 4 часа лист томата утяжелился на 25%, картофеля на 28%, боба на 27% и т.п. Передачу воды через листья в стебли и корень сам Кеслер не наблюдал. Однако в опытах Марло при наблюдении за растениями пустыни отмечалась передача поверхностной влаги в корень растения. Бозе доказал, что вода в растении движется от места большего тургора к месту меньшего тургора, и нашел, что скорость движения воды в обратном направлении в 6,5 раза меньше, чем в прямом. А в прямом она равнялась 4 мм/сек. Следовательно, и в обратном направлении через листья в корень можно передать определенное количество воды, достаточное для развития растения. Из этого следует, что при влажном воздухе транспирация не только может полностью прекратиться, но и начаться обратный процесс перевода воздушной влаги в корень. Вот почему с виду довольно большой процент задержания листьями растений капель дождя еще не говорит о больших потерях. Хотя многие исследователи и, в частности, Г.С.Кальянов /28/ относят величину осадков, задержанных листьями растений, к потерям.

1.5. Влияние осадков, осевших на листьях растений, на формирование микроклимата

Осевшая на листьях растений вода частично испаряется. Однако при этом формируется микроклимат поля (температура и влажность воздуха), который оказывает весьма существенное влияние на урожайность. Так, в опытах Узенбаева Э.Е. /89/ при поливе хлопчатника дождеванием и способом бороздкового полива отмечены существенные отличия в микроклимате. На участке дождевания наблюдалась более высокая относительная влажность воздуха, более низкая температура, более высокая освещенность в междурядьях и более низкая

площадь листьев. На участке дождевания, вследствие повышенной влажности, сохранились коробочки на внутренних конусах, что явилось одной из причин более раннего созревания хлопчатника в сравнении с полем, орошаемым по бороздам. Как следствие урожайность на участке дождевания была на 3 ц/га выше. То есть, в результате задержания влаги на листьях хлопчатника урожайность повысилась. Увеличение же водопотребления Узенбаев Э.Е. не отметил, поскольку его, очевидно, и не было. Напротив, многие авторы отмечают снижение водопотребления при поливе дождеванием /9, 86/.

Так, в частности, Бородачев В.В. отмечает /10/ снижение водопотребления картофеля при поливе мелкодисперсным дождеванием в 2 - 10 раз. При этом способе полива вода на поле подается в виде мелких капель, которые практически полностью оседают на листьях, не достигая земли, и полностью испаряются в течение 0,5 - 1,5 часа. В его опытах в аридных условиях Волгоградской области на контрольном поле, орошаемом машиной ДДА-100М, было дано 7 поливов оросительной нормой 3620 м^3/га, на опытном поле, орошаемом опрыскивателем ОП-45, была сделана 51 проход (один проход за день нормой 4,6 м^3/га) общей нормой 237 м^3/га. То есть, расход оросительной воды был в 7,4 раза меньше. Урожай картофеля при мелкодисперсном дождевании составил 406 ц/га, а на контроле 289, то есть был в 1,4 раза выше. Температура воздуха на поле была на 3-6 % ниже, а относительная влажность на 22-29% выше.

Описанный опыт говорит о том, что вода, задержанная листьями растений, не является потерянной. Напротив, осевшая на листьях вода позволяет существенно сократить водопотребление культуры. О снижении водопотребления сельхозкультур при поливе дождеванием говорят опыты многих исследователей.

Так, по данным профессора Н.Ф.Беспалова (СоюзНИХИ), при поливе дождеванием расход оросительной воды снижается в 1,5 - 2 раза, а урожайность хлопчатника повышается на 3,3 ц/га. По данным Х.А.Ахманова, В.Г.Хрипко (ТуркменНИИГИМ), экономится за сезон 2,6 - 2,9 тыс.м^3/га и урожайность повышается от 2 до 8 ц/га. По данным Ли Те-Хана (совхоз Пахтаарал), оросительной воды расходуется в 1,3 - 2 раза меньше и повышается урожайность. По данным Г.М.Гусейнова (АзНИИГИМ), оросительной воды при поливе дождеванием расходуется в 1,5 - 3 раза меньше, а урожайность повышается на 3-4 ц/га /86/. В работе П.П.Москальцова (ЦОМС, Голодная степь) при поливе засоленных земель отмечается прибавка урожайности хлопчатника на 9-12 ц/га. При поливе хлопчатника дожде-

вальной машиной "Кубань" в условиях поймы р.Чирчик В.К.Севрюгин /79/ отмечал экономию оросительной воды на 50 - 60% и прибавку урожая хлопчатника на 3 - 5 ц/га.

Аналогичные выводы делают Р.С.Кобилев и В.А.Костючин (ТНИИП), Т.Ю.Юсупов, А.Д.Калибоев (Киргизская опытно-селекционная станция по сахарной свекле), Н.А.Пересыпкин (НИСТО), О.Сеидов (Туркменнииигим) и многие другие, что отмечено в докладах Всесоюзного совещания в г.Ташкенте /86/

I.6. Влияние дождевания на процесс транспирации влаги растением

Исследованию этого вопроса посвящены работы Петрова (1938), Демиденко, Голе (1939), Сологубова (1949), Бабушкина (1953), Брызгалова (1959), Розова, Майсурян, Тютюникова (1962) /7,20,45/.

При изучении поглощения воды растениями пользуются потометрами или другими приборами, описанными в работах Иванса (1949), Максимова (1952), Иванова (1962) /25/, Лебедева (1969) /39/. Во всех исследованиях отмечается, что с увеличением относительной влажности окружающего воздуха транспирация снижается, а ассимиляционная деятельность и общая продуктивность растений значительно возрастают. В работе Г.В.Лебедева отмечается, что транспирация изменяется по мере изменения освещенности. Больше света - больше транспирация. Более того листья растений разных ярусов транспирируют по-разному. Сильнее всего транспирируют листья верхнего яруса. Одним из самых эффективных методов снижения транспирации является метод нанесения воды на их поверхность. Основанный на этом эффекте способ мелкодисперсного дождевания был впервые предложен инженером И.И.Заикиным (1934) и опробирован рядом исследователей в более позднее время (Афтенюк, 1944, Александров, Гутиев 1974), и, как отмечалось выше, этот способ позволяет регулировать микроклимат поля, существенно повышать урожайность сельхозкультур и снижать их водопотребление за счет снижения транспирации.

Однако этому способу, как и вообще любому дождеванию, часто приписывают возможность ожогов за счет якобы концентрации тепла каплями, которые действуют, как линзы. Об этом писал еще А.А.Рихтер (1934). Но в работах Костякова А.Н. (1934), Веригина (1938), Крамера (1939), поставивших специальные опыты по выявлению ожогов листьев, - таковых явлений не обнаружено. Несмотря на это высказывания о возможности ожогов листьев при дождевании встречаются и поныне /15/, хотя экспериментальных данных, подтверждаю-

щих эту гипотезу, не было получено ни разу.

Мелкодисперсное дождевание длительное время не находило практического применения из-за отсутствия достаточно надежных средств механизации. Одними из первых для этих целей стали использовать опрыскиватели ОП-5, ОП-45. Позднее во ВНИИГиМе были разработаны для этих целей специальные туманообразующие установки ТОУ-3, ТОУ-5, ТОУ-7. Однако большая подверженность ветровому воздействию этих установок не позволяет их достаточно эффективно использовать для формирования микрофитоклимата и борьбы с атмосферной засухой. Поэтому на практике большое распространение получили установки импульсного дождевания. С помощью этих установок возможно через строго нормированные промежутки времени выдавать порции дождевого облака на орошаемое поле, поддерживая оптимальный микроклимат. Опыт применения импульсного дождевания при орошении чайных плантаций, сахарной свеклы, томатов и других овощных культур весьма положителен.

Дождевание с заданными интервалами времени можно, однако, осуществить и с помощью обычных дождевальных машин. К ним относятся дождевальные машины, работающие в движении, типа ДДА-100МА, Кубань, ДФД-80. Эти машины во время работы совершают челночные движения вдоль орошаемого поля, подавая в конкретную точку поля воду через определенные промежутки времени. Однако челночная технология водоподачи не позволяет орошать все точки орошаемого поля с равными промежутками времени. Поэтому в отличии от синхронно-импульсного дождевания, где подача воды производится по всему полю одновременно с равными промежутками времени, при челночном поливе паузы различны. Поэтому и микроклимат в различных частях поля различен и, следовательно, в целом по полю не оптимален. Как будет показано ниже, с помощью дождевальной машины "Кубань" можно снизить температуру воздуха на 10°С, а относительную влажность повысить на 40%. Однако применение этой машины как средства регулирования микроклимата до настоящего времени не рассматривалось. Как отмечает В.К.Севрюгин /71/, до сих пор не рассматривалась и сама возможность создания машин и технологий полива для регулирования микроклимата. Какими они должны быть ? Каков возможный эффект от подобных машин? Нужны ли машины только для увлажнения воздуха или с их помощью все же надо определенную часть воды переводить в почвенную влагу ? И, наконец, какой должна быть технология полива (периодичность пауз, слой осадков за паузу и последовательность перемещения факела дождя, а следовательно, и зоны

микроклимата по орошаемому полю. Эти вопросы до недавнего времени практически не изучались и лишь в последние годы стали предметом повышенного интереса и вошли в Государственную тематику (ГЗП I.2.3 "Разработать технологию и технические средства по борьбе с засухой в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения на орошаемых землях").

Заключая обзор о задержании воды листьями растений, мы убедились, что задержанную воду никак нельзя отнести к потерям.

I.7. О величине испарения с орошаемого поля

Как уже отмечалось, при поливе дождеванием часть воды оседает на листьях, а часть впитывается почвой. При этом, как во время полива, так и после, осевшая на листьях вода и вода, перешедшая в почвенную влагу, испаряется. Для того, чтобы правильно определить структуру испарения, следует обратить внимание на технологию водоподачи. Различают два способа подачи дождя на поле: непрерывное дождевание и прерывистое /76/.

При непрерывном дождевании факел дождя над орошаемой точкой держится с начала полива до конца. Этот период значительно выше периода падения отдельной капли. Поэтому за весь период, как было отмечено в разделе I.3, испарения будет мало: обычно менее I%. В этот же процент войдут и потери во время полива с поверхности листьев, поскольку водяной пар, образующийся при контакте дождя с листьями в первые минуты полива, способствует быстрому насыщению воздуха в факеле дождя до I00% влажности. То есть, при наличии растительного покрова период насыщения воздуха водяным паром в факеле дождя ускоряется.

После окончания полива вся испаряющаяся вода, как с поверхности листьев, так и с почвы, входит в составляющую суммарного водопотребления. И пока испаряется не усвоенная листьями вода, отсутствует процесс транспирации. После испарения поверхностной воды с листьев процесс транспирации активизируется. Таким образом, при непрерывном дождевании испарение воды в процессе падения капель от насадки до почвы и с поверхности листьев мало, и им можно пренебречь.

При ветре могут иметь место потери на ветровой снос. Этому сносу подвержены обычно капли менее 0,25 мм. При этом снос происходит только на границе факела. Так, для факела дождя малины

ДДА=I00МА, имеющего размеры (I20 x I7)м, при периметре факела 274 м снос за границу поля может происходить с торца, периметр которого равен I7 м. Добавим еще 30% от I7 м. Тогда получим I7 x I,3 = 22 м, что составит 8% от всего периметра (274 м). Если теперь воспользоваться данными структурного анализа по составу капель дождя в факеле машины ДДА=I00МА, можно заметить, что капли размером 0,25мм и менее переносят всего-навсего 5 - 7% воды, падающей на землю /79/. При этом из них лишь 8% уносится за границу поля. Таким образом, объем воды, уносимый за пределы поля, определится пределами 0,5 - 0,6%, хотя водяную пыль можно наблюдать на расстоянии несколько сотен метров от машины. Для дождевальной машины "Кубань" потери на ветровой снос за пределы поля будут еще меньше, поскольку соотношение длины и ширины факела у нее значительно больше. Резюмируя сказанное, отметим, что потери на испарение, ветровой снос и испарение с поверхности листьев при непрерывном дождевании весьма малы (не более I - 2%).

Рассмотрим теперь природу испарения при прерывистом дождевании. За период падения капель в течение полива здесь, как и при непрерывном дождевании, при медленном движении факела (машина "Кубань") испарится не более I% от объема всей поданной на поле воды. Однако по мере увеличения скорости движения факела продуваемость его встречным потоком воздуха будет расти, а величина испарения возрастать. Для большинства современных дождевальных машин скорости движения факела сравнительно невелики. И если даже допустить, что потери будут в два раза больше, чем при непрерывном дождевании, то и тогда они войдут в предел I%.

Потери на ветровой снос также несколько возрастут. Но и в этом случае их можно определить границей в I%.

Наконец, подойдем к существенному отличию, характерному для прерывистого дождевания. Оно состоит в наличии существенного водопотребления во время полива. В самом деле, при прерывистом поливе есть паузы, в течение которых вылитая на поле вода испаряется. Если вылитый слой за период полива мал, а пауза велика, то вся вылитая вода может испариться. Более того за паузу может испариться с поля даже более высокий слой воды, нежели был вылит. Поскольку об эффективности полива (о КПД полива) судят по приращению влаги в почве, то при прерывистом дождевании КПД может быть равен нулю. Отметим сразу, что большинство современных машин

прерывистого полива всё же выдают слой осадков выше того, который испаряется в период между поливами. Обычно КПД прерывистого дождевания не ниже 0,65 - 0,75. Однако если соблюдать технологию водоподачи, рассчитывая при этом скорость движения и длину гона, то, по нашим рекомендациям /75/, КПД полива можно повысить до 0,95 - 0,97. Выбор технологии будет предопределяться природнохозяйственными условиями и качеством дождя той или иной машины. То есть, при прерывистом дождевании с учетом рекомендаций /75/ "потери" на испарение во время полива даже в аридной зоне можно довести до 10% и ниже. Сейчас же пока в аридной зоне поливают с "потерями" до 25%.

Таким образом, при прерывистом дождевании в отличие от непрерывного мы имеем величину "потерь" во время полива, которая зависит (как это следует из формулы I.4) от технологии дождевания (показателя прерывистости дождя) и качества дождя (его интенсивности). При всем при этом решающее значение играют природнохозяйственные условия, влияющие на величину испаряемости (E_o) конкретного поля.

Резюмируя обзор теоретических концепций на природу испарения в период дождевания, можно сделать следующие выводы :

I. Испарение капель дождя в воздухе в основном зависит от размеров капель и гидрометрологических параметров. За период падения отдельные капли диаметром в I мм могут потерять не более 3% своего объема. Однако в факеле дождя капли испаряются еще медленнее, поскольку пространство факела быстро насыщается водяным паром.

2. Вылитая вода частично оседает на листьях растений. Величина задержания воды листьями растений также зависит от гидрометрологических параметров, но главным образом от типа культуры и фазы ее развития. Для сельхозкультур максимальная величина оседания воды на листьях, измеряемая методом дождемеров, может быть более 30%. Однако, осевшая на листьях вода не является потерянной. Значительная ее часть впитывается листьями растений. Часть стекает, часть испаряется во время полива и часть участвует в формировании микроклимата, который положительно сказывается на увеличении урожайности культуры.

3. При поливе дождеванием ни один из исследователей практически не доказал увеличение водопотребления, хотя имеется много расчетных методов, рекомендующих увеличивать расчетную норму полива при дождевании до 25% и более.

4. Потери на ветровой снос при дождевании весьма незначительны (менее I%).

5. Физическое испарение и водопотребление во время полива дождеванием зависят от качества дождя и технологии дождевания. Для непрерывного дождевания испарение во время полива невелико (не более 3%), для прерывистого дождевания оно выше и может доходить до I00%. Однако при оптимальной технологии водопотребление во время полива можно снизить до 3 - I0%.

2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСПАРЕНИЯ ПРИ ПОЛИВЕ ДОЖДЕВАНИЕМ

2.I. Состояние вопроса исследований

Известно, что достоверность исследований и результат поиска во многом предопределяются правильностью сформулированной задачи, о чем обстоятельно свидетельствует теория изобретательства /II0/. Какой вопрос ставится в задаче, на такой вопрос и ищется ответ. При определении испарения во время дождевания практически все исследователи искали величину потерь. Те же, кто не находил никаких потерь, попросту не имел решения на поставленную задачу и не доказывал того, чего не требовалось доказать. Поэтому в печать проникали сведения только о "потерях". Тем не менее методы исследований предлагались разнообразные. Разнообразными получались и результаты исследований. Достоверность этих методов и результатов требует беспристрастного критического анализа, который мы и попытаемся сделать в предлагаемом ниже обзоре литературных источников.

2.2. Методы определения испарения в период падения капель от насадки до почвы

Испарение капель дождя в воздухе определяют двумя основными методами :

I. Расчетный метод с использованием физических величин и гидрометрологических данных.
2. Экспериментальный метод, основанный на определении разности объемов воды, истекающей из насадки и падающей на землю.

2.2.I. Расчетные методы

Родоначальником расчетного метода, как уже отмечалось в разделе (I.3), был Д.К.Максвелл (1890). Там же мы изложили и основные недостатки этого метода, отметив сложности точных замеров гидрометрических величин, входящих в расчетные формулы, и некорректность самих формул, базирующихся на целом ряде допущений. При этом расчетные методы определяют обычно испарение с отдельно падающей капли. Всякие попытки распространить результаты расчета на естественный процесс выпадения искусственного дождя сталкиваются с серьезными трудностями. Ведь в факеле дождя присутствуют капли различных диаметров от водяной пыли в несколько микрон до капель диаметром выше 4 мм. Исследованием структуры искусственных дождей и распыляемых жидкостей занимались многие исследователи : Лыжевский А.С. /42/, Лебедев Б.М. /39/, Исаев А.П./26/, Марквартде В.И. /47/, Лямперт Г.М. /43/, Севрюгин В.К. /71/ и многие другие. Так, в работах Севрюгина В.К., Тлеукулова А.Т. показано, что в факеле дождя как дальнеструйных, так и короткоструйных насадок присутствует до 80% от общего количества капель менее 0,25 мм, однако объем переносимой ими жидкости составляет 5 - 7%.

Вопрос о том, по какому диаметру капель дождя определять испарение, пока всерьез не обсуждался. При определении качества дождя фигурирует обычно средневзвешенный среднекубический диаметр. Но для всех современных дождевальных машин этот диаметр, как правило, выше I мм, а для большинства находится в пределах I,3 - I,9 мм. Если распространить расчетный метод на эти диаметры, то даже при высоких температурах (50°С) и дефиците влажности воздуха (50%) испарение будет, по данным Федоренко И.Д. /I04/, не более 3%. Если испарение определять по каплям менее 0,25 мм, то по тем же данным испарение с их поверхности составит 35 - 50%. Однако, учитывая, что они переносят 5 - 7% всего объема дождевой воды, выйдем на ту же цифру. То есть с факела дождя испаряется менее 3%.

Говоря о расчетных методах, нельзя не отметить сложностей в определении диаметров капель дождя. Ведь известные методы его определения /43, 54/ далеки от совершенства. Но самое главное, о чем мы неоднократно говорили, это то, что расчетные методы определяют лишь величину испарения за период падения отдельной капли. Распространение этого метода на средневзвешенный диаметр кап-

ли также дает результат только для первой серии капель. Дальнейшее падение капель приводит неизбежно к изменению температуры окружающего воздуха и насыщению его парами воды до относительной влажности, близкой к 100%. Наличие ветра, безусловно, повысит дефицит влажности, но в любом случае в факеле дождя, особенно если факел значительных размеров (машина "Кубань", "Фрегат", ДДА-100МА), относительная влажность будет выше, чем за границами факела. При этом рассчитанная величина испарения отдельной капли (3%) существенно снизится. Таким образом, расчетный метод говорит о весьма незначительных потерях при полете капель дождя в воздухе (менее 3%). В одной из последних работ, относящихся к расчетному методу /60/, говорится, что величина потерь на испарение капель дождя в воздухе менее 1%.

2.2.2. Экспериментальные методы

Среди экспериментальных методов, относящихся к определению величины испарения при дождевании, отметим следующие.

1. Метод дождемеров и водяного бассейна.
2. Весовой метод.
3. Метод разницы концентрации солей.
4. Метод радиоактивных индикаторов.
5. Метод водного баланса.

Каждый из перечисленных методов имеет разновидности.

2.3. Метод дождемеров

Метод дождемеров-один из самых древних и известен более 130 лет /40/. К разновидности этого метода относится метод целевых дождемеров, метод трубчатых дождемеров, метод дождемеров, прикрытых воронкой, метод дождемеров с покрытием поверхности воды масляной пленкой, керосином, метод плювиографов с самописцами, измеряющими приращение или снижение слоя осадков во времени, методы почвенных дождемеров с растениями и без растений и др.

Говоря в целом о методе дождемеров, отметим основные его недостатки и в первую очередь тот, что процесс наполнения дождемера длится во времени, в течение которого идет испарение с поверхности дождемера. Второй недостаток связан с неравномерностью выпадения слоя осадков на орошаемой площади и для определения средней величины слоя требуется достаточно большое количество дождемеров (чем больше дождемеров, тем точнее результаты определения средней величины). Но большое количество дождемеров требует и значи-

тельных затрат времени на замеры слоя осадков в дождемерах. И пока идут замеры от первого к последнему дождемеру, вода с поверхности дождемера продолжает испаряться. Если учесть, что капля в полете находится считанное время (менее 3 сек), а период от замера первого дождемера до последнего часто определяется часами, то испарение с поверхности дождемера может существенно превысить величину испарения за период падения капель в воздухе.

Метод прикрытых дождемеров воронками тому свидетельство. Так, в опытах Мансурова М.С. скорость испарения воды с открытого дождемера изменялась от 0,56 до 0,7I мм/час, а с дождемера, прикрытого воронкой, от 0,036 до 0,072 мм/час, то есть была на целый порядок ниже. Но этот факт Мансуров М.С. упустил и пошел по другому пути. На основании этих опытов было определено, что при норме полива 500 м^3/га с поверхности дождемера теряется до I,4 % воды, что, по мнению Мансурова М.С., находится в пределах точности полевых исследований, поэтому на это не стоит обращать внимание. Исследования, выполненные Севрюгиным В.К., Климкиным Д.С., показали, что по мере увеличения продолжительности опыта относительная величина испарения с поверхности дождемера растет. Так, если замеры в банках произведены в течение 20 мин, то испарение в июне месяце в условиях поймы р.Чирчик с поверхности дождемера было около 2%, в течение 40 мин. - 50%, а в течение 60 мин - 8,5% и т.д. /77/. Анализ лабораторных опытов, выполняемых при определении величины испарения с поверхности капель в воздухе различными исследователями, показал, что данные часто расходятся и весьма существенно, поскольку продолжительность опытов менялась в широком диапазоне от I0-I5 мин до нескольких часов. Попытки снизить испарение путем прикрытия поверхности воды в дождемере масляной пленкой или керосином часто не приводили к желаемому результату и существенно усложняли эксперимент при наличии большого количества банок. Сравнительных данных, которые позволили бы судить о достоинстве этого метода, в литературных источниках мы не встретили.

Третий недостаток, присущий методу дождемеров, относится к методике определения расхода через насадки, формирующие факел дождя. В дождевальных машинах факел дождя формируется чаще всего большим количеством насадок, поэтому, определяя расход каждой насадки в отдельности с определенной погрешностью опыта и суммируя результаты опытов, суммируют и величину ошибки. В результате рас-

ход, определенный по насадкам, отличается от фактического не менее чем на ± 10 %. В этих пределах определяются и сами потери.

Есть и четвертый недостаток, присущий методу дождемеров при определении испарения в воздухе в период работы дождевальных машин типа (ДДА=100МА, "Кубань, "Сигма" и т.п.). В этом случае, при стопстартном движении часть ферм движется, часть стоит на месте. Поэтому в дождемеры может попасть воды даже больше, чем при движении ферм со средней скоростью, и определяемый расход может получиться больше паспортного расхода машины. То же самое можно наблюдать и при движении консолей машины ДДА=100МА. Консоль машины во время опыта движется неравномерно и при корректировке курса трактора могут происходить наложения слоя. Но особенно проявляется ошибка измерения при определении расхода воды дальнеструйных машин с факелом дождя, перемещающимся по сектору. В этом случае вследствие поступательного и вращательного движения факела в один ряд банок может попасть количество воды, существенно отличающееся от другого ряда, а точность замеров будет определяться тем, по какому ряду мы определили расход. Так, в опытах В.К.Севрюгина, Литвинова В.И. /72/ эти расхождения были до 60% и выше. Анализируя в целом метод дождемеров, отметим, что для определения величины испарения капель дождя в воздухе он не пригоден, поскольку слишком велики погрешности определения величин, участвующих в расчете испарения, которое производится по формуле (I.3).

Метод улавливания капель в бассейн, в который падал дождь от учетной насадки, представлял собой площадку размером 12 х 12 м. Площадка была заглублена на 10-15 см, покрывалась полиэтиленовой пленкой и заливалась тонким слоем воды (2-13 см). Уровень воды до и после опыта измерялся шпиценмасштабом с точностью до 0,1 мм" По этим замерам определялся объем воды, поступивший в бассейн. Зная объем воды, поступивший в бассейн от насадки, определялась разница объемов, по которой судили о величине потерь.

Объем воды, испарившийся с поверхности бассейна, во время опыта, как пишет Мансуров М.С., не учитывался, так как поверхность бассейна была накрыта факелом дождя, внутри которого влажность была предельной.

Спрашивается, почему тогда капли дождя в факеле должны были испаряться ? Этот вопрос оставлен Мансуровым М.С. без ответа.

Мансуров М.С. установил, что метод бассейна дает результаты, близкие к методу дождемеров, хотя сами опыты усложняются, так как надо строить бассейны. То есть даже автор метода не рекомендует его использовать. Нам остается присоединиться к его мнению.

2.4. Весовой метод

Весовой метод в отличие от объемного метода измерения воды в дождемерах более точен, поскольку при определении слоя осадков вода из дождемеров не переливается в мерный сосуд, а дождемер взвешивается вместе с водой. Поэтому теряющаяся при переливании вода в виде отдельных капель и в виде слоя, задерживаемого на поверхности дождемера, учитывается, и результаты дают более низкие показатели. Однако и этот метод не исключает испарения с поверхности дождемера. Так, в опытах Севрюгина В.К., Тлеукулова А.Т. определялся объем воды, оседаемый на стенках дождемера в виде почвенного бюкса. Он оказался равным 0,12 мм при площади смачивания 98 см^2. На дождемере в виде стеклянной банки может задержаться до 0,4 мм. Если выпавший слой осадков равен 2 мм, то ошибка опыта составит 20%. Естественно, что при такой точности замеров судить о величине испарения в воздухе весьма трудно. Можно, правда, возразить, заметив совершенно справедливо, что в мерной мензурке тоже остается какой-то слой воды, поэтому потери в дождемере компенсируются. Да, это так, но только в том случае, если поверхность мензурки равна поверхности дождемера и при переливании ни одной капля не упадет на землю.

В практике же мы, как правило, имеем поверхность дождемеров большую, чем поверхность мерной мензурки, поэтому ошибка всегда есть. Кроме того, при определении суммарного слоя осадков, когда при прерывистом дождевании результаты замеров по отдельным проходам машины складываются, суммируется и ошибка.

С целью избежания ошибок, присущих методу дождемеров, В.К. Севрюгиным и А.Т.Тлеукуловым были проведены опыты по определению испарения с отдельно падающей капли./74/ В опыте вода через капельницу с заданной частотой и диаметром капель пролетала двухметровое расстояние в воздухе и попадала в узкое отверстие горловины воронки приемного сосуда. Вся система находилась на весах, поэтому через определенное время определялись потери с поверхности падающей капли. Они составили 0,1 - 0,5 %, то есть в среднем 0,3%. Эти опыты еще раз показали, что испарением капель дождя в воздухе можно пренебречь.

2.5. Метод разницы концентрации солей

Метод этот предложен И.Д.Федоренко (1938). При этом воду, поступающую в машину, требуется подсолить до определенной концентрации (C/W_1) г/литр. Поверхности почвы достигает только определенная часть воды $W_2 - W_1$, поэтому концентрация воды возрастает до (C/W_2). Если начальную концентрацию обозначить через (η), а конечную через (λ), то потери воды на исправление в воздухе определяется по формуле:

$$\sigma = 100\left(1 - \frac{\eta}{\eta}\right), \%$$

Нетрудно заметить, что этому методу присущи все недостатки метода дождемеров, поскольку вода улавливается ими. Кроме того, приготовить раствор строго заданной концентрации весьма сложно и возникает дополнительная ошибка, связанная с вариацией концентрации воды в исходном растворе. При описанном методе требуется большое количество соли. Наконец, испарение с поверхности солевого раствора меньше, чем с поверхности чистой воды, и эта разница зависит от концентрации. По данным Оболенского В.Н. /53/, при концентрации солей в воде 2,7% испарение уменьшается на 3-7% по сравнению с чистой водой. Одним словом, метод концентрации солей не позволяет с требуемой точностью определить испарение с поверхности падающих капель.

К разновидности этого метода относится метод измерения концентрации солевого остатка йона NaCl. Достоинство этого метода в том, что не надо готовить солевой раствор. Йон NaCl содержится в любой воде. Трудности же состоят в том, что определение концентрации NaCl можно произвести только на пламенном фотометре, который в полевых условиях, как правило, отсутствует. Одиночные же опыты с образцами воды, доставленными в лабораторию и взятыми сразу по выходе из насадки и слитые с дождемеров, не дают требуемой точности и, как видим, вода, слитая с дождемеров, имеет совсем не ту концентрацию, которая была в момент ее падения в дождемер. Тем не менее опыты этой серии обычно дают заниженные значения испарения в сравнении с классическим методом дождемеров, а причина кроется в том, что продолжительность замера в этом случае обычно невелика, так как проба выпавшей на поле воды берется, как правило, по одному дождемеру.

2.6. Метод радиоактивных индикаторов

Метод радиоактивных индикаторов предложил З.И.Метельский, и он описан в работе Назарова М.И. /51/. При этом методе в воду вводится радиоактивный индикатор, а вода, выпавшая на землю, по-прежнему измеряется дождемерами. Опыты М.К.Мустафаевой, проведенные этим методом при относительной влажности окружающего воздуха в 100% и температуре воздуха 10°С, обнаружить потери не позволили. Их не было, что подтверждает факт отсутствия испарения при 100% относительной влажности. Недостаток этого метода связан с радиоактивностью, вредно воздействующей на человека и окружающую среду. Более того, все те же дождемеры фигурируют в опыте, а, следовательно, избежать ошибки по-прежнему не удается. Слишком большая разница между периодом падения и замера по-прежнему сохраняется.

2.7. Метод водного баланса

Отметим сразу: для определения величины испарения капель дождя в воздухе этим методом практически никто не пользуется. Во-первых, он трудоемок, поскольку перед опытом требуется определить влажность почвы в определенном слое путем бурения. Затем определить влажность после полива, все тем же методом. По разнице запасов влаги в почве до и после опыта определяются потери. Естественно, что даже в сравнении с методом дождемеров, метод водного баланса дает более высокие величины испарения, поскольку продолжительность опыта в этом случае еще более возрастает. Более того известно, что термостатно-весовой метод определения влажности почвы дает погрешность около 20%, а часто и выше. Поэтому методом водного баланса определять испарение капель в воздухе не имеет смысла. Этим методом пользуются обычно лишь при определении суммарного водопотребления культуры.

2.8. Методы определения величины испарения на ветровой снос

Величину испарения на ветровой снос в настоящее время определяют исключительно расчетными методами, поскольку экспериментальных методов пока нет.

Один из расчетных методов, предложенный В.К.Севрюгиным, описан в разделе 1.6 данной работы, где определено, что снос ветром факела дождя машины ДДА-100МА менее 1%.

Иные расчеты делает Мансуров М.С. Суть его расчета сводится к следующему: сначала он определяет скорость падения капли по формуле В.Шмидта. Затем по формуле Е.Г.Зака определяет продолжительность испарения тех же капель. Задавшись высотой падения капли от 3 до 10 метров, он определяет затем дальность уноса водяных капель, а по дальности уноса - время нахождения в воздухе. Те капли, для которых время падения больше времени испарения, считаются не долетевшими до земли. Подсчитав таким образом количество испарившихся капель, он определяет процент ветрового сноса. Механизм подсчета объема испарившейся воды в работе Мансурова М.С. не раскрыт, поэтому судить о достоверности результатов сложно, но по его данным выходит, что потери на снос ветром составляют 7-10%. При этом в качестве дефицита влажности в расчетную формулу подставляется дефицит влажности окружающего воздуха, а не дефицит в факеле дождя. С учетом этой ошибки можно смело снизить результаты расчета на целый порядок.

2.3. Разновидности методов определения величины задержания воды листьями растений

Существует по меньшей мере 5 разновидностей метода определения величины задержания воды листьями растений :

1. При первом методе срезают листья растений, взвешивают, затем опускают в воду, вынимают из воды, встряхивают и снова взвешивают. По величине приращения веса листа определяют (%) задержания.

Естественно, что при этом методе не учитывается удержание воды на стеблях растений.

2. При втором методе срезают растение или ветку от растения. Также взвешивают ее, затем опускают в воду и снова взвешивают. При этом методе получают уже результаты, отличные от первого метода и более достоверные. Но и здесь механизм смачивания растения существенно отличается от механизма смачивания в природных условиях дождем.

3. При третьем методе растения не срезают, а устанавливают дождемеры над растением и под растением. Именно этим методом выполнено основное количество исследований, описанных в литературных источниках. О недостатках его мы уже частично говорили, в частности, этот метод дает погрешность на величину испарения. При этом надо иметь в виду, что дождемеры под растениями испаряют обычно

меньше, чем над растениями. Но в дождемеры под растениями не попадает стекающая вода, не учитывается и вода, впитавшаяся листьями растений. Более того, не учитывается и влияние места установки дождемера под растением (на каком расстоянии от стебля стоит дождемер). Не учитывается во всех случаях и продолжительность опыта, а она, как было уже отмечено нами выше, существенно влияет на результаты эксперимента.

4. При четвертом методе поверхность почвы под растением покрывают парафином или водонепроницаемой пленкой, создаваемой в результате напыления на почву латекса (непластифицированная поливинилацетатная эмульсия). По разнице вылитого слоя над растениями и выпавшего на поверхность почвы слоя осадков определяют процент задержания воды растениями. Метод по замыслу хорош. Однако, и он не учитывает различий в испарении над и под растениями. Более того, при стекании воды с непроницаемой пленки в приемный дождемер, часть ее задерживается на пленке и величину этой части воды трудно рассчитать. Но самое сложное, что присуще описанному методу,- это покрытие почвы пленкой. Проверить герметичность пленки трудно и на поверхности всегда есть неровности, в которых удерживается часть воды.

5. При пятом способе опять срезают кусты растений и помещают их в цилиндр (сосуд, частично наполненный водой). Слой воды в цилиндре после погружения туда куста растения точно определяется по рискам, нанесенным на стенку сосуда. Затем цилиндр помещают в факел дождя. Определяют слой, вылитый над цилиндром, и слой, проникший на водную поверхность цилиндра. По разнице определяют величину осевшего на растении слоя осадков. Недостаток этого метода в основном обусловлен величиной испарения с водной поверхности цилиндра. Восходящий поток испаряющейся влаги оседает на охлажденных листьях растений, что вносит дополнительную ошибку в опыт.

Есть и другие методы, при которых устраняются определенные недостатки. Например, нами предложен метод с использованием труб с отверстиями через 10 см, в которые вставлены водосборные воронки. Трубы устанавливаются над растениями и под растениями. Они могут быть установлены вдоль грядок растений и поперек. Концы труб соединены с общим дождемером. Благодаря наличию воронок и стеканию воды по трубе в закрытый сосуд, устраняются частично потери на испарение с поверхности дождемеров во время опыта. С помощью предложенного метода с трубчатыми дождемерами можно установить и

влияние проективности покрытия поверхности почвы листьями на величину осевшего слоя осадков. Этот метод использовался нами в экспериментах, но выявился и его недостаток. При сверлении отверстий в трубе трудно выставить воронки по одной линии. Линия эта завинчивается, а воронки наклоняются и не выдерживается перпендикулярность их поверхности полю. Поэтому, проделав ряд опытов, мы вернулись к методике, описанной в пунктах 1 - 3. То есть определяли величину осевшего слоя осадков на листьях как методом срезания листьев и кустов, так и методом дождемеров, расставляемых над и под растениями. Схему расстановки дождемеров при этом меняли с учетом выявления влияния искомого фактора.

Для полноты изложения отметим еще один (шестой) метод определения задержания воды на листовой поверхности. При этом методе после дождевания крупные капли собирают с листьев пипеткой или обтирают листья фильтровальной, хорошо впитывающей воду бумагой.

Иногда определяют не процент задержанной на листьях воды (ведь он зависит от поливной нормы), а просто слой осадков, налипший на листья. Для этого определяют величину листовой поверхности и, зная величину задержанного слоя, определяют величину слоя на листьях. Эта величина, как показали данные литературного обзора, колеблется от 0,02 до 0,15 мм /2/. Из тех же источников известно, что осевшая на листьях пленка воды испаряется уже через 10-20 мин., при этом интенсивность испарения, как пишет автор, составляет 2-3 мм/час. На самом же деле если разделить (0,02 - 0,15) на (10-20) мин, получим скорость, равную 0,45 - 0,12 мм/час. Ниже будет показано, что, по данным наших исследований, испарение за 10-20 мин. характерно для одиночного растения. Так, отдельный куст хлопчатника в наших опытах высыхал за 6-10 мин. На поле же высыхание листьев даже в самые жаркие месяцы (июль-август) продлевается до 50-80 мин. При этом резко снижается температура воздуха и повышается относительная влажность, которые способствуют снижению транспирации. Таким образом, оседающий на листьях растений слой осадков формирует микроклимат и является регулятором процесса водопотребления культуры. То есть осевшая на листьях вода не теряется бесполезно, как склонны считать многие исследователи, и в частности, Г.С.Кальянов /28/, который, суммируя отдельно взятые результаты экспериментов, делает вывод о том, что потери при дождевании за счет оседания осадков на листьях составляют более 7%, а общие потери - до 40%. На самом же деле величина потерь существенно ниже.

Остановимся теперь на методе определения величины потерь на испарение с листьев растений. Это аналитический метод, основанный на использовании экспериментальных данных по определению объема воды, оседающего на листьях (W), и времени полного обсыхания листьев после полива. Метод предложен Мансуровым М.С., который вывел следующую расчетную формулу:

$$\sigma_л = \left[W \left(\frac{m}{t \rho_{ср}} + 1 \right) : m^1 \right] \times 100, \qquad (2.1)$$

где W - объем воды, который может задержаться на листьях на площади в 1 га, м³/га;

m - поливная норма, мм;

$\rho_{ср}$ - средняя интенсивность дождя, мм/мин.;

t - время полного обсыхания растений, мин.;

m' - поливная норма, выраженная в м³/га.

Так, для кукурузы М.С.Мансуров получил W = 5,75 м³/га, t=40 мин., $\rho_{ср}$ = 0,35 мм/мин., m=50 мм, m'=500 м³/га, $\sigma_л$=5,3 %.

Недостаток этого метода состоит в том, что весь объем воды, осевший на листьях, Мансуров М.С. считает потерянным, хотя сам неоднократно утверждает, что значительная часть этой воды усваивается листьями растений (более 50 %), а испаряющаяся часть участвует в создании микроклимата и является составляющей водного баланса. Кроме того, в опытах использован все тот же метод дождемеров, который не позволяет определить фактический слой воды, осевший на листьях.

В формуле Мансурова М.С. не учитывается, однако, тот факт, что значительная часть воды, якобы осевшая на листьях и не попавшая в дождемер, все же поступает в почву, стекая по стеблю и листьям.

Так, в опытах Виноградова В.В. /16/ описывается метод определения величины оседания слоя осадков на стеблях пшеницы с использованием почвенных дождемеров, засеянных культурой и не засеянных, расположенных среди растений. Виноградов В.В. обращает внимание на то, что при поливе дождем имеет место явление так называемой дождевой тени. То есть, если дождь падает на почву под углом (а в природе это частое явление), а дождемер стоит среди кустов растений, то часть осадков задерживается окружающими дождемер растениями. Тем самым как бы снижается приемная поверхность дождемера. Эта разница зависит от высоты окружающих дождемер растений, от угла падения капель, а также от густоты растений, окружающих дождемер, которая учитывается коэффициентом сомк-

нутости растений. Виноградов В.В. установил, что озимая пшеница в фазу молочно-восковой спелости может удержать максимум до I мм слоя осадков, что составляет 23% от общего количества. Величина осадков, стекающих по растениям, может достигать 67%. Позднее в наших опытах мы покажем (глава У), что на листьях хлопчатника может оседать весьма незначительное количество осадков, примерно на порядок ниже тех значений, которые были приведены в вышеописанных литературных источниках, которые в основе своей получены с использованием метода, когда величина осевшего слоя осадков определялась на разнице показаний дождемеров, стоящих над и под растением.

2.10. Методы определения суммарного водопотребления после полива дождеванием

После полива суммарное испарение политого поля определяют обычным методом, не зависящим от способа полива. Чаще всего пользуются аналитическими методами, среди которых наиболее известны /32/

I. Метод А.М.Шарова

$$E = L\Sigma t^{\circ} + 48, \qquad (2.2)$$

где Σt° - сумма среднесуточных температур;

В - число дней в вегетации ;

L - коэффициент расхода воды на $I^{\circ}C$ ($L = 2 м^3/га$);

2. Метод Г.К.Льгова

$$E = K_0 \Sigma t^{\circ}, \qquad (2.3)$$

где K_0 - коэффициент расхода воды (K_0=I,75 - I,95 $м^3/га$)

3. Метод А.М.Алпатьева

$$E = K_0 \Sigma D, \qquad (2.4)$$

где ΣD - сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха;

К - биологический коэффициент, мм/мб.

Среди экспериментальных наиболее распространен метод водного баланса

$$Д = E - O - W_г - (W_o - W_к), \qquad (2.5)$$

где Д - дефицит водопотребления, мм;

Е - суммарное водопотребление, мм;

О - впитавшиеся осадки, мм;

$W_г$ - влага, поступившая в расчетный слой из грунтовых вод, мм;

W_o - весенние запасы влаги, мм;

$W_к$ - запасы влаги на конец вегетации, мм.

Описанные методы широко известны и нет надобности останавливаться на их недостатках.

Остановимся на рассмотрении еще одного метода, описанного в диссертационных работах А.Т.Тлеукулова и Маада А.М. /44/. Этот метод предложен В.К.Севрюгиным и позволяет определить динамику снижения почвенных запасов влаги конкретного поля в зависимости от выдаваемых поливных норм и исходной предполивной влажности. Кривые снижения запасов влаги в почве определяются путем ежедневного взятия проб на влажность конкретного поля и культуры в течение вегетационного периода. Определяются уравнения вида

$$(\mathcal{E}+G)=(K\cdot K_G\cdot K_M):t^x, \qquad (2.6)$$

где $(\mathcal{E}+G)$ - скорость снижения почвенных запасов влаги с учетом притока грунтовых вод, мм/мин;

K - параметр, характеризующий форму степенной гиперболы;

K_G - коэффициент, учитывающий тип культуры ;

K_M - коэффициент, учитывающий период вегетации.

Кривые снижения запасов влаги строятся от даты полива с точки 100% НВ. По кривой можно определить время, когда влажность снизится до нижнего допустимого предела. Это будет дата следующего полива. Формы кривых во всех случаях будут зависеть от периода вегетации (коэффициент K_M), культуры (K_G) и исходной послеполивной влажности и поливной нормы. Чем выше была норма, тем больше время для снижения запасов влаги до НДП /78/.

2.II. Метод определения относительного испарения при прерывистом дождевании

При прерывистом дождевании в период пауз происходит испарение со смоченной поверхности. Величина испарения зависит от гидрометрологических и почвенных факторов, а относительная величина испарения-от интенсивности выпадения дождя /78/. Определив вес дождемера до полива, сразу после полива и после паузы перед началом следующего этапа полива, определяют скорость испарения в период паузы. Зная интенсивность дождя (ρ) и скорость испарения ($\mathcal{E}$), определяют относительное испарение ($G=\mathcal{E}/\rho$). Затем определяют логарифмы ρ и G и строят логарифмическую зависимость, которая имеет вид прямой. Затем определяют уравнение статистической связи между G и ρ в виде гиперболической зависимости

$$G=Д/\rho_в^n, \qquad (2.7)$$

где Д - параметр, характеризующий испарение ;

п - параметр, характеризующий кратизну гиперболы ;

$P_в$ - интенсивность водоподачи, мм/мин;

$$P_в = P \times Сп , \qquad (2.8)$$

где Р - интенсивность непрерывного дождя мм/мин;

$С_п$ - показатель прерывистого дождя .

Например, в опытах А.Т.Тлеукулова получено уравнение гиперболы для условий поймы р.Чирчик для августа месяца

$$б = 0,563/P_в^{1.42} \qquad (2.8)$$

Из формулы видно, что при интенсивности дождя I мм/мин и при отсутствии пауз (С=I), б =0,6%, но если есть паузы и величина их существенно больше времени полива, то испарение большое. Например, при С=0,05, относительное испарение с поля становится равным: - 4%.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы :

I. В литературных источниках различные структуры испарения воды при дождевании относят к потерям, тогда как на самом деле практически вся испаряющаяся вода участвует в формировании водно=воздушного режима окружающей среды и является составляющей водного баланса. Вся испаряющаяся вода участвует в формировании урожая культуры и бесследно никуда не теряется.

2. Сам термин "потери на испарение" не следует употреблять. Следует говорить: испарение во время падения капель, испарение с поверхности листьев, испарение с поверхности почвы и, наконец, суммарное водопотребление.

3. Все известные методы расчета величины испарения с поверхности дождевых капель основаны на определении гидрометрологических параметров. Замеры этих параметров требуют определенного времени, в течение которого измеряемые величины меняются, а получаемые замеры характеризуют средние значения и носят статистический характер. Так, при определении дефицита влажности вместо дефицита в факеле дождя подставляют значение дефицита окружающего факел дождя воздуха, что приводит к грубой ошибке.

4. Все экспериментальные методы в качестве неотъемлемого инструмента включают дождемер (водосборный сосуд). Величина испарения с этого дождемера практически никогда не учитывается, хотя существенно влияет на результаты замеров. Фактор влияния продолжительности эксперимента на величину испарения учитывается только в некоторых работах.

5. При определении суммарной величины "потерь" при дождевании суммируются ошибки экспериментов, не имеющих отношения к испарению.

6. Вопросы исследования испарения при дождевании требуют новых методических подходов и являются весьма актуальными.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИСПАРЕНИЯ ПРИ ПОЛИВЕ ХЛОПЧАТНИКА ДОЖДЕВАНИЕМ И ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОШИБКУ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЕГО ВЕЛИЧИНЫ

3.I. Исследование испарения воды с поверхности дождемеров, установленных на открытой площадке вне поля

На обочине поля, орошаемого дождеванием, устанавливались четыре дождемера не прикрытые и один дождемер, прикрытый воронкой. Дождемеры в виде стеклянных банок на одну четверть заполнялись водой и через некоторые отрезки времени в течение примерно суток (I466 мин) производились замеры испарившегося объема воды.

Результаты опытов показаны в табл.3.I. На рис.3.I. показана динамика уменьшения слоя осадков в дождемерах в течение суток по средней величине замеров (суммарная кривая испарения). На рис.3.2. показана динамика скорости испарения. Анализ рисунков показывает, что испарение с поверхности дождемера начинает активно проявлять себя после II часов утра, достигая максимума к I6 часам. Далее скорость испарения начинает падать и в ночные часы практически приближается к нулевой отметке. Опыты, выполненные в сентябре месяце, показали, что среднесуточная скорость испарения в условиях поймы р.Чирчик (совхоз им.5-ти летия УзССР) составила 0,25 мм/час или 6 мм/сут. Максимальное превышение в отклонении скоростей испарения от среднесуточной величины составило 3,2 раза и пришлось на период дневного времени от I4 до I8 часов. Минимальное отклонение отличалось от среднего значения в I0 раз (коэффициент 0,I) и пришлось на время 0 - 6 час. В другие промежутки суточного времени значения коэффициентов отклонения показаны в табл.3.3. В табл.3.2 показаны среднесуточные скорости испарения с дождемера с условиях поймы р.Чирчик с учетом структуры испарения, характерного для Ташкентской области. Здесь в числителе показана скорость испарения в мм/час и в зна-

Определение скорости испарения с поверхности дождемера.

Табл. 3.1

Место, дата и время проведения опыта: (4...5).09.89 г. г-а Блет УзССР	Продолжительность испарения t			Испарившийся объем V, мл	Испарившийся слой, мм $h = \frac{10V}{S}$	Скорость испарения e		
	мин	час	сут			мм/мин	мм/час	мм/сут
$10^{00} - 12^{20}$	120	2	0,083	0	0	0	0	0
$12^{00} - 13^{20}$	60	1	0,042	2,5	0,6	0,01	0,6	14,4
$13^{20} - 18^{07}$	287	4,78	0,2	16,25	3,9	0,0136	0,81	19,6
$18^{07} - 19^{25}$	78	1,3	0,054	3,25	0,78	0,01	0,6	14,4
$19^{25} - 10^{46}$	921	15,35	0,64	3,25	0,78	0,0008	0,05	1,22
Средняя: $10^{20} - 10^{46}$	1466	24,43	1,02	25,25	6,04	0,004	0,25	5,9
$S_{дождемера} = 41,8$ см^2								

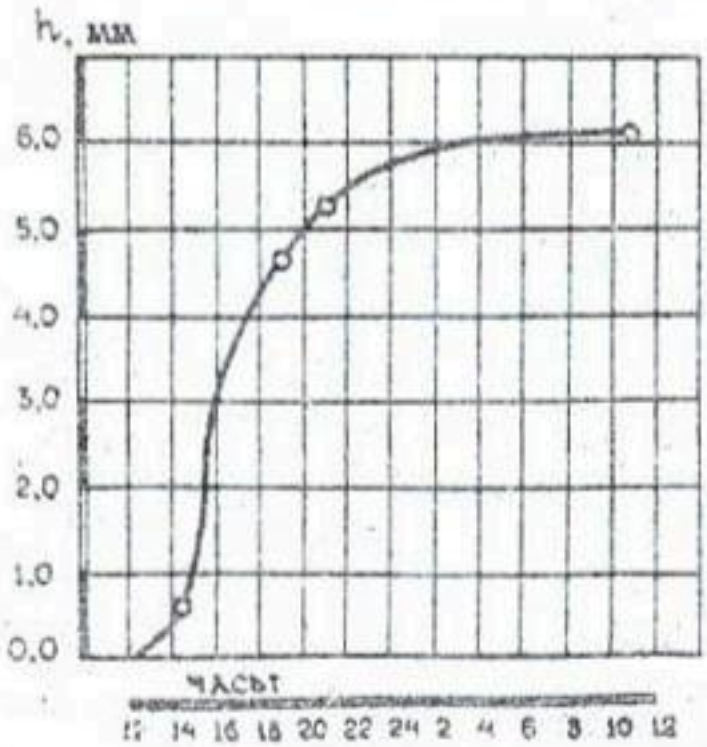


Рис. 3.1 Суммарная кривая испарения

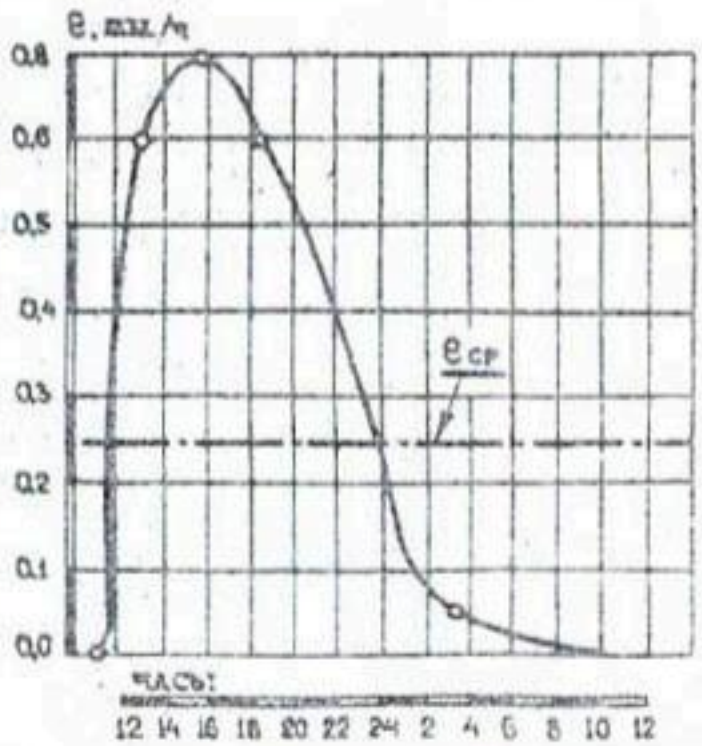


Рис. 3.2 Динамика скорости испарения

Среднесуточные значения скорости испарения с поверхности дождемера

Табл. 3.2

Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
e, мм/ч / мм/сут	0.1 / 2.4	0.2 / 4.8	0.25 / 6.0	0.3 / 7.2	0.32 / 7.7	0.25 / 6.0

Поправочный коэффициент на время суток

Табл. 3.3

Время, ч	0 ··· 6	6 ··· 10	10 ··· 14	14 ··· 18	18 ··· 22	22 ··· 0
K_c	0.1	0.4	2.4	3.2	2.2	1.3

менателе - в мм/сут. В других более засушливых условиях Среднеазиатского региона эти скорости могут быть выше.

С закрытого воронкой дождемера испарение будет ниже. В описанном опыте снижение объема воды в дождемере, прикрытом воронкой, мы не смогли замерить из-за малости этой величины, но оно все же было, и величину его нетрудно подсчитать. Если допустить, что испарение прямо пропорционально испаряющейся поверхности, то снижение скорости испарения должно было произойти пропорционально квадрату диаметров, то есть уменьшится на величину :

$$K_6 = Д_1^2/Д_2^2 = 108, \qquad (3.1)$$

где $Д_2$ - диаметр отверстия в воронке ($Д_2$= 0,7 см);
$Д_1$ - диаметр банки (7.3 см).

Тогда с учетом поправочного коэффициента скорость испарения с дождемера, прикрытого воронкой, будет в 108 раз меньше. Очевидно, поэтому нам и не удалось измерить столь малую величину. В опытах Мансурова М.С. отверстие в воронке было диаметром около 2 см. Поэтому коэффициент К был равен 13, то есть скорость испарения с дождемеров, прикрытых воронкой, была примерно на порядок ниже, что и подтверждено результатами его экспериментов. В открытых дождемерах скорость изменялась от 0,35 до 0,71 мм/ч, а в закрытых от 0,013 до 0,072 мм/ч.

Рассчитаем теперь ошибку опыта, которая неизбежно совершается при использовании нормативной методики (ОСТ 70.П.1-74).

Согласно этой методике при определении характеристик дождя (слоя осадков за проход, равномерности полива), на экспериментальном поле выбирается участок с длиной гона ($l_г$) не менее 50 м. На всю ширину захвата (Ш) по середине поля выставляются дождемеры в два ряда с расстоянием между дождемерами и рядами в 1 м. То есть при этом выставляется не менее 240 дождемеров. При стандартной скорости трактора ($V_{ср}$ 14 м/мин) делается 12 проходов (N) и выдается поливная норма (m), равная 600 м^3/га. Затем объем воды в дождемерах (стеклянных банках) измеряется мерным сосудом и рассчитывается слой осадков в банке

$$h = 10\ V/S\ , \qquad (3.2)$$

где V - объем воды в дождемере, мл ;
S - поверхность отверстия банки ;
(S =41,8 см^2).

По слою осадков строят эпюру распределения его по ширине захвата, определяют равномерность полива и расход воды машиной.

$$Q_{нт} = \Sigma P \times в^{o} \cdot V_{тр} \times h_{ср}, \qquad (3.3)$$

где $Q_{нт}$ - расход (нетто))машины, л/с ;

ΣP - количество расставленных в один ряд дождемеров ;

$в^{o}$ - расстояние между дождемерами, дм ;

$V_{тр}$ - скорость движения машины, дм/с;

$h_{ср}$ - средний слой осадков за проход, мм.

Зная паспортный расход машины ($Q_{бр}$), определяют величину потерь на испарение капель дождя в воздухе и ветровой снос по формуле :

$$б = \frac{Q_{бр} - Q_{нт}}{Q_{нт}} \; 100, \; \% \qquad (3.4)$$

Из приведенной формулы видно, что в этом случае не оценивается влияние продолжительности эксперимента на результаты опыта, хотя, как было показано выше, в течение опыта и в течение замера воды в дождемерах идет испарение, а следовательно, и снижение замеряемого слоя осадков. Подсчитаем, какова при этом может быть ошибка.

Покажем в табл.3.4 исходные и расчетные параметры опыта. Из табл.3.4 видно, что в процессе эксперимента, двигаясь со скоростью $\approx$ I4 м/мин, расстояние в 50 метров ($l_г$=50) трактор будет преодолевать в среднем за 3,6 мин ($t_{пр}$ = 3,6). При этом факел дождя машины ДДА=IOOMA шириною (b=I7 м) будет пройден за I,2 мин. ($t_ф$=I,2 мин.). Время полива (N=I2 проходов) составит : $t_п$=3,6 x I2 = 43 мин. Показатель прерывистости дождя ($C_п$) при этом будет равен $C_п = t_ф : t_{пр}$ = 0,34.

Для замера слоя осадков в 240 дождемерах потребуется от I20 до 240 минут (в среднем I5 - 30 сек на банку). Таким образом, общая продолжительность опыта ($t_Σ$) будет примерно (I60-280) мин. Если этот опыт проводить в условиях совхоза "5-летия УзССР", для которого в июле месяце в период с I4 до I8 час скорость испарения с поверхности дождемера будет равна (0,3 x 3,2 = 0,96 мм/час), то за время опыта испарится (0,96:60)x(I60 - 280) = (2,6 - 4,5) мм. Учитывая, что средний слой осадков при норме =600 м^3/га должен быть ($h_{ср}$= 60 мм), найдем, что за счет испа-

ТАБЛ. 3.4.

ПАРАМЕТРЫ ОПЫТА С МАШИНОЙ ДДА-100МА	
ИСХОДНЫЕ	РАСЧЕТНЫЕ
$\ell_г$ = 50 м	$t_{пр}$ = 3,6 мин
δ = 17 м	$t_ф$ = 1,2 мин
$v_{тр}$ = 14 м/мин	C = 0,34
m = 60 мм	$t_п$ = 43 мин
$h_{ср}$ = 5 мм/проx	$t_{зам}$ = (120 ... 240) мин
N = 12 проходов	$t_х$ = (160 ... 280) мин
$\sigma \approx (4,3 \cdots 7,5)\%$	

ившегося слоя потери составят 4,3 - 7,5 %. Естественно, что в опыте эти потери будут отнесены к потерям на испарение капель дождя в воздухе и на ветровой снос. На самом же деле, это потери с поверхности дождемера. Нетрудно показать, что по мере увеличения длины гона ($\ell_г$) показатель прерывистости дождя ($C_п$) будет снижаться, а потери расти. Будут они изменяться и при увеличении количества дождемеров, и при изменении погодных условий, и при изменении поливной нормы, и многих других факторов, которые совершенно не учитывает стандартная методика (ОСТ 70.П.I-74) и которая только способствует получению дезинформации. Покажем это на данных экспериментальных замеров.

3.2. Влияние продолжительности эксперимента на результаты определения величины испарения методом дождемеров

Опыты проводились в условиях совхоза "5-ти летия УзССР" на скошенной люцерне с дождевальной машиной "Кубань-М2". Расставлялись дождемеры вдоль машины в один ряд через 2 м, однако в ряду стояли спаренные банки, одна из которых была прикрыта воронкой, другая - нет.

Делался один проход машины над дождемерами, фиксировалось время начала и окончания опыта и измерялся слой осадков в дождемерах. По вышеописанной методике (ОСТ 70.П.I-74) определялись потери во время опыта. Поскольку вдоль крыла машины, под каждой из 7 ферм было расставлено по 26 пар дождемеров, прикрытых воронками и открытых, и поскольку под каждой фермой определялись потери воды в отдельности, то для 7 ферм было получено и 7 значений величины испарения. Продолжительность прохода ($t_{прох}$) над всеми банками для всех семи ферм была одинаковой (I5, 20, 30, 50) мин , но продолжительность опыта разная. Поскольку замеры велись в направлении от 7 фермы к первой, то в опыте № I (табл. 3.5) время испарения с поверхности седьмой фермы составило 30+5=35 мин , 6 фермы - 35+I0=45 мин , и т.д. То есть, на замер воды в дождемерах под каждой фермой тратилось 5-I0 мин.

В результате опыта определялся средний слой осадков по каждому из дождемеров. Величина испарения с поверхности открытого дождемера определялась по формуле :

$$\varepsilon = \frac{П_{зак} - П_{откр}}{П_{зак}} \times 100, \%, \qquad (3.5)$$

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОПЫТА НА ВЕЛИЧИНУ ИСПАРЕНИЯ

ТАБЛ. 3,5

ОПЫТ № 1 (ΣР = 26)																
ДАТА: 25.07.89 г.; ВРЕМЯ: 12^{45} - 13^{15}; МЕСТО: Совхоз 5 лет УзССР																
ФЕРМА	№ 7		№ 6		№ 5		№ 4		№ 3		№ 2		№ 1		Консоль	
ТИП ДОЖДЕМЕРА	С воронкой	Без воронки	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б
ПРАВОЕ КРЫЛО МАШИНЫ „КУБАНЬ - 2М"																
$h_{ср}$, мм	27.0	26.7	27.3	26.3	25.0	23.8	24.8	23.0	24.7	22.5	23.0	20.5	24.3	21.2	26.9	26.2
Δh, мм	0.3		1.0		1.2		1.8		2.2		2.5		3.1		2.7	
Время	13^{15} - 13^{20}		13^{20} - 13^{30}		13^{30} - 13^{40}		13^{40} - 13^{50}		13^{50} - 13^{55}		13^{55} - 14^{00}		14^{00} - 14^{05}		14^{05} - 14^{10}	
$t_п$, мин	30		30		30		30		30		30		30		30	
$t_х$, мин	35		45		55		65		70		75		80		85	
σ, %	1.1		3.7		4.6		7.2		8.9		10.9		12.8		9.3	
ω мм/ч	0.514		0.685		1.3		1.66		1.88		2.0		2.3		1.9	
ω мм/сут	12.3		16.45		31.4		39.8		45.26		48		55.8		45.7	
ОПЫТ № 2 (ΣР = 13)																
$h_{ср}$, мм	27.4	25.9	29.06	29.1	27.5	26.5	28.4	26.4	26.2	24.2	22.6	20.1	26.0	22.9	28.9	26.2
Δh, мм	1.5		0.04		1.0		8.0		2.5		2.5		3.1		2.7	
σ_2, %	5.5		-0.14		3.6		7.0		9.4		11.06		11.9		9.3	
$\Delta\sigma$	-4.4		3.84		1.2		0.2		-0.5		-0.16		0.9		0	
ОПЫТ № 3 (ΣР = 26)																
ДАТА: 9.08.89 г.; ВРЕМЯ: 12^{15} - 12^{35}; МЕСТО: „Совхоз 5 лет УзССР"																
$h_{ср}$, мм	27.8	27.3	27.1	25.6	21.4	19.8	26.2	24.3	21.6	20.0	22.2	20.5	22.4	19.3	25.5	23.5
Δh, мм	0.5		1.5		1.6		1.9		1.6		1.7		3.1		2.0	
Время	12^{35} - 12^{40}		12^{40} - 12^{45}		12^{45} - 12^{50}		12^{50} - 12^{55}		12^{55} - 13^{00}		13^{00} - 13^{05}		13^{05} - 13^{10}		13^{10} - 13^{15}	
$t_п$, мин	20		20		20		20		20		20		20		20	
$t_х$, мин	25		30		35		40		45		50		55		60	
σ, %	1.8		5.5		7.5		7.25		7.4		7.65		13.8		7.9	
ω мм/ч	1.2		3.0		2.7		2.85		2.1		2.0		3.4		2.0	
ω мм/сут	28.8		72		64.8		68.4		50.4		48		81.6		52.8	
ОПЫТ № 4 (ΣР = 13)																
$h_{ср}$, мм	31.8	32.2	24.9	23.5	18.6	16.75	26.9	25.1	25.2	23.5	22.4	20.4	28.1	19.7	25.5	23.5
Δh, мм	-0.4		1.5		1.85		1.8		1.7		2.0		2.4		2.0	
σ_2, %	-1.2		6.0		9.9		6.7		6.7		8.9		10.9		7.9	
$\Delta\sigma$	3		-1		-2.4		0.5		0.7		-1.25		2.9		0	
ОПЫТ № 5 (ΣР = 26)																
ДАТА: 17.08.89 г.; ВРЕМЯ: 11^{00} - 11^{55}; МЕСТО: „Совхоз 5 лет УзССР"																
$h_{ср}$, мм	21.7	21.8	23.2	22.9	25.5	24.0	23.3	22.7	20.3	19.3	20.2	18.9	20.2	19.5	15.0	15.85
Δh, мм	-0.1		0.3		0.9		0.6		1.0		1.3		0.7		1.15	
Время	11^{15} - 11^{20}		11^{20} - 11^{25}		11^{25} - 11^{30}		11^{30} - 11^{35}		11^{35} - 11^{40}		11^{40} - 11^{45}		11^{45} - 11^{50}		11^{50} - 11^{55}	
$t_п$, мин	15		15		15		15		15		15		15		15	
$t_х$, мин	20		25		30		35		40		45		50		55	
σ, %	-0.46		1.29		3.5		2.6		4.9		6.4		3.5		7.7	
ω мм/ч			0.72		1.8		1.0		1.5		1.73		0.84		1.25	
ω мм/сут			17.3		43.2		24		36		41.5		20.2		30.1	
ОПЫТ № 6 (ΣР = 13)																
$h_{ср}$, мм	22.5	22.4	22.4	22.1	27.6	26.9	26.2	25.4	22.1	21.4	21.7	20.7	22.3	21.4	15.0	16.25
Δh, мм	0.1		0.3		0.7		0.8		0.7		1.0		0.9		1.15	
σ_2, %	0.44		1.33		2.54		3.05		3.2		4.8		4.0		7.7	
$\Delta\sigma$	-0.9		-0.04		0.90		-0.45		1.7		1.8		-0.5		0	

Влияние продолжительности опыта на величину испарения

Табл. 3.6.

Опыт № 7 (ΣР = 26)

Дата: 9.08.89г.; Время 13^{00} - 14^{00}; Место: „Совхоз 5 лет УзССР"

Ферма	№ 8		№ 9		№ 10		№ 11		№ 12		№ 13		№ 14		Консоль	
Тип штрелки	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б
Левое крыло машины „Кубань-2М"																
$h_{ср}$, мм	21.8	21.1	31.5	29,0	29.6	28,0	26.3	24.4	25,4	23.1	25.4	23,2	24,0	21,4	22,1	20,1
Δh, мм	0,7		2,5		1,6		1,9		2,3		2,2		2,6		2,0	
Время	13^{20} - 13^{28}		13^{25} - 13^{30}		13^{30} - 13^{35}		13^{35} - 13^{40}		13^{40} - 13^{45}		13^{45} - 13^{50}		13^{50} - 13^{55}		13^{55} - 14^{00}	
$t_п$, мин	20		20		20		20		20		20		20		20	
$t_к$, мин	25		30		35		40		45		50		55		60	
Ф, %	3.2		7,9		5,4		7,2		9,0		8,7		10,8		9,0	
$E_п$, мм/ч	1.68		5,0		2,7		2,85		3,1		2,64		2,84		2,0	
$E_к$, мм/сут	40,3		12,0		65,8		68,4		73,6		63,4		68,1		48	

Опыт № 8 (ΣР = 26)

Дата: 25.07.89г.; Время 14^{15} - 15^{25}; Место: „Совхоз 5 лет УзССР"

$h_{ср}$, мм	27,7	25,0	27,2	27,0	24,9	23,1	23,8	21,6	25,1	22,3	25,5	22,7	25,1	21,7	30,7	27,7
Δh, мм	2,7		0,2		1,8		2,2		2,8		[illegible]		3,4		[illegible]	
Время	14^{45} - 14^{50}		14^{50} - 14^{55}		14^{55} - 15^{00}		15^{00} - 15^{05}		15^{05} - 15^{10}		15^{10} - 15^{15}		15^{15} - 15^{20}		15^{20} - 15^{25}	
$t_п$, мин	30		30		30		30		30		30		30		30	
$t_к$, мин	35		40		45		50		55		60		65		70	
Ф, %	9,7		0,7		7,2		9,2		11,1		11,0		13,5		9,8	
$E_п$, мм/ч	4,6		0,3		2,4		2,84		3,36		2,8		3,1		2,57	
$E_к$, мм/сут	111		7,2		57,6		68,4		80,6		67,2		75,3		61,7	

Опыт № 9

Дата: 16.07.89г.; Время 16^{10} - 17^{40}; Место: „Совхоз 5 лет УзССР"

Правое крыло машины „Кубань-2М"

Ферма	№ 7		№ 6		№ 5		№ 4		№ 3		№ 2		№ 1		Консоль	
$h_{ср}$, мм	53,7	52,0	55,8	52,6	54,7	51,9	52,5	49,0	53,6	52,0	53,8	50,4	53,2	51,3	57,3	52,7
Δh, мм	1,7		3,2		2,8		3,5		3,6		3,4		1,9		4,6	
Время	17^{00} - 17^{05}		17^{05} - 17^{10}		17^{10} - 17^{15}		17^{15} - 17^{20}		17^{20} - 17^{25}		17^{25} - 17^{30}		17^{30} - 17^{35}		17^{35} - 17^{40}	
$t_п$, мин	50		50		50		50		50		50		50		50	
$t_к$, мин	55		60		65		70		75		80		85		90	
Ф, %	3,2		5,7		5,1		6,7		6,5		6,3		3,6		8,0	
$E_п$, мм/ч	1,85		3,2		2,6		3,0		2,9		2,55		1,34		3,1	
$E_к$, мм/сут	44,5		76,8		62,0		72,0		69,1		61,2		32		73,6	

где $h_{откр}$ - средний слой осадков по дождемерам, не прикрытых воронкой ;

$h_{зак}$ - то же, прикрытых воронкой.

Скорость испарения определяли по формуле :

$$e_п = \frac{\Delta h}{t_\Sigma}, \qquad 3.6$$

где Δh - разница показаний дождемеров с воронкой и без воронки ;

t_Σ - продолжительность опыта, равная продолжительности полива, плюс продолжительность нахождения воды в дождемере до окончания замеров.

С целью выявления потерь, связанных с прилипанием воды на стенки дождемера, средний слой осадков сначала определялся по всем 26 парам дождемеров ($\Sigma P=26$), а затем по 13 парам ($\Sigma P=13$).

Сравнивая опыт № 1 и № 2, можно заметить, что средний слой как в открытых, так и закрытых дождемерах по 13 парам выше, чем по 26. Процент испарения, определенный по 26 парам дождемеров, был выше, чем по 13 парам (в среднем по 3 опытам) на 1,7%. То есть, разница в определенных процентах испарения существенно не изменилась. Тем не менее можно сказать, что в результате переливания воды из дождемера в мерный сосуд происходит дополнительная потеря воды. Эти потери в наших опытах колебались от 1,1 до 3,5 % и в среднем составили 1,7%. Если учесть, что средняя величина процента испарения в наших опытах была около 7%, то за счет прилипания накопилась ошибка в 24%.

Влияние продолжительности опыта (t_Σ) на величину испарения (σ,%) проявляется уже вполне наглядно, хотя связь носит статистический характер, о чем можно судить по полю корреляции (рис.3.3).

Для установления статистической связи и определения уравнения регрессии $\sigma = f(t_\Sigma)$ была составлена таблица (см.прил.П3.1).

Уравнение регрессии приняло вид :

$$\sigma = 0{,}146 t_\Sigma - 0{,}721 \qquad 3.7)$$

Подставляя значения (t_Σ) в уравнение (3.7), была получена теоретическая линия регрессии, которая была нанесена на поле корреляции (жирная линия на рис.3.3.).

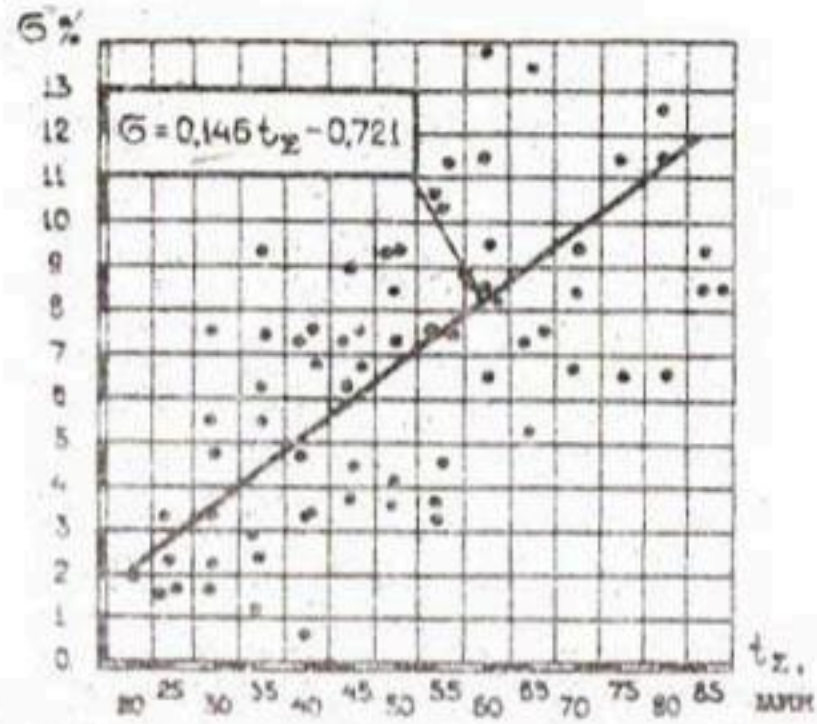


Рис.3.3 Влияние продолжительности опыта на величину испарения.

Анализ рисунка показывает, что при возрастании продолжительности эксперимента от 20 до 90 мин величина испарения определенная методом дождемеров) возрастает от 2 до 12%, т.е. почти на порядок. Однако стандартная методика (ОСТ 70.7.1-74) возможность подобной ошибки не предусматривает. Следовательно, для данных экспериментов она не пригодна и требует введения поправочных коэффициентов.

Отбросив потери, связанные с переливанием воды из дождемера в мерный сосуд, прирост которых для 13 пар дождемеров составил 1,7%, найдем, что потери при переливании воды составили 0,065% на один дождемер. По мере увеличения дождемеров ошибка будет расти. В наших опытах прирост потерь воды, связанных с переливанием 26 пар дождемеров, составил (0,065 x 52 = 3,4%).

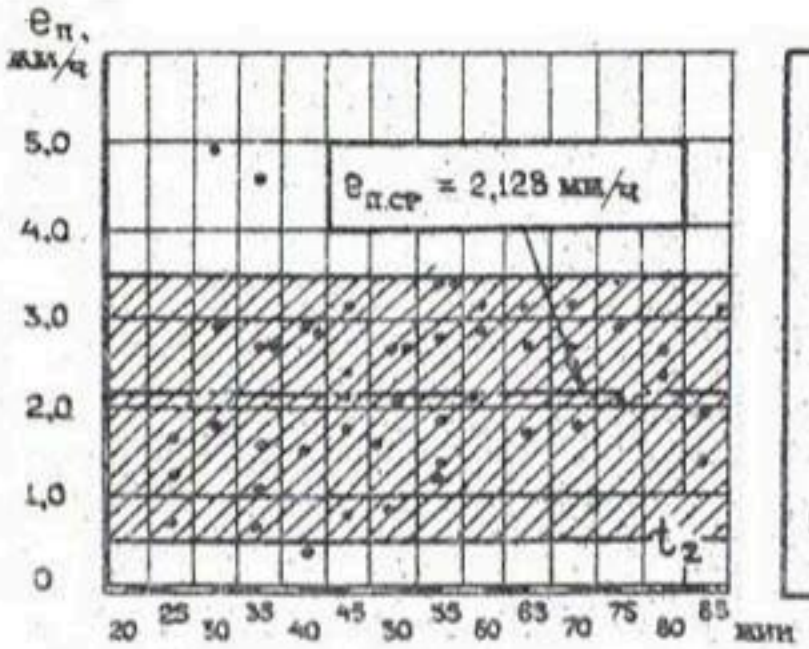
3.3. Исследование динамики скорости испарения

Анализируя опытные данные таблиц (3.5 и 3.6), построим (рис.3.4), характеризующий изменение скорости испарения ($e_п$) во времени. Из рисунка видно, что скорость испарения изменялась в интервале от 0,5 - 3,5 мм/ч. Однако, продолжительность опыта на изменении скорости испарения в явном виде не отразилась. То есть, в среднем скорость испарения в дневное время в августе при скорости ветра менее 3 м/с составила 2,128 мм/ч.

Более тщательный анализ (рис.3.5.) показал, что скорость испарения ($e_п$) со временем несколько увеличивалась. То есть, изменение скорости во времени имеет место, а скорость испарения не является постоянной величиной. Она зависит как от суточного хода температуры, так и от относительной влажности воздуха, окружающей дождемер. Полученная зависимость увеличения скорости со временем, с весьма низкой корреляционной связью говорит лишь о том, что в конкретной обстановке процесс имел такое направление. Если бы опыты проводились в большей степени во второй половине дня, то, возможно, мы получили бы обратную картину.

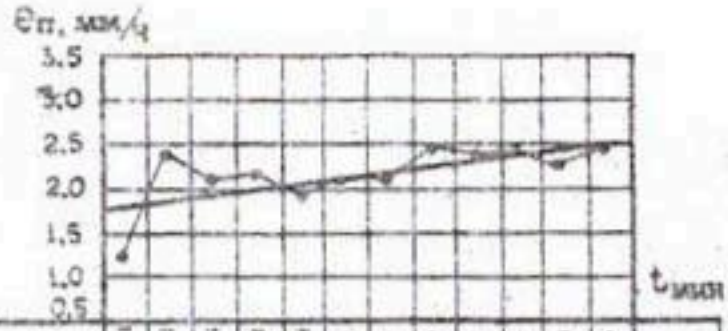
3.4. Расчет скорости испарения капель дождя в воздухе и на ветровой снос

Опыты, описанные в разделе 1.3., позволили определить скорость испарения воды с поверхности дождемера. С учетом того, что наши опыты проводились в конце июля - начале августа, среднесуточную скорость (табл.3.2) можно определить величиной :



1. Для июля - августа - $e_п$ = 0,31 мм/ч
2. Для времени (11^{00} - 17^{40}), - K_c = 3
3. Расчетная скорость испарения с поверхности дождемера равна: $e_п \cdot K_c$ = 0,31 · 3 = 0,93 мм/ч
4. Потери при переливании из дождемера в мензурку: 3,4 %
5. Скорость испарения капель дождя в воздухе: 2,128 · 0,966 = 2,055 мм/ч

Рис. 3,4 Изменение скорости испарения во времени.



y' \ x'		$\bar{5}$	$\bar{4}$	$\bar{3}$	$\bar{2}$	$\bar{1}$	0	1	2	3	4	5	6	m_y
		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
-3	0,75	2		1		1								4
-2	1.25			2	2	1	1	4						10
-1	1,75	2	2			1	2	1	1	2	1	1		13
0	2,25					3	1		2		1	1	3	11
+1	2,75		1	3	3		2	2	1	1	2	1	1	17
+2	3,25		1	1		1		2	1	1				7
m_x		4	4	7	5	7	6	9	5	4	4	3	4	62
$\Sigma m_x y'$		-8	-1	-2	-1	-4	-2	-3	2	1	1	0	1	
$\bar{y}'_x = \Sigma m_x y' : m_x$		-2	0,25	-0,285	-0,2	-0,57	-0,33	-0,33	0,4	0,25	0,25	0	0,25	
$\bar{y}_x = y_0 + \bar{y}'_x \cdot h_y$		1,25	2,375	2,1	2,15	1,965	2,085	2,085	2,45	2,375	2,375	2,25	2,375	

x'	m_x	$m_x x'$	$m_x y'$	$m_x x'^2$	$m_x x' y'$
-5	4	-20	-8	100	40
-4	4	-16	1	64	-4
-3	7	-21	-2	63	6
-2	5	-10	-1	20	2
-1	7	-7	-4	7	4
0	6	0	-2	0	0
1	9	9	-3	9	-3
2	5	10	2	20	4
3	4	12	1	36	3
4	4	16	1	64	4
5	3	15	0	75	0
6	4	24	1	144	6
Σ	62	12	14	602	62

$$62\beta' + 12\alpha' = -14$$
$$12\beta' + 602\alpha' = 62$$

$$\beta' + 0.193\alpha' = -0.226$$
$$\beta' + 50.17\alpha' = 5.17$$
$$-49.977\alpha' = -5.396$$
$$\alpha' = 0.107$$

$$62\beta' = -14 - 1.284$$
$$\beta' = -0.246$$

$$\frac{y - 2.25}{0.5} = \left(\frac{x - 50}{5}\right) 0.107 - 0.246$$

$$10y - 22.5 = 0.107x - 5.35 - 1.23$$
$$10y = 0.107x + 22.5 - 6.58$$

$$\boxed{y = 0.0107x + 1.59}$$

X	25	30
y	1,86	2,45

Рис.3.5 Установление статистической связи $\theta_п = f(t_п)$

e=0,31 мм/ч.

Поскольку опыты проводились днем, в период с 11^{00} до 17^{40}, поправочный коэффициент определим величиной: K_c=3. Тогда с учетом этого коэффициента, расчетная скорость испарения выпавшей воды в дождемер составит: 0,31 x 3 = 0,93 мм/час.

В опытах мы получили значение скорости $e_п$=2,128 мм/час. Если учесть, что полученное значение преувеличено за счет того, что к величине (Δh) добавлены потери воды на переливание в размере 3,4%, то фактическую скорость ($e_{п.ф}$) можно определить величиной

$$e_{п.ф} = e_п\ 0{,}966 = 2{,}055 \text{ мм/час}$$

Тогда скорость испарения капель дождя в воздухе (плюс ошибка на ветровой снос) составит :

$$e_в = e_{п.ф} - e = 2{,}055 - 0{,}93 = 1{,}125 \text{ мм/ч} \qquad (3.8)$$

(В других опытах с дождемерами, стоящими в поле, мы получали более низкое значение $e_п$. Поэтому к полученной цифре стоит отнестись как к ориентиру, полученному в конкретных условиях).

Поскольку для дождевальной машины "Кубань-М2" средняя интенсивность в факеле дождя составляет ($\rho_ф$ = 1,5 мм/мин), или 90 мм/час, то относительная величина испарения капель дождя в воздухе совместно с потерями на ветровой снос для конкретного опыта составит:

$$\varepsilon\% = \frac{e_в}{\rho_ф} \times 100,\% \qquad (3.9)$$

После подстановки значений ($e_в$) и ($\rho_ф$) получим ε% =1,25%. Для других месяцев вегетационного периода вычисленную величину относительного испарения для основных типов дождевальных машин, пригодных для использования в Средней Азии, покажем в табл.(3.7).

Анализ табл.(3.7) показывает, что среднесезонное относительное испарение капель дождя в воздухе и ветровой снос для большинства дождевальных машин, работающих в условиях поймы р.Чирчик, будет меньше 1%. Только для машин "Волжанка" и "Фрегат" относительное испарение может быть до 5%.

Если теперь с учетом структурных коэффициентов (табл.3.2) рассчитать суммарную скорость испарения капель дождя в воздухе и на ветровой снос, отталкиваясь от цифры 1,125 мм/час, полученной для июня - августа (K=0,31), то среднедневные значения скоростей испарения в воздухе и на ветровой снос для различных месяцев

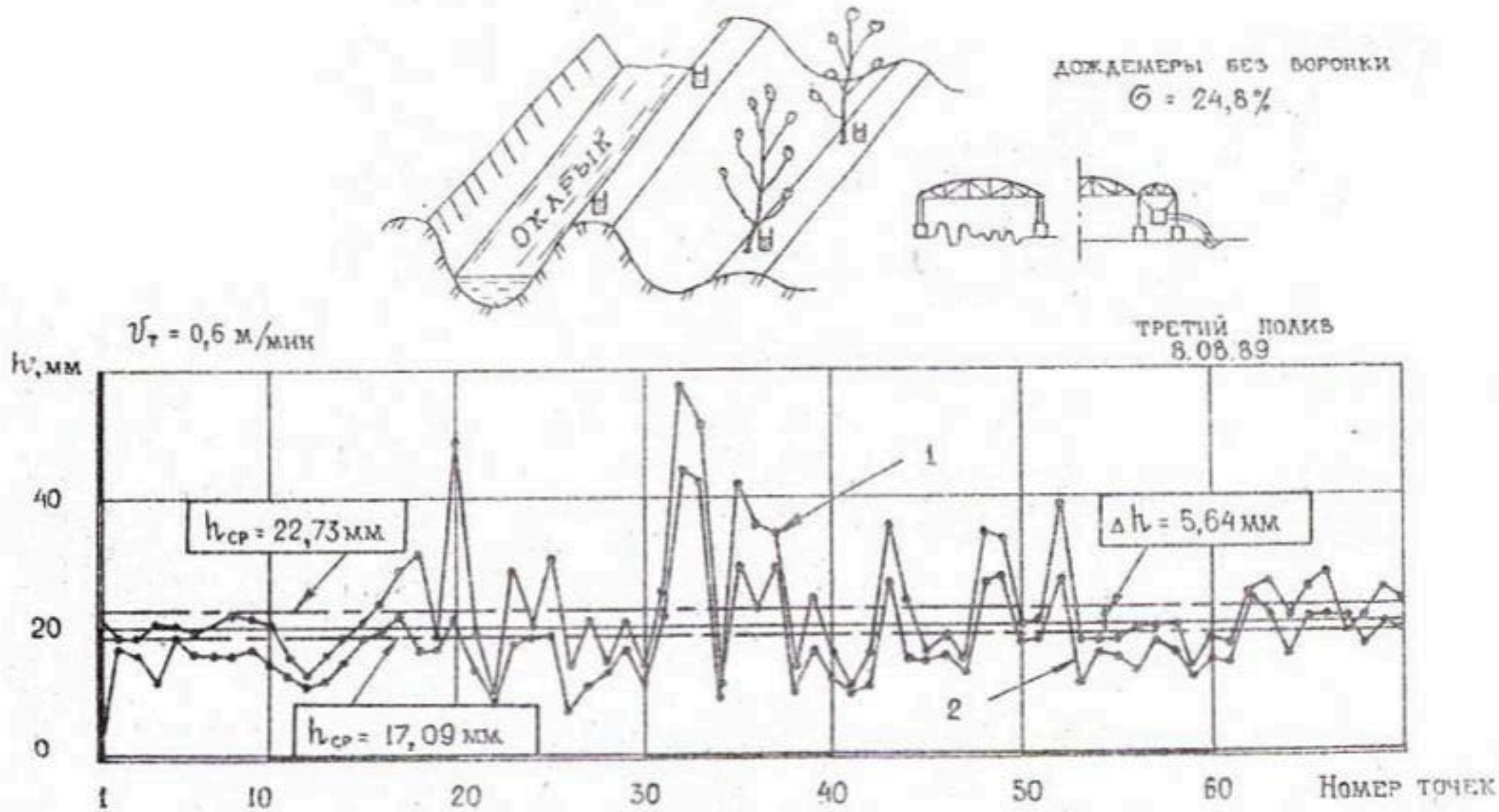


Рис.3.5.1 Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 6 по дождемерам, установленным над растениями (кривая 1) и под растениями (кривая 2)

(Вдоль движения машины, вдоль Окарыка)

покажем в нижней части табл.3.7. При этом среднесезонная дневная скорость составит 0,65 мм/час, а среднесуточная - 0,66 мм/час. Ниже (глава У) значения скоростей испарения будут уточнены.

3.5. Исследование величины оседания воды на листья хлопчатника методом дождемеров

Определение величины оседания воды при поливе хлопчатника дождевальной машиной "Кубань=М2" проводились в период 1989 - 1990 годов в совхозе "5-летия УзССР" Галабинского района Ташкентской области. Было проведено 5 серий опытов.

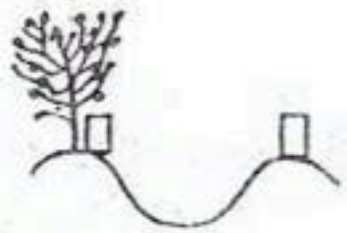
В первой серии опытов один ряд дождемеров устанавливался вдоль ряда хлопчатника (под кроной рядом со стеблем). Второй ряд дождемеров устанавливался параллельно первому на открытой местности (по гребню ок=арыка). Таким образом, на расстояния около 1 м были выставлены дождемеры как бы под кроной и над кроной.

Машина двигалась вдоль рядов от первого дождемера к последнему, поэтому весь ряд находился под факелом дождя одной интенсивности. Влияние неравномерности интенсивности по ширине захвата машины таким образом исключалось, и в оба ряда дождемеров выпадал дождь заданной интенсивности.

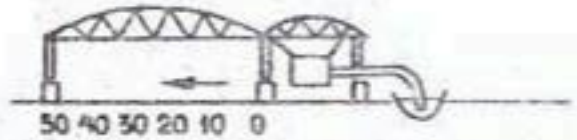
Один из опытов этой серии показан на рис.3.5 (результаты опыта приведены в табл.П 3.2). Опыт проведен в августе при максимально развитой поверхности листьев. Слой осадков, осевший на листьях при поливной норме ($h_{ср}$ = 22,73 мм), составил (h=5,64мм). Таким образом, на листьях осело около 24,8% В других опытах серии (прил.П 3.3 - П6) на листьях оседало соответственно 27,2 ; 25,7% от поливной нормы.

В опытах второй серии дождемеры устанавливались поперек поля. Один из опытов этой серии показан на рис.3.6; табл.П3.7 . Опыт проводился в конце июня, когда поверхность листьев не достигла своего максимального развития. Величина осевшего слоя осадков составила 14% от поливной нормы. В других опытах этой серии (Прил.П3.8 - П3.10) осевший слой осадков составил соответственно 25,5 ; 19,1; 17,5%

Опыты третьей серии проводились с передвижной дождевальной установкой типа ПДУ . Дождь выпадал непрерывно. Норма полива изменялась от 11 до 31 мм. Величина осевшего слоя осадков изменялась от 4 до 46%. Расположив опыты в порядке их проведения с первого по сороковой (рис.3.6.1 прил.П3.11), получили картину



Ферма № 7



Дата: 27.06.89
Дождемеры с воронками
$\sigma = 14,0\%$
первый полив
$V_{ср} = 0,3$ м/мин

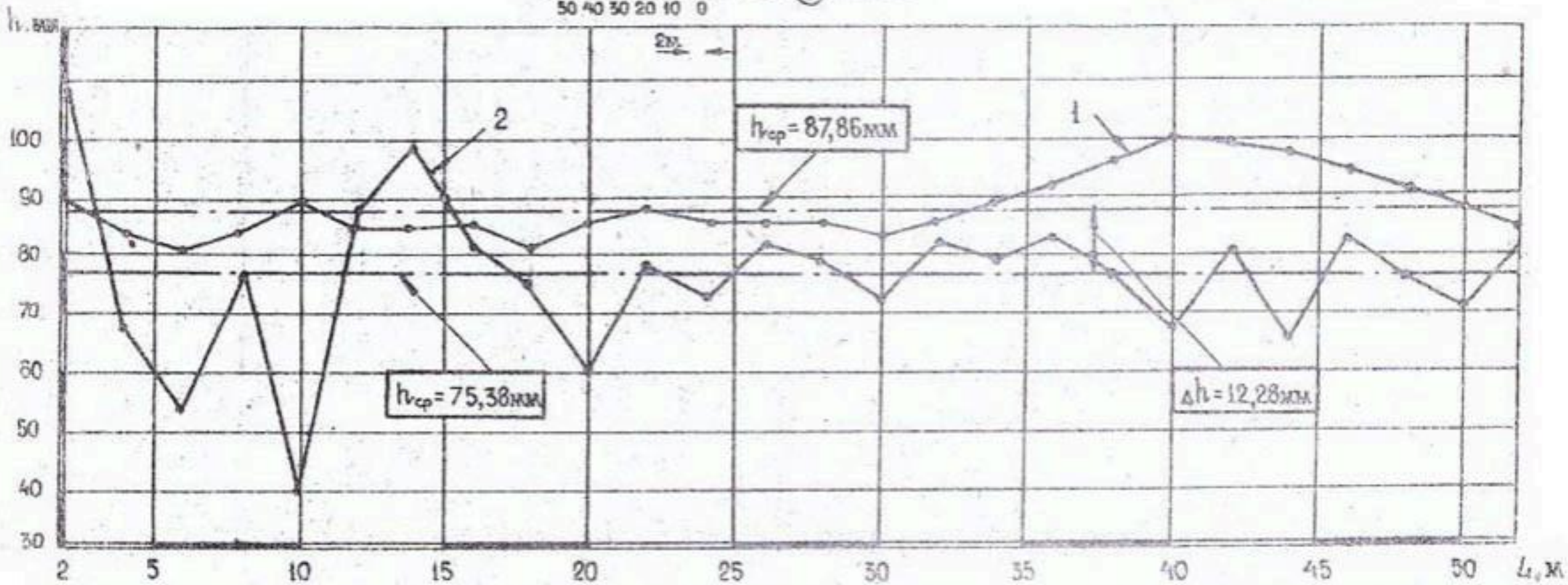


Рис. 3.6. Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 7 по дождемерам, установленным под растениями (кривая 2) и над растениями (кривая 1) (по ширине захвата)

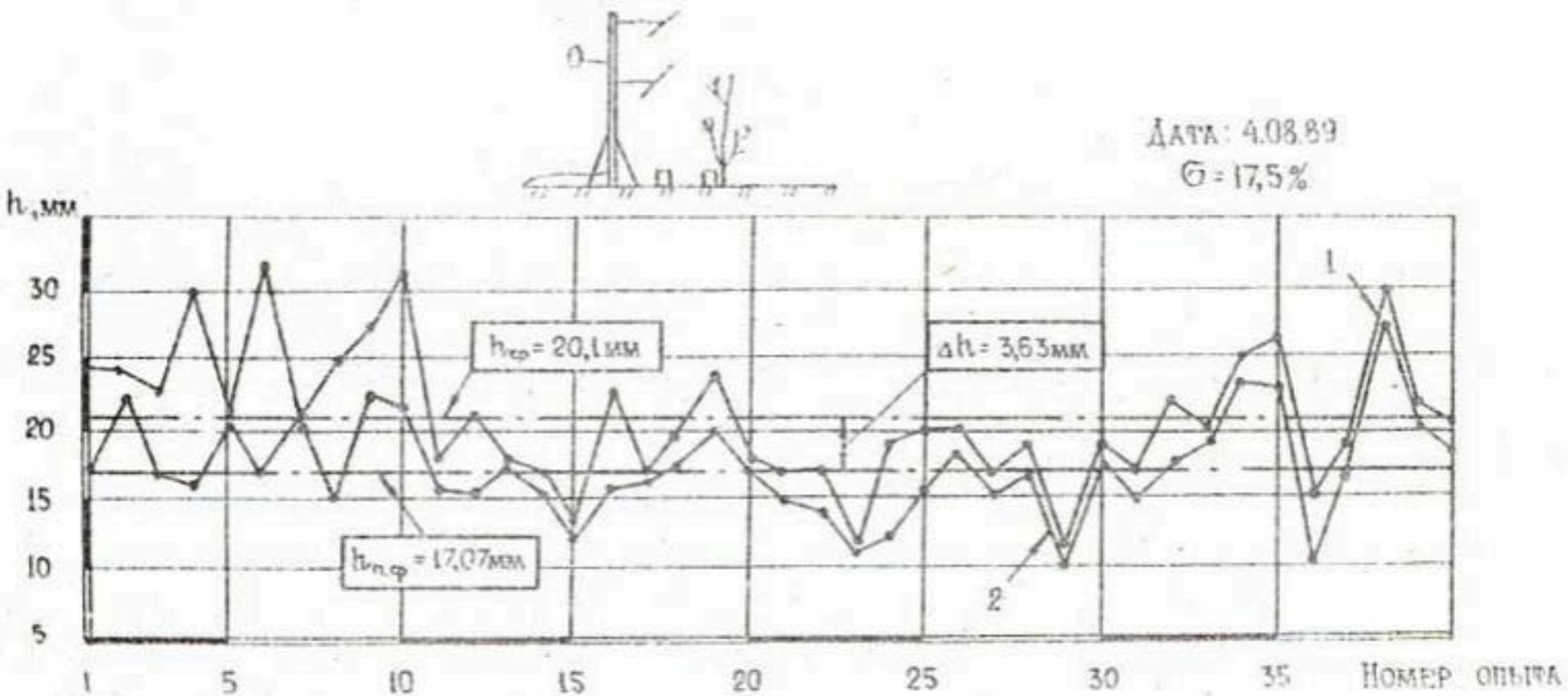


Рис 3.6.1. Распределение осадков по дождемерам, установленным под растениями (кривая 2) и над растениями (кривая 1) при поливе „ПДУ"

влияния поливной нормы на величину осевшего слоя осадков. В среднем по 40 опытам на листьях осело 17,5 %. Опыты проводились в начале августа.

В четвертой серии опытов дождемеры устанавливались, как и во второй серии, - поперек поля. Однако банки стояли вплотную друг к другу. Расстояние между центрами дождемеров было 12,5 см. Таким образом, все пространство поля (под кустами и между кустами) перекрывалось сплошным рядом дождемеров. После опыта получили не две, а одну волнообразную кривую, характеризующую распределение слоя осадков поперек поля (рис.3.7, П3.12). Здесь гребни кривой характеризовали максимальный слой осадков, выпавший между кустами хлопчатника, а впадины, - под кустами. Взяв по две точки с каждой стороны от гребня и впадины, была найдена средняя, характеризующая средний слой над и под растениями. Соединив эти точки (пунктирные линии), получили картину изменения среднего слоя осадков над и под растениями. Найдя по ним среднюю, получили значение поливной нормы ($h_{ср}$ = 20,7 мм) и значение слоя осадков под кустами ($h_{ср}$ = 15,13 мм). Величина осевшего слоя осадков составила (Δh =5,57 мм), или 26,9%. В других опытах этой серии были получены соответственно значения 23,3% (П3.13; П3.14), 24,7% (П3.15; П3.16), 24,55% (П3.17; П3.18), 30,0% (П3.19; П3.20), 29,9% (П3.21; П3.22), 24,7% (П3.23, П3.24).

Пятая серия опытов была проведена в 1990 г. с дождемерами, прикрытыми воронками. Один из опытов этой серии показан на рис. 3.8; П3.25). Другие опыты показаны в приложениях (П3.26 - П 3.27). Сводные данные по результатам всех серий опытов с разбивкой по месяцам показаны в табл.3.8, из которой отчетливо видно, что по мере развития хлопчатника (от июня к августу) величина осевшего слоя и процент задержания воды листьями увеличивается. После корреляции экспериментальных данных полученные уравнения прямых линий, изображающих влияние поливной нормы (h) на величину осевшего слоя осадков (Δh) показаны на рис.3.9. Для вывода уравнения регрессии были составлены табл.3.9; 3.10. Уравнения прямых линий определялись методами математической статистики по формулам /21/

$$y = a_0 + a_1 x,$$

$$a_0 = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

где

$$a_1 = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \qquad (3.11)$$

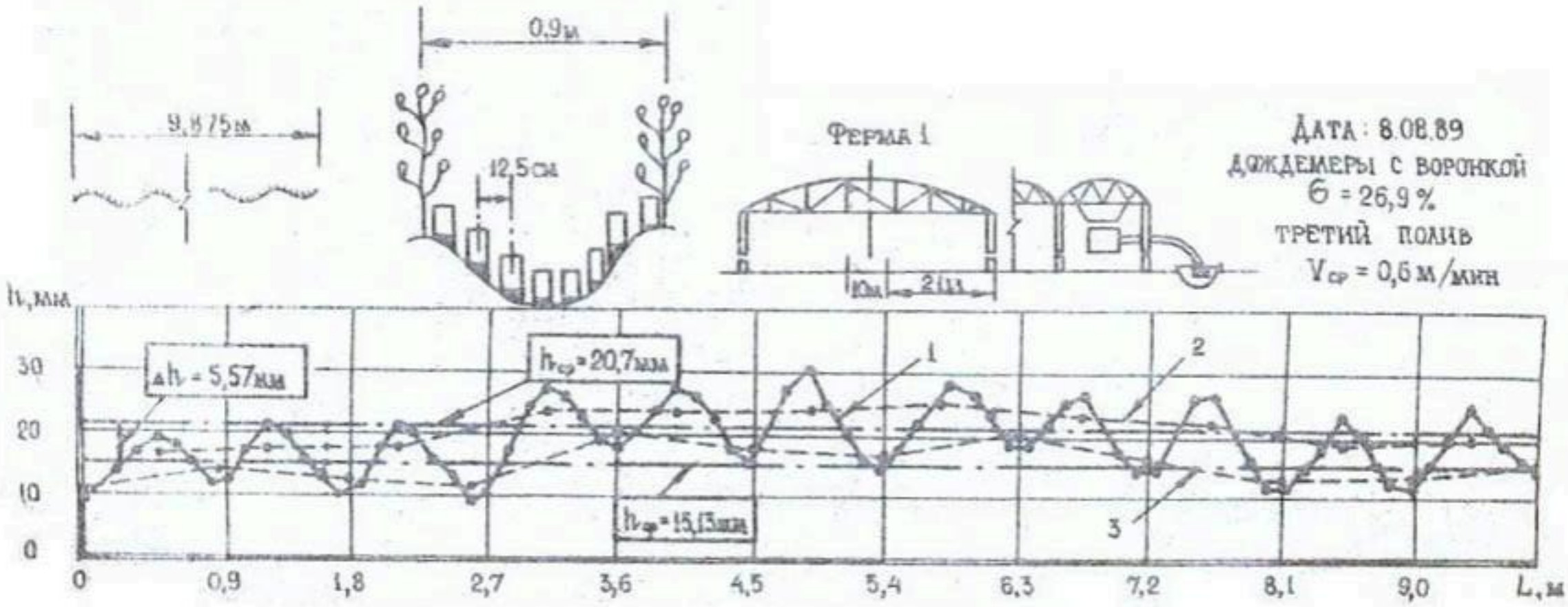


Рис.3.7 Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №1 по дождемерам, установленным через 12,5 см по длине 9,875 м (кривая 1), (кривая 2) и (кривая 3) средний слой осадков над и под растениями.

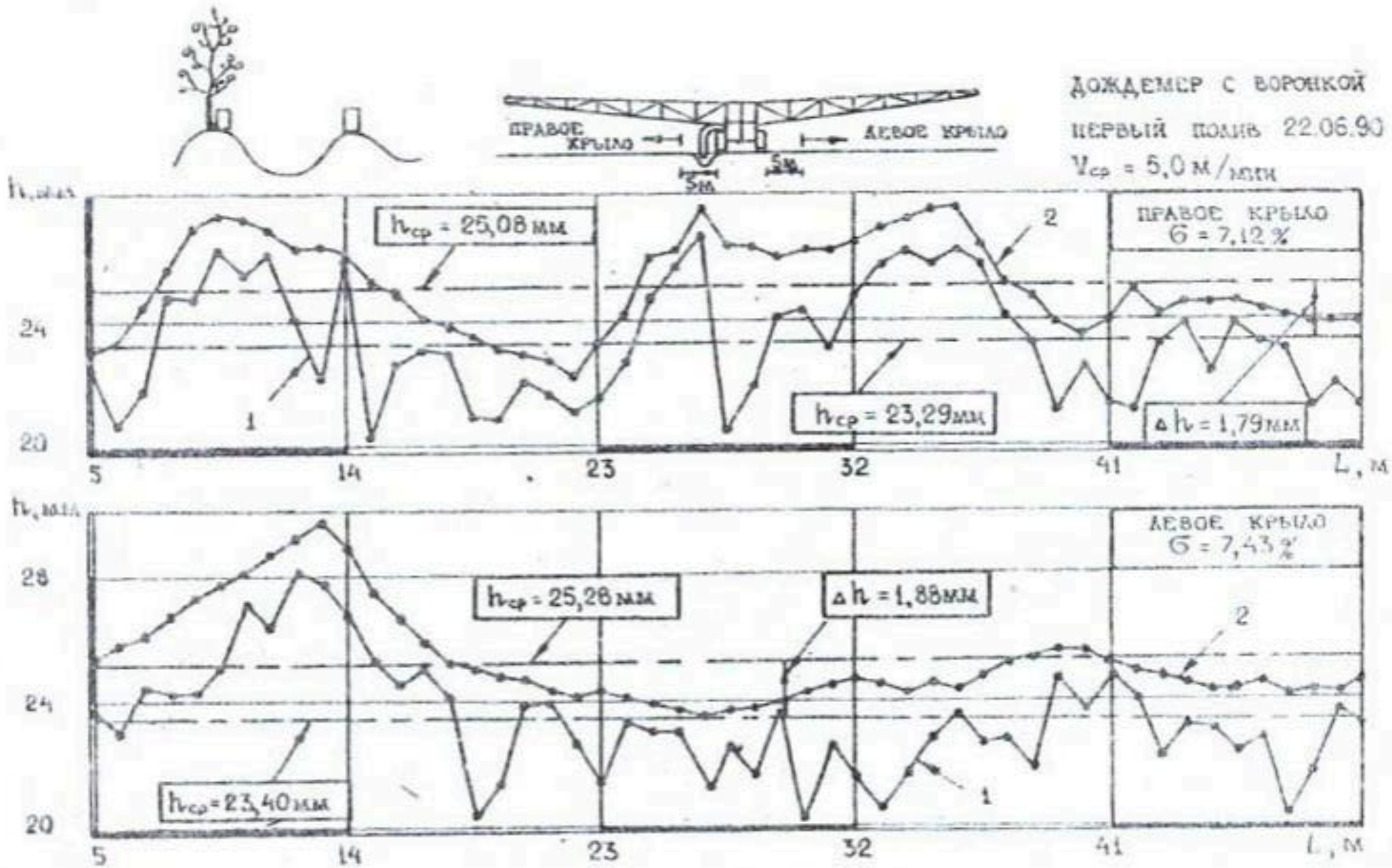


Рис.3.6 Распределение слоя осадков машины „ДДА-100МА" по дождемерам, установленным под растениями (кривая 1) и над растениями (кривая 2)

Табл. 37

Марка машины	$D_{ф.}$ мм/мин	Относительное испарение (ε %)							
		Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Средняя за сезон	
Кубань-2М	1,5	0,36	0,68	1,0	1,36	1,14	1,0	0,92	
ДДА-100МА	3,8	0,14	0,27	0,4	0,5	0,45	0,4	0,36	
ДДН-100	11,6	0,05	0,09	0,135	0,18	0,15	0,135	0,12	
ДФД-80	4,3	0,13	0,24	0,36	0,48	0,4	0,36	0,33	
Сигма (ПЗТ-75)	2,0	0,27	0,5	0,765	1,0	0,85	0,765	0,69	
Вожжанка	0,27	2,0	3,8	5,7	7,6	6,3	5,7	5,2	
Фрегат	0,3	1,8	3,4	5,1	6,8	5,7	5,1	4,6	
Средняя скорость испарения капель дождя в воздухе и ветровой снос в условиях р. Чирчик, мм/с		0,36	0,72	0,9	1,08	1,18	0,9	0,88	Дождь
		0,28	0,56	0,7	0,85	0,9	0,7	0,66	Средняя за сутки

ТАБЛ. 3.8

Сводные данные

	Дата	$h_ф$, мм	Δh, мм	б, %
	АВГУСТ			
Бучкина - 2М	2.08.90	22,77	4,15	18,23
	4.08.89	20,1	3,63	17,5
	8.08.89	22,73	5,64	24,8
	8.08.89	20,7	5,57	26,9
	8.08.89	24,33	5,93	24,4
	8.08.89	24,43	6,0	24,6
	13.08.89	10,24	2,63	25,7
	18.08.89	8,55	1,99	23,3
	18.08.89	7,37	1,82	24,7
	18.08.89	8,81	2,54	30,9
	29.08.89	12,47	3,93	29,9
	29.08.89	14,22	3,87	27,2
	ИЮЛЬ			
	2.07.90	38,28	3,84	10,0
	6.07.90	35,74	3,73	10,4
	19.07.89	52,23	13,86	25,5
	24.07.90	43,46	6,5	14,9
	25.07.89	14,84	2,83	19,1
	25.07.89	14,36	2,51	17,5
	ИЮНЬ			
	27.06.89	87,86	12,28	14
	18.06.90	9,16	0,8	8,8
ДДА-100МА	19.06.90	15,42	1,33	8,56
	19.06.90	15,73	1,73	8,65
	22.06.90	25,08	1,79	7,12
	22.06.90	25,28	1,88	7,43

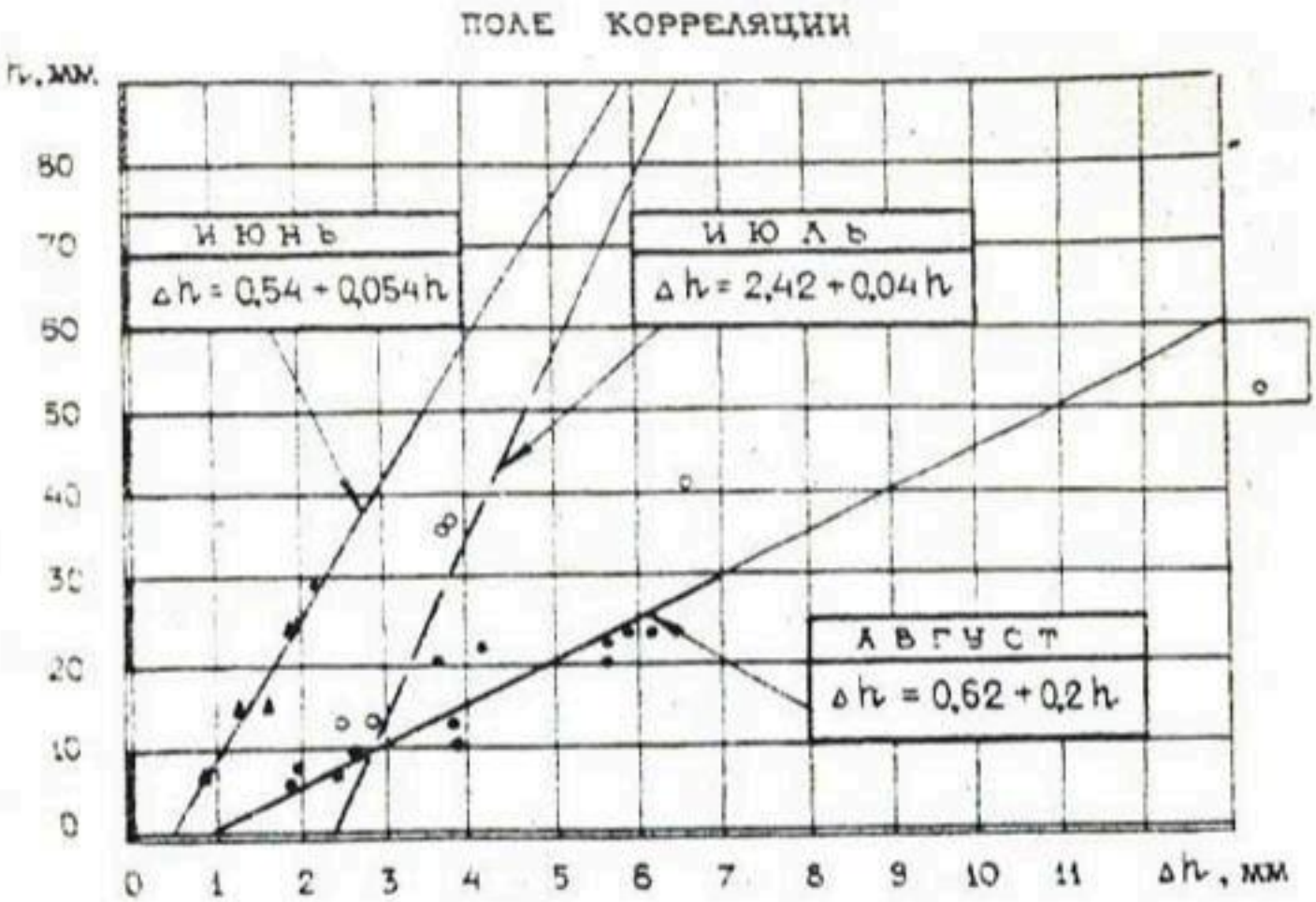


Рис. 3.9 Влияние поливной нормы и стадии развития хлопчатника на величину осевшего слоя осадков

ТАБЛ. 3,9

	X	У	X^2	$У^2$	X·У
№	h	Δh	$(h)^2$	$(Δh)^2$	h(Δh)
А В Г У С Т					
1	22,8	4,15	519,8	17,2	94,6
2	20,1	3,63	404	13,2	79,0
3	22,73	5,64	516,6	31,8	128,2
4	20,7	5,57	428,5	31,0	115,3
5	24,33	5,93	592	35,2	144,3
6	24,43	6,0	596,8	36	146,6
7	10,24	2,63	105	6,9	26,9
8	8,55	2,0	73,1	4	17,1
9	7,37	1,8	54,3	3,2	13,3
10	8,2	2,54	67,2	6,45	20,8
11	12,5	3,9	156,2	15,2	48,7
12	14,2	3,9	201,6	15,2	55,4
Σ	196,1	47,7	3715	215,3	884,2

ПРОДОЛЖЕНИЕ →

	X	У	X^2	$У^2$	XУ
И Ю Л Ь					
1	38,3	3,8	1466,9	14,4	145,5
2	35,7	3,7	1274,5	13,7	132,1
3	52,2	13,86	2724,8	192,1	723,5
4	43,46	6,5	1888,8	42,2	282,5
5	14,84	2,8	220,2	7,8	41,6
6	14,36	2,5	206,2	6,2	35,9
Σ	232,0	33,16	7781,4	276,4	1361
И Ю Н Ь					
1	87,86	12,3	7719,4	151,3	1080,7
2	9,16	0,8	83,9	0,06	7,3
3	15,4	1,33	237,2	1,8	20,5
4	15,7	1,73	246,5	3,0	27,2
5	25,1	1,8	630	3,24	45,2
6	25,3	1,9	640,1	3,6	48,1
Σ	178,5	19,9	9557	163	1229
ИЮЛЬ (УТОЧНЕННАЯ Σ)					
5	179,8	19,3	5056,8	84,3	837,5
ИЮНЬ (УТОЧНЕННАЯ Σ)					
5	90,54	7,6	1857,6	11,7	148,3

Табл. 3,10

Вывод уравнений регрессии к Рис. 3,6

Август

$$\Delta h = a_0 + a_1 h \qquad \boxed{\Delta h = 0{,}622 + 0{,}205\,h}$$

$$a_0 = \frac{(47{,}7)(3715) - (196{,}1)(884{,}2)}{12(3715) - (196{,}1)2} = \frac{177205{,}5 - 173391{,}6}{44580 - 38455{,}2} = \frac{3813{,}9}{6124{,}7} = 0{,}622$$

$$a_1 = \frac{12(884{,}2) - (196{,}1)(47{,}7)}{12(3715) - (196{,}1)2} = \frac{1256{,}4}{6124{,}7} = 0{,}205$$

Июль

$$\Delta h = a_0 + a_1 h \qquad \boxed{\Delta h = 2{,}417 + 0{,}04\,h}$$

$$a_0 = \frac{(19{,}3)(5056{,}6) - (179{,}8)(637{,}5)}{5(5056{,}6) - (179{,}8)2} = \frac{97592{,}4 - 114622{,}5}{25283 - 32328} = \frac{-17030}{-7045} = 2{,}417$$

$$a_1 = \frac{5(637{,}5) - (179{,}8)(19{,}3)}{5(5056{,}6) - (179{,}8)2} = \frac{3187{,}5 - 3470{,}1}{-7045} = \frac{-282{,}6}{-7045} = 0{,}04$$

Июнь

$$\Delta h = a_0 + a_1 h \qquad \boxed{\Delta h = 0{,}54 + 0{,}054\,h}$$

$$a_0 = \frac{(7{,}6)(1837{,}6) - (90{,}64)(148{,}3)}{5(1837{,}6) - (90{,}64)2} = \frac{13965{,}8 - 13442}{9188 - 8215{,}6} = \frac{523{,}9}{972{,}4} = 0{,}54$$

$$a_1 = \frac{5(148{,}3) - (90{,}64)(7{,}6)}{5(1837{,}6) - (90{,}64)2} = \frac{741{,}5 - 688{,}9}{9188 - 8215{,}6} = \frac{52{,}6}{972{,}4} = 0{,}054$$

(3.12)

y - осевший слой осадков ($y=\Delta h$, мм)

x - поливная норма ($x=h$, мм).

В результате обработки экспериментальных данных были получены уравнения :

- для августа :

$$\Delta h=0,62+0,2h \qquad (3.13)$$

- для июля

$$\Delta h=2,42+0,04\,h \qquad (3.14)$$

- для июня

$$\Delta h=0,54+0,054h \qquad (3.15)$$

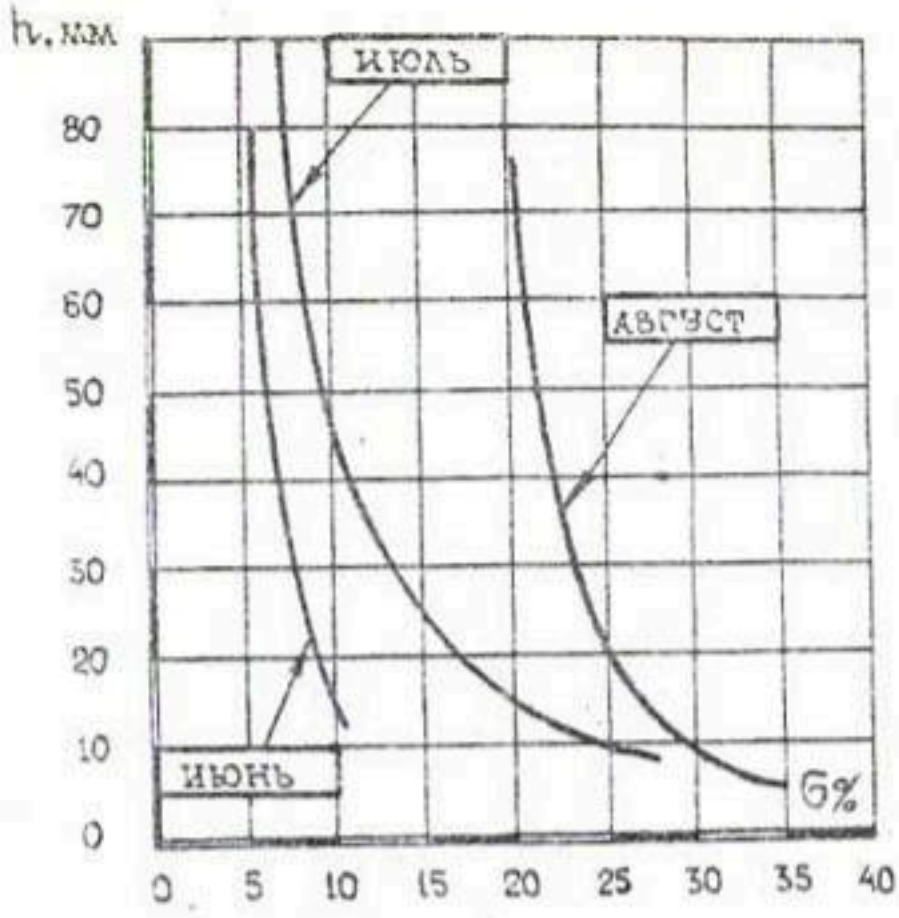
Как видим, на величину осевшего слоя осадков влияет поливная норма (h) и период развития хлопчатника. В среднем за вегетацию при поливной норме 60-70 мм на листьях оседает 11-14%.

Влияние поливной нормы на процент оседания воды на листьях показано на рис.3.10.

Из приведенных многочисленных опытов следует, что на листьях хлопчатника оседает значительное количество осадков (до 30%). До сих пор считалось, что вся осевшая на листьях вода испаряется после полива, не достигая почвы. Однако, это не так, и в последующих опытах мы покажем, что более 90% из якобы осевшей воды стекает на почву и лишь около 2% оседает на листьях и, испаряясь, переходит в воздушную влагу.

3.6. Влияние периода проведения опыта, места установки дождемеров и размера испаряющей поверхности дождемера на скорость испарения

В июне 1990 года был проведен опыт (табл.3.11) по определению скорости испарения с поверхности дождемеров, установленных под и между кустами хлопчатника в период между 13 и 18 часами. Во время опыта машина "Кубань-М2" двигалась вдоль рядов хлопчатника. Один ряд дождемеров был установлен в междурядьях, другой на гребнях под кустами. Дождемеры устанавливались вдоль машины так, что проходились одновременно. После прохода определялся слой осадков в дождемерах. Все дождемеры были прикрыты воронками. После первого замера воронки убирали и дальнейшее испарение шло с открытой поверхности дождемера. Таким образом, общий испарившийся слой воды был меньше на величину слоя, испа-



АВГУСТ		
	h, мм	G %
1	5	40
2	10	28
3	30	23,
4	50	21,6
5	70	20,7
ИЮЛЬ		
1	10	27
2	30	12,3
3	50	9,4
4	70	8
5	90	7,2
ИЮНЬ		
1	20	8,5
2	40	7,0
3	60	6,7
4	80	6,5

G %

Рис. 3.10 ВЛИЯНИЕ ПОЛИВНОЙ НОРМЫ И ФАЗЫ РАЗВИТИЯ ХЛОПЧАТНИКА НА ВЕЛИЧИНУ ЗАДЕРЖАНИЯ ВОДЫ ЛИСТЬЯМИ

Динамика испарения воды с дождемеров, установленных под и между кустами хлопчатника

Табл. 3.11

№ дождемера	Объем воды в дождемере, мм												Испарившийся объем воды, мм, через:									
	12:55 ч.		13:55 ч.		14:55 ч.		15:55 ч.		16:55 ч.		17:55 ч.		1 ч.		2 ч.		3 ч.		4 ч.		5 ч.	
	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под
1	7,95	6,48	7,74	6,38	7,54	6,18	7,32	5,95	6,9	5,54	6,69	5,34	0,21	0,12	0,41	0,3	0,63	0,53	1,05	0,94	1,26	1,14
2	6,06	5,65	5,91	5,56	5,85	5,26	5,65	4,99	5,02	4,73	4,6	4,53	0,15	0,09	0,21	0,38	0,41	0,66	1,04	0,92	1,46	1,12
3	8,78	5,02	8,68	4,92	8,58	4,82	8,16	4,51	7,95	4,27	7,53	4,01	0,1	0,1	0,2	0,2	0,62	0,51	0,83	0,75	1,25	1,01
4	8,16	6,69	7,95	6,58	7,27	6,38	7,06	6,27	6,73	6,06	6,02	5,86	0,21	0,11	0,89	0,31	1,1	0,42	1,43	0,63	2,14	0,83
5	8,78	7,31	8,68	7,19	8,58	6,93	8,16	6,71	7,53	6,51	7,11	6,25	0,1	0,12	0,2	0,32	0,62	0,6	1,25	0,8	1,67	1,06
6	9,2	8,91	8,99	8,78	8,89	8,58	8,36	8,37	7,93	8,15	7,53	7,95	0,21	0,13	0,31	0,33	0,84	0,54	1,27	0,76	1,67	0,96
7	9,83	9,59	9,41	9,47	8,99	9,29	8,78	8,99	7,95	8,78	7,74	8,57	0,42	0,12	0,84	0,3	1,05	0,6	1,88	0,81	2,09	1,02
8	8,16	6,27	7,95	6,17	7,85	6,06	7,74	5,85	6,9	5,59	6,48	5,33	0,21	0,1	0,31	0,21	0,42	0,41	1,26	0,68	1,68	0,94
9	8,99	9,83	8,88	9,7	8,73	9,42	8,26	9,15	7,73	8,91	7,32	8,78	0,11	0,13	0,26	0,41	0,73	0,68	1,26	0,92	1,67	1,05
10	8,57	8,2	8,41	8,11	8,34	7,95	8,0	7,62	7,31	7,58	6,9	7,37	0,16	0,09	0,23	0,25	0,57	0,58	1,26	0,63	1,67	0,83
18.06.90 г. с (12:55 ... 17:55) ч.													Сред.:									

ившегося во время опыта, а точнее на ту разницу, которая имеет место при испарении с открытого и закрытого воронкой дождемера.

После первого замера воду обратно сливали в дождемер, который ставили на прежнее место. Затем через час снова производили замеры и так в течение 6 часов. Затем определяли величину испарившегося слоя воды за I час, за 2 часа и т.д.

В табл.3.I2 показан слой осадков, испарившийся в равных интервалах (I час) в разное время (от I2.55 до I7.55 ч). Определена скорость испарения в интервалах и рассчитана средняя скорость для дождемеров, стоящих под кустами и между кустами хлопчатника. Динамика изменения скорости показана на рис.3.II, из которого следует, что максимальное испарение с поверхности обоих рядов дождемеров пришлось на интервал времени с I4.55 до I6.55 часов. При этом максимумы для дождемеров, стоящих между кустами и под кустами, сдвинулись на один час. Средняя за период опыта скорость испарения для дождемеров, стоящих между кустами, составила 0,33 мм/ч, а для дождемеров, стоящих под кустами, - 0,2 мм/ч.

Вторая серия опытов была выполнена в июле месяце, когда рост кустов хлопчатника был выше. Выше была и температура воздуха. Из табл.3.I3 - 3.I4 и рис.3.I2 следует, что в интервалах времени с II до I6 часов в июле скорость испарения была выше, чем в июне. Однако средние скорости получились более низкими. И это понятно, поскольку в июле скорость испарения определялась в течение суток, а в июне - только в дневные часы. Поэтому средняя скорость испарения в июле составила для дождемеров, стоящих между кустами, 0,I5 мм/час, а для дождемеров, стоящих под кустами, - 0,04 мм/час. Но в обоих случаях скорость испарения с дождемеров, стоящих под кустами, была меньше. Это свидетельствует о разном микроклимате поля хлопчатника. Под кустами дождемеры затенены, там ниже температура воздуха и потому ниже и скорость испарения. Между рядами хлопчатника проникает солнце и выше температура воздуха. Эти вопросы требуют специальных исследований. Для нас же важно установление факта влияния места установки дождемера на результаты определения величины испарения, поскольку методика ОСТ 70.П.I-74 этих факторов не учитывает.

В третьей серии опытов (табл.3.I5 - 3.I6), мы определили разницу в величине испарения для дождемеров, закрытых воронкой и открытых (без воронки). Дождемеры устанавливались парами в междурядьях хлопчатника. Один был прикрыт воронкой, другой - нет.

Табл.3.12

Период времени	Испарилось	Продолжительность испарения	Скорость испарения	
			в интервалах	средняя за 5ч
ч.	мм	ч	мм/ч	мм/ч
МЕЖДУ КУСТАМИ				
12^{55} - 13^{55}	0,19	1	0,19	0,33
13^{55} - 14^{55}	0,20	1	0,20	
14^{55} - 15^{55}	0,31	1	0,31	
15^{55} - 16^{55}	0,55	1	0,55	
16^{55} - 17^{55}	0,40	1	0,40	
ПОД КУСТАМИ				
12^{55} - 13^{55}	0,11	1	0,11	0,2
13^{55} - 14^{55}	0,19	1	0,19	
14^{55} - 15^{55}	0,25	1	0,25	
15^{55} - 16^{55}	0,23	1	0,23	
16^{55} - 17^{55}	0,21	1	0,21	
ВО ВРЕМЯ ПОЛИВА ДОЖДЕМЕРЫ БЫЛИ С ВОРОНКАМИ, ПОСЛЕ ПЕРВОГО ЗАМЕРА ВОРОНКИ УБРАЛИ. 18.06.90г.				

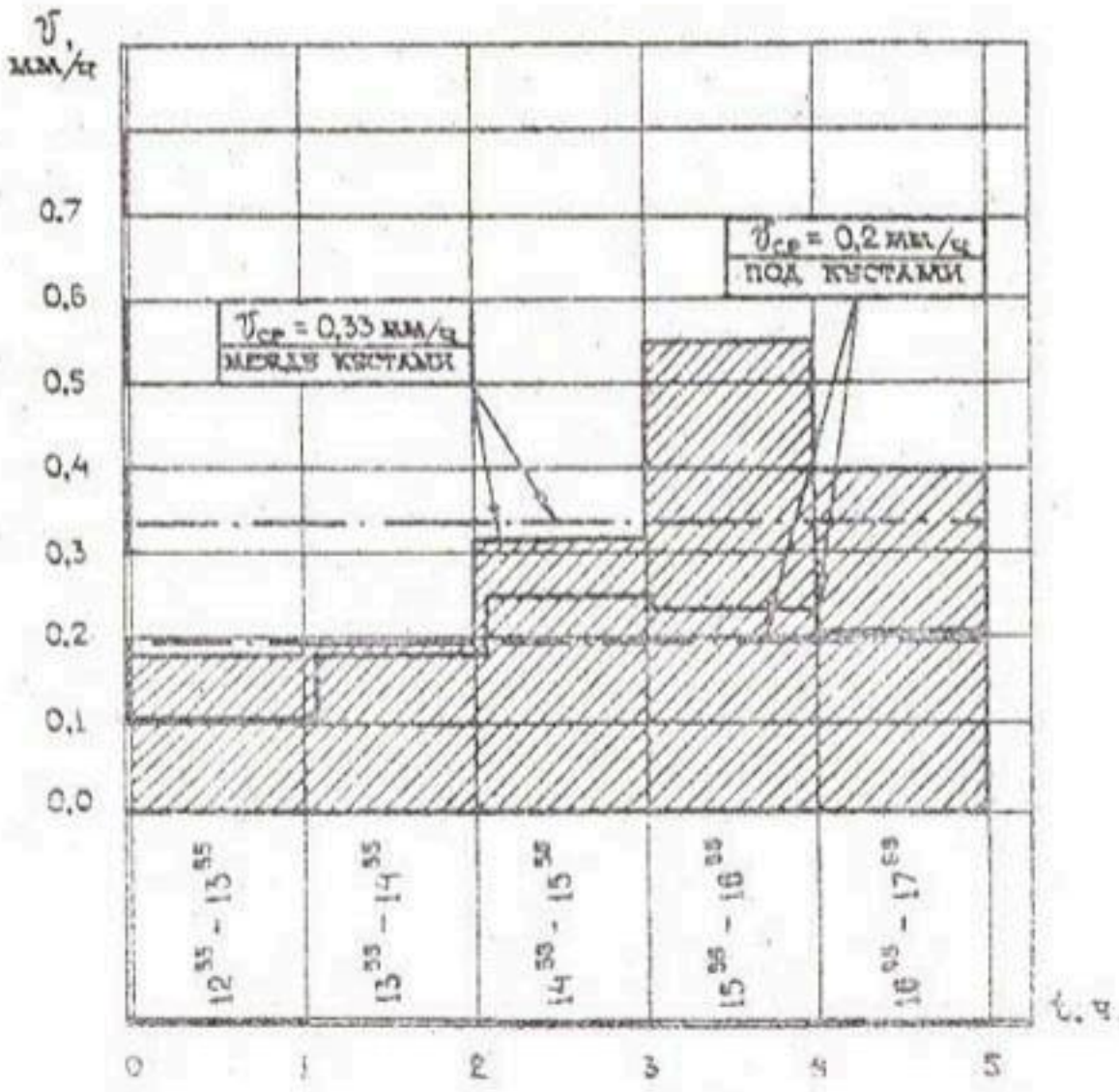


Рис.3.11 Влияние места установки дождемеров и времени суток на скорость испарения

ДИНАМИКА ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ С ДОЖДЕМЕРОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ ПОД И МЕЖДУ КУСТАМИ ХЛОПЧАТНИКА.

Табл.3.15

№ дождемера	Объем воды в дождемерах, мл												Объем испарившейся воды за:									
	24.07.90г.								25.07.90г.				1 час		2 часа		5 часов		22 часа		25 часов	
	11^{15}		12^{15}		13^{15}		16^{15}		9^{15}		12^{15}											
	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под	над	под
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	116	96	113	96	110	96	105	96	94	90	92	89	3	0	6	0	11	0	22	6	24	7
2	222	140	219	140	216	140	210	140	201	134	199	133	3	0	6	0	12	0	21	6	23	7
3	129	75	126	75	124	75	119	74	112	66	110	65	3	0	5	0	10	1	17	9	19	10
4	148	26	146	26	144	26	139	25	131	22	129	21	2	0	4	0	9	1	17	4	19	5
5	179	60	176	60	174	60	168	60	159	54	157	53	3	0	5	0	11	0	20	6	22	7
6	151	92	149	92	147	92	140	90	130	85	128	81	2	0	4	0	11	2	21	7	23	11
7	152	71	150	71	148	70	140	69	131	64	129	63	2	0	4	1	12	2	21	7	23	8
8	84	50	82	50	80	49	71	46	61	43	59	42	2	0	4	1	13	2	23	7	25	8
9	86	22	84	22	82	22	79	22	70	17	68	16	2	0	4	0	7	0	16	5	18	6
10	120	70	117	70	114	70	106	69	97	65	95	62	3	0	6	0	12	1	23	5	25	8
11	220	151	217	151	214	150	208	150	198	145	196	144	3	0	6	1	12	1	22	6	24	7
12	235	171	232	170	229	170	224	170	214	165	212	164	3	0	6	0	11	0	21	5	23	6
13	252	184	229	184	226	184	220	183	210	177	207	176	3	0	6	0	12	1	22	7	25	8
14	201	162	198	162	196	162	190	161	180	155	178	154	3	0	5	0	11	1	21	7	23	8
15	95	91	92	91	90	91	84	91	74	86	71	85	3	0	5	0	11	0	21	5	24	6
16	190	109	187	109	185	109	180	109	170	104	168	103	3	0	5	0	10	0	20	5	22	6
17	89	54	86	54	83	54	75	53	64	48	62	47	3	0	6	0	14	1	25	6	27	7
18	165	82	162	82	159	82	154	82	143	77	140	76	3	0	6	0	11	0	22	5	25	6
19	174	61	172	61	169	61	164	61	155	56	153	55	2	0	5	0	10	0	19	5	21	6
20	210	140	208	140	206	140	200	140	189	135	186	134	2	0	4	0	10	0	21	5	24	6
21	218	146	216	146	214	146	206	146	196	141	196	140	2	0	4	0	10	0	20	5	22	6
22	204	154	202	154	200	154	194	153	184	148	182	147	2	0	4	0	10	1	20	6	22	7
23	230	182	227	182	224	182	218	182	206	177	204	176	3	0	6	0	12	0	24	5	26	6
24	222	120	219	120	216	120	208	120	197	115	195	114	3	0	6	0	14	0	25	5	27	6
25	117	82	114	82	112	82	104	82	93	78	91	77	3	0	5	0	13	0	24	4	26	5
26	192	65	190	65	187	65	181	65	171	60	169	59	2	0	5	0	11	0	21	5	23	6
27	156	121	154	121	151	121	146	120	136	116	134	115	2	0	5	0	10	1	20	5	22	6
28	178	49	175	49	172	49	167	49	157	44	155	43	3	0	6	0	11	0	21	5	23	6
29	200	132	195	132	192	132	186	132	175	127	173	126	5	0	8	0	14	0	25	5	27	4
30	191	125	188	125	185	125	180	125	170	120	166	119	3	0	6	0	11	0	21	5	23	6
$S_{дожд.} = 63$ см^2									Сред.		мл		4,7	0	5,23	0,1	11,2	0,5	21,2	5,6	23,3	6,7
											м.к.		0,43	0	0,63	0,015	1,78	0,08	3,36	0,89	3,7	1,06

Табл. 3.14.

Период времени	Испарилось		Продолжительность испарения	Скорость испарения	
				в интервалах	средняя за сутки
ч	г	мм	ч	мм/ч	мм/ч
МЕЖДУ КУСТАМИ					
$11^{15} - 12^{15}$	2,7	0,43	1	0,43	0,148
$12^{15} - 13^{15}$	2,53	0,4	1	0,4	
$13^{15} - 16^{15}$	5,97	0,95	3	0,32	
$16^{15} - 9^{15}$	10,0	1,59	17	0,093	
$9^{15} - 12^{15}$	2,13	0,34	3	0,11	
Σ		3,71	25		
ПОД КУСТАМИ					
$11^{15} - 12^{15}$	0	0	1	0	0,042
$12^{15} - 13^{15}$	0,1	0,016	1	0,016	
$13^{15} - 16^{15}$	0,4	0,063	3	0,021	
$16^{15} - 9^{15}$	5,1	0,81	17	0,048	
$9^{15} - 12^{15}$	1,1	0,17	3	0,058	
Σ		1,06	25		
ВО ВРЕМЯ ПОЛИВА ДОЖДЕМЕРЫ БЫЛИ С ВОРОНКАМИ, НО ПОСЛЕ ПЕРВОГО ЗАМЕРА ВОРОНКИ УБРАЛИ. (24-25).07.90 г.					

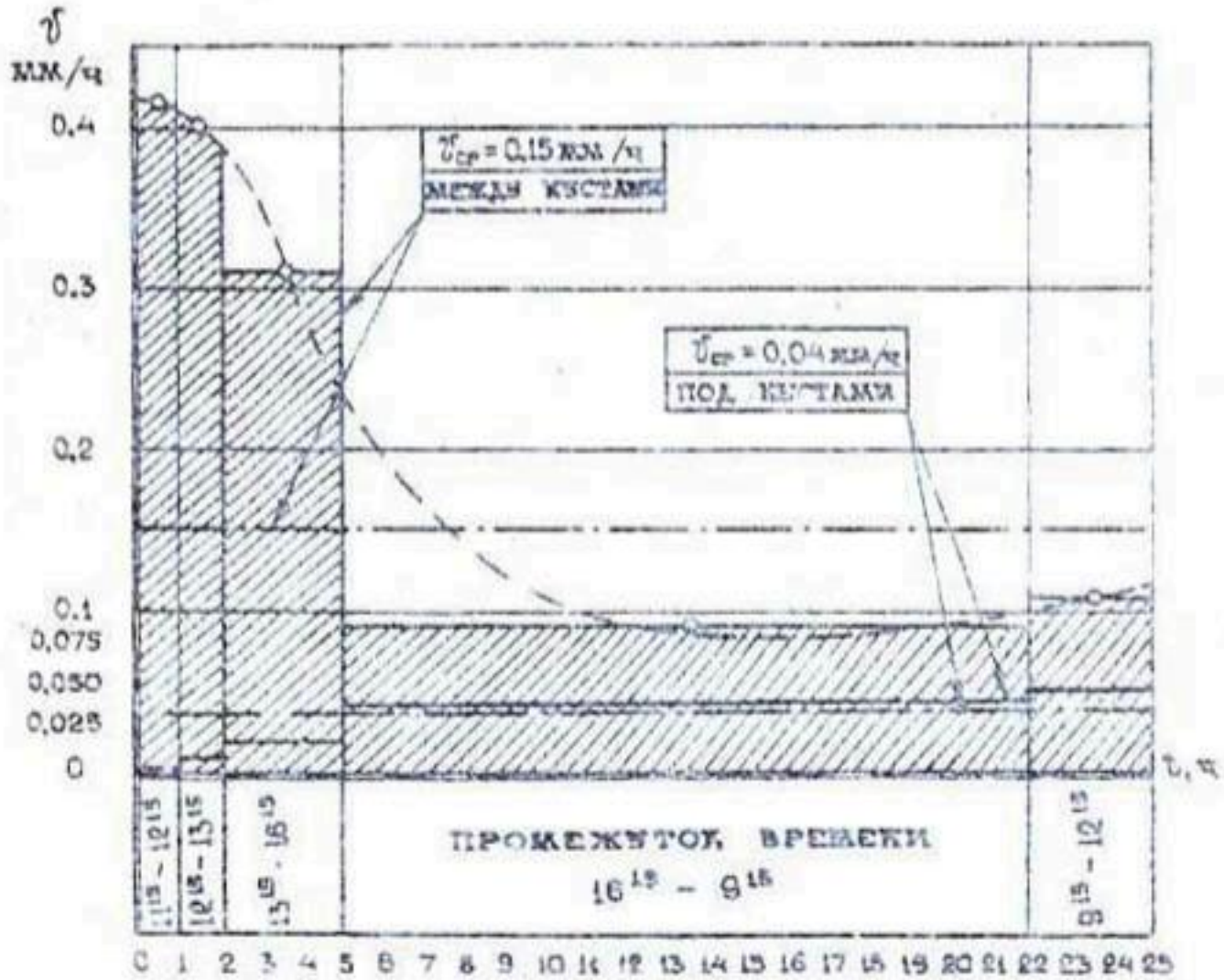


Рис. 3.14 Средние значения скорости испарения в дождемерах в интервалах времени.

СЛОЙ ОСАДКОВ В ДОЖДЕМЕРАХ С ЗАКРЫТЫМИ ВОРОНКАМИ И БЕЗ ВОРОНКИ

Табл. 3.15

№ дождемера	Слой воды в дождемере, мм				Испарившийся слой воды через 24ч	
	2.08.90г		3.08.90г			
	11:15	11:45	11:15	11:45		
	Б.В	С.В	Б.В	С.В	Б.В	С.В
1	2	3	4	5	6	7
1	20,62	22,1	16,17	20,67	4,45	1,43
2	20,42	21,89	17,28	21,29	3,14	0,6
3	20,5	21,97	19,45	21,37	1,05	0,6
4	20,85	22,35	18,44	21,67	2,41	0,68
5	20,74	22,23	19,17	21,43	1,57	0,8
6	20,68	22,17	19,42	21,22	1,26	0,95
7	20,63	22,21	18,75	21,66	1,88	0,55
8	20,65	22,14	18,55	21,58	2,1	0,56
9	20,67	22,16	18,34	21,38	2,33	0,78
10	20,76	22,25	19,29	21,65	1,47	0,6
11	20,69	22,18	18,38	21,5	2,31	0,68
12	20,71	22,2	18,82	21,41	1,89	0,79
13	20,72	22,21	18,83	21,36	1,89	0,85
14	21,21	22,84	19,64	22,26	1,57	0,55
15	20,79	22,28	19,01	21,68	1,78	0,6
16	19,65	21,06	18,08	20,38	1,57	0,68
17	21,24	22,77	17,95	21,98	3,29	0,79
18	21,09	22,61	18,57	21,66	2,52	0,95
19	20,91	22,51	18,31	21,92	2,6	0,59
20	20,8	22,3	18,35	21,70	4,45	0,6
21	22,21	23,81	19,07	23,13	3,14	0,68
22	21,32	22,55	19,97	21,74	1,05	0,79
23	21,14	22,66	18,73	21,81	2,41	0,85
24	21,14	22,69	19,57	22,34	1,57	0,55
25	21,33	22,86	19,45	22,08	1,88	0,78
26	21,85	22,92	19,55	22,32	2,3	0,6
27	20,45	21,45	18,57	20,77	1,88	0,68
28	20,95	21,98	18,65	21,19	2,3	0,79
29	20,16	21,15	18,59	20,3	1,57	0,85
30	21,35	22,4	19,47	21,8	1,88	0,6
31	20,06	21,06	18,19	20,36	1,89	0,68
32	20,95	21,98	18,85	21,19	2,1	0,79
33	20,78	21,8	17,98	21,05	2,8	0,75
34	20,71	21,82	19,14	21,27	1,57	0,55
35	20,59	21,6	18,71	21,0	1,86	0,6
36	20,53	21,54	18,23	20,86	2,3	0,68
37	21,66	22,72	19,77	21,93	1,89	0,79
38	20,03	21,01	17,93	20,18	2,1	0,85
39	21,59	22,75	18,79	22,2	2,8	0,55
40	21,45	22,5	19,88	21,9	1,57	0,6
41	20,29	21,28	18,41	20,6	1,86	0,68
42	20,56	21,57	18,26	20,78	2,3	0,79
43	20,31	21,3	18,42	20,45	1,89	0,85
44	22,09	23,27	19,29	22,72	2,8	0,55
45	21,96	23,04	20,39	22,44	1,57	0,6
46	22,83	23,95	20,95	23,28	1,88	0,67
47	20,76	21,78	18,46	20,99	2,3	0,79
48	20,51	21,52	18,62	20,77	1,89	0,75
49	20,1	21,18	17,54	20,63	2,56	0,55
50	21,54	22,6	19,97	22,00	1,57	0,6
Ср.	20,9	22,18	18,75	21,47	2,141	0,709
Старенные дождемеры между рядами хлопчатника						

Табл. 3.16

Период времени ч.	Испарилась мм.	Продолжительность испарения	Среднесуточная скорость испарения, мм/ч
Без воронок			
(2-3)08.90 11.15-11.45	2,14	24,5	0,087
С воронками			
(2-3)08.90 11.15-11.45	0,71	24,5	0,029
$S_{воронки}$ = 63 см^2 . $S_{банки}$ = 47,8 см^2			

После прохода машины "Кубань-М2" определялся слой осадков как в том, так и в другом дождемере. После опыта дождемеры, прикрытые воронкой, снова прикрывали воронкой, поскольку во время замера воронка снималась. Эта серия опытов проводилась в августе 1982 года при максимально развитом хлопчатнике и сильном затенении банок. Поэтому среднесуточные скорости как для открытых, так и закрытых дождемеров получились низкими, 0,087 и 0,029 мм/ч соответственно. Сравнивая величины испарившегося слоя осадков по двум рядам дождемеров (рис.3.13), можно видеть, что в прикрытых воронкой дождемерах за сутки испарился слой, равный 0,71 мм, а с открытых дождемеров - 2,14 мм, то есть в три раза больше.

Распределение слоя осадков по рядам дождемеров с воронками показано на рис.3.14. Из рисунка следует, что через 24 часа испарилось 3,2%. С открытых же дождемеров (рис.3.15) за это же время испарилось 10,2%, то есть тоже в три раза больше.

Обобщая результаты экспериментов этой серии, можно отметить, что метод дождемеров дает весьма существенные расхождения, и результаты эксперимента зависят от периода вегетации и вида культуры, от времени проведения опыта, от места установки дождемеров, от величины испаряющей поверхности дождемера и, вероятно, еще других неизученных факторов. Поэтому пользоваться существующим методом дождемеров для определения величины осадков, осевших на листьях, мы не рекомендуем. А если все же использовать дождемеры, то надо помнить, что этот метод позволяет определять не слой, осевший на листьях, а слой, не попавший в дождемеры, стоящие под растениями. Надо помнить, что лист хлопчатника способен удержать на своей поверхности лишь тонкую пленку величиной значительно меньше одного миллиметра и что в течение всего полива значительная часть воды стекает. Опыты по определению максимально возможного слоя прилипания воды к поверхности листьев хлопчатника приводятся ниже. А сейчас сделаем выводы по вышеизложенной третьей главе данной работы:

1. Скорость испарения с поверхности дождемера зависит от суточного хода изменения температуры воздуха, почвы и дефицита влажности окружающего дождемер воздуха.

2. На результаты замера слоя осадков за проход машины влияет продолжительность опыта. Использование метода дождемеров по ОСТ 70.П.1-74 для определения "потерь на испарение в воздухе" недопустимо, поскольку этим методом можно измерить лишь испарение

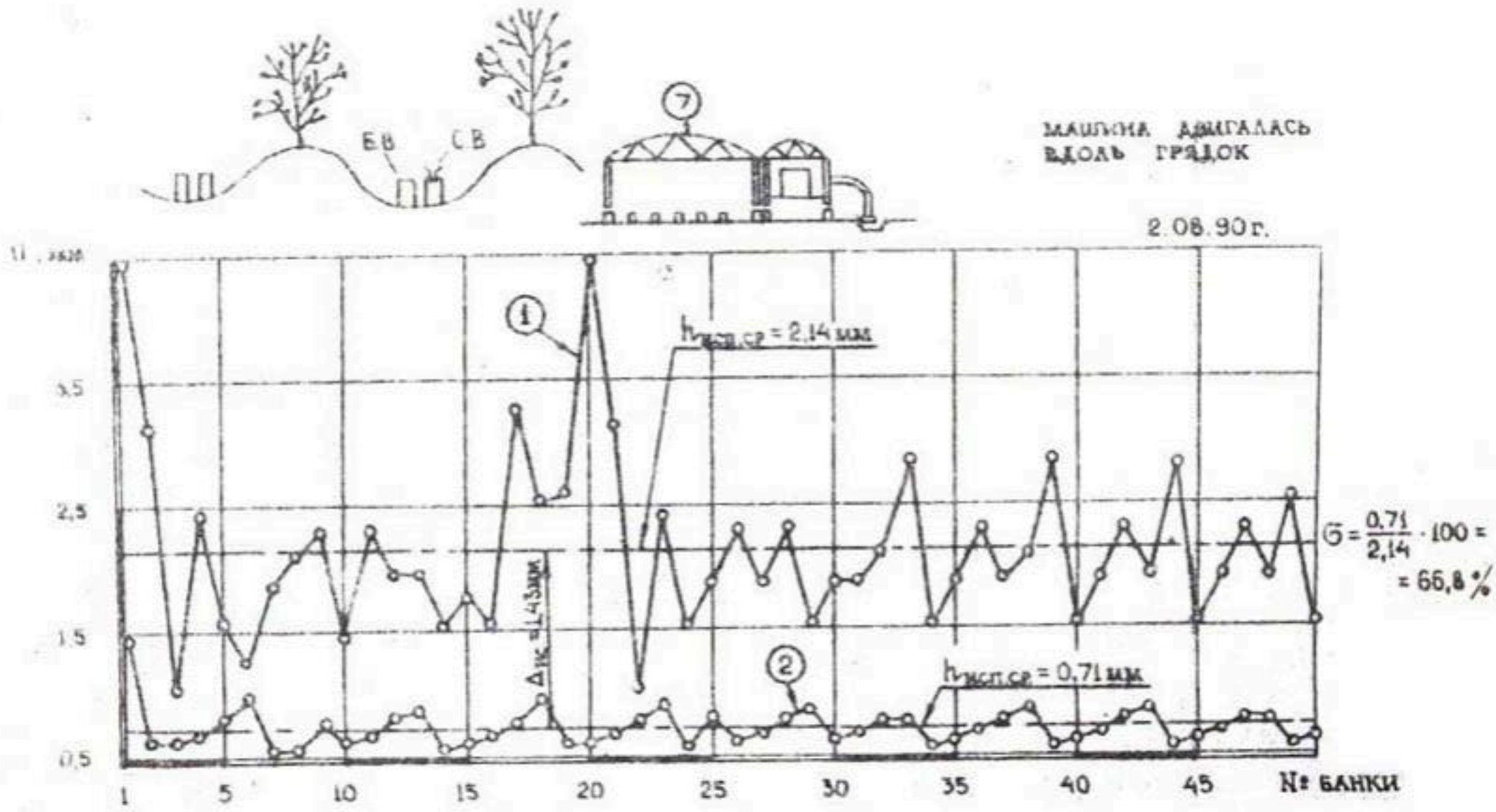


Рис. 3.13 Испарение с дождемеров установленных под и между кустами хлопчатника за 24 часа после полива машиной „Кубань - М2"
1 – между кустами ; 2 – под кустами.

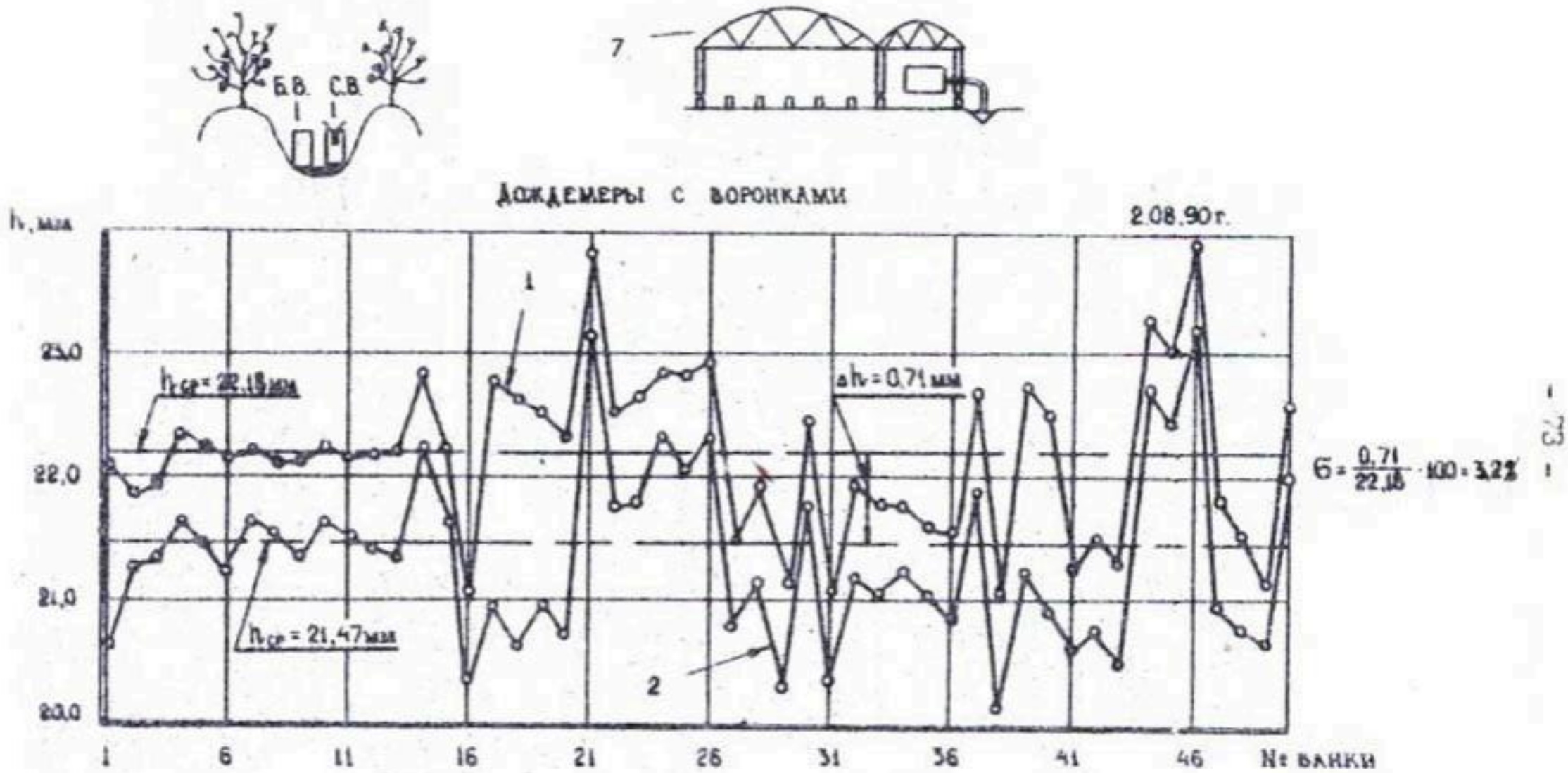


Рис 3.14 Распределение слоя осадков в дождемерах с воронками:
1 - сразу после полива; 2 - через 24 часа.

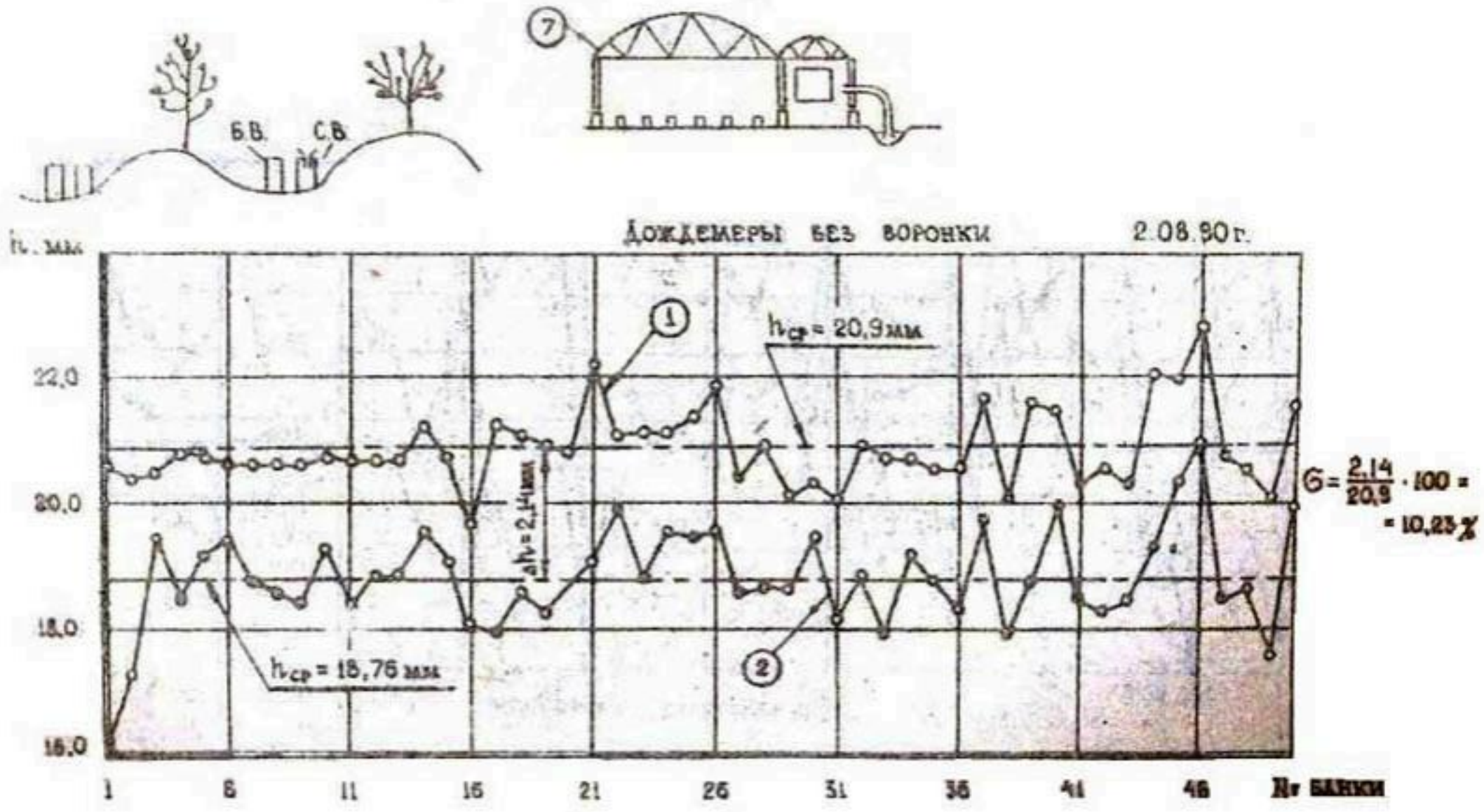


Рис. 3.15 Распределение слоя осадков в дождемерах без воронок:
1 – сразу после полива; 2 – через 24 часа

с поверхности дождемера за период опыта.

3. Скорость испарения с поверхности дождемера зависит от микроклимата. В поле оно меньше, чем на открытой площадке. По мере развития растительного покрова поля скорость испарения с поверхности дождемера снижается. Под кустом испарение ниже, чем в междурядье, дождемер, прикрытый воронкой, испаряет медленнее, чем открытый.

4. Слой осадков измеряемый по разнице показаний дождемеров и оседающий на листьях хлопчатника, зависит от места установки дождемеров. Если один дождемер установлен на открытой площадке в стороне от кустов или над кустами, а второй - под кустами, то разница в показаниях дождемеров одна. Если один дождемер стоит в междурядье, а второй под кустом, то разница в показаниях существенно возрастает.

5. Величина якобы осевшего слоя осадков зависит от периода вегетации (от суммы листовой поверхности поля). Чем больше листовая поверхность, тем больше разница в показаниях дождемеров.

6. Величина якобы осевшего слоя осадков зависит от поливной нормы. Чем выше норма, тем больше разница в показаниях дождемеров.

7. Метод дождемеров позволяет определить лишь разницу в показаниях слоя осадков, но эта разница зависит от целого ряда условий и вовсе не говорит о том, что этот слой осел на листьях. Ниже будет показано, что разница обусловлена отражением капель дождя от поверхности листьев и чем плотнее их покров, тем больше разница в показаниях дождемеров.

4. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛЯ ХЛОПЧАТНИКА, СЛОЯ ВОДЫ, ПРИЛИПАЮЩЕЙ К ЛИСТЬЯМ, СКОРОСТИ ВЫСЫХАНИЯ ЛИСТЬЕВ И МИКРОКЛИМАТА ПРИ ПОЛИВЕ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНОЙ "КУБАНЬ-М2"

4.1. Исследование развития листовой поверхности поля хлопчатника

При поливе хлопчатника дождеванием часть воды прилипает к листьям и после окончания полива испаряется. Чем больше поверхность листьев на поле, тем больше воды может осесть на листьях. Одним словом, листовая поверхность поля оказывает влияние как на величину задержания воды листьями, так и на процесс испарения, поскольку листья не только задерживают воду, но и солнеч-

ную энергию, затеняя почву и листья нижних ярусов растения.

Для изучения площади поверхности листьев и площади проекции куста на почву, в течение 1989 - 1990 года измеряли рост кустов хлопчатника, подсчитывали количество листьев на кусте, измеряли диаметр куста и листа. Один из опытов этой серии показан в табл.4.1. Здесь был измерен рост (графа 2), количество листьев на кусте (графа 3), диаметр листьев (графа 4) и диаметр куста (графа 5) по 40 кустам. За два года было проведено 11 опытов и обсчитан в общей сложности 501 куст. Результаты опытов показаны в приложении (П4.1 - П4.10). Сводные значения всех опытов показаны в табл.4.2. В качестве диаметра листа (рис.4.1) принималось расстояние от основания ножки листа до его края по оси симметрии. Площадь листа определялась по выведенной нами формуле. Для хлопчатника получили, что :

$$F_{лист} = D^2 \text{ , см}^2, \qquad (4.1)$$

где D - диаметр листа, см.

Площадь проекции куста на поверхность поля определялась по известной математической формуле :

$$F_{пр} = \pi D^2_{куст} : 4 \text{ ,} \qquad (4.2)$$

где D куст - диаметр куста хлопчатника,см рис.4.2.)

В результате экспериментов было установлено, что по мере продолжительности роста хлопчатника увеличивается площадь листьев, количество листьев, общая площадь листовой поверхности, площадь проекции куста на почву и отношение площади поверхности листьев к площади проекции куста. Средние за вегетацию значения этих параметров показаны в табл.4.2.

Для установления зависимости между продолжительностью развития хлопчатника (количеством дней с момента прорастания) и общей площадью его листьев была составлена табл.4.3 и найдено уравнение регрессии, которое приняло вид (рис.4.3)

$$F_{куст} = 0,143 (T_д)^{2.124} \qquad (4.3)$$

Аналогичные зависимости для определения динамики развития количества листьев $n = f(T_д)$; роста хлопчатника $h_к = f(T_д)$; площади листа $F_{лист} = f(T_д)$; площади проекции куста на поле $F_{пр} = f(T_д)$ и относительной площади листьев $\mathcal{F} = f(T_д)$ были получены аналогичными методами математической статистики. В результате были получены уравнения

Развитие листовой поверхности хлопчатника

Табл.4.1

№	Рост куста, см	Количество листьев на 1 кусте	Диаметр листа, см	Диаметр куста, см
1	2	3	4	5
1	32	28	7,3	24
2	33	24	7,2	26,5
3	29,5	26	5,5	22,5
4	32,5	35	7,5	27,5
5	30	32	9,8	24,5
6	31	31	6,6	22,5
7	38	33	6,2	21,0
8	37	26	5,3	21,5
9	35	25	8,6	26,5
10	32	29	5,8	21,0
11	33,5	24	9,6	21,5
12	35	28	8,6	24,0
13	36	29	8,6	22,0
14	29,5	27	6,5	24
15	32	24	7,9	26
16	28,5	20	8,5	25
17	33	21	5,5	22
18	34	23	6,2	24
19	32	22	8,4	26
20	31	23	8,5	26
21	29,5	25	8,2	24
22	28,5	27	6,0	23
23	29,0	28	5,3	29
24	28,5	27	6,5	22
25	35	32	6,1	30,5
26	34	29	5,4	29
27	33,2	26	6,8	18
28	32,2	22	5,6	19,5
29	31,2	24	4,8	20,1
30	29,9	32	8,0	17,5
31	30	29	5,1	15,5
32	31	31	4,9	16,5

1	2	3	4	5
33	36,4	25	5,7	15,5
34	35,0	27	7,8	16,5
35	35,4	23	4,8	20,5
36	35,0	24	5,9	20,0
37	28,9	28	5,6	21,0
38	34	26	4,8	18,0
39	30,9	25	6,0	19,5
40	28,7	26	5,6	17,0
Сред.	32,3	26,25	6,23	22,26
27. 06. 89 г.				

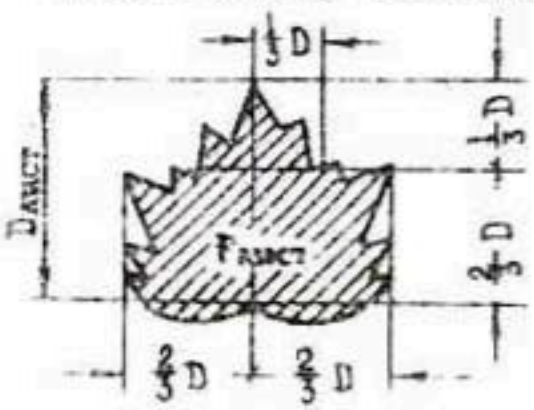
ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ХАЛЮЧАТНИКА

Табл 4.2

№ опыта		Обозначения	1989 г. 1	2	3	4	5	1990 г. 1	2	3	4	5	6	Сред. за сезон
Дата опыта			27.06	8.07	19.07	10.08	29.08	14.06	2.07	17.07	26.07	2.08	30.08	
1	Количество листьев на 1 кусте, шт.	$n_{ср}$	26,25	31,2	35,58	40,1	45	9,32	17,1	27,7	34,2	40,0	42,06	31,7
2	Диаметр листа, см	$D_{лист}$	6,23	6,54	7,86	8,26	8,066	5,28	6,75	7,85	8,35	8,2	8,58	7,45
3	Площадь листа, см²	$F_{лист}$	38,8	42,8	61,8	68,2	65,1	27,9	45,5	61,6	69,7	67,2	73,6	55,0
4	Рост куста, см	$h_к$	32,3	50,37	75,19	89,9	82,47	28,62	45,11	77,27	91,35	93,04	97,41	69,2
5	Площадь листьев на 1 кусте, см²	$F_{куст}$	1018	1353	2201	2735	2928	260	778	1708	2385	2688	3096	1920
6	Диаметр куста, см	$D_{куст}$	22,26	24,23	29,22	30,27	30,15	18,08	24,2	25,8	30,75	33,5	35,86	27,7
7	Площадь проекции куста на поле, см²	$F_{пр}$	389	461	670	720	714	257	460	523	742	881	1009	620
8	Относительная площадь листьев	$J = \frac{F_{куст}}{F_{пр}}$	2,6	2,9	3,3	3,8	4,2	1,0	1,7	3,3	3,2	3,1	3,1	2,9

$F_{лист} = D^2_{лист}$; $F_{пр} = \frac{\pi D^2_{куст}}{4}$ $F_{куст} = n \cdot F_{лист}$

Рис 4.1 Вывод уравнения для определения площади листа ($F'_{лист}$) по его диаметру ($D_{лист}$)



$$F'_{лист} = \left(\frac{4}{3}D \cdot \frac{2}{3}D\right) + \left(\frac{1}{3}D \cdot \frac{1}{3}D\right) = D^2$$

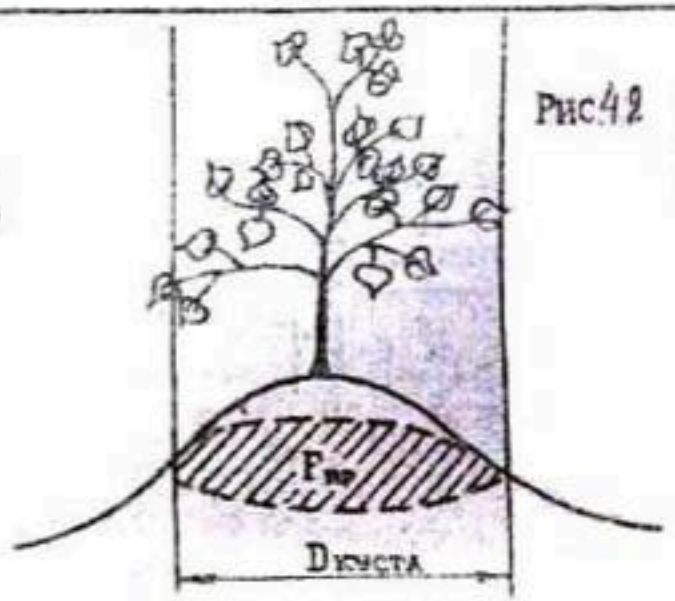


Рис 4.2 Определение площади проекции куста:

$$F_{пр} = \frac{\pi D^2_{куст}}{4},$$

Табл. 4.3

	Дата	Дней ($T_д$)	$P_{кист}$ ск²	X $lg(T_д)$	Y $lg(P_{кист})$	X^2 $(lg T_д)^2$	Y^2 $[lg(P_{кист})]^2$	XY $log(T_д)\cdot log(P_{кист})$	
1	27.06	58	1018	1,763	3,007	3,109	9,046	5,302	1989 г.
2	8.07	69	1335	1,838	3,125	3,381	9,768	5,744	
3	19.07	80	2201	1,903	3,342	3,621	11,173	6,361	
4	10.08	102	2735	2,008	3,436	4,034	11,812	6,901	
5	29.08	121	2928	2,082	3,466	4,337	12,017	7,217	
6	14.06	45	260	1,653	2,414	2,733	5,832	3,991	1990 г.
7	2.07	63	778	1,799	2,89	3,237	8,357	5,2	
8	17.07	78	1706	1,892	3,231	3,58	10,445	6,114	
9	26.07	87	2383	1,939	3,377	3,761	11,404	6,548	
10	2.08	94	2688	1,973	3,429	3,893	11,76	6,766	
11	30.08	122	3098	2,086	3,49	4,352	12,185	7,281	
			Σ	20,936	35,207	40,043	113,805	67,425	

$$Y = a_0 + a_1 X$$

$$a_0 = \frac{\Sigma Y \cdot \Sigma X^2 - \Sigma X \cdot \Sigma XY}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{(35,207)(40,043) - (20,936)(67,425)}{11(40,043) - (20,936)^2} = \frac{-1,815}{2,156} = -0,842$$

$$a_1 = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{11(67,425) - (20,936)(35,207)}{11(40,043) - (20,936)^2} = \frac{4,581}{2,156} = 2,124$$

$$r = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{\sqrt{[N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} =$$

$$= \frac{11(67,425) - 20,936(35,207)}{\sqrt{[11(40,043) - (20,936)^2][11(113,805) - (35,207)^2]}} = \frac{4,581}{5,154} = 0,88$$

$$lg(P_{кист}) = a_0 + a_1 lg(T_д)$$

$$lg(P_{кист}) = lg 10^{a_0} + a_1 lg(T_д)$$

$$lg(P_{кист}) = lg 10^{a_0} + lg(T_д)^{a_1}$$

$$lg(P_{кист}) = lg[10^{a_0} \cdot (T_д)^{a_1}]$$

$$P_{кист} = 10^{a_0} (T_д)^{a_1}$$

$$P_{кист} = 10^{-0,842} (T_д)^{2,124}$$

$$\boxed{P_{кист} = 0,143\, T_д^{2,124}}$$

№	1	2	3	4	5	6	7
$T_д$	40	50	60	70	80	90	120
$P_{кист}$	403,1	584,2	800,8	1193,9	1585,5	2035,2	3751,3

Вывод уравнения регрессии $P_{кист} = f(T_д)$

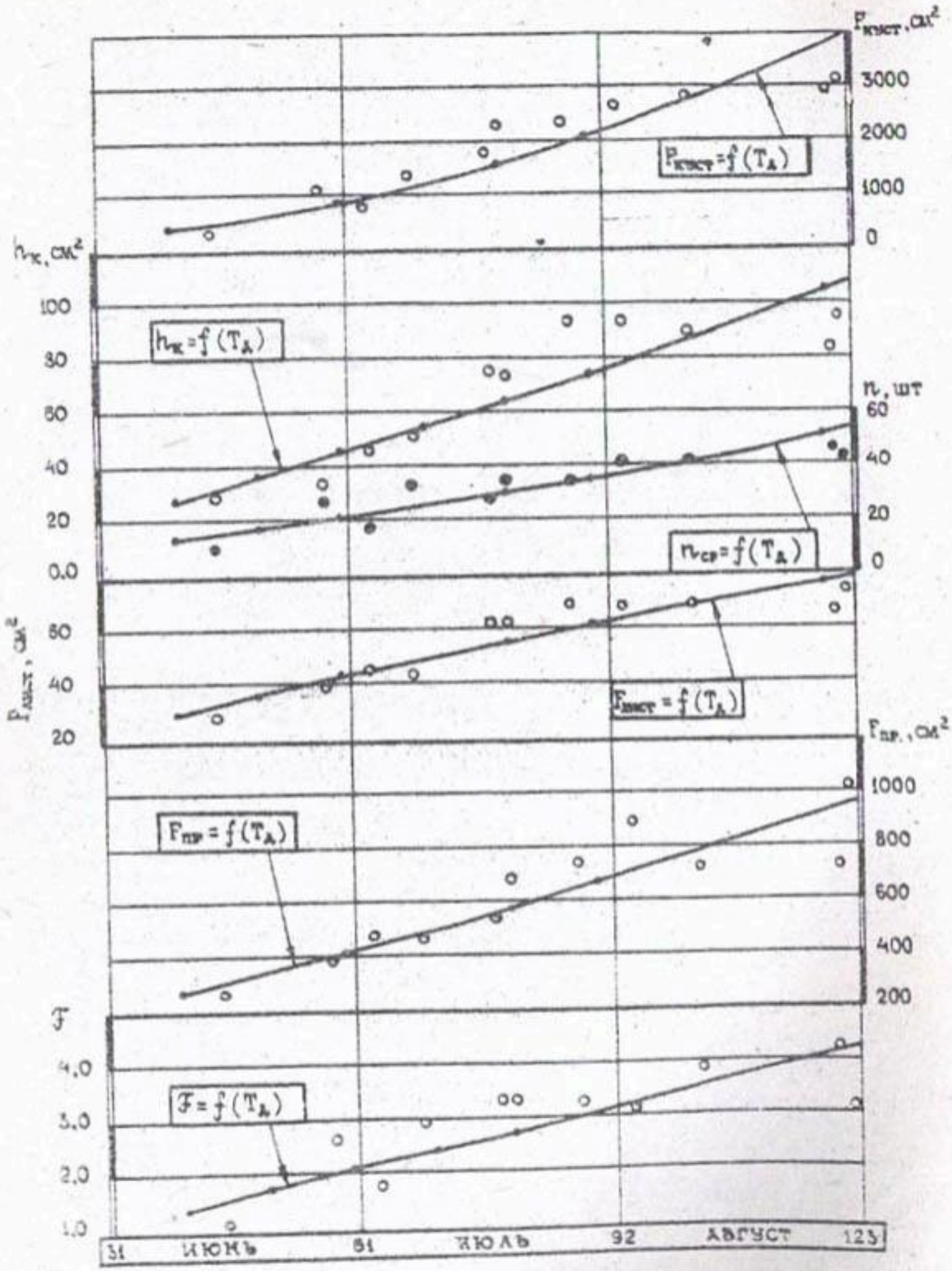


Рис.4.5. Динамика развития листьев хлопчатника с момента всходов.

$$n=0,128T_д^{1.248} \quad (4.4)$$

$$h_к=0,295T_д^{1.23} \quad (4.5)$$

$$F_{лист}=1,14T_д^{0.88} \quad (4.6)$$

$$F_{пр}=3,715T_д^{1.152} \quad (4.7)$$

$$\mathcal{F}=0,032T_д^{1.016} \quad (4.8)$$

Вывод этих уравнений показан в приложениях П4.11 - П4.15. Графические зависимости показаны на рис.4.3. Полученные зависимости дают наглядную картину развития хлопчатника и будут использованы в дальнейшем при расчете испарения с листовой поверхности.

4.2. Определение толщины слоя, прилипающего к поверхности листа при смачивании его в сосуде с водой

Определяя слой воды, задерживаемый листьями хлопчатника, мы установили, что величина его изменялась от 0,5 до 13 мм. Учитывая, что поверхность листьев куста может быть до 4 раз больше поверхности проекции куста на землю, можно подсчитать, что на поверхности листа, в опытах с дождемерами, оседало до (13:4=3,25мм) слоя осадков. Напрашивается вопрос, может ли такой слой осадков удерживаться на поверхности листьев или нет.

С этой целью в течение 3 суток в период с 7.08.89 г. по 11.08.89 г. с поля хлопчатника было срезано 75 листьев. Сразу после срезания корешок листа помещался в стеклянный пузырек с водой, а горлышко пузырька заклеивалось герметически пластилином. Лист с пузырьком и пластилиновой пробкой взвешивался. Затем лист окунался по самый корешок в сосуд с водой, слегка стряхивался и снова взвешивался вместе с пузырьком. По разнице весов определяли средний вес воды, прилипший к поверхности листа. Он оказался равным 0,97 г (табл.4.4). Зная, что осредненная поверхность листьев составила 55 см^2, (см.раздел 4.1), а двойная поверхность (верх и низ листа) составила 110 см^2, определили, что слой воды, способный прилипнуть к поверхности листа при полном смачивании, составил 0,088 мм, что значительно меньше рассчитанного по методу дождемеров слоя, осевшего на листьях. Из чего можно сделать предположение, что вода во время дождевания либо впитывается листьями, либо испаряется с листьев, либо стекает, как с зонтика, в междурядье, либо через листья и стебли поступает в почву, либо все названные явления имеют место одновременно.

ДИНАМИКА ИСПАРЕНИЯ СМОЧЕННОГО ЛИСТА

Табл. 44

Дата	№ сосуда с листом	Вес сосуда с сухим листом, г	Вес сосуда с мокрым листом, г	Вес сосуда со смоченным листом, г через: 10 мин (г)	15 мин (г)	20 мин (г)	25 мин (г)	30 мин (г)	35 мин (г)	45 мин (г)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дата 7.08.89 г. (12...13) ч	1	233,85	235,1	234,0		233,1			232,25	232,25
	2	223,9	224,35	223,95		223,75			223,35	223,35
	3	212,9	214,05	212,85		212,1			211,7	211,6
	4	235,9	236,4	235,65		235,1			234,8	234,75
	5	237,45	238,35	237,8		237,1			236,55	236,5
	6	228,55	229,4	228,35		227,8			227,7	227,45
	7	224,2	224,75	224,0		223,6			223,4	223,0
	8	213,0	213,95	212,55		211,95			211,5	211,4
	9	236,45	237,65	236,1		235,2			235,0	234,95
	10	233,5	236,25	235,4		235,01			234,65	234,4
	11	231,15	232,05	230,9		230,0			229,7	229,2
	12	223,75	224,6	223,95		223,4			223,2	223,0
	13	210,1	210,5	210,0		209,6			209,4	209,25
	14	234,2	235,15	234,2		233,55			233,3	233,1
	15	236,05	237,4	235,9		235,35			235,0	234,8
Дата 10.08.89 г. (14...16) ч	16	219,8	220,2		219,5			219,1		
	17	219,8	220,7		219,8			219,1		
	18	247,15	247,75		246,7			246,2		
	19	248,0	248,6		247,45			247,0		
	20	229,75	230,2		229,45			229,05		
	21	245,9	246,8		245,8			245,3		
	22	241,8	242,6		241,55			241,0		
	23	234,9	236,0		235,0			234,5		
	24	244,5	246,3		244,8			244,05		
	25	241,6	242,7		241,75			241,2		
	26	243,75	245,0		234,45			243,0		
	27	241,2	242,0		241,1			240,6		
	28	247,1	248,0		246,95			246,55		
	29	236,4	237,05		236,3			235,95		
	30	243,0	243,8		242,65			242,7		
	31	241,35	241,9		241,25			241,0		
	32	240,5	241,3		240,75			240,05		
	33	245,4	246,8		245,6			245,0		
	34	239,05	239,75		238,99			238,75		
	35	237,8	238,75		237,55			236,95		
11.08.89 г.	36	253,8	254,9	253,45		253,05		252,75		
	37	254,9	256,0	254,8		254,4		254,1		
	38	246,45	247,0	246,35		246,25		246,0		
	39	248,8	250,05	248,75		248,2		257,95		

Продолжение Табл. 44

107 мин (г)	Вес осевшего слоя воды, г	Испарившийся вес воды с мокрого листа, г, через: 10 мин	15	20	25	30	35	45	107
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
231,65	1,25	1,1		2,0			2,85	2,85	3,45
223,15	0,65	0,6		0,85			1,2	1,2	1,4
211,25	1,15	1,2		1,95			2,35	2,45	2,8
234,26	0,5	0,75		1,3			1,6	1,65	2,14
236,2	0,9	0,55		1,25			1,8	1,85	2,15
227,05	0,85	1,05		1,6			1,7	1,95	2,35
222,7	0,55	0,75		1,15			1,35	1,55	1,85
211,0	0,95	1,4		2,0			2,45	2,55	2,95
234,55	1,2	1,35		2,45			2,65	2,7	3,1
233,9	2,75	0,85		1,25			1,6	1,85	2,35
229,0	0,9	1,15		2,05			2,35	2,85	3,05
222,8	0,85	0,65		1,2			1,4	1,6	1,8
209,0	0,4	0,5		0,9			1,1	1,25	1,5
232,8	0,95	0,95		1,8			1,85	2,05	2,35
234,4	1,35	1,5		2,05			2,4	2,6	3,0
	0,3		0,7			1,1			
	0,9		1,1			1,6			
	0,6		1,05			1,55			
	0,6		1,15			1,6			
	0,45		0,75			1,15			
	0,9		1,0			1,5			
	0,8		1,05			1,6			
	1,1		1,0			1,5			
	1,8		1,5			2,25			
	0,9		0,95			1,5			
	1,25		0,55			2,0			
	0,8		0,9			1,2			
	0,9		1,05			1,45			
	0,65		0,75			1,1			
	0,8		0,99			1,1			
	0,55		0,65			0,9			
	0,8		0,65			1,25			
	1,4		1,2			1,8			
	0,7		0,76			1,0			
	0,95		1,25			1,77			
	1,1	1,45		1,85		2,15			
	1,1	1,2		1,6		1,9			
	0,55	0,65		0,75		1,0			
	1,25	1,3		1,85		2,1			

11.08.69г. (12.50) 4.

Продолжение Табл.44

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ДАТА 11.06.89г.	40	254,5	255.8	254,75		254,3		253,85		
	41	244,4	245,55	244,5		244,05		243,8		
	42	243,4	245,3	243,85		243,2		242,75		
	43	234,4	234,9	234,1		233,9		233,75		
	44	241,1	242,1	241,3		241,05		240,9		
	45	243,35	244,3	243,65		243,2		243,0		
	46	243,8	244,6	243,7		243,45		243,25		
	47	242,8	244,0	243,05		242,75		242,15		
	48	246,2	247,25	246,3		246,1		245,8		
	49	236,75	237,8	236,7		236,3		236,0		
	50	244,25	245,1	243,97		243,78		243,45		
	51	243,9	244,8	243,45		243,2		242,9		
	52	242,35	243,35	241,9		241,7		241,45		
	53	246,0	247,1	245,7		245,35		245,0		
	54	241,05	242,3	240,7		240,35		239,95		
	55	236,95	237,95	237,0		236,85		236,75		
	56	254,0	255,45	254,4			253,55			
	57	253,25	254,6	253,5			253,15			
	58	246,8	247,6	246,8			246,15			
	59	246,6	247,9	246,6			245,8			
	60	253,95	255,0	253,5			252,83			
	61	246,5	247,75	246,7			246,05			
	62	241,2	242,2	241,25			240,65			
	63	235,0	235,75	234,8			234,45			
	64	240,0	240,6	239,85			239,5			
	65	241,15	241,8	241,85			240,78			
	66	244,0	245,1	244,0			243,25			
	67	242,35	243,55	242,7			241,9			
	68	248,15	249,25	248,65			247,85			
	69	237,9	238,9	238,0			237,25			
	70	245,5	246,8	245,5			244,82			
	71	244,0	245,0	243,8			243,1			
	72	240,6	241,2	240,4			239,95			
	73	247,7	248,79	247,5			246,6			
	74	238,8	239,5	238,7			238,05			
	75	236,6	237,2	238,25			235,8			
Сред.										

Продолжение Табл.44

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	1,3	1,05		1,5		1,95			
	1,15	1,05		1,5		1,75			
	1,9	1,45		2,1		2,55			
	0,5	0,8		1,0		1,15			
	1,0	0,8		1,05		1,2			
	0,95	0,65		1,1		1,3			
	0,8	0,9		1,13		1,35			
	1,2	0,95		1,25		1,85			
	1,05	0,95		1,15		1,45			
	1,05	1,1		1,5		1,8			
	0,85	1,19		1,32		1,65			
	0,9	1,35		1,6		1,9			
	1,0	1,45		1,65		1,9			
	1,1	1,4		1,75		2,1			
	1,25	1,6		1,95		3,35			
	1,0	0,95		1,1		1,2			
	1,45	1,05			1,9				
	1,35	1,1			1,45				
	0,8	0,8			1,45				
	1,3	1,3			2,1				
	1,05	1,5			2,17				
	1,25	1,05			1,7				
	1,0	0,95			1,65				
	0,75	0,95			1,33				
	0,6	0,75			1,1				
	0,65	0,75			1,02				
	1,1	1,1			1,85				
	1,2	0,85			1,65				
	1,1	0,6			1,4				
	1,0	0,9			1,65				
	1,3	1,3			1,98				
	1,0	1,2			1,9				
	0,6	0,8			1,25				
	1,09	1,29			2,15				
	0,7	0,8			1,45				
	0,6	0,95			1,4				
	0,97	1,032	0,945	1,494	1,622	1,588	1,91	2,06	2,416

4.3. Определение скорости транспирации с поверхности смоченного и сухого листа хлопчатника

Опыты по определению скорости транспирации для смоченного листа показаны в табл.4.4.

Здесь смоченный лист вместе с сосудом сразу после взвешивания выставлялся на солнце, на открытой площадке, хорошо обдуваемой воздухом. Через каждые 5 мин. сосуд с листом взвешивался и определялся вес испарившейся воды из пузырька с водой через лист хлопчатника.

Результаты первичных опытов были обобщены в табл.4.5, в которой была показана и средняя поверхность листа и рассчитана скорость транспирации. Как видно из таблицы, она изменялась от 5,42 до I,22 г/дм^2 час, или от 0,54 до 0,I2 мм/ч.

Для установления динамики изменения скорости транспирации во времени была составлена табл.4.6 и найдено уравнение регрессии $V_{тр} = f(t)$, где $V_{тр}$ - скорость транспирации. Оно приняло вид гиперболы

$$V_{тр} = I7.78\ t^{-0,54}, \quad г/дм^2.ч \qquad (4.9)$$

Аналогичные опыты были проведены с листьями хлопчатника, которые не смачивались водой (табл.4.7 - 4.9). Для этих листьев транспирация происходила с нижней поверхности листа, а уравнение регрессии приняло вид :

$$V = I3.86\ t^{-0,404} \qquad 4.I0)$$

Результаты экспериментов показаны на рис.4.4, из которого видно, что скорость транспирации мокрого листа значительно меньше сухого (в I,4 раза). Если же подсчитать скорость испарения только с нижней поверхности листа, то получим, что нижняя поверхность сухого листа испаряет медленнее, чем мокрого (в I,43 раза).

Сравнивая скорость транспирации с поверхности листа и скорость испарения с поверхности дождемеров, видим, что они одного порядка, хотя и отличаются порой в несколько раз. Природа испарения при этом различна. Скорость испарения с поверхности дождемера в небольших интервалах времени практически постоянна, а с поверхности листа она носит затухающий характер, хотя и стремится к постоянному значению по прошествии 30 - 40 мин. Не следует при этом забывать, что транспирация с поверхности несрезанного листа, возможно, будет иной, но этот вопрос нами не изучался.

Динамика испарения со смоченного листа, 1989г.

Табл 45

п/п	Время	Средний испарившийся вес, г	Расчетная поверхность листа, дм²	Испарившаяся поверхность листа, дм²	Скорость испарения	
					г/дм² ч	мм/ч
1	2	3	4	5	6	7
1	за 10 мин	1,032	0,5713	1,14	5,42	0,54
2	за 15 мин	0,945	0,5708	1,14	3,31	0,33
3	за 20 мин	1,494	0,5713	1,14	3,92	0,39
4	за 25 мин	1,622	0,5713	1,14	3,41	0,34
5	за 30 мин	1,588	0,5708	1,14	2,78	0,28
6	за 35 мин	1,91	0,5534	1,11	2,96	0,3
7	за 45 мин	2,06	0,5534	1,11	2,48	0,25
8	за 107 мин	2,416	0,5534	1,11	1,22	0,12
1 г/дм².ч = 0,1 мм/ч						

ВЫВОД УРАВНЕНИЯ РЕГРЕССИИ $V_{гр} = f(t)$

ТАБЛ.46

			X	Y	X^2	Y^2	X·Y
	t, мин	$V_{гр}$, г/дм²·час	lgt	$lgV_{гр}$	$(lgt)^2$	$(lgV_{гр})^2$	lgt·$lgV_{гр}$
1	10	5,42	1,0	0,733	1,0	0,538	0,733
2	15	3,31	1,176	0,519	1,383	0,27	0,611
3	20	3,92	1,301	0,593	1,692	0,351	0,771
4	25	3,41	1,397	0,532	1,954	0,283	0,744
5	30	2,78	1,477	0,444	2,181	0,197	0,655
6	35	2,96	1,544	0,471	2,384	0,222	0,727
7	45	2,48	1,653	0,394	2,733	0,155	0,652
8	107	1,22	2,02	0,086	4,118	0,007	0,174
		Σ	11,568	3,772	17,445	2,027	5,067

$$r = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{\sqrt{[N\cdot\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N\cdot\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} =$$

$$= \frac{8(5,067) - (11,568)(3,772)}{\sqrt{8(17,445) - (11,568)^2][8(2,027) - (3,772)^2]}} = \frac{-3,098}{3,378} = -0,91$$

$$a_0 = \frac{\Sigma Y \cdot \Sigma X^2 - \Sigma X \cdot \Sigma X \cdot Y}{N(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} = \frac{(3,772)(17,445)^2 - (11,568)(5,067)}{8 \cdot 17,445 - (11,568)^2} = \frac{7,187}{5,741} = 1,25$$

$$a_1 = \frac{N\cdot\Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{N(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} = \frac{-3,098}{5,741} = -0,539$$

$$Y = a_0 + a_1 X$$

$$lg V_{гр} = a_0 + a_1 lg t$$

$$lg V_{гр} = lg 10^{a_0} + lg t^{a_1}$$

$$lg V_{гр} = lg (10^{a_0} \cdot t^{a_1})$$

$$V_{гр} = 10^{a_0} \cdot t^{a_1}$$

$$\boxed{V_{гр} = 17,78 \cdot t^{-0,539}}$$

№п	t	$V_{гр}$
1	5	7,46
2	10	5,14
3	15	4,13
4	20	3,42
5	25	3,13
6	30	2,84
7	35	2,61
8	45	2,28
9	107	1,43

Динамика транспирации с сухого листа

Табл. 47

Дата	№ сосудов с листом.	Вес сосуда с листом, г.	Вес сосуда с сухим листом через							
			5 мин	10	18	20	30	35	40	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10.06.89 г.	1	220,25			220,0			219,8		
	2	229,8			228,6			228,0		
	3	207,3			206,8			206,7		
	4	231,8			231,1			230,9		
	5	230,95			230,2			229,8		
	6	248,65			247,65			247,0		
	7	248,2			247,7			246,9		
	8	236,9			236,7			236,25		
	9	246,4			245,15			244,7		
	10	245,5			245,0			244,35		
	11	245,2			244,95			244,75		
	12	244,0			243,75			243,4		
	13	247,5			247,02			246,45		
	14	242,4			241,75			240,95		
	15	246,0			247,3			246,95		
	16	243,15			242,75			242,35		
	17	244,0			243,15			242,8		
	18	246,85			247,8			246,95		
	19	246,0			245,05			244,2		
	20	244,8			243,6			242,2		
	21	221,0				220,2			220,0	
	22	221,02				220,5			220,2	
	23	207,05				206,3			206,0	
	24	229,55				229,0			228,9	
	25	230,0				229,7			229,6	
	26	247,15				246,75			246,4	
	27	241,75				241,0			240,55	
	28	235,8				234,98			234,85	
	29	242,8				242,03			241,8	
	30	242,75				242,02			241,8	
	31	246,0				245,7			245,4	
	32	242,05				241,5			241,2	
	33	245,75				245,0			244,75	
	34	236,3				236,0			235,8	
	35	243,4				242,8			242,75	
	36	242,8				242,3			242,3	
	37	243,05				242,4			242,05	

Продолжение Табл.47

	Испарившийся вес воды с сухого листа, г через:								
68	5 мин	10	18	20	30	35	40	50	68
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
219,8			0,25			0,45			0,45
227,8			1,2			1,8			2,0
206,8			0,5			0,8			0,7
230,8			0,7			0,9			1,0
229,6			0,75			1,15			1,35
246,75			1,0			1,65			1,9
246,05			0,5			1,3			2,15
238,2			0,2			0,65			0,7
244,5			1,25			1,7			1,9
243,55			0,5			1,15			1,95
244,45			0,2			0,45			0,75
243,1			0,25			0,8			0,9
248,0			0,48			0,75			1,5
239,95			0,65			1,45			2,45
246,7			0,7			1,05			1,3
242,2			0,4			0,8			1,05
242,7			0,85			1,2			1,3
246,2			1,05			1,9			2,65
243,7			0,95			1,8			2,3
241,7			1,2			2,6			3,1
				0,8			1,0		
				0,52			0,82		
				0,75			1,05		
				0,55			0,65		
				0,3			0,4		
				0,4			0,75		
				0,75			0,9		
				0,62			0,75		
				0,77			1,0		
				0,73			0,95		
				0,3			0,6		
				0,55			0,85		
				0,75			1,0		
				0,3			0,5		
				0,6			0,65		
				0,5			0,3		
				0,65			1,0		

Продолжение Табл.4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
08.80 11	38	249,05				248,2			247,95	
	39	240,2				239,6			239,3	
	40	237,35				237,0			236,9	
	41	232,4	232,0	231,9		231,6	231,0		230,7	230,5
	42	243,3	243,0	242,7		242,0	242,0		241,95	241,9
	43	235,7	235,0	234,75		234,05	234,0		239,95	233,9
	44	244,8	244,4	244,1		243,65	243,6		243,5	243,4
	45	240,0	239,8	239,4		238,15	239,05		238,95	238,8
	46	236,0	235,55	235,35		234,95	234,7		234,4	234,25
	47	231,2	230,9	230,7		230,25	230,0		229,85	229,75
	48	216,0	215,6	215,4		215,1	214,9		214,8	213,7
	49	244,35	244,0	244,8		243,75	243,45		243,25	243,1
	50	242,4	242,0	241,7		241,5	241,35		241,2	241,0
	51	236,45	236,0	235,7		235,55	235,4		235,2	235,1
	52	229,0	228,7	228,5		228,3	228,1		228,0	227,9
	53	217,9	217,45	217,3		217,03	216,8		216,6	216,5
	54	245,4	245,0	244,7		244,3	243,45		243,0	242,95
	55	244,0	243,8	243,5		243,3	242,8		242,6	242,4
	56	233,0	232,7	232,4		232,1	231,9		231,75	231,6
	57	228,9	228,7	228,5		228,3	228,15		228,05	228,0
	58	214,75	214,4	214,25		214,05	213,95		213,85	213,8
	59	241,95	241,65	241,4		241,1	240,75		240,4	240,3
	60	241,25	241,0	241,75		240,5	240,35		240,05	240,0
	61	255,1		254,6		254,25				
	62	252,9		252,8		252,55				
	63	249,4		249,02		248,95				
	64	247,4		247,0		246,8				
	65	245,35		253,8		253,65				
	66	243,78		243,35		243,3				
	67	241,05		240,55		240,2				
	68	234,35		234,03		234,0				
	69	243,45		243,03		243,0				
	70	243,15		242,9		242,8				
	71	243,8		243,6		243,4				
	72	243,75		243,1		243,0				
	73	247,7		247,1		247,0				
	74	237,25		236,8		236,75				
	75	244,95		244,2		244,05				
	76	243,05		243,0		242,95				
	77	242,75		242,25		242,2				
	78	247,78		247,4		247,35				
	79	242,02		241,4		241,25				
	80	238,5		238,02		238,0				
Сред.										

Продолжение Табл.47

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
				0,85			1,1		
				0,6			0,9		
				0,35			0,45		
	0,4	0,5		0,8	1,4		1,7	1,9	
	0,3	0,6		1,3	1,3		1,35	1,4	
	0,7	0,95		1,65	1,7		1,75	1,8	
	0,4	0,7		1,15	1,2		1,3	1,4	
	0,2	0,6		0,85	0,95		1,05	1,2	
	0,45	0,65		1,05	1,3		1,6	1,75	
	0,3	0,5		0,95	1,2		1,35	1,45	
	0,4	0,6		0,9	1,1		1,2	1,3	
	0,35	0,55		0,6	0,9		1,1	1,25	
	0,4	0,7		0,9	1,05		1,2	1,40	
	0,45	0,75		0,9	1,05		1,25	1,35	
	0,3	0,5		0,7	0,9		1,0	1,1	
	0,45	0,6		0,87	1,1		1,3	1,4	
	0,4	0,7		1,1	1,95		2,4	2,45	
	0,2	0,5		0,7	1,2		1,4	1,6	
	0,3	0,6		0,9	1,1		1,25	1,4	
	0,2	0,4		0,6	0,75		0,85	0,9	
	0,35	0,5		0,75	0,85		0,95	1,0	
	0,3	0,55		0,55	1,2		1,55	1,65	
	0,25	0,5		0,75	0,9		1,2	1,25	
		0,9		0,85					
		0,3		0,35					
		0,38		0,45					
		0,4		0,8					
		1,55		1,7					
		0,43		0,48					
		0,5		0,85					
		0,32		0,35					
		0,42		0,45					
		0,25		0,35					
		0,2		0,4					
		0,65		0,75					
		0,6		0,7					
		0,45		0,5					
		0,75		0,9					
		0,05		0,1					
		0,5		0,55					
		0,36		0,43					
		0,62		0,77					
		0,45		0,5					
	0,355	0,542	0,679	0,695	1,155	1,197	1,064	1,447	1,57

ДИНАМИКА ИСПАРЕНИЯ С СУХОГО ЛИСТА. 1989г.

Табл. 46

п/п	Время	Средний испарившийся вес, г	Расчетная поверхность дм²	Испаряющаяся поверхность, листа, дм²	Скорость испарения	
					г/дм²·ч	мм/ч
1	за 5 мин	0,355	0,5713	0,5713	7.46	0,75
2	за 10 мин	0,542	0,5713	0,5713	5,69	0,57
3	за 18 мин	0,679	0,5708	0,5708	3,98	0,4
4	за 20 мин	0,699	0,5713	0,5713	3,67	0,37
5	за 30 мин	1,155	0,5713	0,5713	4,04	0,4
6	за 35 мин	1,197	0,5708	0,5708	3,59	0,36
7	за 40 мин	1,064	0,5708	0,5708	2,79	0,28
8	за 50 мин	1,447	0,5708	0,5708	3,04	0,3
9	за 68 мин	1,57	0,5708	0,5708	2,43	0,24

Табл. 4.9

Вывод уравнения регрессии $v = f(t)$

			X	Y	X^2	Y^2	X·Y
	t мин	v г/км²·ч	lgt	lg v	$(lgt)^2$	$(lg v)^2$	lgt·lg$v$
1	5	7,456	0,698	0,872	0,488	0,761	0,609
2	10	5,692	1,0	0,755	1,0	0,57	0,755
3	18	3,965	1,255	0,598	1,575	0,357	0,75
4	20	3,67	1,301	0,564	1,692	0,318	0,734
5	30	4,04	1,477	0,606	2,181	0,367	0,895
6	35	3,59	1,544	0,555	2,384	0,308	0,857
7	40	2,796	1,602	0,446	2,566	0,199	0,715
8	50	3,042	1,698	0,483	2,886	0,233	0,82
9	68	2,426	1,832	0,384	3,358	0,148	0,705
		Σ	12,407	5,263	18,13	3,265	6,84

$$r = \frac{N\cdot\Sigma XY - \Sigma X\cdot\Sigma Y}{\sqrt{[N\cdot\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N\cdot\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} =$$

$$= \frac{9(6,84) - 12,407(5,263)}{\sqrt{[9\cdot(18,13) - (12,407)^2][9(3,265) - (5,263)^2]}} = \frac{-3,738}{3,946} = -0,94$$

$$a_0 = \frac{\Sigma Y\,\Sigma X^2 - \Sigma X\,\Sigma XY}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{5,263(18,13) - 12,407(6,84)}{9\cdot(18,13) - (12,407)^2} = \frac{10,554}{9,236} = 1,142$$

$$a_1 = \frac{N\cdot\Sigma XY - \Sigma X\cdot\Sigma Y}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{-3,738}{9,236} = -0,404$$

$$Y = a_0 + a_1 X$$

$$lg\,v = a_0 + a_1\,lg\,t$$

$$lg\,v = lg\,10^{a_0} + lg\,t^{a_1}$$

$$lg\,v = lg(10^{a_0}\cdot t^{a_1})$$

$$v = 10^{a_0}\cdot t^{a_1}$$

$$v = 10^{1,142}\cdot t^{-0,404}$$

$$\boxed{v = 13,86\cdot t^{-0,404}}$$

%	t	v
1	5	7,23
2	10	5,47
3	20	4,13
4	30	3,51
5	40	3,12
6	50	2,85
7	70	2,5

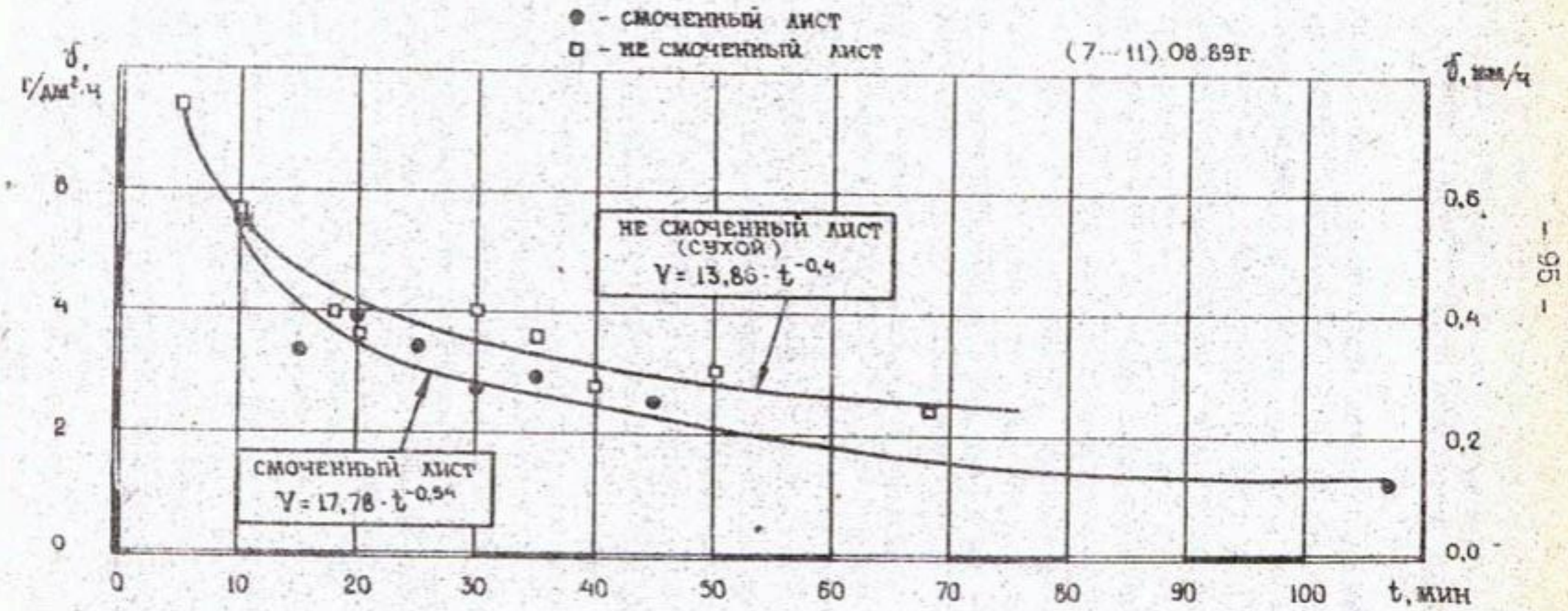


Рис.4.4 Динамика испарения и транспирации со смоченного и сухого листа хлопчатника

4.4. Определение толщины слоя, прилипающего к поверхности листьев на кусте хлопчатника при смачивании его в сосуде с водой, и скорости высыхания

При проведении опытов этой серии в поле хлопчатника срезалось последовательно от 5 до 20 кустов. Сразу после срезания кусты помещались в целлофановый мешок. Затем выносились с поля и взвешивались вместе с мешком. После этого куст вынимали из мешка, смачивали в сосуде с водой, слегка стряхивали, снова помещали в мешок и взвешивали. По разнице весов сухого и мокрого куста узнавали вес воды, осевшей на кусте. Затем куст в мешке выносили либо на открытую площадку, либо в поле. Устанавливали его и давали возможность обсохнуть. Через определенные интервалы времени от 9 до 90 мин. куст снова помещали в мешок и взвешивали, узнавая тем самым вес испарившейся воды с куста (транспирацию) в определенных интервалах времени. Всего было проведено четыре серии опытов со II6 кустами в разные периоды развития хлопчатника (см. прил. П 4.I6 - П 4.I9). В каждой серии определялся вес и слой воды, осевшей на листьях куста, вес и слой воды, испарившейся с куста за различные интервалы времени, и в конечном итоге скорость испарения (транспирация куста). Сводные результаты опытов показаны в табл. 4.I0, из которой видно, что средний слой, прилипший к поверхности листьев куста, составил 0,06 мм. Вспомним, что в опытах с отдельным листом этот слой составил 0,088 мм. Это, вероятно, объясняется тем, что в опытах с кустами в I989 году получили завышенное значение поверхности листьев. По опытам же I990 года величина прилипшего слоя осадков составила 0,072 мм, то есть уже была близка к слою, оседающему на отдельных листах. Во всяком случае для предварительных расчетов можно будет принять, что средний слой осадков, прилипающий к поверхности листьев куста, около 0,08 мм.

Анализируя динамику изменения скорости транспирации (рис. 4.5), можно отметить, что во всех сериях опытов скорость транспирации срезанного куста со временем затухала, приближаясь к значению (0,05 - 0,I) мм/ч. Если сравнить их с установившимися скоростями транспирации с поверхности срезанных листьев, вставленных в пузырек с водой, где скорость была 0,I - 0,2 мм/ч, то можно отметить, что транспирация с куста была примерно в два раза ниже.

РАСЧЕТ СКОРОСТИ ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТЬЕВ КУСТА ХЛОПЧАТНИКА СМОЧЕННОГО В СОСУДЕ С ВОДОЙ

ТАБЛ.4.10

ДАТА	ВРЕМЯ	СРЕДНИЙ ИСПАРИВШИЙСЯ ВЕС С КУСТА, г	РАСЧЕТНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ЛИСТЬЕВ НА ОДНОМ КУСТЕ ДМ²	ИСПАРЯЮЩАЯСЯ ПОВЕРХНОСТЬ ЛИСТЬЕВ НА ОДНОМ КУСТЕ ДМ²	ИСПАРИВШИЙСЯ СЛОЙ, мм	СКОРОСТЬ ИСПАРЕНИЯ		ВЕС ВОДЫ, ОСЕВШИЙ НА КУСТЕ г	СЛОЙ ПРИЛИПШИЙ К ЛИСТЬЯМ мм
						г/дм²·ч	мм/ч		
23.06.90г.	за 20 мин	2,91	3,56	7,12	0,041	1,25	0.125	4,76	0,067
	за 35 мин	4,17	3,56	7,12	0,058	1,0	0,1		
	за 50 мин	5,68	3,56	7,12	0,079	0,95	0,095		
	за 75 мин	7,33	3,56	7,12	0,102	0,82	0,082		
6.07.90 г.	за 30 мин	7,08	6,55	13,1	0,053	1,07	0,107	8,55	0,05
	за 40 мин	5,62	6,55	13,1	0,042	0,645	0,064		
	за 55 мин	8,86	6,55	13,1	0,067	0,735	0,073		
	за 60 мин	7,26	6,55	13,1	0,055	0,555	0,055		
	за 75 мин	10,47	6,55	13,1	0,08	0,64	0,064		
	за 90 мин	8,89	6,55	13,1	0,067	0,45	0,045		
17.07.90г.	за 30 мин	18,41	9,72	19,44	0,095	1,89	0,189	19,59	0,1
	за 60 мин	22,5	9,72	19,44	0,115	1,155	0,115		
	за 90 мин	28,96	9,72	19,44	0,135	0,915	0,091		
24.07.89г.	за 9 мин	7,18	18,7	37,4	0,019	1,28	0,128	8,32	0,072
	за 11 мин	7,91	18,7	37,4	0,021	1,154	0,115		0,022
	за 15 мин	11,84	18,7	37,4	0,031	1,26	0,126		
	за 20 мин	11,23	18,7	37,4	0,03	0,9	0,09		
	за 30 мин	10,7	18,7	37,4	0,028	0,57	0,057		
ПРИНИМАЕМ, ЧТО: 1) СЛОЙ, ПРИЛИПАЮЩИЙ К ЛИСТЬЯМ, РАВЕН 0,08 мм 2) СКОРОСТЬ ВЫСЫХАНИЯ С КУСТА РАВНА 0,075 мм/ч									0,06

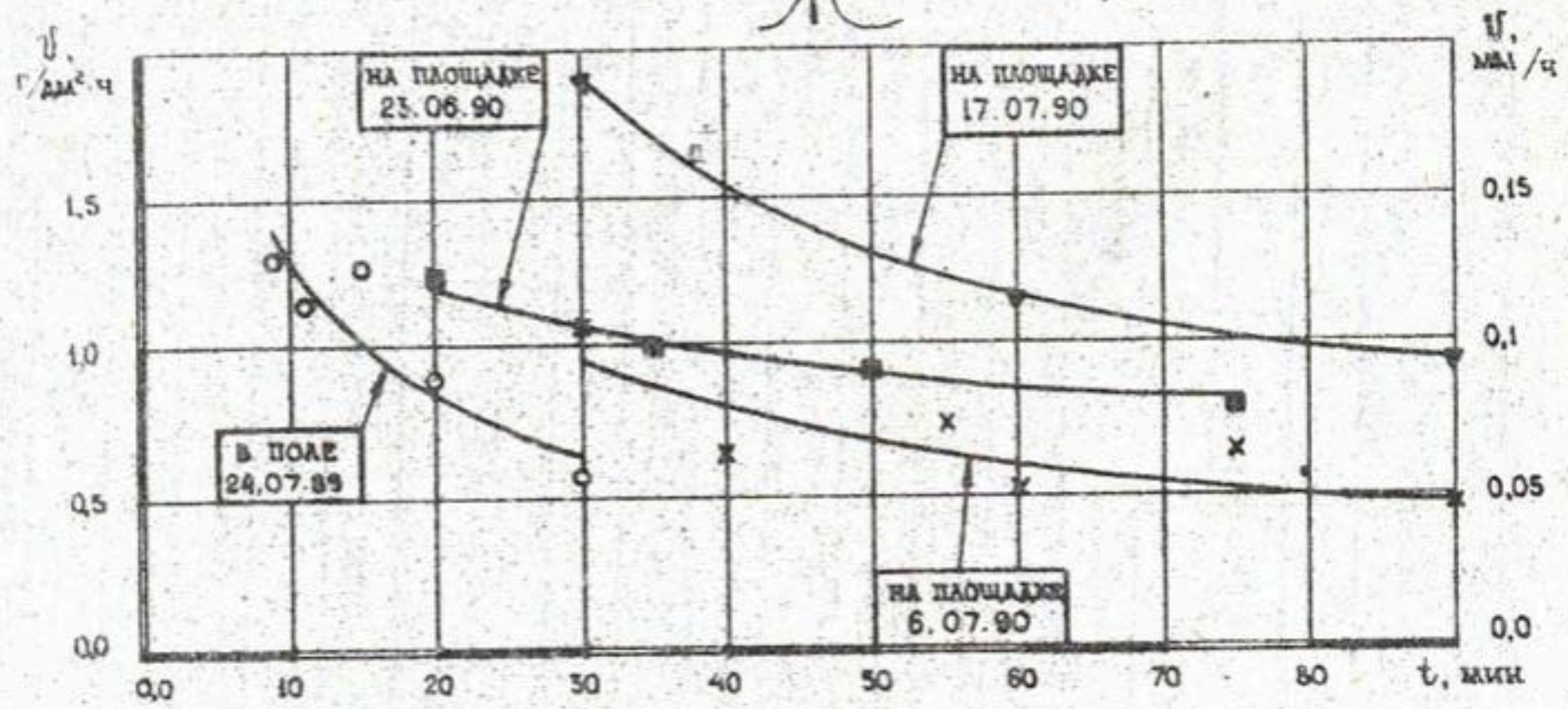


Рис.45. Динамика испарения с поверхности листьев куста хлопчатника, смоченного в сосуде с водой (июнь)

Это и понятно, ведь листья на кусте затеняют друг друга, чего нельзя сказать об отдельном листе.

4.5. Расчет времени высыхания смоченного куста хлопчатника и относительного испарения с поверхности листьев

Из вышепредставленных опытов следует, что максимальный слой воды, который может прилипнуть к листьям, равен 0,08 мм, а средняя скорость испарения-0,075 мм/час. Таким образом, время испарения осевшего слоя воды составляет 0,08 : 0,075 = I,I часа. Этот расчет хорошо согласуется с данными наблюдений за высыханием поля хлопчатника, смоченного водой при дождевании, через 50 - 80 мин, кусты хлопчатника в поле были сухими. Более низкорослые кусты и в местах сильного разряжения высыхали быстрее (20 - 30 мин.). В местах с высокорослым хлопчатником с загущенным посевом вода на нижних ярусах листьев сохранялась несколько часов.

4.6. Исследование микроклимата поля хлопчатника при дождевании машиной "Кубань-М2"

При дождевании хлопчатника машиной "Кубань-М2" в течение 1989 - 1990 годов исследовались параметры микроклимата (температура и относительная влажность воздуха). Измерения проводили посредством барогидрометров БМ-7. Во время работы машины наблюдатели выходили к месту замера (ферма № 7, ферма № 8) в I0 метрах от факела дождя со стороны только что политого поля (замер № I, начало опыта I0 ч 30 мин, рис.4.6). Находясь на тех же точках, через час, когда факел дождя удалился от наблюдателей на 3I м, был произведен замер № 2 (время II час 30 мин). Затем, оставив заметку на месте замера, наблюдатели переходили на сухую часть поля и в II час 45 мин, находясь впереди факела дождя, производили замер № 3. После чего отошли от факела на 40 метров и произвели замер № 4 (время I2 час I5 мин); после чего вернулись на мокрое поле к помеченному ранее месту и произвели замер № 5 (время I2 час 30 мин). В момент этого замера факел дождя удалился на расстояние в 52 метра. Потом наблюдатели перешли снова на сухое поле. Выполнили замеры № 6 и 7 и снова вернулись на мокрое поле, на котором выполнили замеры № 8 - I4. Таким образом, с I0 час 30 мин до I9 час 30 мин наблюдатели сделали по I4 замеров как перед надвигающимся факелом дождя со стороны сухого поля, так и

за факелом дождя со стороны мокрого поля. Осредненные по двум приборам результаты замеров, выполненные 24.07.90 г., показаны на рис.4.6.

Изменение параметров микроклимата после прохода машины в наблюдаемой точке поля показано на рис.4.7. Из рисунка следует, что перепад температуры по границам факела дождя машины, разделяющем сухое поле от смоченного, составил 8°С, а перепад относительной влажности - 45%. Сразу за факелом дождя на удалении 10 метров относительная влажность была 85%. По мере удаления от факела влажность падала. Поэтому есть основания считать, что в самом факеле дождя влажность была выше 85% и вполне возможно, что она была близкой к 100% (вспомним утверждение Мансурова М.С., который говорил о 100%-ной влажности в факеле дождя). Во всяком случае, наши замеры говорят о том, что относительная влажность в факеле дождя должна приближаться к 100%, а испарение - к нулю.

По мере удаления факела дождя от точки смачивания температура начинает расти, а относительная влажность падать. Через 8 часов после полива температура в смоченной точке и относительная влажность на высоте 100 см от поверхности земли восстановятся. За это время при норме полива за проход около 435 м³/га машина пройдет 178 метров. Ниже отметки 100 см температура будет всегда ниже температуры окружающего воздуха, которая измеряется на высоте 200 см.

Исследования показали, что изменение параметров микроклимата наблюдается и впереди факела дождя со стороны сухого поля. На расстоянии 10 метров от факела температура снижается на 2°С, а влажность повышается на 10%. Общее изменение микроклимата наблюдается на расстоянии до 20 метров при практическом отсутствии ветра (не более 1,2 м/ч). При более сильном ветре фронт холодного воздуха впереди машины может быть увеличен или уменьшен, в зависимости от направления ветра. В описанном опыте общий фронт изменения микроклимата над поверхностью растений распространялся на 199 метров.

В этой же серии опытов, но в другие дни мы измеряли динамику температуры воздуха на различной высоте от поверхности земли (рис.4.15 - 4.16). Анализ замеров (табл.4.15) показал, что в утренние часы (9 час 30 мин), когда температура воздуха в слое 0 - 200 см еще низка (25°С), полив снижает температуру до 19,7°С ,

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	ОТНОСИТ. ВЛАЖН. ВОЗДУХА	ПРИБОРЫ УСТАНОВЛЕНЫ ПО ЛИНИИ СЕРЕДИНЫ ФЕРМ №7 и №8	ОЧЕРЕДНОСТЬ ЗАМЕРА	ВРЕМЯ ЗАМЕРА Ч:МИН	РАССТОЯНИЕ ДО ФАКЕЛА, м	СКОРОСТЬ МАШИНЫ м/мин
38°C	40%	○ №7 ○ №8	14	19:30	199	0,35
38	40		13	18:30	178	0,35
37	50		12	17:30	157	0,35
38	55	ПОЛИТОЕ (МОКРОЕ) ПОЛЕ ХЛОПЧАТНИКА	11	16:30	138	0,35
35	60		10	15:30	115	0,35
34	65		9	14:30	84	0,35
33	70		8	13:30	73	0,35
32	75		5	12:30	52	0,35
31	80		2	11:30	31	0,35
30	85		1	10:30	10	
36	50	ФАКЕЛ ДОЖДЯ	3	11:45	10	НАПРАВЛЕНИЕ МАШИНЫ →
38	40		4	12:15	40	
38	40	СУХОЕ ПОЛЕ	6	12:45	50	
38	40		7	13:15	60	

ДАТА: 24.07.90 г. $h_{ср}$ = 43,5 мм $V_{ветра}$ = 60 об/мин ПРИБОР НА ВЫСОТЕ 100 СМ ОТ ЗЕМЛИ

Рис. 4.6 Схема опыта и результаты замеров

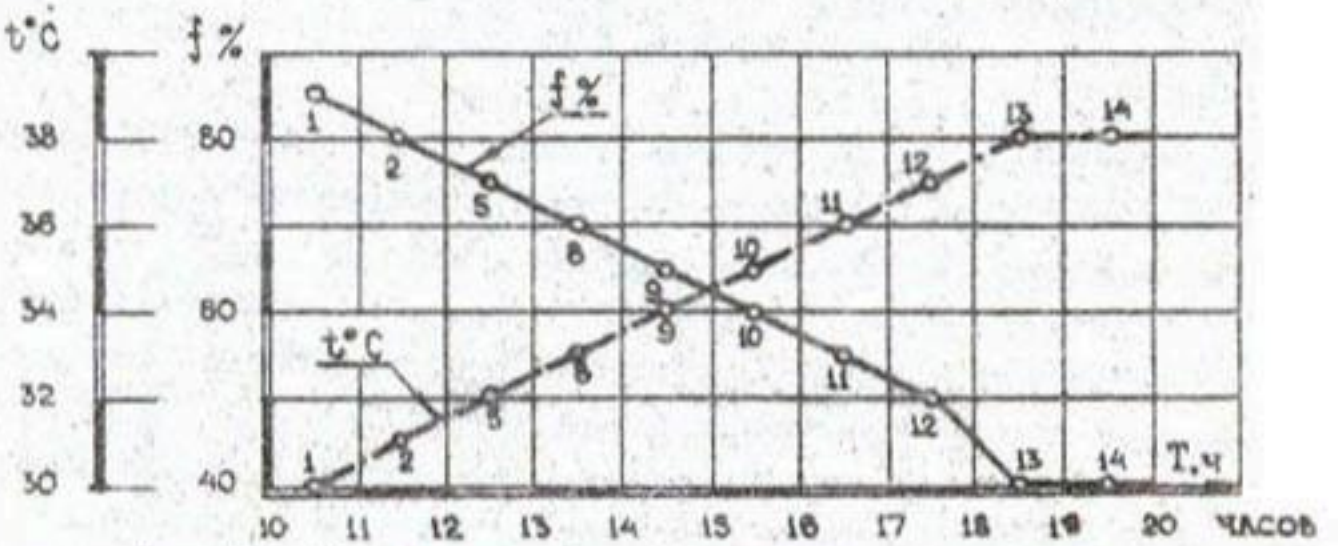


Рис. 4.7 Изменение параметров микроклимата после прохода машины

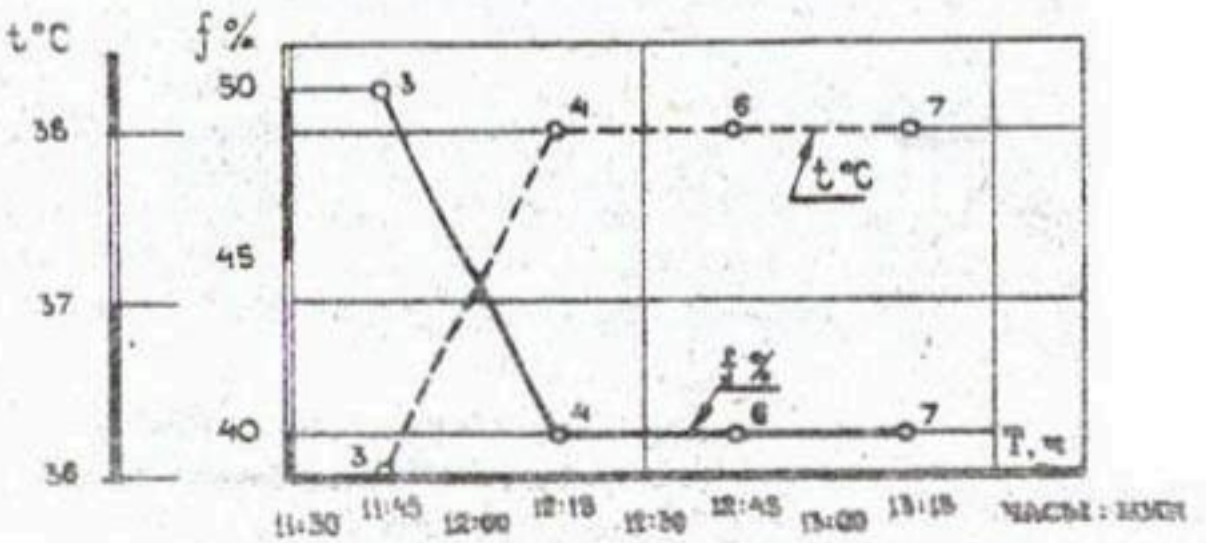


Рис. 4.8 Изменение параметров микроклимата перед машиной „Кузбасс"

создавая по линии факела дождя перепад в 5,4°С (рис.4.15). Днем (13 час 30 мин) воздух прогревается до 32,7°С, а после полива падает до 24,3°С, создавая перепад в 8,4°С. Вечером (18 час 30 мин) воздух прогревается в слое 0 - 200 см в среднем до 34,4°С. После полива температура падает до 23,8°С. Перепад составляет уже 10,5°С. Таким образом, наблюдая за динамикой температур воздуха в слое 0 - 200 см, можно отметить, что она по мере удаления от поверхности почвы возрастает. Предполивная температура устанавливалась уже на отметке 140 см и далее по мере подъема прибора не увеличивалась. Температура воздуха после полива также возрастала. Однако перепад практически сохранялся постоянным. На всей высоте замера до отметки 200 см температура воздуха мокрого поля возрастала и, очевидно, выравнивание температуры воздуха над мокрым полем с предполивной температурой находится на большой высоте (вероятно, превышающей 10 метров). Это говорит о том, что над мокрым полем формируется весьма солидный покров прохладного и влажного воздуха, создающего иной микроклимат.

Опыты других серий, аналогичных описанным, показаны на рис. 4.10 - 4.16.

Анализ микроклимата по высоте хлопчатника (табл.4.16) показал, что на сухом поле под покровом растений средняя температура ниже температуры окружающего воздуха в июле месяце в среднем на 6 - 7°С. Следовательно, должен быть ниже и дефицит влажности, и скорость испарения. Этот вывод, собственно, подтвержден результатами исследований, описанными в разделе (3.5).

Но еще больший перепад температур наблюдается после полива. В этом случае перепад температур составил 14-15°С. Следует отметить, что с повышением температуры окружающего воздуха растет и перепад. В среднем предполивная температура была в пределах 24-33°С, а после полива в пределах 19-23°С. То есть за межполивной период дневная температура поля повышалась на 5-10% (в среднем 7-9°С за 25 дней). Собственно, на эту же цифру выйдем, если из 14,6 - 6,5 = 8,1°С. Таким образом при расчете испарения среднемесячный дефицит влажности воздуха среди растений хлопчатника будет ниже дефицита влажности окружающего поля воздуха, примерно на 15 мм.рт.ст.

Обобщая результаты опытов, можно отметить, что дождевальная машина "Кубань-М2" является мощным средством регулирования микроклимата. Одновременно сделаем и следующие выводы :

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	ОТНОСИТ. ВЛАЖН. ВОЗДУХА	ПРИБОРЫ УСТАНОВЛЕНЫ ПО ЛИНИИ СЕРЕДИНЫ ФЕРМ №7 И №8	ОЧЕРЕДНОСТЬ ЗАМЕРА	ВРЕМЯ ЗАМЕРА Ч:МИН	РАССТОЯНИЕ ДО ФАКЕЛА, м	СКОРОСТЬ МАШИНЫ м/мин
38°C	40%	№7 ... №8	12	19:30	226	0,45
38	40		11	18:30	199	0,45
38	45		10	17:30	172	0,45
36	50	ПОЛИТОЕ (МОКРОЕ) ПОЛЕ ХЛОПЧАТНИКА	9	16:30	145	0,45
34	55		8	15:30	118	0,45
34	60		7	14:30	91	0,45
32	70		6	13:30	64	0,45
31	75		5	12:30	37	0,45
30	80		1	11:30	10	
36	50	ФАКЕЛ ДОЖДЯ	2	11:30	10	НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ
38	40	СУХОЕ ПОЛЕ	3	11:45	40	
38	40		4	12:00	60	

ДАТА: 2.07.90 $h_{ср}$ = 38,3 мм; $V_{ветра}$ = 60 об/мин ПРИБОР НА ВЫСОТЕ 50 см ОТ ЗЕМЛИ

Рис.4.9 Схема опыта и результаты замеров.

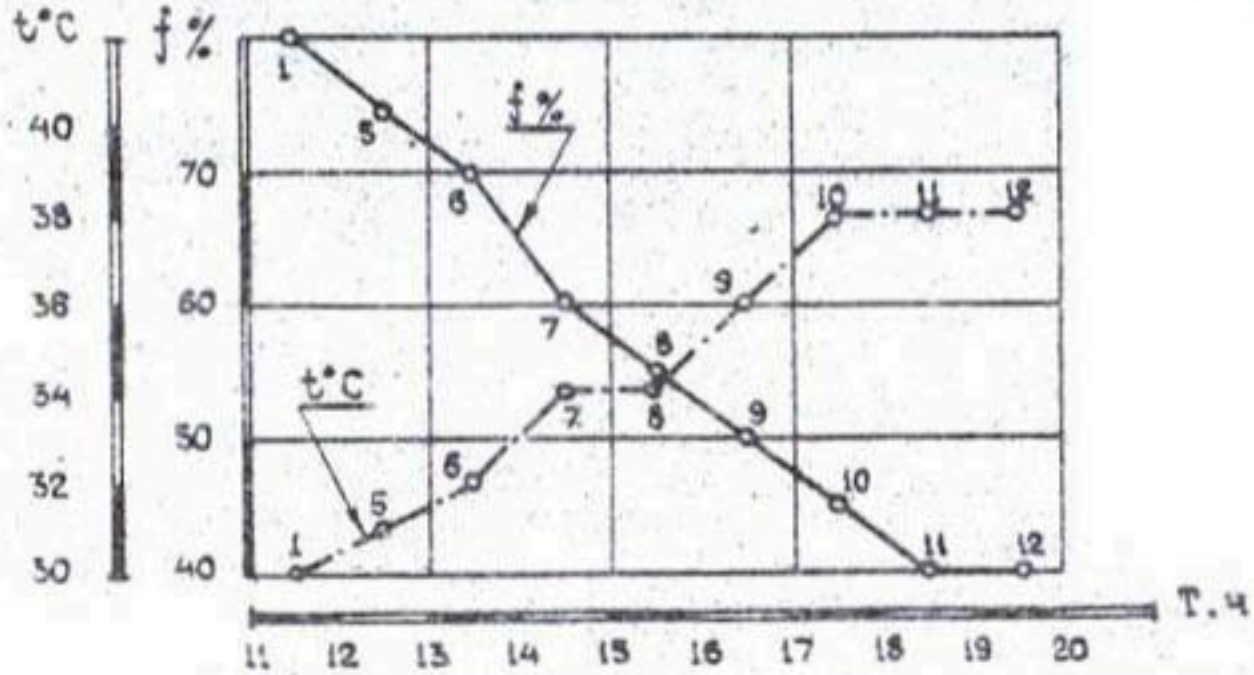


Рис.4.10 Изменение параметров микроклимата после прохода машины

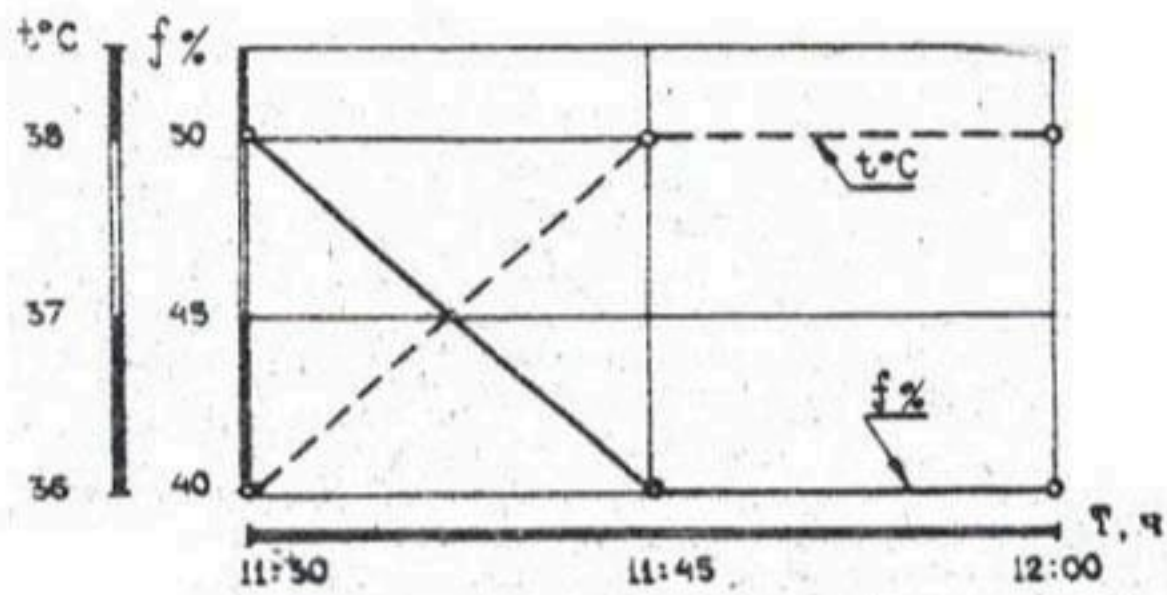


Рис.4.11 Изменение параметров микроклимата перед машиной „Кубань"

Табл. 4.11

Вывод уравнения регрессии $v = f(t)$

			X	Y	X^2	Y^2	X·Y
	t мин	v г/дм²·ч	lg t	lg v	(lg t)²	(lg v)²	lg t·lg v
1	9	1,28	0,954	0,107	0,91	0,0115	0,102
2	11	1,154	1,041	0,062	1,084	0,0038	0,065
3	15	1,26	1,176	0,1	1,383	0,01	0,118
4	20	0,9	1,301	-0,045	1,692	0,002	-0,059
5	30	0,57	1,477	-0,244	2,181	0,059	-0,36
		Σ	5,949	-0,02	7,252	0,087	-0,134
Дата						24.07.89г.	

$$r = \frac{N\cdot\Sigma XY - \Sigma X\cdot\Sigma Y}{\sqrt{[N\cdot\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N\cdot\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} =$$

$$= \frac{5(-0,134) - 5,949(-0,02)}{\sqrt{[5(7,252) - (5,949)^2][5(0,087) - (-0,02)^2]}} = \frac{-0,55}{0,61} = -0,9$$

$$a_0 = \frac{\Sigma Y\cdot\Sigma X^2 - \Sigma X\cdot\Sigma XY}{N\cdot\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{-0,02(7,252) - 5,949(-0,134)}{5(7,252) - (5,949)^2} = \frac{0,852}{0,87} = 0,75$$

$$a_1 = \frac{N\cdot\Sigma XY - \Sigma X\cdot\Sigma Y}{N\cdot\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{-0,55}{0,87} = -0,63$$

$$Y = a_0 + a_1 X$$

$$\lg v = a_0 + a_1 \lg t$$

$$\lg v = \lg 10^{a_0} + \lg t^{a_1}$$

$$\lg v = \lg(10^{a_0}\cdot t^{a_1})$$

$$v = 10^{a_0}\cdot t^{a_1}$$

$$\boxed{v = 5,6\cdot t^{-0,63}}$$

п/п	1	2	3	4	5
t	9	11	13	20	30
v	1,4	1,24	1,02	0,85	0,66

Табл. 4.12

ВЫВОД УРАВНЕНИЯ РЕГРЕССИИ $v = f(t)$

			X	Y	X^2	Y^2	X·Y	
№	t мин	v г/дм²ч	lgt	lgv	$(lgt)^2$	$(lgv)^2$	lgt·lgv	17.07.90г
1	30	1,89	1,477	0,276	2,181	0,076	0,408	
2	60	1,155	1,778	0,062	3,161	0,0039	0,111	
3	90	0,915	1,954	-0,038	3,819	0,0015	-0,075	
		Σ	5,209	0,3	9,162	0,082	0,444	

$$r = \frac{N\cdot\Sigma XY - \Sigma X\cdot\Sigma Y}{\sqrt{[N\,\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N\,\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} =$$

$$= \frac{3(0,444) - 5,209\,(0,3)}{\sqrt{[3(9,162) - (5,209)^2][3(0,082) - (0,3)^2]}} = \frac{-0,23}{0,234} = -0,98$$

$$a_0 = \frac{\Sigma Y\cdot\Sigma X^2 - \Sigma X\cdot\Sigma XY}{N\cdot\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{0,3\cdot(9,162) - 5,209\,(0,444)}{3(9,162) - (5,209)^2} = \frac{0,435}{0,352} = 1,24$$

$$a_1 = \frac{N\cdot\Sigma XY - \Sigma X\cdot\Sigma Y}{N\cdot\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{-0,23}{0,352} = -0,65$$

$$Y = a_0 + a_1\cdot X$$

$$lg\,v = a_0 + a_1\,lg\,t$$

$$lg\,v = lg\,10^{a_0} + lg\,t^{a_1}$$

$$lg\,v = lg\,(10^{a_0}\cdot t^{a_1})$$

$$v = 10^{a_0}\cdot t^{a_1}$$

$$\boxed{v = 17,38\cdot t^{-0,65}}$$

№	1	2	3
t	30	60	90
v	1,9	1,21	0,93

Табл. 4.13

Вывод уравнения регрессии $\vartheta = f(t)$

			X	Y	X^2	Y^2	$X \cdot Y$	
№	t мин	ϑ г/дм²·ч	lgt	lgϑ	$(\lg t)^2$	$(\lg \vartheta)^2$	$\lg t \cdot \lg \vartheta$	8.07.90 г.
1	30	1,07	1,477	0,029	2,181	0,0008	0,043	
2	40	0,645	1,602	-0,19	2,566	0,036	-0,305	
3	55	0,735	1,74	-0,133	3,028	0,0178	-0,232	
4	60	0,555	1,778	-0,255	3,161	0,065	-0,454	
5	75	0,64	1,875	-0,193	3,515	0,0375	-0,363	
6	90	0,45	1,954	-0,346	3,819	0,12	-0,677	
		Σ	10,426	-1,088	18,274	0,278	-1,988	

$$r = \frac{N \cdot \Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{\sqrt{[N \cdot \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N \cdot \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} =$$

$$= \frac{6(-1,988) - 10,426(-1,088)}{\sqrt{[6(18,274) - (10,426)^2][6(0,278) - (-1,088)^2]}} = \frac{-0,584}{0,675} = -0,86$$

$$a_0 = \frac{\Sigma Y \cdot \Sigma X^2 - \Sigma X \cdot \Sigma XY}{N \cdot \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{-1,088(18,274) - 10,426(-1,988)}{6(18,274) - (10,426)^2} = \frac{0,844}{0,942} = 0,89$$

$$a_1 = \frac{N \cdot \Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{N(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} = \frac{-0,584}{0,942} = -0,62$$

$$Y = a_0 + a_1 X$$

$$\lg \vartheta = a_0 + a_1 \cdot \lg t$$

$$\lg \vartheta = \lg 10^{a_0} + \lg t^{a_1}$$

$$\lg \vartheta = \lg (10^{a_0} \cdot t^{a_1})$$

$$\vartheta = 10^{a_0} \cdot t^{a_1}$$

$$\boxed{\vartheta = 7,76 \cdot t^{-0,62}}$$

n/n	t	ϑ
1	30	0,94
2	40	0,79
3	55	0,65
4	60	0,61
5	75	0,53
6	90	0,47

Табл. 4.14.

ВЫВОД УРАВНЕНИЯ РЕГРЕССИИ $v = f(t)$

			X	Y	X^2	Y^2	X·Y	
	t мин	v г/дм²·ч	lg t	lg v	$(\lg t)^2$	$(\lg v)^2$	lg t·lg v	
1	20	1,25	1,301	0,096	1,692	0,0094	0,126	23. 06. 90 г.
2	35	1,0	1,544	0,0	2,384	0,0	0,0	
3	50	0,95	1,698	-0,022	2,886	0,0005	-0,037	
4	75	0,82	1,875	-0,086	3,515	0,0074	-0,161	
		Σ	6,418	-0,012	10,479	0,017	-0,072	

$$r = \frac{N\cdot\Sigma XY - \Sigma X\cdot\Sigma Y}{\sqrt{[N(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2][N\cdot\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} =$$

$$= \frac{4(-0{,}072) - 6{,}418(-0{,}012)}{\sqrt{[4(10{,}479) - (6{,}418)^2][4(0{,}017) - (-0{,}012)^2]}} = \frac{-0{,}21}{0{,}22} = -0{,}95$$

$$a_0 = \frac{\Sigma Y\cdot\Sigma X^2 - \Sigma X\cdot\Sigma XY}{N\cdot\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{-0{,}012(10{,}479) - 6{,}418(-0{,}072)}{4(10{,}479) - (6{,}418)^2} = \frac{0{,}336}{0{,}725} = 0{,}46$$

$$a_1 = \frac{N\cdot\Sigma XY - \Sigma X\cdot\Sigma Y}{N\cdot\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{-0{,}21}{0{,}725} = -0{,}29$$

$$Y = a_0 + a_1 X$$

$$\lg v = a_0 + a_1 \lg t$$

$$\lg v = \lg 10^{a_0} + \lg t^{a_1}$$

$$\lg v = \lg(10^{a_0}\cdot t^{a_1})$$

$$v = 10^{a_0}\cdot t^{a_1}$$

$$\boxed{v = 2{,}88\cdot t^{-0{,}29}}$$

п/п	1	2	3	4
t	20	35	50	75
v	1,2	1,02	0,93	0,82

Динамика изменения температуры при поливе машиной „Кубань 2М"

Табл. 415

Дата: 6.07.90											
№ опыта			1	2	3	4	5	6	7	Ср.	Перепад температур
Время опыта, ч:мин			Высота над поверхностью земли								
			0-20	0-40	0-60	0-80	0-100	0-140	0-200	0-200	
Температура воздуха °С	9^{00}...9^{30} утром	до полива	21,5	23,5	24,0	25,5	26,0	27,5	27,5	25,07	5,4
		после	17,5	18,0	18,5	19,5	20,5	21,5	22,5	19,7	
	13^{00}...13^{25} днем	до	26,5	27,5	29,0	34,0	38,0	38,0	38,0	32,7	8,4
		после	20,0	20,5	21,0	24,0	26,5	28,5	29,5	24,3	
	18^{05}...18^{30} вечером	до	30,5	31,0	32,0	35,0	36,5	38,0	38,0	34,4	10,5
		после	20,5	21,0	21,5	23,5	25,0	27,0	28,5	23,8	
Дата: 18.07.89											
Температура воздуха °С	11^{15}...11^{45} утром	до полива	25,4	25,5	26,4	27,3	28,2	31,6	33,4	28,3	6,8
		после	18,3	19,1	18,8	20,4	22,3	23,5	28,3	21,5	
	14^{00}...14^{30} днем	до	27,5	28,2	28,5	29,5	34,4	34,6	35,3	31,1	7,4
		после	20,0	23,1	23,2	22,8	25,3	25,5	26,0	23,7	
	18^{30}...19^{00} вечером	до	34,3	35,2	36,1	35,5	36,0	41,1	43,4	37,4	12,6
		после	21,1	24,2	24,3	24,5	25,0	27,1	27	24,7	

Перепад температур по высоте хлопчатника

Табл. 4/6

Дата 6.07.90г.							
Перепад температур на сухом поле днем между отметкой 200 см и отметками:							Средн по высоте
Время дня	10 см	20 см	40 см	60 см	80 см	100 см	0…100
Утром $9^{20}…11^{45}$	7	6	4	3,5	2	1,5	4
Днем $13^{00}…14^{30}$	13	11,5	10,5	9	4	2	8
Вечером $18^{05}…19^{20}$	9	7,5	7	6	3	1,5	5,7
Средний с 9^{20} до 19^{20}	9	8	7	6	3	1,6	6
На мокром поле							
Утром	11	10	9,5	9	8	7	9
Днем	19	18	17,5	17	14	11,5	16
Вечером	18	17,5	17	16,5	14,5	13	16
Средняя за день	16	15	14,6	14	12	10	14
Дата 18.07.89							
На сухом поле							
Утром	9	8	7,9	7	6,1	5,2	7,2
Днем	9	7,8	7,1	6,8	5,8	0,9	6,2
Вечером	10	9,1	8,2	7,3	7,9	7,4	8,3
Средняя за день	9,3	8,3	7,7	7	6,6	4,5	7,2
На мокром поле							
Утром	16	15,1	14,3	14,6	13	11,1	14
Днем	16	15,3	12,2	12,1	12,5	10	13
Вечером	23	22,3	19,2	19,1	18,9	18,4	20,1
Средняя за день	18,3	17,6	15,2	15,3	14,8	13,2	15,7
Ср. по сухому	9,1	8,2	7,3	6,5	4,6	3	6,5
Ср. по мокрому	17,1	16,3	14,9	14,7	13,4	11,1	14,6

Температура воздуха °С	Относит. влажность воздуха %	Приборы установлены по линии середины ферм №4 и №7	Очередность замера	Время замера ч:мин	Расстояние до факела, м	Скорость машины м/мин
35	60	○ №4 ○ №7	13	16:30	164	0,6
35	60		12	15:30	128	0,6
32	65		8	14:40	98	0,6
32	77		7	14:15	83	0,6
30	81		6	13:25	53	0,6
30	81		5	13:15	47	0,6
29	86		4	12:55	35	1,33
27,5	86		3	12:49	27	0,44
28	77		2	12:25	17	0,7
28	66		1	12:15	10	
36	55	ФАКЕЛ ДОЖДЯ	9	15:00	10	
36	55	СУХОЕ ПОЛЕ	10	15:15	20	
37	45		11	15:25	30	

ПОЛИТОЕ (МОКРОЕ) ПОЛЕ ХЛОПЧАТНИКА

ДАТА: 26.07.89 $h_{ср}$ = 30мм $V_в$ = 1,2 м/с ПРИБОР НА ВЫСОТЕ 100 СМ ОТ ЗЕМЛИ

Рис. 4.12 Схема опыта и результаты замеров

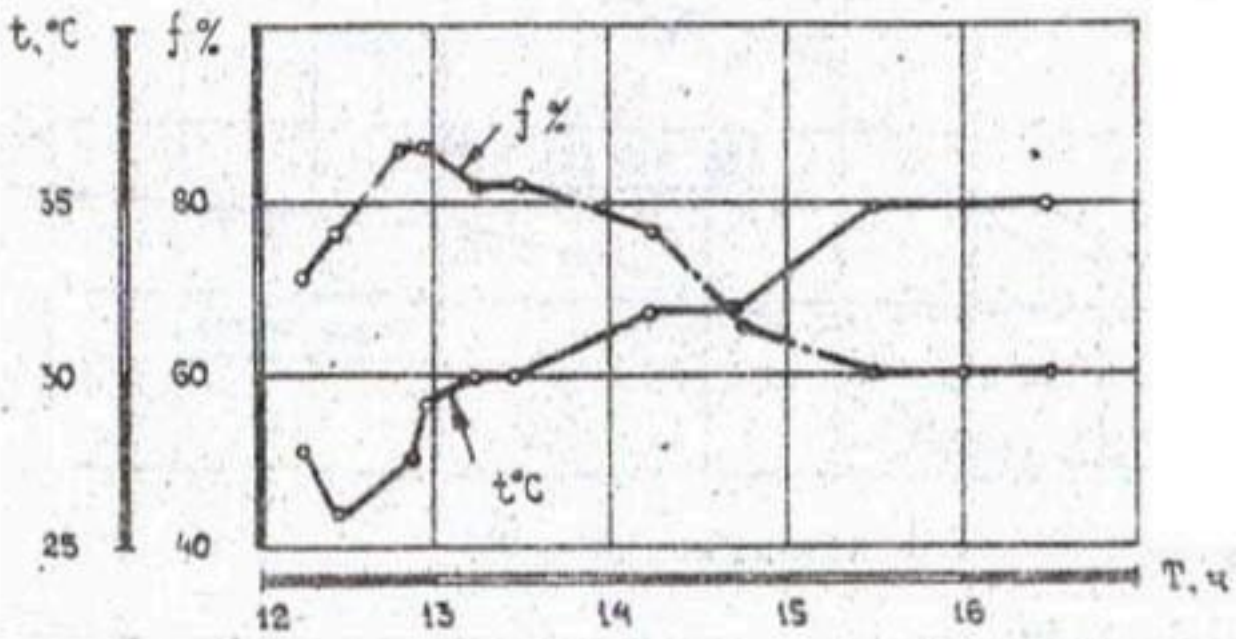


Рис. 4.13 Изменение параметров микроклимата после прохода машины

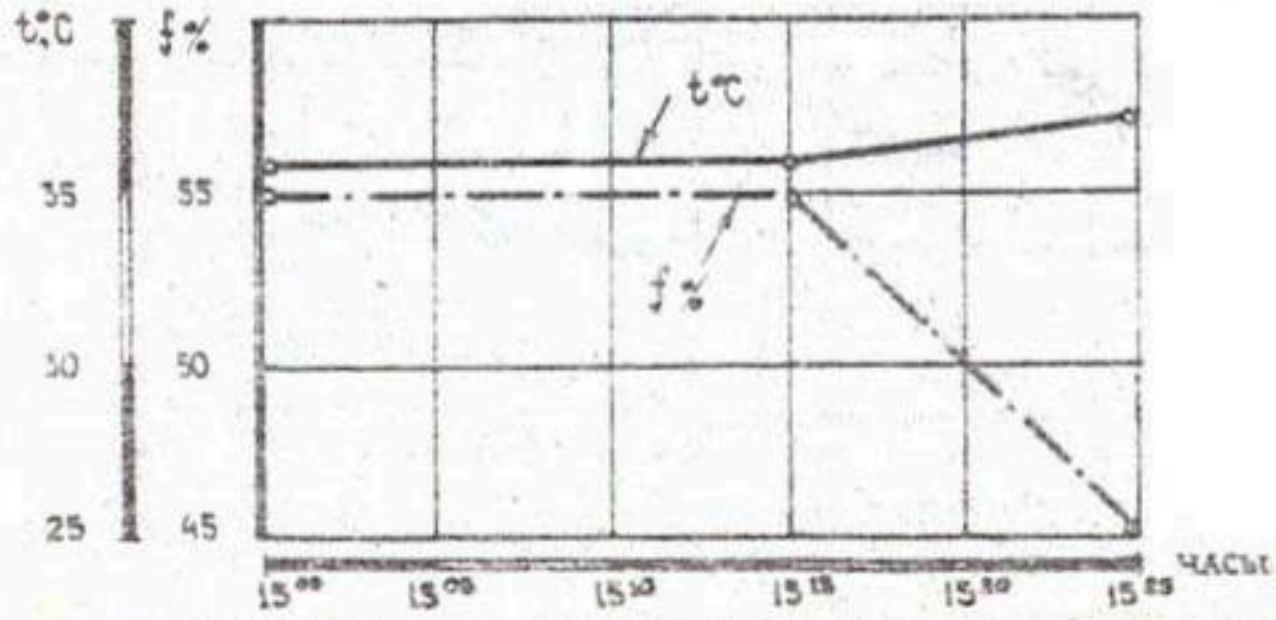


Рис. 4.14 Изменение параметров микроклимата перед машиной „Кубань"

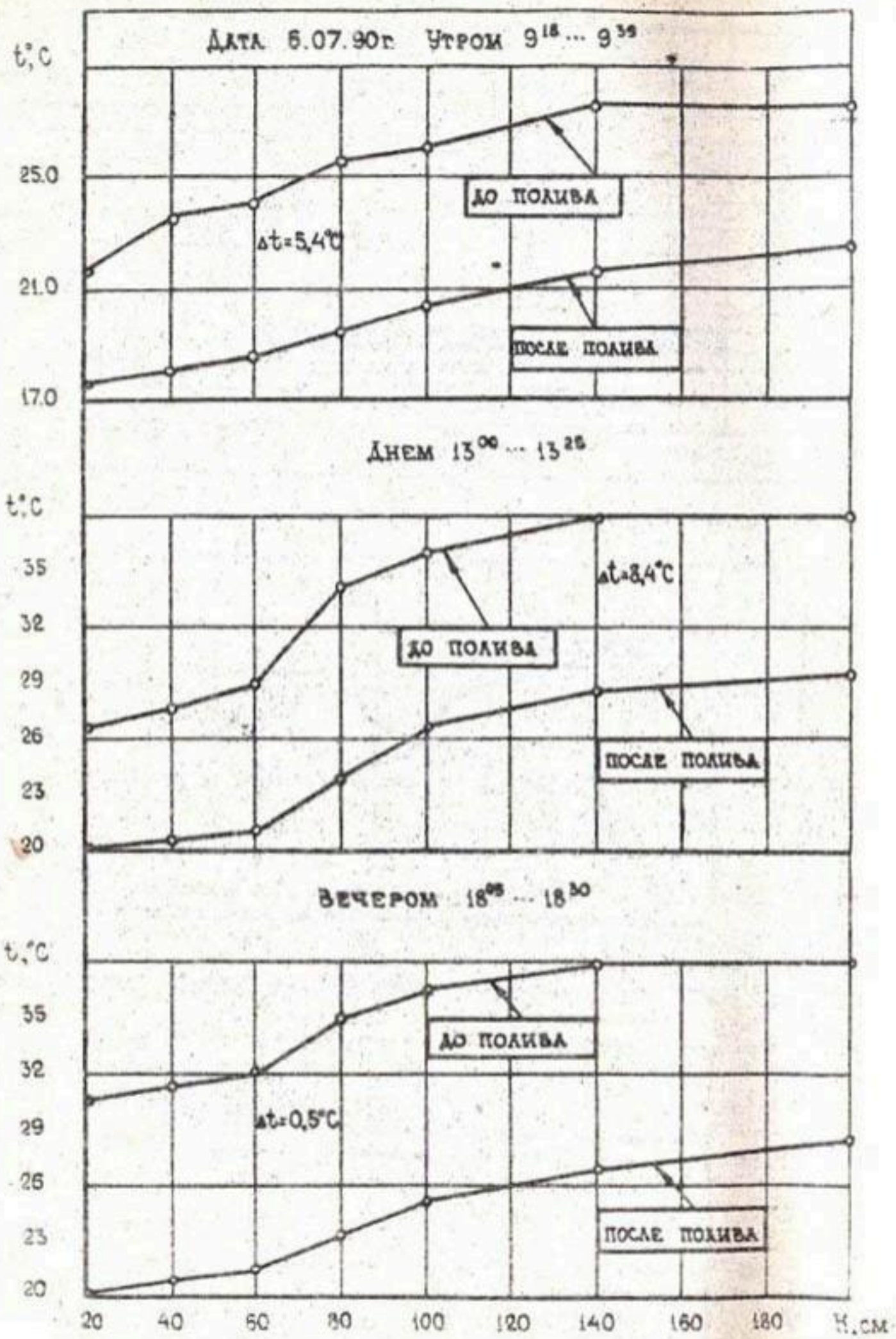


Рис.4.15 Влияние полива на температуру воздуха

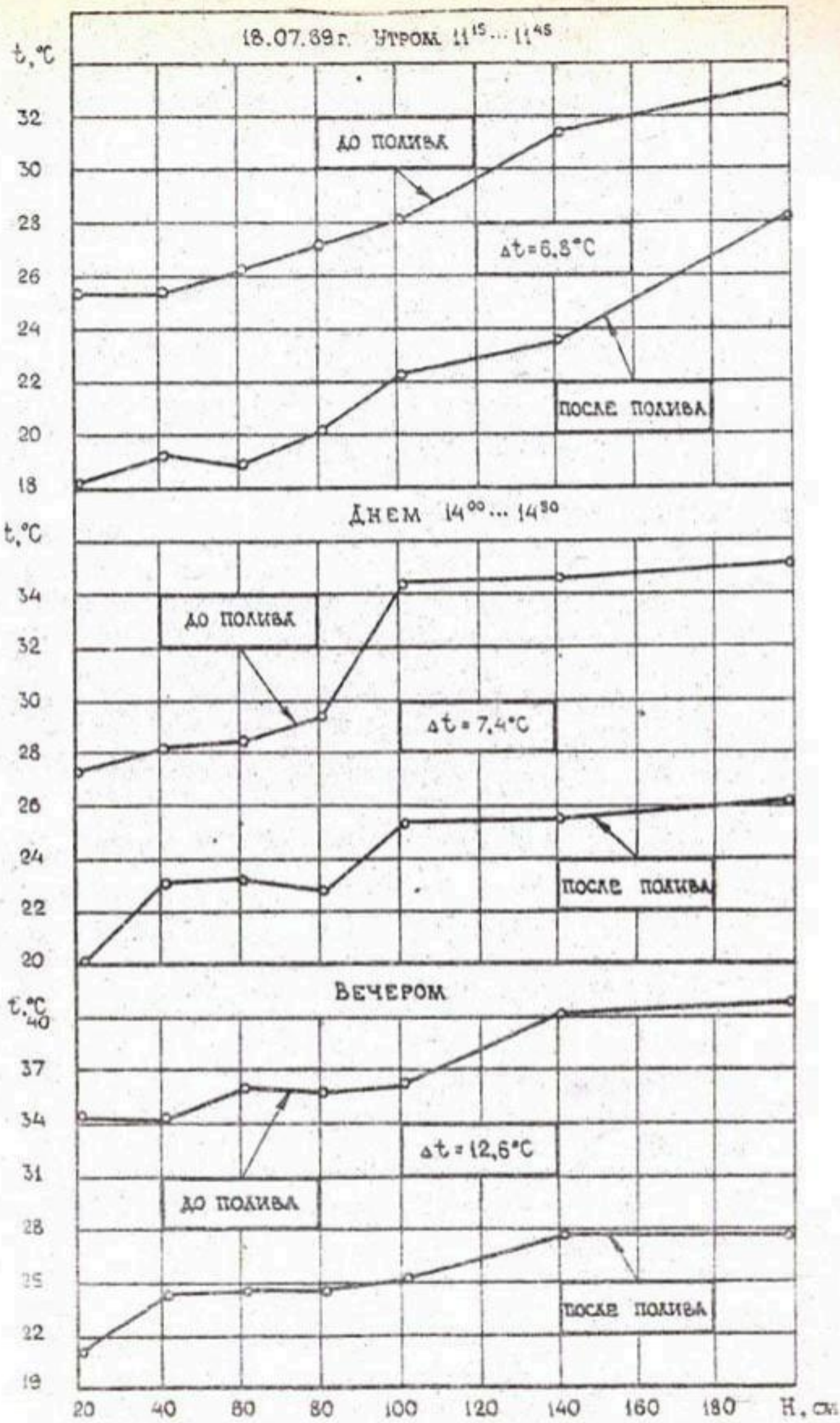


Рис.4.16 Влияние полива на температуру воздуха

I. Увеличение листовой поверхности хлопчатника происходит по мере его роста, достигая максимальных значений к сентябрю.

2. Смоченный в сосуде лист хлопчатника способен удержать слой, в среднем, около 0,088 мм.

3. Скорость транспирации со смоченного листа снижается со временем по гиперболической зависимости и в течение первого часа снижается от 0,7 до 0,3 мм/час. Скорость транспирации с листа хлопчатника, не смоченного в сосуде с водой, за этот же период снижается до значения 0,I8 мм/час.

4. Скорость транспирации со смоченного куста ниже, чем с отдельного листа примерно в два раза, поскольку листья на кусте затеняют друг друга, способствуя снижению скорости, и создают в зоне куста свой микроклимат.

5. Время высыхания кустов хлопчатника после полива дождеванием зависит от развития листовой поверхности (роста и густоты), от гидрометрологических параметров окружающего воздуха и других факторов. В августе месяце в условиях ОПУ оно составило I,I час.

6. Полив дождеванием машиной "Кубань-М2" существенно изменяет микроклимат поля;

- факел дождя служит границей перепада температур от 8 до I2°С (на высоте 2-х метров);

- перепад относительной влажности воздуха составляет 40-45%;

- в факеле дождя относительная влажность воздуха достигает 93 - 94 %, а дефицит влажности снижается до 2 мм.рт.ст. при дефиците окружающего воздуха 23 мм.рт.ст.

- температура воздуха со стороны сухого поля также снижается на I-2°С;

- зона снижения температуры со стороны сухого поля распространяется до 20 м, а со стороны мокрого поля до I78 м;

- температура воздуха до полива, начиная с отметки I40 см и выше, сохраняется неизменной, но начиная с вершины кустов и до поверхности земли, средняя температура снижается в среднем на 6,5°С;

- температура воздуха после полива ниже, чем дополива по всей высоте замеров (до 2 м) и по мере приближения к поверхности почвы снижается. Перепад температур между окружающим воздухом и температурой мокрого поля (по слою 0-I00 см) составляет I4,6°С.

7. Дождевальная машина "Кубань-М2" является мощным средством регулирования микроклимата.

5. ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИСПАРЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ПОЛИВА ДОЖДЕВАНИЕМ

5.I. Расчет относительного испарения в факеле дождевальной машины "Кубань-М 2" и скорости испарения

Используя натурные данные определения параметров микроклимата (рис.4.6)при поливе дождевальной машиной "Кубань-М2" можно построить картину изменения микроклимата над политым полем (рис.5.I). Здесь изображен в масштабе факел дождя и линии равных температур (изоплеты) в районе факела дождя. Как видим, они вытянуты в сторону мокрого поля до I78 м (высота изоплет изображена предположительно, поскольку выше двух метров над уровнем земли замеры не проводились). Несмотря на это изображенная картина вполне достоверно свидетельствует о том, что по мере приближения к факелу дождя падает температура воздуха (t^o) и повышается относительная влажность (f%) и наоборот, через каждые 2I м (через каждый час) от факела температура повышалась на I°С, а влажность на 5%. Зная, что в I0 метрах от факела влажность была 85%, нетрудно подсчитать, что на границе факела влажность была на 2,4% выше, то есть 85 + 2,4 = 87,4%. Если принять, что в центре факела влажность была близкой к I00%, то в среднем влажность факела дождя можно принять равной 93 - 94%.

Для того, чтобы определить температуру воздуха в факеле дождя, установим зависимость (по данным трех серий опытов) между температурой и относительной влажностью. Указанная зависимость представлена на рис.5.2, из которого найдены уравнения прямолинейной зависимости между указанными величинами :

$$f\% = 236,2 - 5,I \quad (t^oC) \qquad (5.I)$$

$$t^oC = 46,3 - 0,I96 \ (f\%) \qquad (5.2)$$

Из формулы (5.2) следует, что при f =93%, температура в факеле дождевальной машины была 28°С.

Из курса физики известно, что при заданной температуре давление насыщенного пара (Епар) будет равно 38 гПа , или 28,35 мм. Порциональное давление пара (eпар) найдем по формуле : /33/

$$e_{пар.} = f E_{пар} = 38x0,93 = 35,3 \text{ гПа} \qquad (5.3)$$

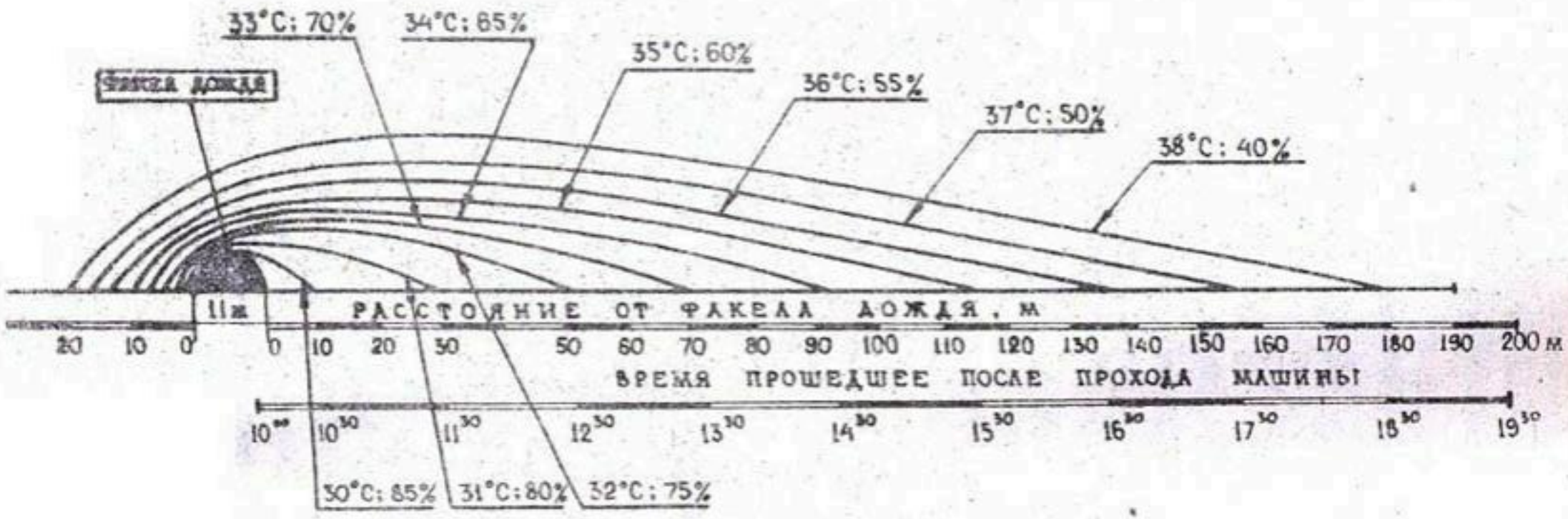
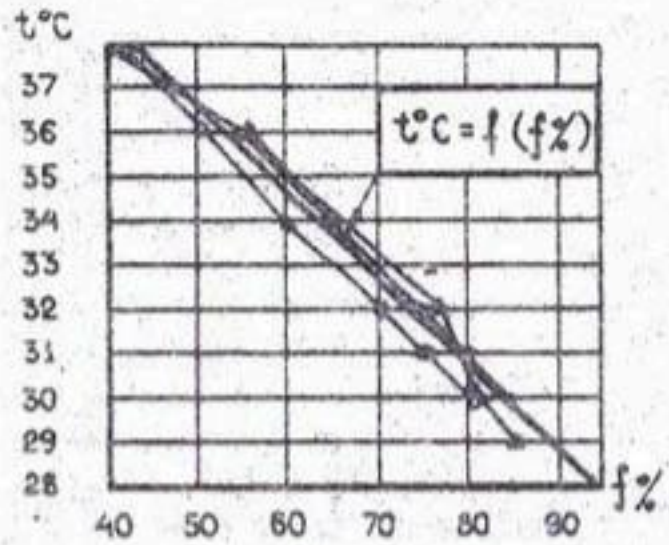


Рис.5.1 Картина изменения микроклимата над политым полем.

Дата	t°C	f%	t°C	f%	t°C	f%	t°C	f%	t°C	f%	t°C	f%	t°C	f%
24.07.90	30	85	31	80	32	75	33	70	34	65	36	55	38	40
2.07.90	30	80	31	75	32	70	34	60	36	50	38	40	–	–
26.07.89	29	86	30	81	32	77	35	60	36	55	37	45	–	–



$$y = ax + b$$

$$\begin{cases} 50a + b = 36,5 \\ 78a + b = 31 \end{cases}$$

$28a = -5,5$ $\quad a = -0,196$

$-9,82 + b = 36,5$ $\quad b = 46,3$

$$\boxed{y = 46,3 - 0,196x}$$

$$\boxed{x = 236,2 - 5,1y}$$

Рис.5,2 Установление связи между (t°C) и (f%)

t°C	Количество пара в 1м³ воздуха, г	Давление насыщенного пара ($E_{пар}$)	
		мм.рт.ст	гПа
0	4,86	4,58	6,11
10	9,41	9,20	12,27
20	17,32	17,55	23,4
30	30,4	31,8	42,4
		K = 1,33	

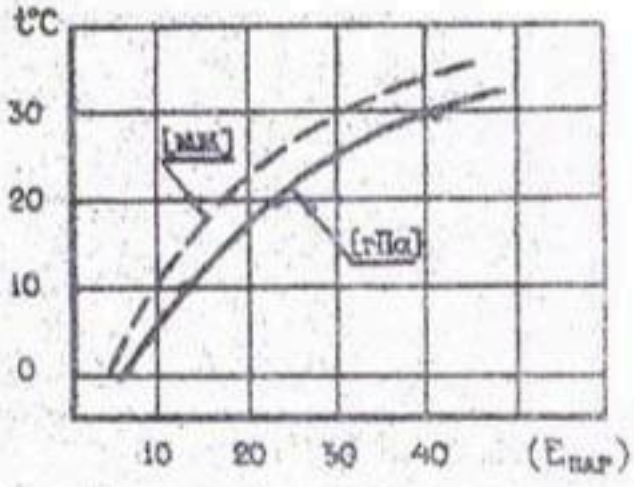


Рис.5,3 Количественные характеристики насыщенного пара (по Ю.И.Чиркову)

Соответственно дефицит насыщенного водяного пара найдем по формуле: /93/

$$D = E_{пар} - e_{пар} = 38 \cdot 35,3 = 2,7 \text{ гПа} \qquad (5.4)$$

Это соответствует 2 мм.рт.ст.

Подсчитаем теперь величину относительного испарения в факеле дождя по формуле Зака Е.Г. :

$$\sigma_к = \frac{100 D t_{пад} (1+1,92 V_{пад})}{10584 \, d_к^2} \qquad (5.5)$$

Подставляя :

D = 2 мм.рт.ст.

$t_{пад}$ = 1,6 сек

$V_{пад} = 4 d_п^{0,6}$ = 4 м/сек

$d_к$ = 1 мм

Найдем :

$$\sigma_к = \frac{100 \times 2 \times 1,6 \, (1+1,92 \times 4)}{10584 \times (1)^2} = 0,26\%.$$

То есть в факеле дождя испарение с поверхности падающих капель практически отсутствует. Те же расчеты, которые выполнялись Мансуровым М.С. в его диссертационной работе, были завышены почти на порядок, поскольку в формулу Зака Е.Г. подставлялось значение дефицита (D), соответствующего температуре окружающего воздуха, а не температуре в факеле дождя. Например, при t^0=38°С, - D=23 мм. И если подставить это значение (D) в формулу Зака Е.Г., то получим: $\sigma_к$=3%, что не соответствует истине.

Зная процент испарения, нетрудно подсчитать и скорость испарения капель дождя в воздухе. В самом деле, ведь относительное испарение есть отношение скорости испарения капель к скорости их выпадения (интенсивность дождя), т.е.

$$\sigma = \frac{V_{исп}}{\rho_ф} 100 \qquad (5.6)$$

Откуда найдем, что

$$V_{исп.} = \sigma \rho_ф / 100 = 0,6 \rho_ф \sigma, \text{мм/ч} \qquad (5.7)$$

В частности, для дождевальной машины "Кубань-М2", $\rho_ф$=1,36 мм/мин, а скорость испарения капель дождя в факеле дождя будет равна :

$$V_{исп.} = 0.6 \times 1,36 \times 0,26 = 0,212 \text{ мм/ч}.$$

5.2. Расчет влияния ветра на скорость испарения капель дождя в воздухе

В формуле Зака Е.Г. фигурирует скорость потока, обдувающего каплю ($V_{пад.}$). При отсутствии ветра скорость потока равна скорости падения капли, которая определялась по формуле В.К.Севрюгина ($V_к=4d_к^{0.6}$) /69, 70/. При наличии ветра ($V_в$) происходит снос капли, а скорость обдувания капли ($V_{обд}$) можно определить по формуле :

$$V_{обд} = \sqrt{V_в^2 + V_к^2}$$

Например, в нашем примере, при скорости ветра ($V_в$=3 м/с) получим

$$V_{обд} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ м/с}$$

Найдем новое значение ($\sigma_к$), заменив ($V_{пад}$) на ($V_{обд}$) :

$$\sigma_к = \frac{100x2x1,6\ (1+1,92x5)}{10584\ x\ (1)^2} = 0,32\%.$$

То есть относительная величина испарения и соответственно скорость испарения увеличились на 23%.

Зная для конкретной дождевальной машины характеристики дождя, высоту падения капель и температуру в факеле дождя, можно подсчитать дефицит влажности воздуха в факеле и относительную величину испарения при поливе дождеванием.

Пример расчета для основного типа машин, пригодных для использования в Средней Азии, покажем в табл.5.1. Как видим, даже при скорости ветра 5 м/с относительная величина испарения капель дождя в воздухе за период их падения ниже 1%. Если сравнить полученные расчеты с расчетами табл.3.7, выполненными по данным подстановки скорости испарения с поверхности дождемера, то заметим, что результаты получились ниже. Но они более достоверны.

5.3. Расчет слоя, оседающего на листьях растений и испаряющегося за период прохода машины

Зная динамику развития поверхности листьев на кусте хлопчатника, зная густоту посева и слой осадков, способный примкнуть к листьям, определим объем воды, способный удержаться на листьях без дальнейшего стекания на землю.

Испарение капель дождя в воздухе за период падения

Табл. 51.

Обозначения:	Данные		Тип дождевальных машин							
			С факелом дождя, перемещающимся линейно			С неподвижным факелом		С вращающимся факелом дождя		
	Марки машин		ДДА-100МА	Кубань-М2	ДФА-80 (новая)	"Днепр"	Волжанка	"Фрега"	ДДН-100	PZT-75 "Сигма"
$H_{пад}$	Высота падения капель, м		3,0	6,5	16	8	4,0	12	22	12
$d_к$	Диаметр капель, мм		1,4	1,0	1,4	1,4	1,0	1,5	2,1	1,3
$\rho_ф$	Интенсивность в факеле, мм/мин		3,8	1,36	4,3	0,3	0,27	0,27	11,6	2,0
D	Дефицит влажности в факеле, мм		1,5	2,0	1,5	4	5,0	5,0	1,5	2,0
Относительное испарение $\sigma_к$ % при ветре:		1,5 м/с	0,047	0,28	0,26	0,34	0,25	0,55	0,15	0,3
		3,0 м/с	0,052	0,32	0,285	0,38	0,5	0,61	0,16	0,33
		5,0 м/с	0,062	0,41	0,34	0,45	0,63	0,72	0,186	0,4

$$\sigma_к = \frac{100 D \cdot t_{пад}(1 + 1{,}92 v_{отн})}{10584 d_к^2}; \quad t_{пад} = \frac{H_{пад}}{v_к}; \quad v_к = 4 d_к^{0,6}; \quad v_{отн} = \sqrt{v_к^2 + v_в^2}$$

В разделе (4.4) был определен слой воды, способный задержаться на листьях растений без стока. Он равен примерно 0,08 мм. Зная, что для второй половины августа поверхность куста равна 3000 см^2, найдем объем воды, осевший на кусте. Он будет равен (3000 х 0,008) = 24 см^3. Площадь проекции куста на поле в этот период будет около 900 см^2, а слой воды, осевший над этой поверхностью, составит (24:900)х10=0,27 мм, что соответствует 2,7 м^3/га. При длительном поливе и активном воздействии смежных потоков воздуха на кусты хлопчатника, можно допустить, что смачивание листьев произойдет с двух сторон. В этом случае норма воды, осевшая на кусте, удвоится и станет равной 5,4 м^3/га. При густоте стояния хлопчатника в 140 тыс.раст.на 1 га площадь, занимаемая одним кустом, составит (10000 м^2 : 140000 раст) = 714 см^2, а норма, осевшая над этой площадью, будет равна 5,4 х (900:714) = 7 м^3/га.

Данные же экспериментов (рис.3.9) говорят о том, что в августе на листьях хлопчатника при норме 300 м^3/га до дождемера не долетало 7 мм, или 70 м^3/га.

То есть расчетный метод с экспериментальным методом расходятся в 10 раз. В чем же причина таких расхождений ?

А она кроется в том, что дождемер, стоящий под растением, попадает (как отмечал еще Виноградов В.В.) в область дождевой тени (рис.5.4) /16/. При отсутствии ветра и вертикальном падении капель дождевая тень образуется за счет частичного перекрытия листьями кустов приемного отверстия дождемера. Чем ближе к основанию куста, тем тень плотнее, то есть отверстие дождемера перекрывается сильней. Это хорошо видно по эпюре распределения слоя осадков, изображенной на рис.3.7 и аналогичных рисунках этой серии опытов, где дождемеры стояли плотную друг к другу.

При наличии ветра дождевая тень может распространиться и на область в междурядьях. То есть в дождемер, стоящий в междурядье, может выпасть меньше слой, чем в тот же дождемер при отсутствии ветра. При падении капель дождя под углом к поверхности приемного отверстия дождемера площадь (S) как бы уменьшается на величину (ΔS). При нахождении дождемера между рядами растений при наклонном падении капель количество капель, падающих в дождемер, должно было бы также снизиться. Но растения-это не жесткие стенки дождемера, а своеобразная сетка, через которую часть капель пролетает, другая часть капель, отскакивая от поверхности листьев, дробится и формирует отраженный от растений дождь нового качества.

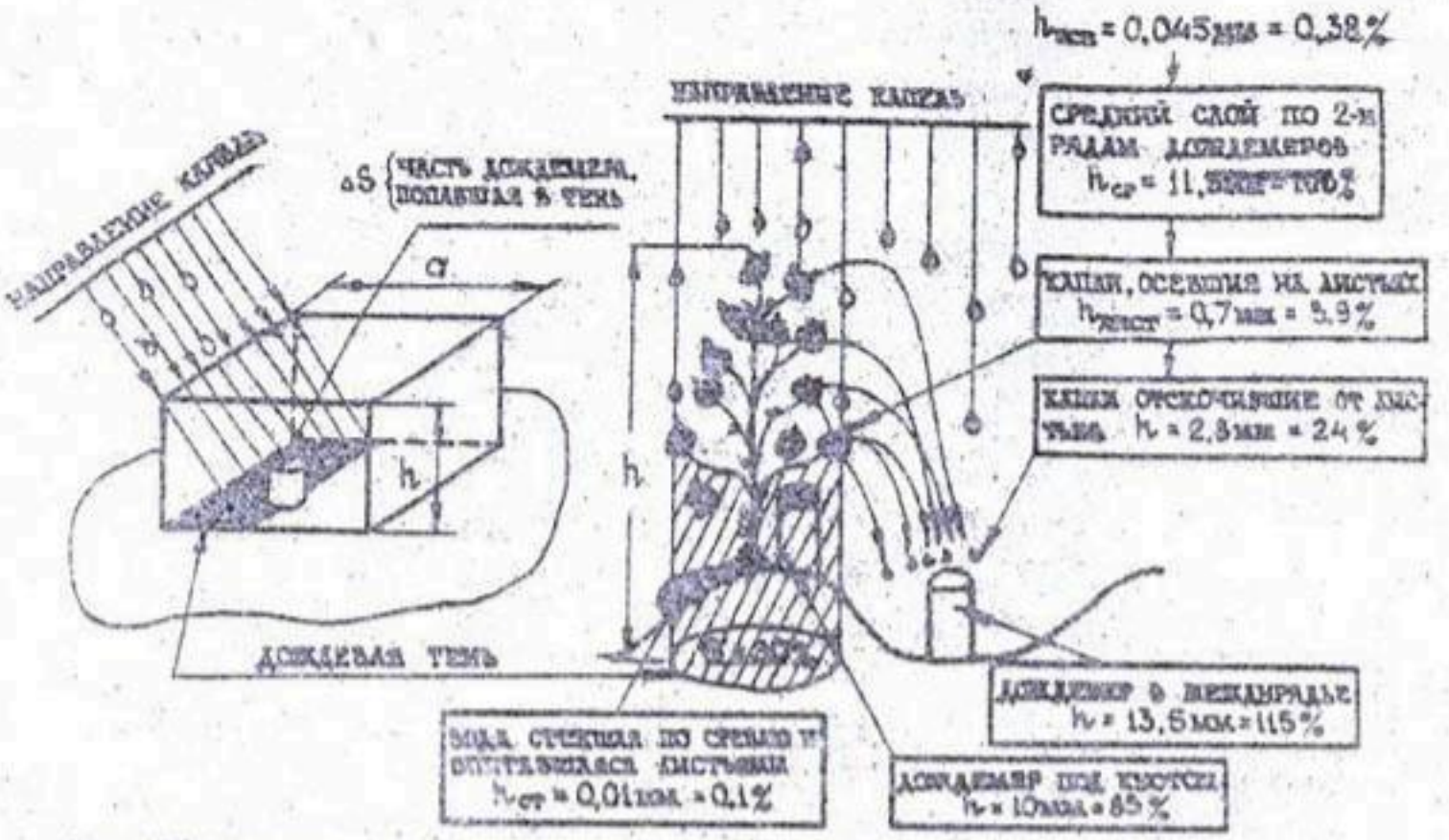


Рис. 5.4 Картина перераспределения осадков растением. Структура перераспределения воды растением

Табл. 5.2

Опыт показанный на рисунке №	$h_{ск.над}$ мм	$h_{ср.под}$ мм	Δh мм	σ %	$h_{мак}$ мм	$h_{ср}$ мм	$\Delta_{мак}$ %	$h_{лист}$ мм	$\sigma_{ус}$ %
3.7	20,7	15,13	5,57	26,9	23,1	17,9	11,6	0,7	87,4
П 3.14	8,55	6,56	1,99	23,3	10,29	7,55	20,4	0,7	64,8
П 3.16	24,35	18,39	5,93	24,4	29,85	21,36	22,7	0,7	88,2
П 3.20	8,21	5,67	2,54	30,9	10,55	6,93	28,3	0,7	72,4
П 3.22	12,47	8,74	3,73	29,9	16,39	10,6	31,4	0,7	81,2
П 3.24	7,37	5,54	1,82	24,7	9,52	6,45	29,2	0,7	61,5
Сред.	13,8	10,0	3,6	28,7	16,6	11,8	24	0,7	75,9

Сводные результаты определений скоростей испарения

Табл. 5.3

Дневная скорость испарения на открытой площадке с поверхности:			Дневная скорость испарения с дождемера			
			на площадке	в поле хлопчатника		
смоченного листа мм/ч	сухого листа мм/ч	смоченного куста мм/ч	без воронки			с воронкой мм/ч
			мм/ч	между кустами	под кустами	
0,33	0,44	0,13	0,2	0,42	0,11	0,08
Август						

И при отсутствии ветра, часть капель, отразившись от листьев, в виде брызг попадает в междурядье, формируя в его центре бугор осадков по закону нормального распределения. В центре этих бугров слой осадков за проход выше значений среднего слоя осадков, что хорошо видно из опытных данных (рис.3.7). Если сравнить слой осадков, выпавший в дождемеры, стоящие в центре междурядий, с расчетным слоем за проход машины при данной скорости (табл.5.2), то увидим, что расхождения в сторону увеличения составляют в среднем 24 %. Это как раз и подтверждает предположение отражении части капель в центр междурядий. По всему междурядному пространству средний слой (по всем дождемерам) составит 17,9 мм, что ниже максимума (23,1 мм) на 5,18 мм и больше минимума примерно на такую же величину. То есть растение служит своеобразным водоразделом между дождемерами, стоящими над и под растениями. При этом выпавший слой осадков распределяется так, как будто из дождемера под растением переливается вода в дождемер между растениями. В результате образуется разница в слое осадков (Δh), которая отражает результат перераспределения и вовсе не говорит о том, что этот слой осел на листьях.

Этот вывод является весьма важным и впервые раскрывает физическую суть явления, которая до нас истолковывалась неверно. Ведь до сих пор считали, что (Δh) есть слой осадков, осевший на листьях, и относили его к потерям.

Наши опыты доказали, что это не так. Но остановимся еще на одном методе, который, казалось бы, должен был исключить влияние отраженных капель. При этом методе исследователи устанавливали один из дождемеров не в междурядье, а над растениями на подставках. Такой вариант опытов (Средазгипроводхлопок) показал величину задержания листьями хлопчатника, равную 15%. Это в два раза меньше наших результатов и объясняется тем, что в этом случае растения только отражали дождь от дождемера под кустом, но брызги отраженного дождя не попадали в дождемер между растениями.

Как видим, и в этом случае мы имеем дело с перераспределением осадков, а не с оседанием их на листья.

Таким образом, метод дождемеров, который около 130 лет использовался для определения слоя осадков, оседающих на листьях, оказался неверным в основе своей. Поэтому говорить о присущих ему погрешностях, вроде бы, уже не имеет смысла. Однако все же скажем, что испарявшийся за время опыта слой осадков с поверх-

ности дождемера, стоящего над растением и под растением разный, поскольку микроклимат на различных высотных отметках поля разный. Он разный даже на одной отметке. Например, под кустом скорость испарения с поверхности дождемера в несколько раз ниже, чем с дождемера, стоящего в междурядье (табл.5.3). То же самое можно сказать и о скорости испарения осевшей воды с поверхности листьев. Чтобы дать такую оценку, попытаемся воспользоваться расчетной формулой, рекомендуемой СНиП 2.06.03-85 /82/, а затем сравним данные расчета с нашими экспериментальными.

Формула имеет вид :

$$\Sigma б = t^{o}(I - f/I00)\ (0,I5V_{c} + 0,7I), \qquad (5.9)$$

где f - относительная влажность воздуха при дождевании (для машины "Кубань" в июле месяце мы получили влажность в факеле дождя, равную 97%);

t^{o} - максимальная температура воздуха при дождевании (мы получили температуру в факеле дождя, равную 28°С);

V_{c} - расчетная скорость ветра на высоте 2 м (однако в междурядьях скорость ветра практически равна нулю).

После подстановки значений получим :

$$\Sigma б = 28(I-93/I00)\ (0,I5x0+0,7I) \approx I,4\%$$

Это соответствует скорости испарения, равной :

$$V_{исп} = 0,6\ V_{исп} = 0,6xI,36xI,4 = I,I4 \text{ мм/ч.}$$

Отметим сразу, что в проектных институтах при определении "потерь" в зоне дождевого облака подставляют гидрометрические параметры не в факеле дождя, а в окружающем воздухе. То есть, если следовать этому примеру, то для нашего случая нужно было бы принять t^{o}=38°С; f =40%; V_{c}=I,5 м/с. Тогда получили бы :

$$\Sigma б = 38(I-40/I00)(0,I5xI,5+0,7I) = 2I,3\% \qquad (5.9.I)$$

При этом скорость испарения должна была бы быть равной :

$$V_{исп.} = 0,6xI,36x2I,3 = I7 \text{ мм/ч.}$$

Сравним теперь данные расчета с данными скоростей испарения с поверхности отдельного листа, отдельного куста; со скоростью испарения с поверхности дождемеров, стоящих на открытой площадке, в поле в междурядьях и в поле под кустами (табл.5.3.). Сравнения

говорят о том, что фактические скорости испарения во всех описанных случаях значительно ниже рассчитанных по формуле (5.9). Поэтому формулой (5.9) с теми гидрометрологическими параметрами, которые рекомендует подставлять СНиП, мы не рекомендуем пользоваться.

Если же в формулу (5.9) подставлять значения параметров микроклимата в поле (см.табл.4.16), а не в факеле дождя, то есть t^o=(38-14,6=23,4°С), f_{23} = 97%, то получим: σ=0,5%, а $V_{исп.}$= =0,41 мм/час. Это уже соответствует значению скорости испарения с поверхности дождемера, стоящего между кустами. Испарение же с поверхности куста хлопчатника будет в 3-4 раза ниже, и для его расчета можно предложить упрощенные формулы :

$$\sigma_{исп.}=0,006x(t^o_{поля}),\ \% \qquad (5.10)$$

$$V_{исп.}= 0,0036\ (t^o_{поля})\ \rho_ф,\ мм/ч, \qquad (5.11)$$

где $(t^o$поля) - температура воздуха между кустами хлопчатника после полива на высоте 30 - 40 см от поверхности земли, °С.

Результаты расчета относительной величины испарения с поверхности листьев хлопчатника ($\sigma_{исп.}$) для основных типов дождевальных машин, пригодных для полива хлопчатника дождеванием, покажем в табл.5.4. Здесь же покажем величину слоя осадков, испарившегося за проход машины

$$h_{исп.}= V_{исп.}\ x\ Тпр = 0,0036\ (t^o поля)\ Тпр., \qquad (5.12)$$

где Тпр - время одного прохода, ч

Для конкретного примера с машиной "Кубань", получим :

$$h_{исп.}=0,0036x23,4x\ \frac{26}{60}=0,036мм = 0,36\ м^3/га,$$

где Тпр.=0,43 соответствует времени одного прохода при выдаче поливной нормы 300 м³/га (рис.5.5).

Тогда с учетом испарения, общая расчетная величина осадков, осевших за проход машины на листьях хлопчатника, составит :

$$7 + 0,36 = 7,36\ м^3/га.$$

Величина же осадков, якобы осевшая на листьях, измеренная методом дождемеров, равна 7 мм (70 м³/га). Поскольку разница в результатах объясняется перераспределением осадков за счет брызг,

РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ИСПАРЕНИЯ С ЛИСТЬЕВ ХЛОПЧАТНИКА, СКОРОСТИ ИСПАРЕНИЯ И ВРЕМЕНИ ВЫСЫХАНИЯ

Табл.5.4

Данные		Тип дождевальных машин							
		с факелом дождя, перемещающимся линейно			с неподвижным факелом		с вращающимся факелом дождя		
Марки машин		ДДА-100МА	Кубань-М2	АФА-80	Днепр	Волжанка	Фрегат	ДДН-100	PZT-75 „Сигма"
Относительное испарение ($\sigma_{исп}$) с поверхности листьев, %									
Температура в поле после полива на высоте 30-40см °С	17	0,102 %							
	25	0,138% [$\sigma_{исп} = 0.006 \cdot (t^{\circ}_{пов})$]							
	27	0,162 %							
Интенсивность в факеле, мм/мин		3.8	1.36	4.3	0.3	0.27	0.27	11.6	2.0
Скорость испарения с листьев в факеле дождя при ($t_{пов.} = 27°С$)									
$\vartheta_{исп} = 0{,}0036\,(t^{\circ}_{пов})\,P_{ф}$		0,37мм/ч	0,132	0,41	0,029	0,026	0,026	1,13	0,19
Максимально возможный слой осаждения (h_o) осадков на листьях хлопчат									
Фаза развития	до цветения	при густоте 140 тыс/га	0,2 мм						
	цветение - плодообразование		0,7 мм [$h_o = 0{,}00023\,F_{куст}$], мм						
	созревание		0,92 мм						
Слой осадков, испарившийся с листьев за проход машины при ($t_{пов.} = 27с$)									
$h_{куст} = \vartheta_{исп} \cdot T_{пр}$	$T_{пр}$, мин 10		0,06	0,022	0,068	0,0048	0,0043	0,0043	0,187	0,031
	20		0,12	0,044	0,136	0,0096	0,0086	0,0086	0,374	0,062
	40		0,24	0,088	0,272	0,019	0,017	0,017	0,69	0,124
	60		0,37	0,132	0,41	0,029	0,026	0,026	1,13	0,19

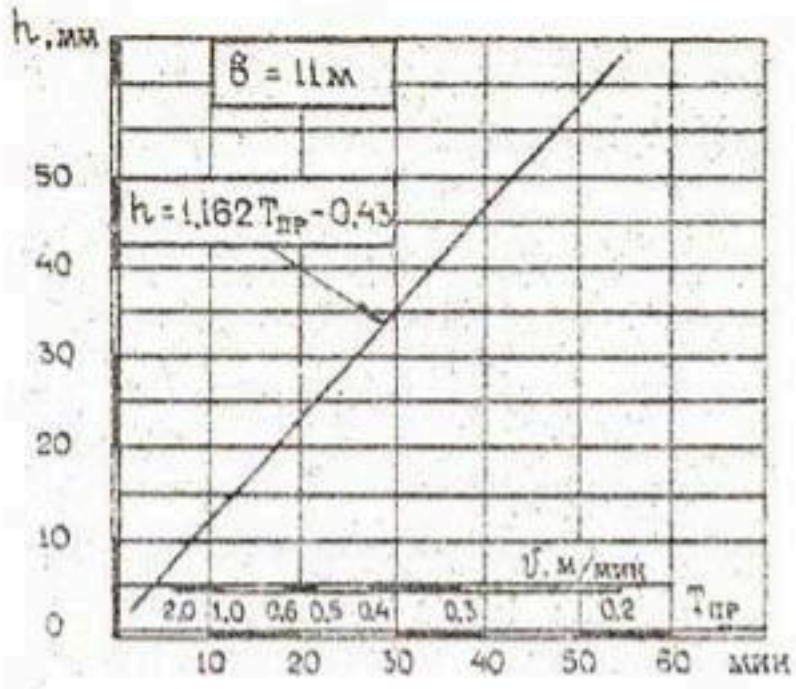


Рис.5.5 Зависимость между слоем осадков и временем прохода машины „Кубань-М2"

отраженных от листьев хлопчатника, можно условно сказать, что с листьев происходит сток. Относительную величину стока (условный сток) определим из выражения:

$$\sigma_{ус} = \frac{100(m_{опыт} - m_{рас})}{опыт} = \frac{100\ (70-7,36)}{70} = 89,4\% \quad (5.13)$$

То есть, всего 10,6% от слоя осадков, который был определен методом дождемеров, на самом деле оседает на листьях.

5.4. Структура распределения осадков при поливе дождеванием

На основании экспериментальных данных рассчитаем структуру распределения выпавших осадков и долю, приходящуюся на их испарение за период падения в воздухе; испарение с листьев за период прохода и долю осадков, достигшую почвы.

Задавшись временем прохода ($T_{пр}$), по экспериментальной зависимости $h = f(Tпр)$, (рис.5.5) найдем п. В нашем примере (табл.5.5) он равен соответственно 17,27 и 63,5 мм. Примем этот слой за 100%, поскольку именно такой слой выливается из насадок. Но если мы попытаемся обнаружить этот слой посредством дождемеров, то за время прохода машины и после прохода, пока мы будем измерять слой осадков в дождемерах, часть воды испарится, и мы обнаружим слой

$$h_д = h - V_д(Tпр + t_{оп}), \quad (5.14)$$

где $V_д$ = 2,13 мм/ч – это скорость испарения с открытого дождемера в августе в условиях поймы реки Чирчик;

Тпр – время прохода (в нашем примере равно 15, 22 и 55 мин.);

$t_{оп}$ – время замера ($h_{оп} \approx 30$ мин.)

Обнаруженный по дождемерам слой будет ниже вылитого из насадок в среднем на 7%.

Если посредством дождемеров мы будем определять слой осадков, осевший на листьях, то в дождемерах, стоящих над растениями, мы обнаружим слой ($h_д$). При этом на листьях в августе месяце осядет слой, который можно определить по экспериментальной формуле (3.13).

$$\Delta h = 0,62 + 0,2\ h_д.$$

Таб. 5.5

Структура распределения осадков при поливе дождевальной машиной „Кубань М2" в августе.

Время одного прохода		Выльется из насадок	Будет обнаружено в дождемерах над растен.	Не попадет в дождемер под кустом	Будет обнаружено в дождемере под кустом	Испарится за период падения капель	Осядет на листьях с 2х сторон	Испарится с листьев под факелом за проход	Попадет на почву
Расчетные формулы		$h = 1{,}162 T_{пр} - 0{,}43$	$h_д = h - \vartheta_д \cdot (T_{пр} + t_{оп})$	$\Delta h = 0{,}62 + 0{,}2 h_д$	$h_{под} = h - \Delta h$	$\Delta = 0{,}0052 h_o$ при $\vartheta_в = 3$ м/с	$h_o = 0{,}0085 P_{кос}$	$h_{исп} = 0{,}0036 \cdot (t^{\circ}_{под}) T_{пр}$	$h_п = h - \Delta - h_o - h_{исп}$
$T_{пр}$, мин		h_o, мм/пр	$h_д$, мм	Δh, мм	$h_{под}$, мм	Δ, мм	h_o, мм	$h_{исп}$, мм	$h_п$, мм
15	мм	17	15,4	3,7	13,3	0,054	0,7	0,02	16,23
	%	100	90,6	21,8	78,2	0,32	4,1	0,11	95,5
22	мм	27	24,87	5,59	21,01	0,086	0,7	0,03	26,18
	%	100	92,1	20,7	79,3	0,32	2,6	0,11	97,0
55	мм	63,5	60,48	12,7	50,8	0,2	0,7	0,077	62,52
	%	100	95,2	20,0	80,0	0,32	1,1	0,12	98,46
Сред.		100	93	20,8	79,2	0,32	2,3	0,11	97,27

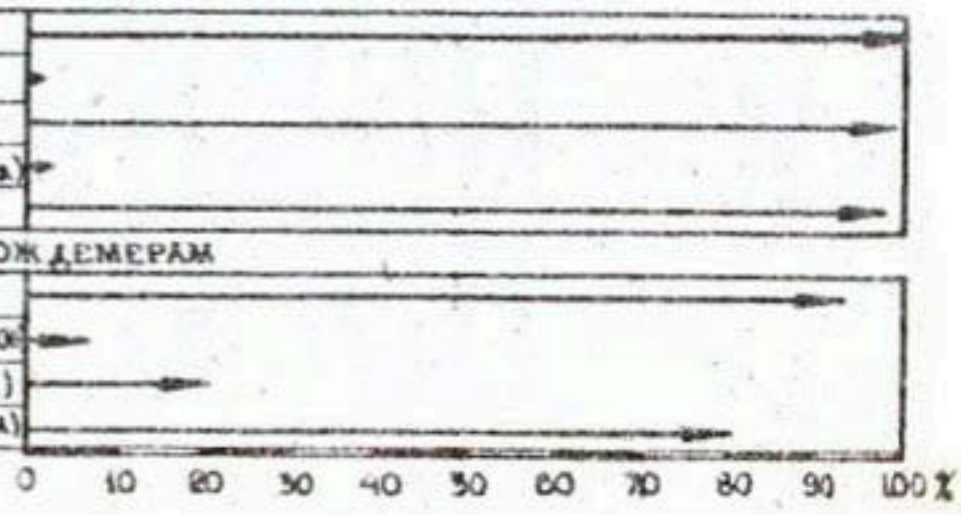
$\vartheta_д = 2{,}13$ мм/ч ; $t_{оп} = 30$ мин

Фактическая структура распределения осадков

100%	Выльется из насадок
0,32%	Испарится за период падения капель
99,68%	Выпадет на растения и почву
2,41%	Осядет на листьях и затем испарится (в августе при норме 655м³/га)
97,27%	Попадет на почву

Структура распределения, наблюдаемая по дождемерам

93%	Будет обнаружено в дождемерах над кустом
7%	Минимальные потери на испарение в воздухе (испарение с дождемера)
20,8%	Мнимое испарение с листьев (не попадет в дождемер под кустом)
79,2%	Попадет на почву (будет обнаружено в дождемере под кустом)



В среднем Δh =20,8% от вылитого поля.
Тогда в дождемере, стоящим под кустом, будет обнаружен слой ($h_{под.}$), который выпал в конкретную точку поля.

$$h_{под} = h - \Delta h \qquad (5.15)$$

В среднем $h_{под}$ = 79,2% от вылитого слоя.
Однако в разделе (5.3) мы показали, что разница в количестве осадков, стоящих над и под кустом, вовсе не говорит о том, что этот слой осел на листьях. Значительная часть его стекла с листьев, как с зонтика, и попала в дождемер, стоящий между рядами растений, усилив разницу (Δh) в показаниях дождемеров.

Поэтому наиболее достоверным методом определения слоя, оседающего на листьях, следует признать метод смачивания кустов в сосуде с водой (см.раздел 4.4).

Для определения величины испарения капель дождя в воздухе метод дождемеров так-же не пригоден и для этих целей, мы рекомендуем пользоваться расчетным методом, используя, в частности, формулу Зака Е.Г.

Для дождевальной машины "Кубань" относительное испарение капель дождя в воздухе определим по табл.5.1. При ветре 3 м/с оно будет равно 0,32 % от вылитого слоя осадков. То есть :

$$\Delta = 0,0032h \qquad (5.16)$$

Но испарение будет происходить не только в воздухе, но и с поверхности листьев за период прохода факела дождя. Величина его будет зависеть от температуры в факеле дождя между растениями и от времени прохода. То есть (см.раздел 5.3) мы рекомендуем определять эту величину по уточненной формуле, вытекающей из формулы (5.12)

$$\delta_{исп.} = \frac{h_{исп}}{h_{пр}} 100 = \frac{0,36(t^{o}_{поля})\ T_{пр}}{h_{пр}}, \qquad (5.17)$$

где $h_{пр}$ - слой осадков за проход (норма полива за проход).
В среднем эта величина в нашем случае составила 0,11%.

Во время прохода машины к листьям хлопчатника прилипнет слой воды. Общий слой будет тем больше, чем больше поверхность листьев. Если допустить, что лист может смачиваться при поливе с двух сторон, то максимальный слой, который может осесть на листьях в августе, определится по формуле :

$$h_{o} = 0,00023h \qquad (5.18)$$

Таким образом, в среднем на листьях при различных поливных нормах осядет 2,3% (см.табл.5.5.)

Если считать, что осевший слой испарится после полива, то в целом при дождевании машиной "Кубань-М2" относительное испарение составит:

$$\sum h_{исп.} = \Delta + h'_0 + h_{исп.} \qquad (5.19)$$

В нашем примере эта цифра составила 2,73%. Такова истинная доля перевода оросительной воды в воздушную влагу при поливе машиной "Кубань-М2" в самый жаркий период вегетации. Естественно, что во все другие периоды эта величина будет меньше.
(Поправочный коэффициент будет показан ниже в табл.5.8).

На почву выпадет 97,3% от поливной нормы. Если полив проводится с учетом водопроницаемости почв, то вся вылитая вода впитается. Если полив проводится со стоком, то произойдет перераспределение в соответствии с микрорельефом и уклоном, что приведет к неравномерности увлажнения и сбросу воды за пределы поля. Но это уже другая задача, которая в настоящее время успешно решается в работах Ерхова Н.С., Исаева А.П., Севрюгина В.К., Тлеукулова А.Т. и др.

5.5. Расчет общего испарения при поливе дождеванием

Обобщая результаты наших исследований и результаты исследований ведущих специалистов в области определения испарения в период дождевания, составим сводную таблицу 5.6.

Общее испарение во время полива дождеванием будет складываться, как сумма испарений в период падения капель, в период прохода машины над кустами растений, и в период после прохода, когда осевшая на листьях вода переходит в воздушную влагу.

Испарение капель дождя в воздухе в настоящее время определяют по формуле Е.Г.Зака. Мы проанализировали эту формулу и пришли к выводу, что из ряда известных формул она с наибольшей точностью позволяет определить величину испарения капель дождя в воздухе. Однако анализ результатов использования этой формулы показал, что в качестве дефицита влажности воздуха в нее подставляют дефицит влажности окружающего воздуха, тогда как капли падают в границах факела дождя, где относительная влажность близка к влажности насыщения, а дефицит минимален. На примере машины "Кубань" мы определили, что при дефиците окружающего воздуха

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСПАРЕНИЯ ПРИ ПОЛИВЕ ДОЖДЕВАНИЕМ

ТАБЛ. 56.

I МЕТОД	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСПАРЕНИЯ КАПЕЛЬ ДОЖДЯ В ВОЗДУХЕ	
НАШИ РЕКОМЕНДАЦИИ	РЕКОМЕНДАЦИИ МАНСУРОВА М.С.
ПО ФОРМУЛЕ Е.Г. ЗАКО: $\sigma_к = \frac{100 D \cdot t_{пад} (1 + 1{,}92 V_{ост})}{10584 d_к}$	
Подставляются значения дефицита влажности (D) в факеле дождя	Подставляются значения дефицита влажности (D) окружающего воздуха
Для августа „Кубань" $\sigma_к = 0{,}32\%$	Для августа „Кубань" $\sigma = 3\%$
ИСПАРЕНИЕ С ЛИСТЬЕВ ЗА ПЕРИОД ОДНОГО ПРОХОДА	
НАШИ РЕКОМЕНДАЦИИ	АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
$\sigma_{исп} = [0{,}36 (t°_{поля}) T_{пр}] : h_{пр}$	ОТСУТСТВУЮТ
Для августа „Кубань" $\sigma_{исп} = 0{,}11\%$	—
ИСПАРЕНИЕ С ЛИСТЬЕВ ПОСЛЕ ПОЛИВА	
НАШИ РЕКОМЕНДАЦИИ	АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
$\sigma_л = \frac{K_г \cdot 0{,}0164 F_{листа}}{h_{пр}} \cdot K_м, \%$	$\sigma_л = \frac{h_{нал} - h_{под}}{h_{нал}} \cdot 100, \%$
Для августа $K_м = 1$ Для густоты 140 тыс. раст/га $K_г = 1{,}4$ $F_{листа} = 3000$ см^2 $\sigma_л \approx 2{,}3\%$	$\sigma_л = 20{,}8\%$
ИТОГО ОБЩЕЕ ИСПАРЕНИЕ ВО ВРЕМЯ ПОЛИВА	
НАШИ РЕКОМЕНДАЦИИ	АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
$\Sigma\sigma = \sigma_к + \sigma_{исп} + \sigma_л$ $\Sigma\sigma = 2{,}73\%$	$\Sigma\sigma = \sigma_к + \sigma_л$ $\Sigma\sigma = 23{,}8\%$
II МЕТОД	
ОБЩЕЕ ИСПАРЕНИЕ ВО ВРЕМЯ ПОЛИВА	
НАШИ РЕКОМЕНДАЦИИ	РЕКОМЕНДАЦИИ СНиП 2.06.03-85
НЕ РЕКОМЕНДУЕМ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ФОРМУЛОЙ СНиП	$\Sigma\sigma = t°(1 - f/100)(0{,}15 \delta_c + 0{,}71)$
—	$\Sigma\sigma = 21{,}3°$ (в августе)

в 23 мм рт.ст. дефицит в факеле дождя был около 2 мм , то есть примерно в одиннадцать раз ниже. Поэтому, используя поправочный коэффициент (K_D =0,086) и зная дефицит окружающего воздуха в различные периоды развития хлопчатника (табл.5.7), можно определить дефицит влажности воздуха в факеле дождя. Для этого надо значение дефицита, выраженное в ГПА (табл.5.7), умножить на коэффициент K_D , а для перевода в мм рт.ст. еще разделить на 1,33. Значение дефицита влажности в факеле дождя для машины "Кубань-М2" показано в табл.5.8.

Испарение с листьев за период прохода машины до сих пор не определяли, но оно присутствует, и мы рекомендуем определять его по формуле (5.17).

Здесь (t^oполя) можно определить путем умножения максимальной температуры окружающего воздуха на коэффициент 0,63. Значения (t^o поля) показаны в табл.5.8.
Величина этой части испарения зависит от скорости движения машины и соответственно от продолжительности одного прохода над орошаемой точкой. Чем больше времени, тем больше испарение.

Испарение с листьев хлопчатника после полива мы рекомендуем определять по расчетной формуле :

$$\sigma_л = \frac{K_г 0,0164\ F_{куст}}{h_{пр}} Км \qquad (5.20)$$

Значения поправочных коэффициентов $K_г$, Км и F куст. показаны в табл.5.8. Как видим, величина этой части испарения зависит от климатического фактора (месяца), учитываемого коэффициентом Км; от густоты посева, учитываемого коэффициентом $K_г$; от поверхности листьев (F куст) и от поливной нормы ($h_{пр}$).

В настоящее время величину этой части испарения определяют методом дождемеров. В разделе (5.3) мы показали, что этим методом пользоваться нельзя.

Таким образом, общее испарение во время полива мы рекомендуем определять по сумме вышеперечисленных. То есть (см.табл. 5.6)

$$\Sigma\sigma = \sigma_к + \sigma_{исп.} + \sigma_л \qquad (5.21)$$

По итогам наших расчетов, $\Sigma\sigma$ получается значительно меньше (в 8,7 раза), чем по результатам расчета известными методами.

ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПО БЛИЖАЙШЕЙ К ОПУ МЕТЕОСТАНЦИИ

ТАБЛ. 5.7

МЕСЯЦ		АПРЕЛЬ	МАЙ	ИЮНЬ	ИЮЛЬ	АВГУСТ	СЕНТЯБРЬ
ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, °С	СРЕДНЯЯ	13,6	19,6	25,9	28	26,1	19,7
	МАКС.	20,8	28,3	33,5	35,2	33,8	27,3
ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ, °С	СРЕДНЯЯ	17	24	33	36	33	24
	МАКС.	37	45	61	63	60	47
ПАРЦИОНАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ, гПА		7,1	10,7	11,0	14,6	14,4	10,5
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ, %		49	49	35	40	44	48
ДЕФИЦИТ НАСЫЩЕНИЯ, гПА		9,7	14,1	23,8	24,5	20,5	21,7
СКОРОСТЬ ВЕТРА, м/с		1,9	1,5	1,7	—	—	1,5
КОЛИЧЕСТВО ОСАДКОВ, мм		17,5	27,1	1,8	0,7	0,0	3,6
МЕТЕОСТАНЦИЯ: ТЮЯ БУГУЗ							1989 г.

ЗНАЧЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ

ТАБЛ. 5.8

МЕСЯЦ	АПРЕЛЬ	МАЙ	ИЮНЬ	ИЮЛЬ	АВГУСТ	СЕНТЯБРЬ
ЗНАЧЕНИЕ: $K_к$	0,31	0,62	0,78	0,94	1,0	0,78
ЗНАЧЕНИЕ: $(t^{\circ}_{поля})$, °С	13	17	21	23	22	17
ЗНАЧЕНИЕ: $F_{инст}$, см^2	—	250	1000	2000	3000	4000
ЗНАЧЕНИЕ: $D_{расч} = D \cdot 0,065$	0,62	0,9	1,5	1,6	1,33	1,4

ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА $K_г$ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ГУСТОТЕ РАСТЕНИЙ

ГУСТОТА, ТЫС. РАСТ/ГА	80	100	120	140
ЗНАЧЕНИЕ $K_г$	0,8	1,0	1,2	1,4

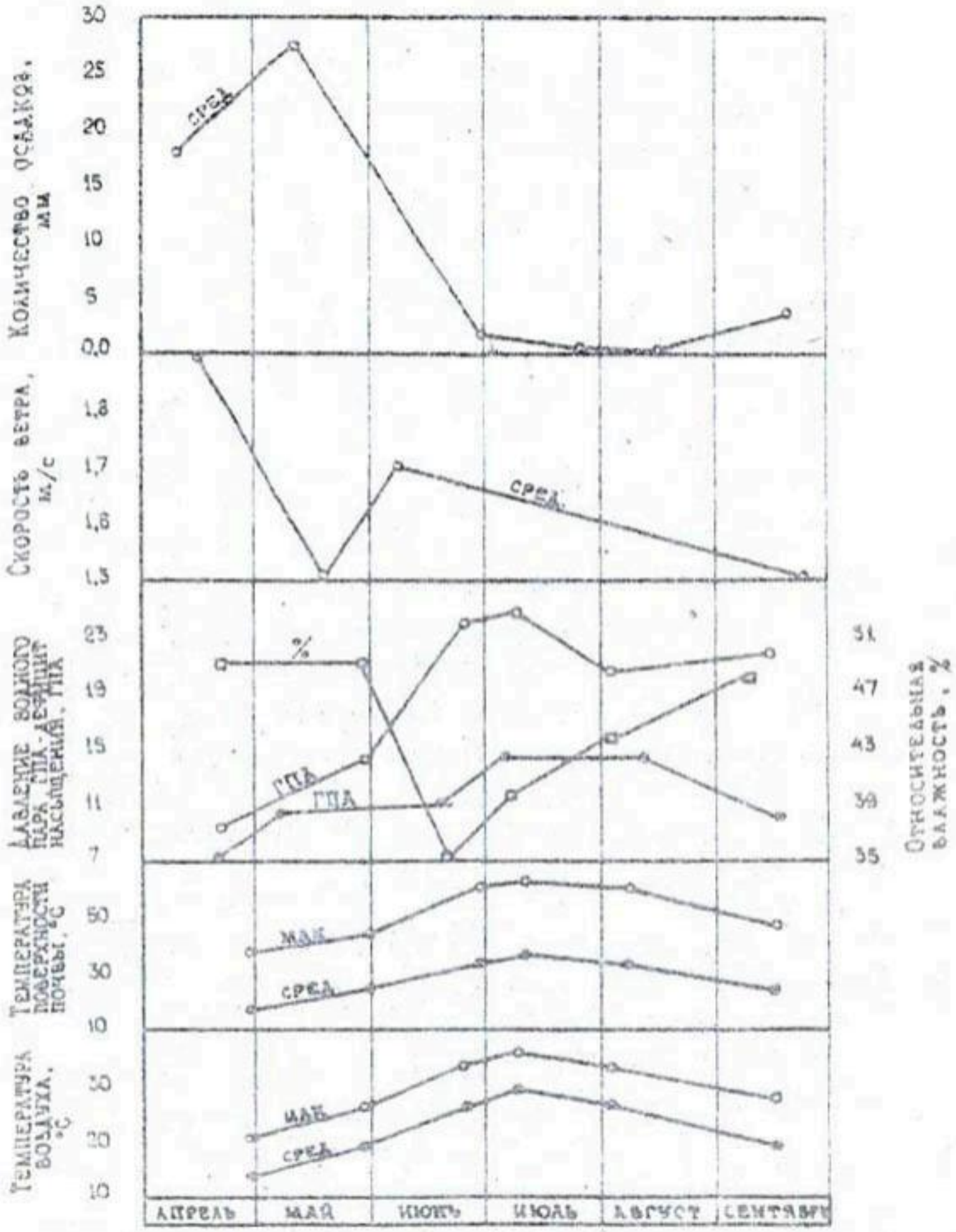


Рис. 5.6. Гидрометрические параметры по ближайшей к ОПУ метеостанции (Тюя-Бугуз)

Наконец, если сравнить предлагаемые нами рекомендации с рекомендациями ОСТТ 2.06.03 - 85, то расхождения будут в 7,8 раза.

Таким образом, согласно нашим исследованиям, используемые в настоящее время методы расчета испарения во время полива сильно завышены и не отвечают действительности.

В условиях Средней Азии несправедливо считают перевод оросительной воды в воздушную влагу непродуктивным процессом и относят его к потерям.

Величину "потерь" на испарение принимают в пределах 20 -25% (в среднем 22,5%). Наши же исследования говорят, что эта величина в среднем не более 2,5% То есть согласно нашим исследованиям, используемые для полива дождеванием поливные нормы можно уменьшить на 20%. При этом будет соответственно сэкономлено 20% оросительной воды. Экономный режим орошения не только не снизит урожайность хлопчатника, а, напротив, повысит ее, поскольку переувлажнение, равно как и недоувлажнение, снижают урожайность. Оптимальный же режим увлажнения способствует повышению урожайности. Поэтому ниже подсчитаем экономический эффект от рекомендуемых нами водосберегающих режимов орошения.

5.6. Расчет экономического эффекта от результатов исследований

5.6.I. Эффект от экономии оросительной воды

Экономический эффект по результатам исследований будет складываться из суммы эффектов, связанных с экономией оросительной воды (20% от оросительной нормы), и возможности повышения урожайности сельхозкультур, вследствие сокращения поливных норм и поддержания более благоприятного водо=воздушного режима почвы.

Возможности экономии оросительной воды подсчитать несложно. В самом деле, из 20,7 млн.га орошаемых в настоящее время земель /90/ около I0 млн.га орошаются дождеванием.

В Узбекистане орошается 4,2 млн.га, из них пригодных для дождевания земель по разным оценкам специалистов насчитывается от 0,3 до 2,3 млн.га. При оросительной норме, характерной при дождевании около 5500 $м^3$/га, на одном гектаре, по нашим рекомендациям, можно сэкономить до I000-II00 $м^3$/га, то есть производить полив с оросительной нормой около 4500 $м^3$/га (напомним, что в настоящее время при бороздковом поливе в среднем по Узбекистану расходуют I4000 $м^3$/га).

Принимая стоимость воды в бассейне р.Сырдарья, равной 15 коп/м^3 /64/, найдем, что эффект от экономии оросительной воды на землях, орошаемых дождеванием, составит :

$$Э_д = \Delta m \times Ц_в = 1100 \times 0,15 = 165 \text{ руб/га год.}$$

Если учесть, что в настоящее время полив хлопчатника производится, главным образом, по бороздам ($m_б$=14000 м^3/га), то при переходе на дождевание на каждом гектаре можно будет экономить до 9500 м^3/га, а эффект составит :

$$Э_б = 9500 \times 0,15 = 1425 \text{ руб/га}$$

Если из оценки специалистов о возможности применения дождевания от 0,3 до 2,3 млн./га принять среднюю величину, получим, что земель, пригодных для полива дождеванием, будет 1,3 млн/га.

В этом случае по Узбекистану можно будет сэкономить до 1,3 млн.га x 9,5 тыс.м^3/га = 12,35 км^3 воды и получить народнохозяйственный эффект в 1,85 миллиарда рублей. Сэкономленную воду можно будет сбросить в Аральское море, получив еще более значительный эффект.

5.6.2. Эффект от повышения урожайности

В настоящее время нет нормативных рекомендаций, позволяющих рассчитать ущерб от избыточного увлажнения почвы. Хотя последствия полива завышенными поливными нормами всем хорошо известны на примере зоны Аральского моря.

Поэтому мы воспользовались материалами научно-исследовательской станции по технике орошения (НИСТО САНИИРИ), где в 1982 г. были получены данные, говорящие о том, что при переувлажнении почвы на каждый процент (НВ), происходило в среднем снижение урожайности хлопчатника на 0,6%. При 20% переувлажнении, следовательно, произойдет снижение урожайности на 12%. Задавшись урожайностью в 30 ц/га при оптимальном режиме увлажнения и среднем уровне агротехники, будем иметь прибавку от экономии оросительной воды 30 x 0,12 = 3,6 ц/га.

При себестоимости хлопчатника в 60 руб. за один центнер эффект от прибавки урожая составит :

$$Эу = 60 \times 3,6 = 216 \text{ руб/га}$$

В целом по Узбекистану этот эффект составит:

$$1,3 \text{ млн.га} \times 216 \text{ руб.} = 280,8 \text{ млн.руб.}$$

Итого удельный эффект от предлагаемых рекомендаций по определению испарения при поливе дождеванием в условиях Узбекистана составит:

$$\sum Э = Э_д + Э_у = 165 + 216 = 381 \text{ руб/га}$$

Удельный эффект от перехода на полив хлопчатника дождеванием будет больше и составит

$$\sum = Э_б + Э_у = 1425 + 216 = 1641 \text{ руб/га}$$

Сделаем теперь выводы по вышеизложенной пятой главе данной работы :

1. Поскольку дефицит влажности воздуха в факеле дождя существенно отличается от дефицита окружающего воздуха, то для расчета величины испарения капель дождя в воздухе по формуле Е.Г.Зака в качестве гидрометрологических параметров следует подставлять параметры в факеле дождя, а не параметры окружающего воздуха, как это делалось до настоящего времени.

2. Влияние ветра на величину испарения капель дождя следует учитывать путем корректировки скорости обдувания капель дождя по формуле (5.8).

3. Относительная величина испарения капель дождя в воздухе для большинства дождевальных машин не выше 1%. (для машины "Кубань-М2", (0,2-0,4)%.

4. Средний слой осадков, способный удержаться на листьях хлопчатника, составляет 0,08 мм. Величина относительного испарения этого слоя после полива будет тем больше, чем больше величина листовой поверхности.

5. Метод измерения оседания осадков на листьях посредством дождемеров не отражает физической стороны явления, и им в дальнейшем мы не рекомендуем пользоваться. На самом деле куст служит своеобразной крышей, через которую часть капель попадает в дождемер, стоящий под ней, но большая часть осадков стекает с нее в дождемер, стоящий между кустов, а разница в показаниях дождемеров, таким образом, вовсе не говорит о том, что дождь осел на листьях растений.

6. Часть воды, оседающая на листьях, испаряется. Относительная величина испарения зависит от микроклимата смоченного поля, от продолжительности прохода и нормы полива за проход. Определять ее надо по формуле 5.17 и значения (σ исп.) для машины "Кубань-М2" около 0,1%.

7. Общая величина испарения при поливе дождеванием складывается из испарения капель дождя в воздухе, испарения с поверхности листьев во время полива и испарения с листьев после полива. Общая величина не превышает 3%.

8. Назначаемые в настоящее время оросительные нормы для полива дождеванием в условиях Средней Азии можно снизить на 20%, что позволит сэкономить оросительную воду и повысить урожайность за счет улучшения водо-воздушного режима почвы.

9. Общий экономический эффект от предлагаемых рекомендаций составит не менее 381 руб/га.

З А К Л Ю Ч Е Н И Е

В результате проделанной работы были получены следующие теоретические и экспериментальные выводы :

1. Испаряющаяся во время дождевания вода не является потерянной. Она переходит в воздушную влагу, формирующую микроклимат поля и способствующую созданию нормальных условий для роста и развития культуры.

2. Все экспериментальные методы, используемые для определения испарения воды в воздухе, имеют в своем арсенале дождемеры, с поверхности которых во время опыта испаряется часть воды, что искажает конечный результат замеров до 10 раз, поэтому дождемеры надо прикрывать воронкой.

3. Все расчетные методы предполагают подстановку в формулы параметры температуры или дефицита влажности окружающего факел дождя воздуха, тогда как для определения истинной величины испарения надо подставлять гидрометрологические параметры в факеле дождя.

4. Общая величина испарения при поливе машиной "Кубань-М" складывается из испарения капель дождя в воздухе (0,2 - 0,4 %), испарения с листьев за период прохода (около 0,1 %) и испарения осевшей на листьях воды после полива (2,3 %).

5. В настоящее время для определения слоя осадков, оседающих на листьях, используют дождемеры, устанавливаемые над и под кроной растения. Однако разница в показаниях этих дождемеров на самом деле к величине осевшего слоя осадков не имеет отношения. В дальнейшем пользоваться этим методом не следует. Следует пользоваться методом смачивания кустов в сосуде с водой.

6. Максимально возможный слой, способный осесть на листьях хлопчатника, составляет 0,088 мм, средний - 0,08 мм, а слой осадков, задерживаемый растительным покровом, зависит от развития листовой поверхности хлопчатника и не превышает 0,9 мм.

7. Скорость транспирации со смоченного листа на открытой местности со временем снижается по гиперболическому закону от 0,7 (в первые 10 мин) до 0,3 мм/час к концу первого часа в августе месяце, а с листа, не смоченного водой, с 0,6 до 0,18 мм/час соответственно.

Скорость транспирации с куста, расположенного в поле, ниже примерно в два раза.

8. Время высыхания смоченных дождем кустов зависит от развития листовой поверхности густоты растений, периода полива и в августе месяце при густоте хлопчатника в 140 тыс.раст/га составляет 1,1 час.

9. Полив дождевальной машиной "Кубань-М2" существенно изменяет микроклимат поля, снижая температуру окружающего воздуха на 8 - 12%, а температуру в поле хлопчатника в слое (0 - 100) см (в августе) в среднем на 14,6°С. Относительная влажность окружающего факел дождя воздуха увеличивается на 40 - 45 %, а в факеле дождя достигает 93 - 94 %, при дефиците влажности около 1 мм рт.ст.

10. Назначаемые в настоящее время оросительные нормы для полива дождеванием в условиях Средней Азии можно понизить до 20 %.

11. Ожидаемый экономический эффект от снижения поливных норм составит не менее 380 руб/га.

ПРИЛОЖЕНИЕ

П3.1

Вывод уравнения регрессии

	X	Y	X^2	X·Y	Y^2		X	Y	X^2	X·Y	Y^2
№ п/п	$t_г$, мин	σ, %	$(t_г)^2$	$(t_г)(σ)$	$(σ)^2$	№ п/п	$t_г$, мин	σ, %	$(t_г)^2$	$(t_г)(σ)$	$(σ)^2$
1	35	1,1	1225	38,5	1,21	36	35	2,6	1225	91	6,8
2	45	3,7	2025	166,5	13,7	37	40	4,9	1600	196	24,0
3	55	4,8	3025	264	23,0	38	45	6,4	2025	288	41,0
4	65	7,2	4225	468	51,8	39	50	3,5	2500	175	12,2
5	70	8,9	4900	623	79,2	40	55	7,7	3025	424	59,3
6	75	10,9	5625	817	118,8	41	20	0,44	400	9	0,2
7	80	12,8	6400	1024	163,8	42	25	1,33	625	33	1,8
8	85	9,3	7225	790	86,5	43	30	2,54	900	76	6,5
9	35	5,5	1225	193	30,2	44	35	3,0	1225	105	9,0
10	45	—	—	—	—	45	40	3,2	1600	128	10,2
11	55	3,6	3025	198	13,0	46	45	4,6	2025	207	21,2
12	65	7,0	4225	385	49	47	50	4,0	2500	200	16,0
13	70	9,4	4900	658	88,4	48	55	7,7	3025	423	59,3
14	75	11,0	5625	825	121	49	25	3,2	625	80	10,2
15	80	11,9	6400	952	141,6	50	30	7,9	900	237	62,4
16	85	9,3	7225	791	86,5	51	35	5,4	1225	189	29,2
17	25	1,8	625	45	3,24	52	40	7,2	1600	288	51,8
18	30	5,5	900	165	30,2	53	45	9,0	2025	405	81,0
19	35	7,5	1225	263	56,2	54	50	8,7	2500	435	75,7
20	40	7,25	1600	290	52,6	55	55	10,8	3025	594	116,6
21	45	7,4	2025	333	54,8	56	60	9,0	3600	540	81,0
22	50	7,65	2500	382	58,5	57	35	9,7	1225	340	94,1
23	55	13,8	3025	759	190,4	58	40	0,7	1600	28	0,5
24	60	7,9	3600	474	62,4	59	45	7,2	2025	324	51,8
25	25	—	—	—	—	60	50	9,2	2500	460	84,6
26	30	6,0	900	180	36	61	55	11,1	3025	610	123
27	35	9,9	1225	347	98	62	60	11	3600	660	121
28	40	6,7	1600	268	44,9	63	65	13,5	4225	877	182,2
29	45	6,7	2025	302	44,9	64	70	9,8	4900	686	96
30	50	8,9	2500	445	79,2	65	55	3,2	3025	176	10,2
31	55	10,9	3025	600	118,8	66	60	5,7	3600	342	32,5
32	60	7,9	3600	474	62,4	67	65	5,1	4225	331	26,0
33	20	—	—	—	—	68	70	6,7	4900	469	44,9
34	25	1,3	625	32	1,7	69	75	6,5	5625	487	42,2
35	30	3,5	900	105	12,2	70	80	6,3	6400	504	39,7
					Σ	68	3465	455,81	189225	25075	3798,25

$$y = a_0 + a_1 X \; ; \quad y = 0{,}146\, t_г - 0{,}721$$

$$a_0 = \frac{(455{,}81)(189225) - (3465)(25075)}{68(189225) - (3465)^2} = -0{,}721$$

$$a_1 = \frac{68(25075) - (3465)(455{,}81)}{68(189225) - (3465)^2} = 0{,}146$$

$$r = \frac{68(25075) - (3465)(455{,}81)}{\sqrt{[68(189225) - (3465)^2][68(3798{,}25) - (455{,}81)^2]}} = 0{,}603$$

Ж3.2

Распределение слоя осадков за проход машины „Вязань" под черной № 6 по дождемерам, установленным над и под растениями

1	N точек	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	$h_{над\ расп}$ мм	21,34	18,52	18,33	20,9	20,3	19,25	20,61	21,97	21,34	20,92	15,08	18,36	15,9
3	$h_{под\ расп}$ мм	3,34	17,16	15,44	11,51	18,99	15,9	15,88	15,44	16,59	14,23	12,16	10,68	11,38

1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
2	18,41	20,92	23,85	28,88	31,39	18,22	47,55	19,02	9,51	28,53	20,6	30,9	13,47	20,6
3	14,78	18,37	19,2	21,34	16,74	16,25	21,3	13,47	8,35	17,44	18,38	18,16	6,06	10,46

1	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
2	14,26	20,6	13,47	25,11	57,55	51,27	10,16	42,9	35,57	34,53	14,64	24,06	15,69	10,45
3	12,5	18,45	10,04	21,08	44,57	42,38	8,23	29,04	23,49	29,77	9,88	16,36	11,34	9,91

1	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
2	15,69	35,57	23,02	15,08	18,87	14,64	34,94	33,48	19,88	20,92	38,71	17,03	17,43	17,03
3	10,33	26,26	14,33	14,31	15,23	12,58	26,82	27,57	17,0	17,17	27,15	10,32	15,62	14,35

1	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
2	19,62	19,35	19,87	19,0	17,26	18,73	24,79	26,61	20,4	26,81	27,87	18,02	20,76	25,7
3	12,12	17,84	15,51	11,89	14,82	13,77	24,9	21,7	14,84	20,33	20,38	10,86	16,82	19,37

1	70	Сред
2	23,1	22,73
3	18,98	17,09

П5.3

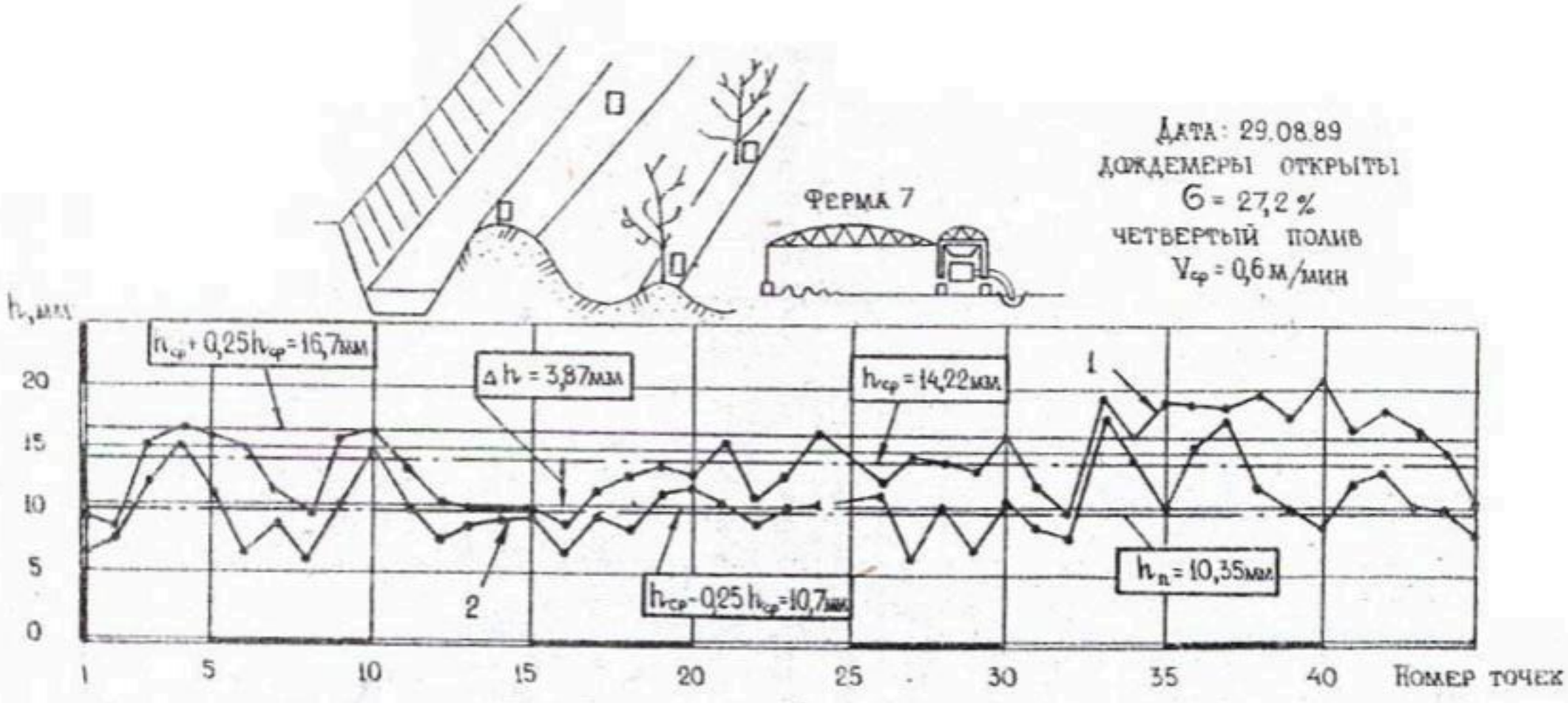
Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 7 по дождемерам, установленным под и над растениями

1	№ точек	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	$h_{над.рас}$ мм.	9,41	8,78	19,5	17,16	16,53	15,06	11,51	9,62	15,9	16,1	13,39
3	$h_{под.рас}$ мм	6,48	7,88	12,11	19,32	11,95	6,48	8,78	9,85	10,23	15,09	10,46

1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	10,88	10,67	10,09	10,04	8,78	11,71	12,93	13,39	12,76	15,48	10,88	12,97	16,72
3	7,53	8,76	9,13	9,14	6,28	9,81	8,16	11,3	11,69	10,4	8,97	10,04	10,48

1	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
2	14,64	12,13	14,44	14,62	13,81	16,57	11,71	9,62	19,08	16,07	19,08	18,83	18,5
3	10,85	11,13	6,06	10,43	6,9	10,88	8,78	7,69	18,09	14,75	10,04	15,59	17.57

1	38	39	40	41	42	43	44	45	Сред.
2	19,83	17,57	20,84	16,74	18,3	17,07	19,34	10.86	14,22
3	12,13	10,86	8,78	12,35	13,23	10,83	10,11	8,31	10,35



Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 7 по дождемерам, установленным под растениями (кривая 2) и над растениями (кривая 1)
(вдоль движения машины, вдоль Окарыка)

П.8.4

П.3.5

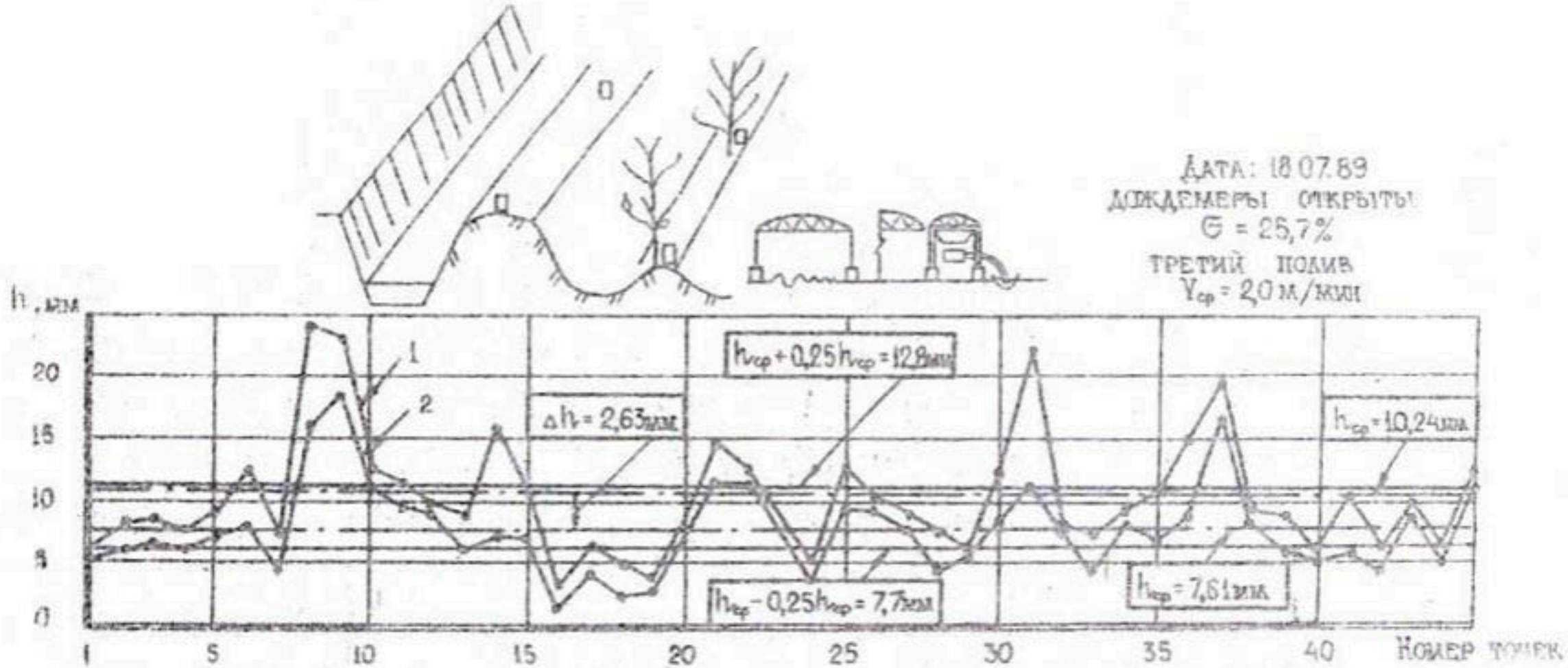
Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №6 по дождемерам, установленным над и под растениями

1	N точек	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	$h_{над\ рас}$ мм	6,27	8,37	8,78	7,34	9,41	12,55	7,32	24,06	23,13	12,37	11,51	9,83
3	$h_{под\ рас}$ мм	5,52	6,04	6,67	6,25	7,09	8,13	4,18	16,06	18,71	11,07	9,66	9,13

1	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
2	8,99	15,69	10,5	3,15	6,27	4,6	3,97	8,37	14,64	12,55	8,78	5,23	12,92	10,02
3	6,25	7,08	7,32	1,25	4,18	2,09	2,72	7,16	11,51	11,39	7,51	3,55	9,18	8,80

1	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
2	8,79	7,53	6,23	11,5	21,97	8,13	7,23	9,39	10,46	14,6	19,55	8,99	8,81	6,06
3	7,95	4,39	5,55	8,13	11,17	7,32	4,18	8,77	6,69	8,78	16,7	7,93	5,65	5,02

1	41	42	43	44	45	Сред.
2	10,14	6,48	9,97	6,27	12,5	10,24
3	5,65	4,39	9,08	5,54	11,67	7,61



Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 6 по дождемерам, установленным под растениями (кривая 2) и над растениями (кривая 1)

П3.7

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЯ ОСАДКОВ ЗА ПРОХОД МАШИНЫ „КУБАНЬ" ПОД ФЕРМОЙ № 7 ПО ДОЖДЕМЕРАМ, УСТАНОВЛЕННЫМ НАД И ПОД РАСТЕНИЯМИ.

1	№точек	1	2	3	4	5	6	7	8
2	$h_{под\ рас}$ мм	109,8	67,59	53,97	76,2	40,4	87,3	98,36	80,9
3	$h_{над\ рас}$ мм	89,23	83,26	80,53	87,85	88,74	84,15	84,3	84,45

1	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	74,71	80,2	77,5	70,1	20,9	77,9	71,8	81,1	77,8
3	79,88	84,75	87,03	85,05	85,2	85,35	82,75	85,64	88,55

1	18	19	20	21	22	23	24	25	26
2	81,88	75,2	66,9	80,0	65,7	82,4	76,1	70,4	80,1
3	92,98	95,88	100,32	98,5	97,0	94,2	91,3	87,7	84,4

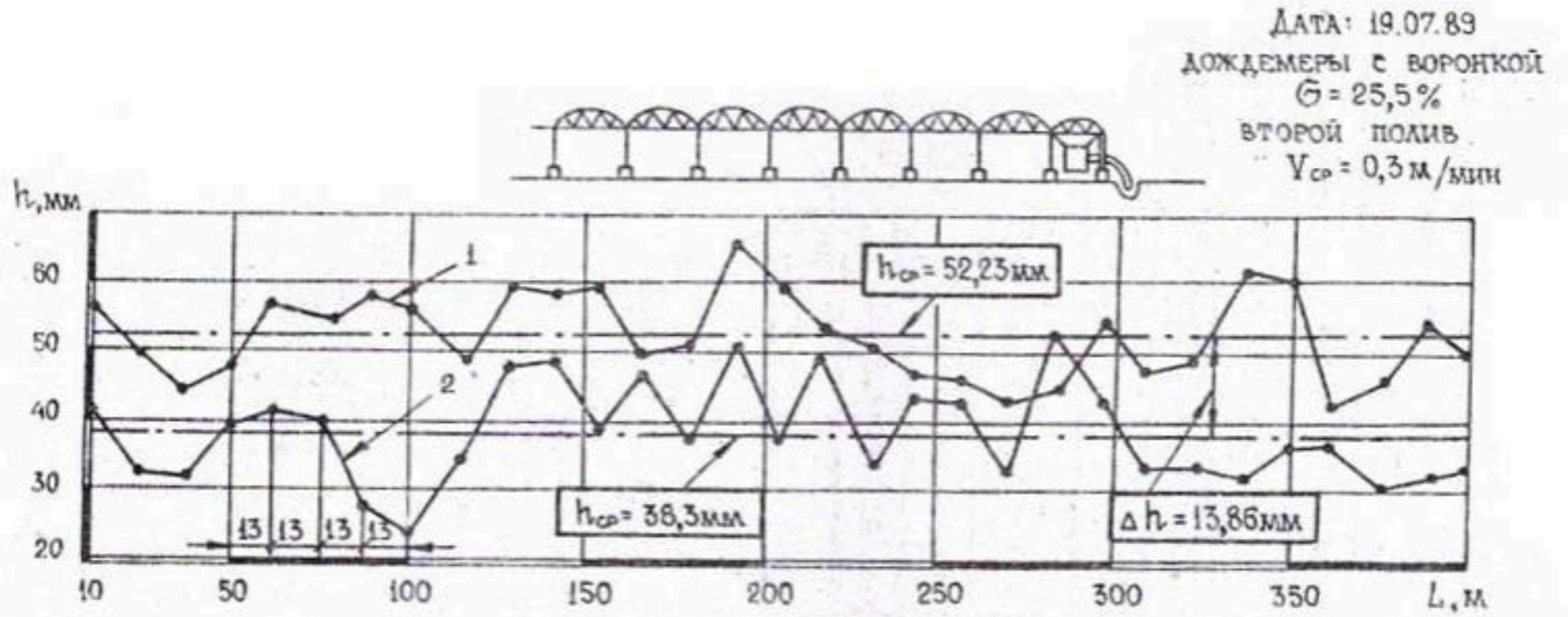
П 3.8

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЯ ОСАДКОВ ЗА ПРОХОД МАШИНЫ „КУБАНЬ" ПОД ЛЕВЫМ КРЫЛОМ ПО ДОЖДЕМЕРАМ, УСТАНОВЛЕННЫМ ПОД И НАД РАСТЕНИЯМИ

1	№точек	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	$h_{под\ рас}$ мм	42,43	33,02	31,34	39,88	41,39	40,97	27,32	23,6	34,64	47,67	48,83	39,67
3	$h_{над\ рас}$ мм	56,59	49,54	44,15	47,16	56,59	54,46	57,4	55,17	48,47	59,73	58,3	59,77

1	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	46,04	37,67	50,4	33,25	49,36	33,02	43,48	44,43	32,46	53,36	43,48	33,02	34,06
3	49,9	50,32	65,17	58,14	53,07	50,33	46,56	45,53	42,23	44,02	54,1	47,9	49,3

1	26	27	28	29	30	31	СРЕД.
2	31,97	36,74	36,11	30,77	32,45	33,4	38,57
3	61,23	60,13	42,72	45,7	54,83	50,19	52,23



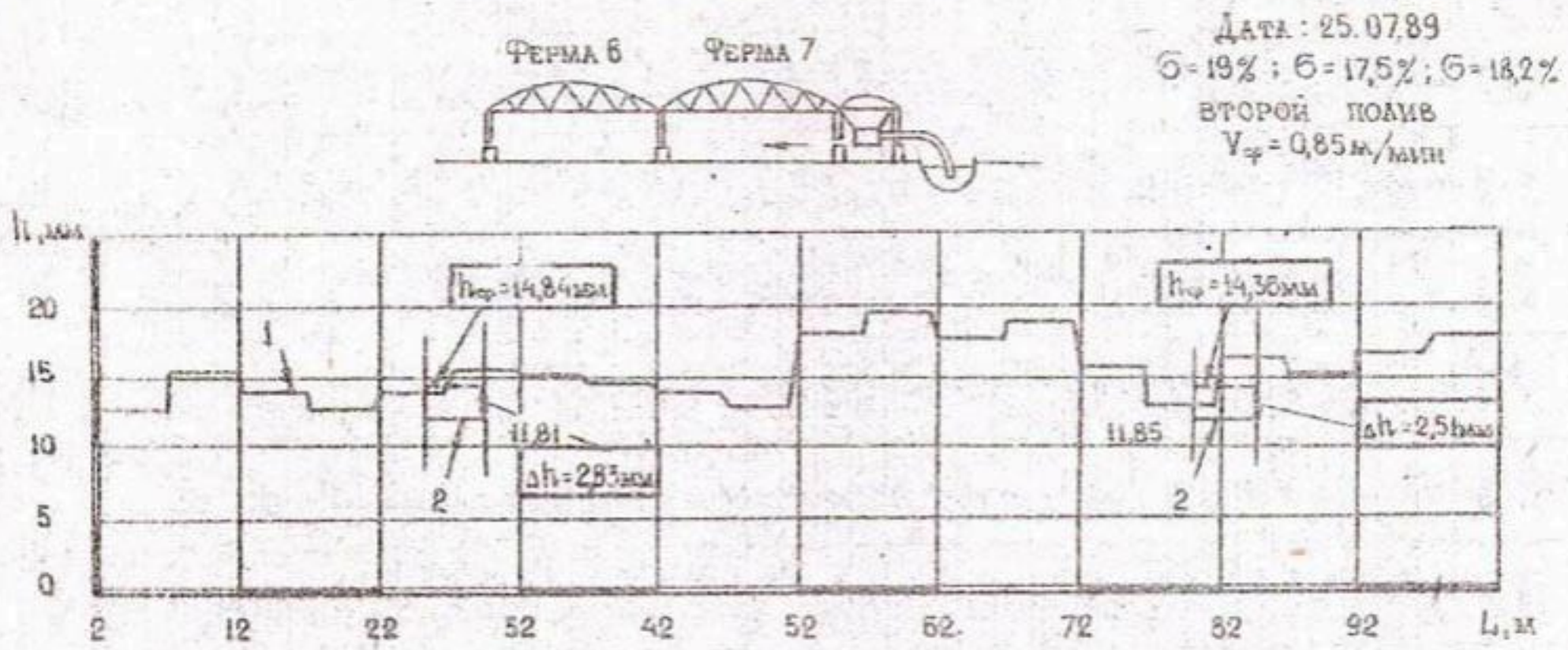
Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под левым крылом по дождемерам, установленным под растениями (кривая 2) и над растениями (кривая 1) (по ширине захвата)

П.3.9

Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 6,7 по трубам с воронками, установленными над и под растениями

1	№ точек	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	L, м	2	7	12	17	22	23	32	33	42	47	52	57
3	$h_{вод.}$ мм	14,68	15,41	14,14	12,86	14,18	19,5	13,74	14,9	13,42	13,86	13,06	19,59
4	$h_{изол.}$ мм						12,01						

1	13	14	15	16	17	18	19	20	Сред.
2	62	67	72	77	82	87	92	97	
3	17,53	18,91	15,5	12,68	16,04	14,9	16,12	17,5	14,84 14,36
4				11,89					12,01 11,85



Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 6,7 по трубам с воронками, установленными под растениями (кривая 1) и над растениями (кривая 2)

П3.10

П3, 4

Распределение слоя осадков по ПДУ по дождемерам, установленным под и над растениями

№ опыта	$t_{нач}$	$t_{кон}$	Δt мин	$h_{над}$ мм	$h_{под}$ мм	Δh мм	$\frac{\Delta h}{h_{над}}$	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	13^{20}	13^{23}	3	24,45	17,46	6,99	0,28	
2	13^{34}	13^{38}	4	24,2	22,5	1,7	0,07	
3	13^{45}	13^{50}	5	22,95	16,69	6,26	0,27	
4	14^{00}	14^{04}	4	30,47	16,70	14,07	0,46	
5	14^{00}	14^{04}	4	21,45	20,49	0,96	0,04	
6	14^{26}	14^{34}	8	31,45	16,71	14,74	0,46	
7	14^{28}	14^{40}	12	21,28	20,52	0,76	0,35	
8	15^{00}	15^{09}	9	24,45	14,71	9,74	0,19	
9	15^{05}	15^{13}	8	27,27	22,45	4,82	0,17	
10	15^{05}	15^{13}	8	31,47	21,7	9,77	0,3	
11	15^{13}	15^{18}	5	17,46	15,95	1,51	0,08	
12	10^{45}	10^{48}	3	20,98	15,35	5,63	0,26	
13	10^{49}	10^{54}	5	17,9	17,0	0,9	0,05	
14	10^{45}	11^{00}	15	16,72	15,55	1,17	0,06	
15	11^{00}	11^{06}	5	13,6	12,05	1,55	0,11	
16	11^{06}	11^{15}	10	22,34	15,75	6,59	0,29	
17	11^{13}	11^{21}	6	16,85	16,01	0,84	0,05	
18	11^{21}	11^{28}	7	20,96	17,5	3,46	0,16	
19	11^{28}	11^{39}	11	23,06	18,65	4,41	0,19	
20	11^{43}	11^{50}	5	17,97	16,55	1,42	0,07	
21	11^{50}	11^{55}	5	16,97	14,6	2,37	0,13	
22	11^{59}	12^{00}	5	16,85	14,1	2,75	0,6	
23	12^{00}	12^{05}	3	11,48	11,01	0,47	0,04	
24	12^{05}	12^{10}	7	18,84	12,3	6,54	0,34	
25	12^{10}	12^{19}	9	17,97	13,53	4,44	0,22	
26	12^{20}	12^{25}	5	19,84	17,28	2,56	0,13	
27	12^{32}	12^{38}	6	16,6	15,0	1,6	0,09	
28	12^{43}	12^{50}	7	18,86	16,27	2,59	0,13	
29	12^{40}	12^{45}	5	11,35	10,09	1,26	0,11	
30	12^{55}	12^{57}	2	18,98	17,45	1,53	0,08	
31	13^{00}	13^{02}	2	16,81	14,56	2,09	0,12	
32	15^{58}	16^{04}	6	21,34	17,33	4,01	0,18	
33	15^{58}	16^{08}	10	19,72	18,55	1,17	0,05	
34	16^{04}	16^{05}	1	24,96	22,81	2,15	0,08	
35	16^{08}	16^{17}	12	25,96	22,5	3,46	0,17	
36	16^{10}	16^{13}	3	14,72	10,07	4,65	0,3	
37	16^{17}	16^{23}	5	18,84	17,12	1,72	0,1	
38	16^{19}	16^{29}	10	29,45	27,65	1,8	0,06	
39	16^{29}	16^{31}	2	21,09	19,67	1,42	0,07	
40	16^{29}	16^{34}	5	19,84	17,71	2,13	0,11	
Среднее				20,7	17,07	3,63	0,18	

Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №1 по дождемерам, установленным через 12.5 см

№ точек	h мм	$h_{лев}$ мм	$h_{пов}$ мм	$h_{ср\ лев}$ мм	$h_{ср\ пов}$ мм
1	9,45		9,45		10,38
2	11,32		11,32		
3	14,01	14,01			
4	17,05	17,05			
5	19,23	19,23		16,68	
6	18,03	18,03			
7	15,09	15,09	15,07		
8	12,0		12,0		14,38
9	12,99	12,99	12,99		
10	17,45	17,45	17,45		
11	21,05	21,05		17,5	
12	20,05	20,05			
13	16,00	16,00	16,00		
14	13,3		13,3		
15	10,13		10,13		12,67
16	11,25	11,25	11,25		
17	17,55	17,55			
18	21,65	21,65		17,19	
19	19,8	19,8			
20	15,7	15,7	15,7		
21	12,1		12,1		
22	9,01		9,01		11,71
23	10,05		10,05		
24	17,32	17,32			
25	24,11	24,11			
26	27,1	27,1		23,41	
27	25,5	25,5			
28	23,05	23,05	23,05		
29	18,9		18,9		
30	17,6		17,6		20,02
31	20,55	20,55	20,55		
32	23,55	23,55			
33	27,09	27,09		23,86	
34	25,98	25,98			
35	22,13	22,13	22,13		
36	17,11		17,11		
37	15,34		15,34		17,68
38	16,15	16,15	16,15		
39	27,17	27,19			
40	30,1	30,1		23,54	

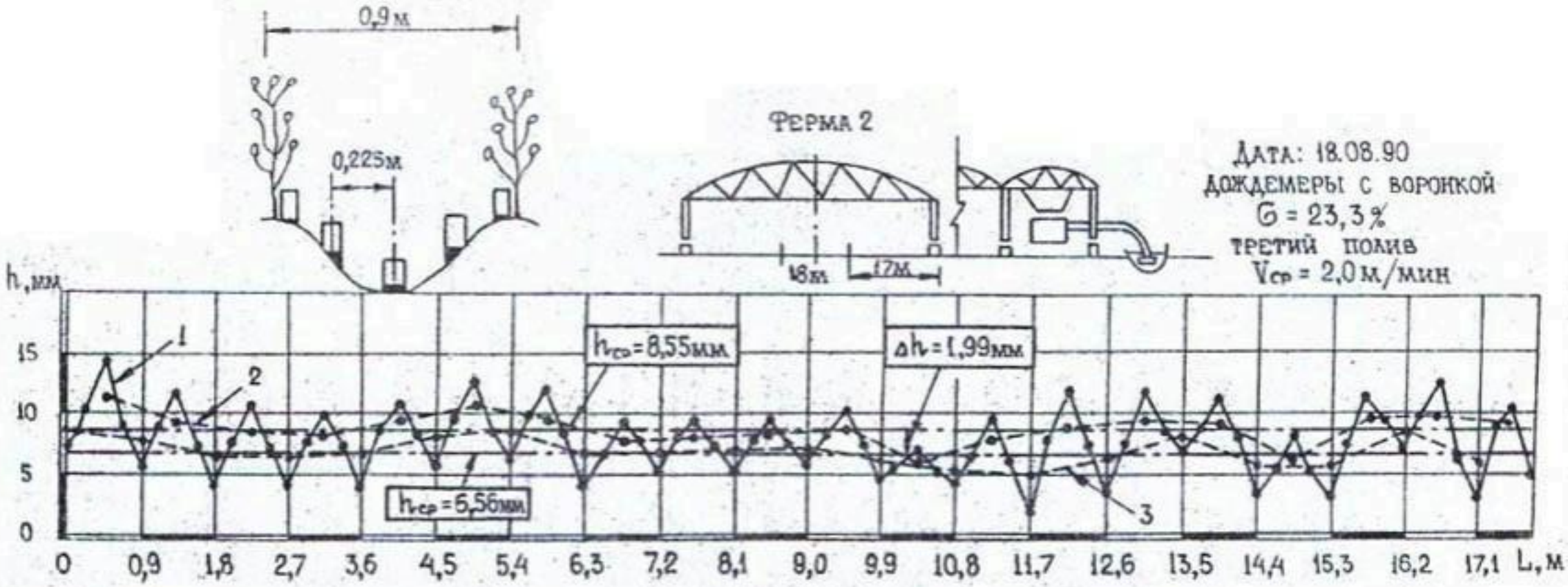
№ точек	h мм	$h_{лев}$ мм	$h_{пов}$ мм	$h_{ср\ пов}$ мм	$h_{ср\ лев}$ мм
41	24,43	24,43			
42	19,85	19,85	19,85		
43	16,08		16,08		
44	14,28		14,28		16,84
45	17,15		17,15		
46	21,18	21,18			
47	25,07	25,07			
48	27,95	27,95		24,59	
49	26,15	26,15			
50	22,63	22,63	22,68		
51	17,84		17,84		19,94
52	17,84		17,84		
53	21,45	21,45	21,45		
54	25,18	25,18			
55	26,1	26,1		22,15	
56	21,01	21,01			
57	17,04	17,04	17,04		
58	13,75		13,75		16,14
59	13,85		13,85		
60	19,93	19,93	19,93		
61	25,14	25,14			
62	26,09	26,09		21,6	
63	21,01	21,01			
64	15,84	15,84	15,84		
65	11,05		11,05		13,28
66	11,45		11,45		
67	14,78	14,78	14,78		
68	17,23	17,23			
69	22,53	22,53		18,01	
70	20,32	20,32			
71	15,22	15,22	15,22		
72	12,09		12,09		
73	11,43		11,43		13,44
74	15,05	15,05	15,05		
75	19,43	19,43			
76	24,09	24,09		19,54	
77	21,02	21,02			
78	18,15	18,15			
79	15,95		15,95		
80	14,21		14,21		15,08
Сред.				20,7	15,13

П 8.13

Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 2 по дождемерам, установленным через 22,5 см по длине 17,77 м

№ точек	h мм	$h_{пед}$ мм	$h_{вод}$ мм	$h_{ср\ пед}$ мм	$h_{ср\ вод}$ мм
1	2	3	4	5	6
1	6,27		6,27		8,39
2	10,52	10,52	10,52		
3	14,59	14,59		11,15	
4	8,34	8,34	8,34		
5	5,65		5,65		7,45
6	8,45	8,45	8,45		
7	11,51	11,51		9,0	
8	7,05	7,05	7,05		
9	4,18		4,18		6,24
10	7,5	7,5	7,5		
11	10,51	10,51		8,27	
12	6,8	6,8	6,8		
13	4,01		4,01		6,09
14	7,48	7,48	7,48		
15	9,4	9,4		7,97	
16	7,04	7,04	7,04		
17	4,1		4,1		6,57
18	8,57	8,57	8,57		
19	10,46	10,46		9,29	
20	8,12	8,12	8,12		
21	5,69		5,69		7,7
22	9,4	9,4	9,4		
23	12,65	12,65		10,25	
24	8,7	8,7	8,7		
25	5,75		5,75		7,93
26	9,4	9,4	9,4		
27	11,65	11,65		9,78	
28	8,3	8,3	8,3		
29	3,75		3,75		6,06
30	6,19	6,19	6,19		
31	8,8	8,8		7,41	
32	7,35	7,35	7,35		
33	5,01		5,01		6,6
34	7,51	7,51	7,51		
35	8,9	8,9		7,77	
36	6,9	6,9	6,9		
37	5,02		5,02		6,48
38	7,54	7,54	7,54		
39	9,01	9,01		7,85	

1	2	3	4	5	6
40	7,02	7,02	7,02		
41	5,61		5,61		6,84
42	7,89	7,89	7,89		
43	10,14	10,14		8,43	
44	7,26	7,26	7,26		
45	4,37		4,37		5,69
46	5,43	5,43	5,43		
47	6,48	6,48		5,74	
48	5,33	5,33	5,33		
49	4,18		4,18		5,30
50	6,44	6,44	6,44		
51	9,3	9,3		7,14	
52	6,01	6,01	6,01		
53	1,44		1,44		4,97
54	7,47	7,47	7,47		
55	11,61	11,61		8,7	
56	7,02	7,02	7,02		
57	3,4		3,4		5,84
58	7,1	7,1	7,1		
59	11,8	11,8		9,0	
60	8,33	8,33	8,33		
61	6,78		6,78		7,86
62	8,47	8,47	8,47		
63	10,83	10,83		8,97	
64	7,61	7,61	7,61		
65	3,18		3,18		5,36
66	5,3	5,3	5,3		
67	7,58	7,58		5,89	
68	4,81	4,81	4,81		
69	3,65		3,65		5,24
70	7,26	7,26	7,26		
71	11,51	11,51		9,27	
72	9,05	9,05	9,05		
73	7,32		7,32		8,63
74	9,54	9,54	9,54		
75	12,5	12,5		9,49	
76	6,45	6,45	6,45		
77	2,76		2,76		6,06
78	8,99	8,99	8,99		
79	10,23	10,23		9,6	
80	11,3				
Сред.				8,55	6,58

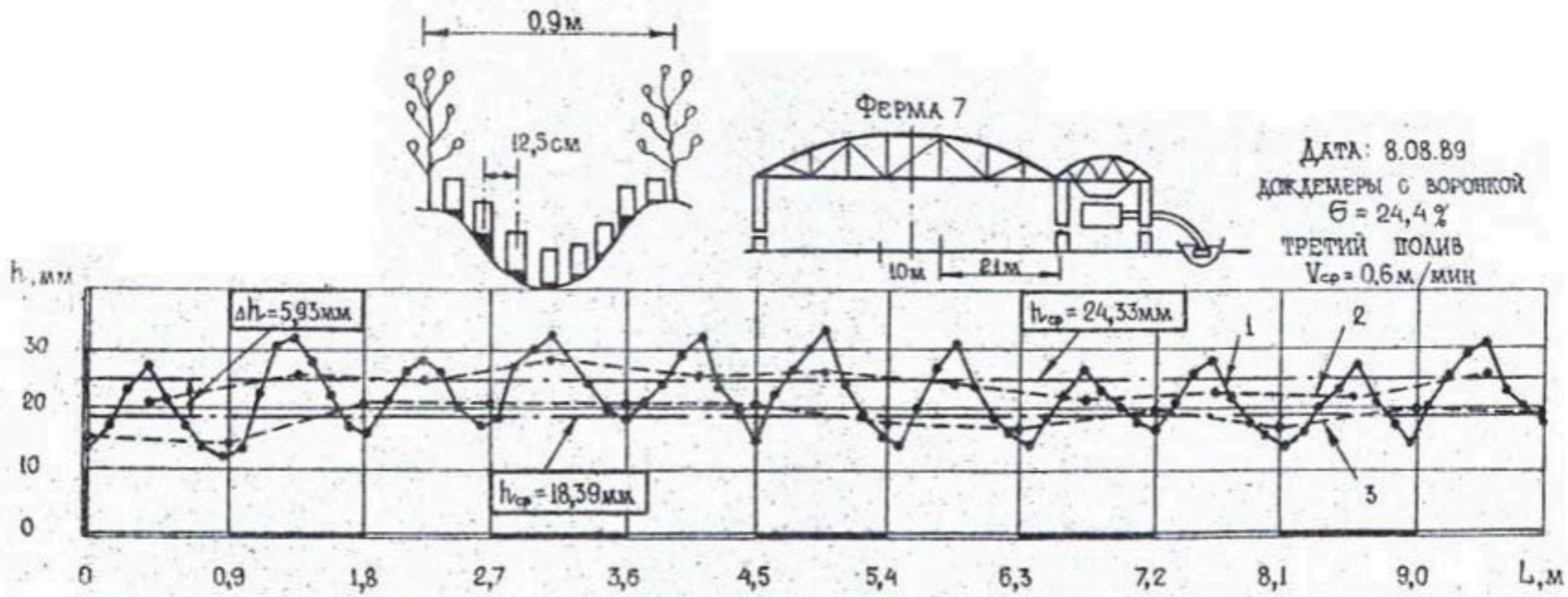


Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 2 по дождемерам, установленным через 22,5 см по длине 17,77 м (кривая 1), (кривая 2) и (кривая 3) средний слой осадков над и под растениями.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЯ ОСАДКОВ ЗА ПРОХОД МАШИНЫ „КУБАНЬ" ПОД ФЕРМОЙ №7 ПО ДОЖДЕМЕРАМ, УСТАНОВЛЕННЫМ НАД И ПОД РАСТЕНИЯМИ

№ точек	h мм	$h_{над}$ мм	$h_{под}$ мм	$h_{ср\ над}$ мм	$h_{ср\ под}$ мм
1	2	3	4	5	6
1	14,09		14,09		15,58
2	17,08	17,08	17,08		
3	23,23	23,23			
4	27,19	27,19		21,18	
5	21,11	21,11			
6	17,33	17,33	17,33		
7	13,74		13,74		
8	12,13		12,13		14,11
9	13,25	13,25	13,25		
10	22,32	22,32			
11	30,10	30,10		25,03	
12	32,30	32,30			
13	27,19	27,19	27,19		
14	22,09		22,09		
15	17,08		17,08		20,67
16	16,32		16,32		
17	21,40	21,40			
18	26,34	26,34			
19	28,15	28,15		24,57	
20	26,35	26,35			
21	20,64	20,64	20,64		
22	17,34		17,34		
23	18,22		18,22		20,66
24	26,45	26,45	26,45		
25	30,01	30,01			
26	32,19	32,19		28,14	
27	28,06	28,06			
28	24,02	24,02			
29	20,35		20,35		
30	18,15		18,15		
31	20,85		20,85		20,89
32	24,23	24,23	24,23		
33	29,15	29,15			
34	32,43	32,43		25,88	
35	23,50	23,5			
36	20,11	20,11	20,11		
37	14,06		14,06		
38	21,99		21,99		20,57
39	26,12	26,12	26,12		

1	2	3	4	5	6
40	30,17	30,17			
41	32,85	32,85		26,30	
42	23,85	23,85			
43	18,79	18,79	18,79		
44	15,65		15,65		
45	14,10		14,10		17,17
46	20,15	20,15	20,15		
47	27,26	27,26			
48	30,91	30,91		24,27	-
49	24,12	24,12			
50	18,95	18,95	18,95		
51	15,99		15,99		
52	14,14		14,14		16,9
53	18,55	18,55	18,55		
54	21,64	21,64			
55	26,11	26,11		21,91	
56	23,17	23,17			
57	20,10	20,10	20,10		
58	18,43		18,43		
59	17,25		17,25		19,12
60	20,71	20,71	20,71		
61	26,02	26,02			
62	28,30	28,30		22,74	
63	21,45	21,45			
64	17,22	17,22			
65	15,84		15,84		
66	14,09		14,09		
67	16,32		16,32		16,6
68	20,15	20,15	20,15		
69	23,65	23,65			
70	27,31	27,31		21,75	
71	20,54	20,54			
72	17,14	17,14	17,14		
73	14,09		14,09		
74	20,15		20,15		19,29
75	25,78	25,78	25,78		
76	29,10	29,10			
77	30,64	30,54		25,81	
78	23,17	23,17			
79	20,3	20,3	20,3		
80	18,14		18,14		19,22
Сред.				24,33	18,39



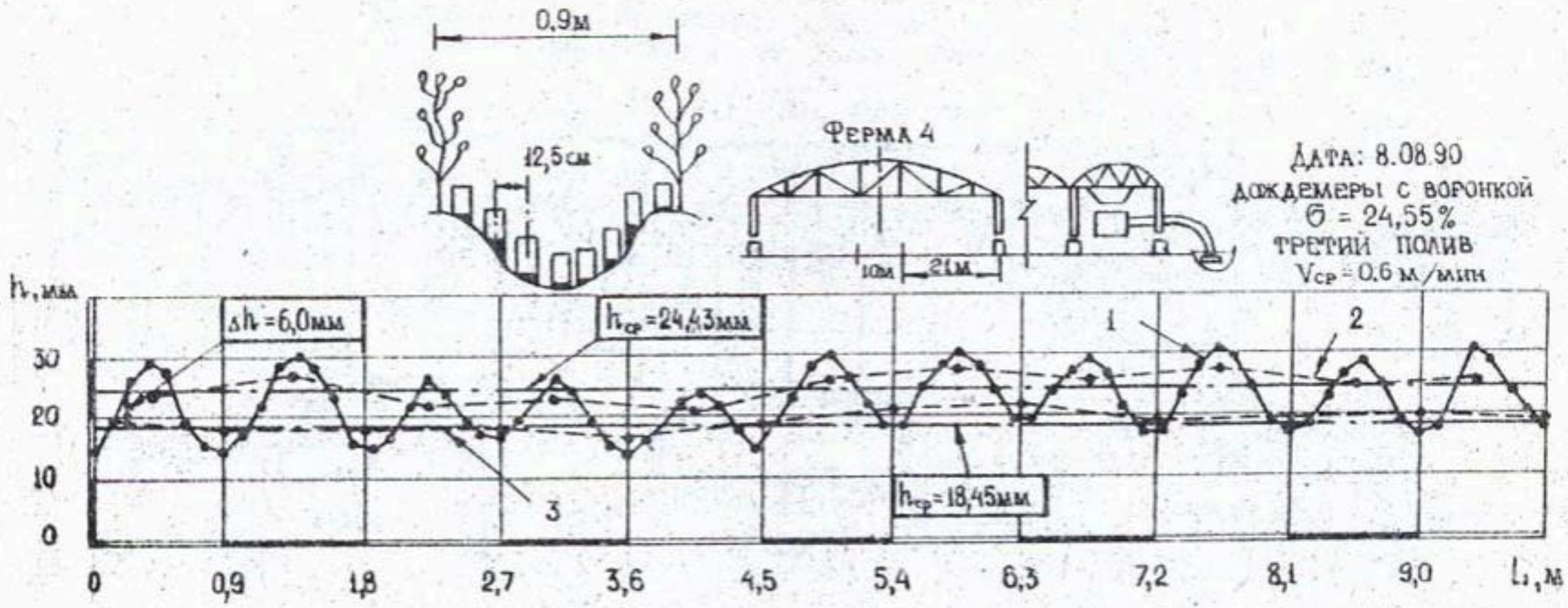
Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №7 по дождемерам, установленным через 12,5см по длине 9,875м (кривая 1), (кривая 2) и (кривая 3) средний слой осадков над и под растениями.

П 5.17

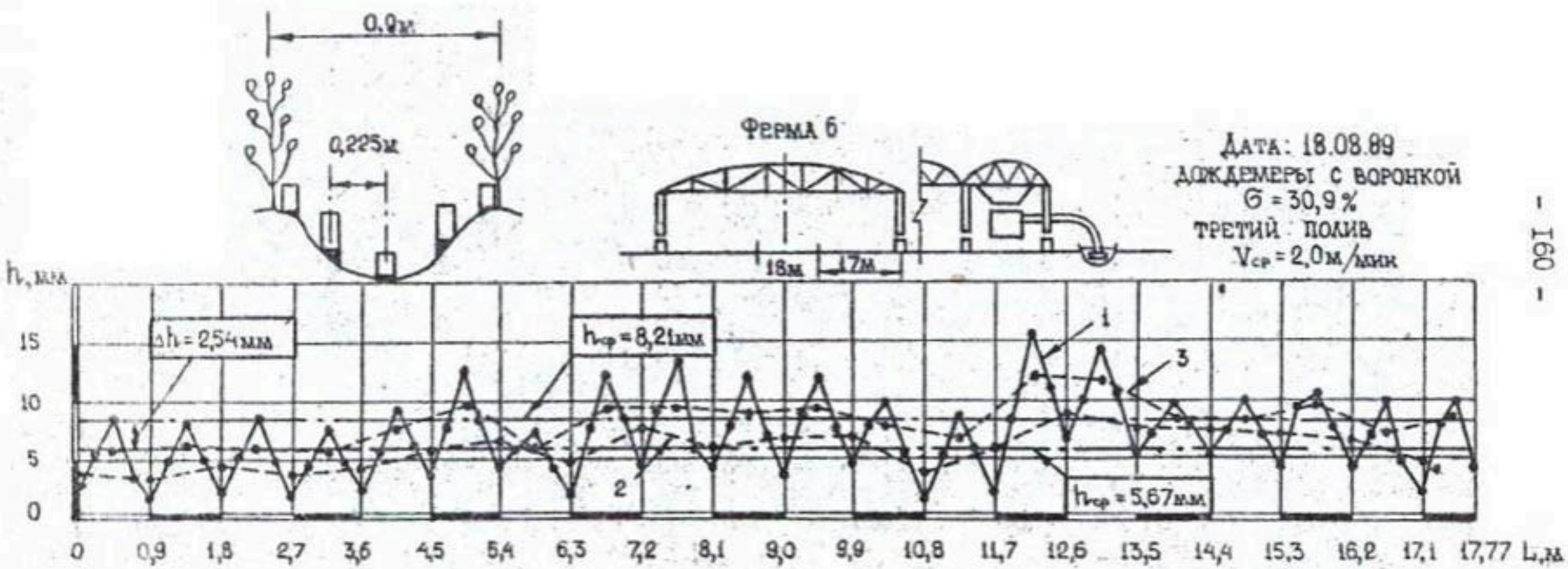
Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №4 по дождемерам, установленным через 12.5 см по длине 9.875 м

№ точек	h мм	$h_{над}$ мм	$h_{под}$ мм	$h_{ср\ над}$ мм	$h_{ср\ под}$ мм
1	2	3	4	5	6
1	13,89		13,89		16,71
2	19,54		19,54		
3	25,99	25,99			
4	28,98	28,98			
5	28,01	28,01		23,4	
6	19,05	19,05			
7	15,01	15,01	15,01		
8	14,22		14,22		17,03
9	16,99		16,99		
10	21,91	21,91	21,91		
11	28,35	28,35			
12	30,31	30,31		26,56	
13	28,22	28,22			
14	24,02	24,02	24,02		
15	15,1		15,1		
16	14,13		14,13		17,12
17	16,25	16,25	16,25		
18	21,43	21,43			
19	26,19	26,19		21,38	
20	24,01	24,01			
21	20,05	20,05	20,05		
22	16,35		16,35		
23	15,73		15,73		17,72
24	18,78	18,78	18,78		
25	22,54	22,54			
26	25,49	25,49		22,03	
27	24,05	24,05			
28	18,8	18,8	18,8		
29	14,84		14,84		
30	13,11		13,11		15,65
31	15,87		15,87		
32	18,46	18,46			
33	21,92	21,92			
34	23,17	23,17		20,46	
35	21,64	21,64			
36	17,14	17,14	17,14		
37	14,13		14,13		18,36
38	19,21		19,21		
39	22,98	22,98	22,98		

1	2	3	4	5	6
40	28,0	28,0			
41	30,13	30,13		25,8	
42	26,34	26,34			
43	21,59	21,59	21,59		
44	17,88		17,88		20,53
45	17,88		17,88		
46	24,77	24,77	24,77		
47	28,29	28,29			
48	30,07	30,07		27,03	
49	28,32	28,32			
50	23,71	23,71	23,71		
51	19,31		19,31		21,46
52	19,31		19,31		
53	23,53	23,53	23,53		
54	26,9	26,9			
55	28,84	28,84		25,26	
56	26,42	26,42			
57	20,63	20,63	20,63		
58	16,08		16,08		18,88
59	16,08		16,08		
60	22,73	22,73	22,73		
61	27,87	27,87			
62	30,82	30,82		27,23	
63	29,83	29,83			
64	24,93	24,93	24,93		
65	18,93		18,93		
66	16,64		16,64		19,58
67	17,82		17,82		
68	22,69	22,69			
69	26,86	26,86			
70	28,73	28,73		24,25	
71	24,65	24,65			
72	18,33	18,33	18,33		
73	16,89		16,89		19,29
74	17,53	17,53	17,53		
75	24,43	24,43	24,43		
76	30,91	30,91		25,19	
77	29,43	29,43			
78	23,67	23,67			
79	20,32		20,32		
80	17,36		17,36		18,84
Сред.				24,43	18,43



Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 4 по дождемерам, установленным через 12,5 см по длине 9,875 м (кривая 1), (кривая 2) и (кривая 3) средний слой осадков над и под растениями.



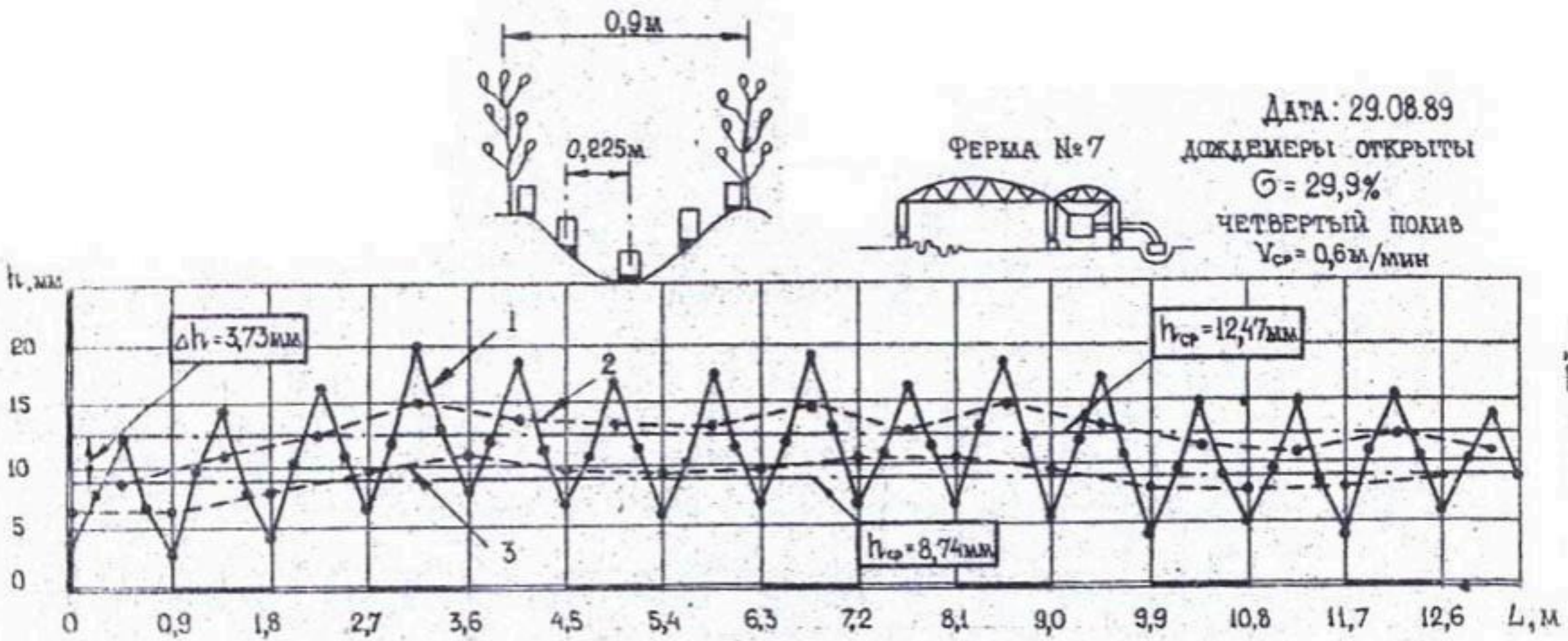
Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №6 по дождемерам, установленным через 22,5 см по длине 17,77 м (кривая 1), (кривая 2) и (кривая 3) средний слой осадков над и под растениями.

П3.21

Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №7 по дождемерам, установленным над и под растениями.

№ точек	h мм	$h_{над}$ мм	$h_{под}$ мм	$h_{ср над}$ мм	$h_{ср под}$ мм
1	2	3	4	5	6
1	3,48		3,48		[illegible]
2	7,95	7,95	7,95		5,71
3	12,41	12,41		8,95	
4	6,5	6,5	6,5		
5	2,5		2,5		6,2
6	9,6	9,6	9,6		
7	14,4	14,4		10,65	
8	7,95	7,95	7,95		
9	4,11		4,11		7,48
10	10,4	10,4	10,4		
11	16,49	16,49		12,88	
12	10,25	10,25	10,25		
13	5,88		5,88		9,41
14	12,1	12,1	12,1		
15	20,16	20,16		15,02	
16	12,8	12,8	12,8		
17	7,6		7,6		10,88
18	12,24	12,24	12,24		
19	18,4	18,4		13,98	
20	11,3	11,3	11,3		
21	9,55		9,55		9,54
22	10,77	10,77	10,77		
23	17,01	17,01		13,04	
24	11,35	11,35	11,35		
25	5,75		5,75		8,08
26	10,15	10,15	10,15		
27	17,45	17,45		12,98	
28	11,35	11,35	11,35		
29	6,62		6,62		9,84
30	11,55	11,55	11,55		
31	18,92	18,92		14,63	
32	13,38	13,38	13,38		
33	6,48		6,48		10,14
34	10,56	10,56	10,56		
35	16,5	16,5		12,87	
36	11,56	11,56	11,56		

1	2	3	4	5	6
37	6,58		6,58		10,47
38	13,28	13,28	13,28		
39	18,68	18,68		14,48	
40	11,5	11,5	11,5		
41	5,01		5,01		9,47
42	11,92	11,92	11,92		
43	16,65	16,65		13,08	
44	10,67	10,67	10,67		
45	4,15		4,15		8,0
46	9,2	9,2	9,2		
47	14,85	14,85		11,05	
48	9,1	9,1	9,1		
49	5,01		5,01		7,88
50	9,55	9,55	9,55		
51	14,5	14,5		10,85	
52	8,45	8,45	8,45		
53	3,94		3,94		7,83
54	11,09	11,09	11,09		
55	15,13	15,13		12,22	
56	10,46	10,46	10,46		
57	5,78		5,78		8,76
58	10,04	10,04	10,04		
59	14,3	14,3		10,9	
60	8,37	8,37			
Сред.				12,47	8,74



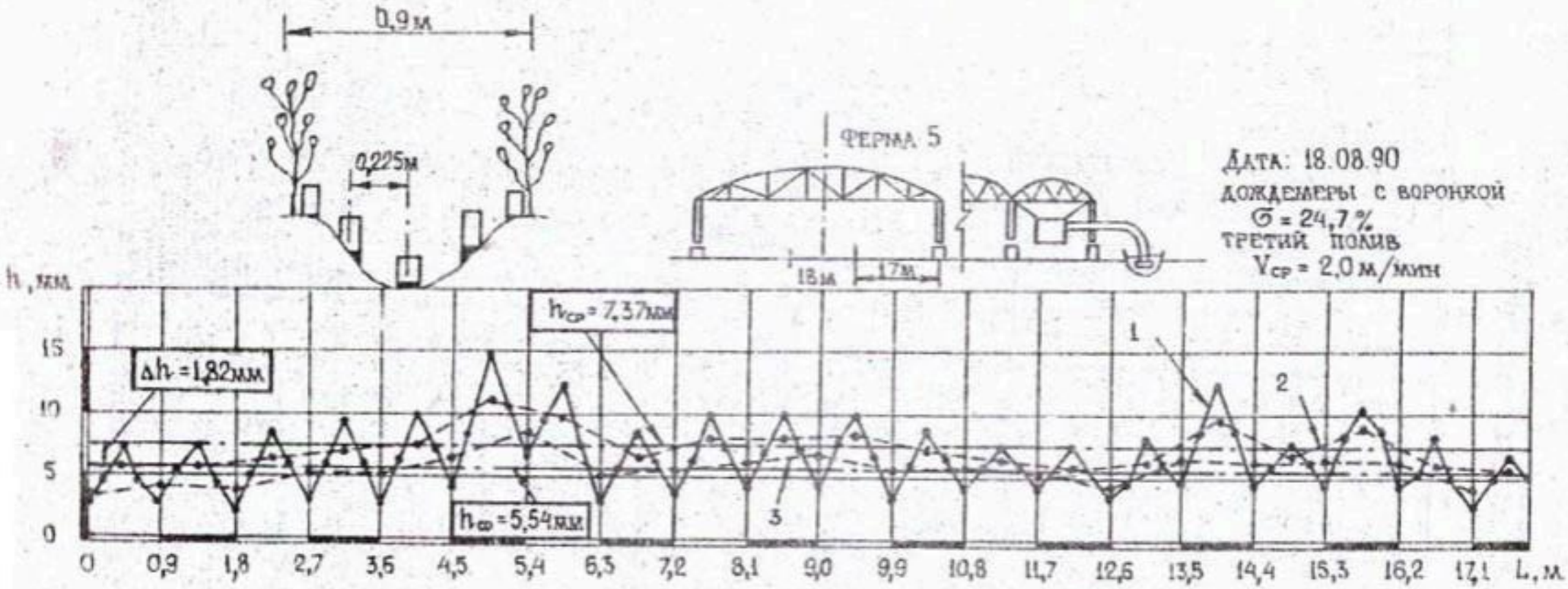
Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №7 по дождемерам, установленным через 22.5 см по длине 13.275 м (кривая 1), (кривая 2) и (кривая 3) средний слой осадков над и под растениями.

П.3,25

Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 5 по дождемерам, установленным над и под растениями.

№ точек	h мм	$h_{над}$ мм	$h_{под}$ мм	$h_{ср над}$ мм	$h_{ср под}$ мм
1	2	3	4	5	6
1	1,25		1,25		2,9
2	4,55	4,55	4,55		
3	7,1	7,1		5,43	
4	4,65	4,65	4,65		
5	3,18		3,18		4,35
6	5,22	5,22	5,22		
7	7,27	7,27		5.55	
8	4,18	4,18	4,18		
9	2,09		2,09		3,77
10	5,04	5,04	5,04		
11	8,48	8,48		6,56	
12	6,16	6,16	6,16		
13	3,12		3,12		5,17
14	6,25	6,25	6,25		
15	9,45	9,45		7,3	
16	6,21	6,21	6,21		
17	2,55		2,55		5,05
18	6,41	6,41	6,41		
19	10,07	10,07		7,99	
20	7,49	7,49	7,49		
21	4,01		4.01		6,66
22	8,5	8,5	8,5		
23	14,94	14,94		11,36	
24	10,66	10,66	10,66		
25	6,69		6,69		8,99
26	9,62	9,62	9,62		
27	12,55	12,55		9,9	
28	7,53	7,53	7,53		
29	2,51		2,51		5,22
30	5,64	5,64	5,64		
31	8,73	8,73		6,86	
32	6,16	6,16	6,16		
33	3,55		3,55		5,42
34	6,56	6,56	6,56		
35	10,13	10,13		9,05	
36	7,47	7,47	7,47		
37	4,18		4,18		6,86
38	7,15	7,15	7,15		
39	10,02	10,02		8,22	

1	2	3	4	5	6
40	7.49	7,49	7,49		
41	4,6		4,6		6,81
42	8,35	8,35	8,35		
43	10,02	10,02		8,62	
44	7,51	7,51	7,51		
45	3,15		3,15		5,61
46	6,17	6,17	6,17		
47	8,79	8,79		7,17	
48	6,56	6,56	6,56		
49	4,39		4,39		5,63
50	5,96	5,96	5,96		
51	7,53	7,53		6,51	
52	6,04	6,04	6,04		
53	4,25		4,25		5,23
54	5,41	5,41	5,41		
55	7,57	7,57		5,89	
56	4,7	4,7	4,7		
57	3,13		3,13		4,11
58	4,5	4,5	4,5		
59	8,33	8,33		6,36	
60	6,27	6,27	6,27		
61	4,89		4,89		6,58
62	8,59	8,59	8,59		
63	12,56	12,56		9,88	
64	8,51	8,51	8,51		
65	4,58		4,58		6,34
66	5,94	5,94	5,94		
67	7,63	7,63		6,82	
68	6,9	6,9	6,9		
69	4,67		4,67		6,57
70	8,12	8,12	8,12		
71	10,1	10,1		9,05	
72	8,95	8,95	8,95		
73	4,17		4,17		6,14
74	5,32	5,32	5,32		
75	8,49	8,49		6,11	
76	4,54	4,54	4,54		
77	9,6		9,6		6,41
78	5,1	5,1	5,1		
79	6,9	6,9		8,0	
80	5,3				
Сред.				7,57	5,54



Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №5 по дождемерам, установленным через 22,5см по длине 17,77м (кривая 1), (кривая 2) и (кривая 3) средний слой осадков над и под растениями.

П3,25

Распределение слоя осадков машины „ДДА-100МА" по дождемерам, установленным под и над растением.
(по ширине захвата через 0,9м)

№№/пп	Слой осадков, мм	
	над	под
1	2	3
Левое крыло		
1	25,34	23,62
2	25,86	23,15
3	26,05	24,41
4	26,68	24,22
5	27,35	24,29
6	27,78	25,2
7	28,16	27,19
8	28,69	26,32
9	29,11	28,12
10	29,65	27,77
11	28,87	26,65
12	27,55	25,32
13	26,61	24,55
14	25,99	25,01
15	25,29	24,15
16	25,1	20,26
17	24,38	21,43
18	24,63	23,8
19	24,34	23,92
20	24,05	22,6
21	24,35	21,44
22	24,12	23,33
23	23,82	22,98
24	23,61	22,99
25	23,47	21,32
26	23,66	22,46
27	23,72	21,65
28	23,94	23,62
29	24,3	20,12
30	24,51	22,55
31	24,62	24,41
32	24,45	20,52
33	24,22	21,76

1	2	3
34	24,52	22,67
35	24,29	23,51
36	24,62	22,56
37	25,11	22,62
38	25,35	21,87
39	25,56	24,69
40	25,43	23,67
41	25,01	24,76
42	24,67	24,1
43	24,62	22,07
44	24,5	23,12
45	24,32	23,1
46	24,81	22,23
47	24,55	22,72
48	24,12	20,33
49	24,35	21,74
50	24,2	23,62
51	24,56	23,28
X	25,28	23,4
Правое крыло		
1	23,16	22,43
2	23,33	20,61
3	24,51	21,78
4	25,72	24,87
5	26,89	24,67
6	27,35	26,23
7	27,2	25,45
8	26,81	26,05
9	26,23	24,15
10	26,34	22,12
11	26,19	26,19
12	26,22	20,25
13	24,83	22,74
14	24,01	23,12
15	23,95	22,89
16	23,55	20,98
17	23,12	20,91
18	22,91	22,02

1	2	3
19	22,65	21,78
20	22,22	21,19
21	23,33	21,43
22	24,26	22,75
23	25,98	24,77
24	26,1	25,61
25	27,62	26,76
26	26,3	20,56
27	26,21	21,87
28	25,93	24,02
29	26,1	24,25
30	26,09	23,17
31	26,35	24,68
32	26,81	25,76
33	27,09	26,12
34	27,43	25,64
35	27,52	26,06
36	26,26	25,61
37	25,19	24,1
38	24,75	24,25
39	23,9	21,15
40	23,51	22,56
41	23,83	21,25
42	24,99	21,1
43	24,16	23,23
44	24,42	23,98
45	24,55	22,23
46	24,44	23,81
47	24,29	23,33
48	24,01	23,05
49	23,95	21,23
50	23,9	21,97
51	23,85	21,23
Ср.	25,08	23,29
22.06.90		

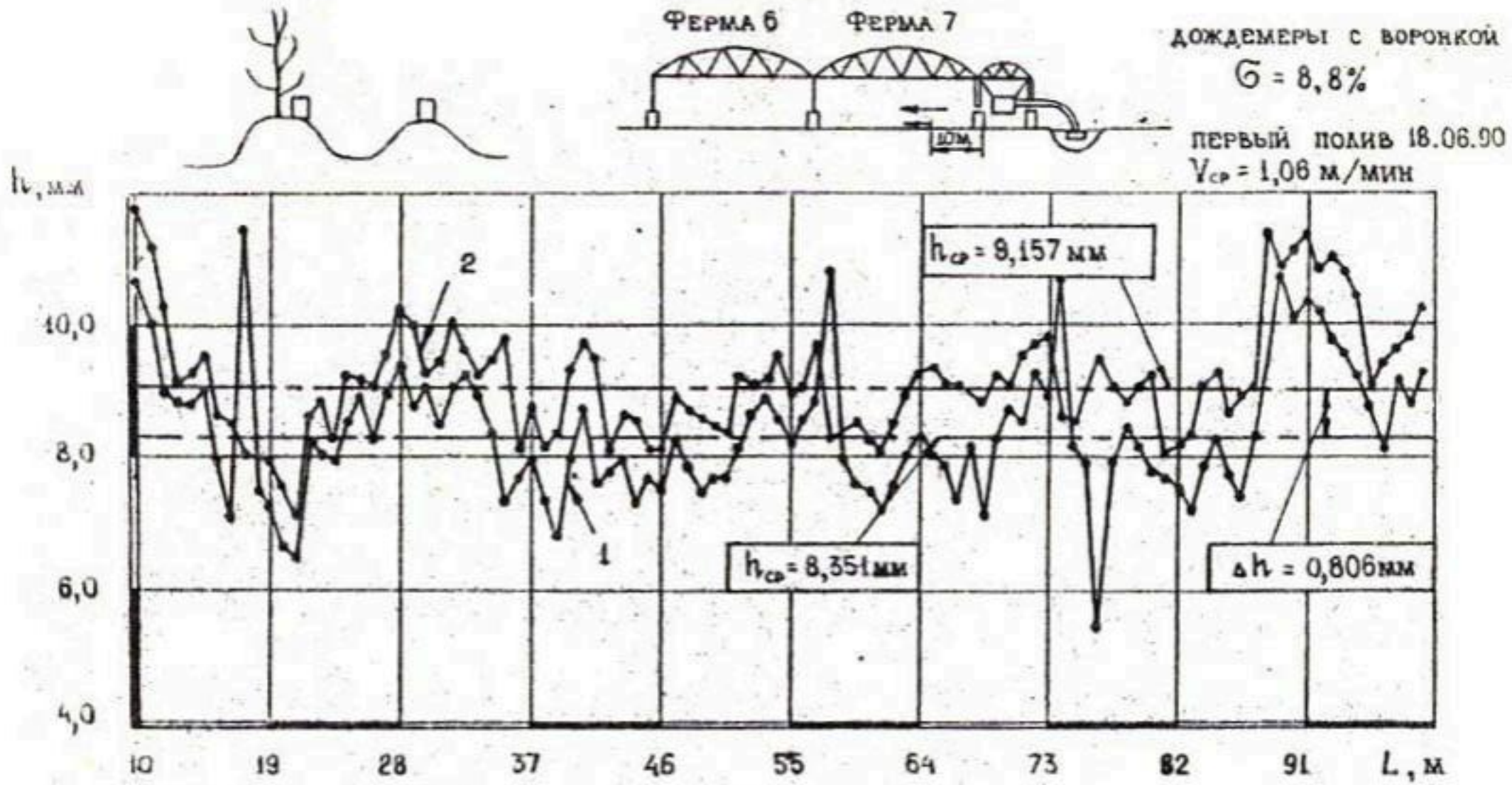
ПЗ.26

Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 6,7 по дождемерам, установленным под и над растением (по ширине захвата через 0,9м)

NN/п/п	слой осадков, мм	
	над	под
1	2	3
1	11,72	10,66
2	11,25	10,08
3	10,27	9,0
4	9,12	8,84
5	9,23	8,86
6	9,56	9,01
7	8,67	7,97
8	8,49	7,06
9	8,06	11,44
10	7,98	7,47
11	7,95	7,26
12	7,51	6,66
13	7,09	6,44
14	8,63	8,21
15	8,85	8,03
16	8,22	7,95
17	9,26	8,55
18	9,15	8,94
19	9,09	8,28
20	9,52	8,93
21	10,25	9,32
22	10,05	8,75
23	9,26	9,05
24	8,46	8,46
25	10,08	9,08
26	9,67	9,24
27	9,29	8,91
28	9,46	8,35
29	9,81	7,26
30	8,09	7,62
31	8,78	7,92
32	8,08	7,34
33	8,34	6,75
34	9,29	7,98
35	9,75	8,74
36	9,55	7,55
37	8,06	7,78
38	8,61	7,91

1	2	3
39	8,58	7,26
40	8,05	7,64
41	8,16	7,43
42	8,98	8,23
43	8,7	7,84
44	8,56	7,41
45	8,48	7,68
46	8,35	7,62
47	9,21	8,17
48	9,05	8,65
49	9,16	8,88
50	9,59	8,56
51	8,99	8,18
52	9,02	8,53
53	9,73	8,81
54	8,25	10,82
55	8,36	7,93
56	8,57	7,52
57	8,25	7,45
58	8,05	7,14
59	8,57	7,51
60	8,98	8,08
61	9,23	8,39
62	9,36	8,06
63	9,19	7,81
64	9,01	7,32
65	8,98	8,14
66	8,87	7,05
67	9,26	8,26
68	9,01	8,77
69	9,6	8,55
70	9,71	9,24
71	9,83	8,94
72	8,62	10,65
73	8,55	8,16
74	9,05	7,84
75	9,57	5,45
76	9,13	7,95
77	8,81	8,44
78	9,03	8,12
79	9,21	7,73
80	8,02	7,64

1	2	3
81	8,16	7,42
82	8,32	7,14
83	9,03	7,86
84	9,26	8,28
85	8,62	7,73
86	8,95	7,31
87	9,05	8,32
88	11,43	9,5
89	10,91	10,75
90	11,18	10,09
91	11,36	10,33
92	10,84	10,16
93	11,03	9,79
94	10,83	9,6
95	10,42	9,21
96	9,03	8,8
97	9,46	8,12
98	9,62	9,15
99	9,8	8,8
100	10,23	9,3
Ср.	9,157	8,351
18. 06. 90		



Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №6,7 по дождемерам, установленным под растениями (кривая 1) и над растениями (кривая 2)

(по ширине захвата)

П3.28

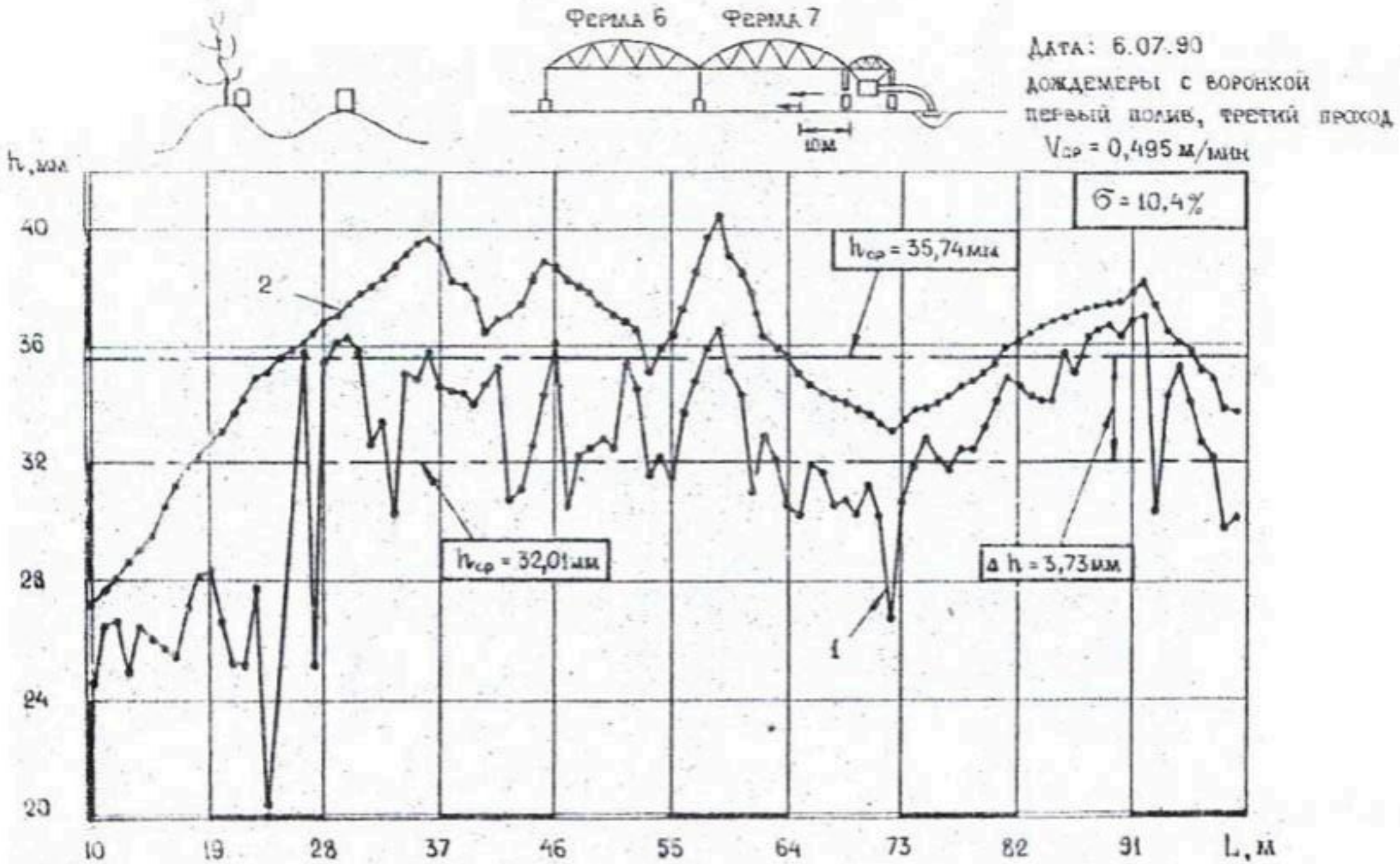
Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 6,7 по дождемерам, установленным под и над растениями (по ширине захвата через 0,9м)

NN п/п	Слой осадков, мм	
	над	под
1	2	3
1	27,2	24,69
2	27,75	28,51
3	28,05	26,73
4	28,66	25,09
5	29,01	26,54
6	29,43	26,08
7	30,5	25,79
8	31,19	25,42
9	31,86	27,04
10	32,22	28,25
11	32,75	28,31
12	33,04	26,65
13	33,79	25,27
14	34,26	25,22
15	34,98	27,75
16	35,09	20,25
17	35,63	25,43
18	35,94	29,62
19	36,07	35,86
20	30,42	25,11
21	36,88	35,55
22	37,0	36,08
23	37,46	36,21
24	37,89	35,92
25	38,03	32,63
26	38,31	33,55
27	38,74	30,36
28	39,09	35,18
29	39,55	34,97
30	39,76	36,83
31	39,3	34,75
32	38,31	34,56
33	38,14	34,36
34	37,72	34,15

1	2	3
35	36,45	34,76
36	36,93	35,38
37	37,0	30,69
38	37,54	31,15
39	38,26	33,61
40	38,9	34,31
41	38,75	36,06
42	38,34	30,5
43	38,02	32,32
44	37,88	32,45
45	37,41	32,85
46	37,09	32,49
47	36,97	35,54
48	36,55	34,58
49	35,19	31,54
50	35,83	32,22
51	36,35	31,45
52	37,24	33,76
53	38,48	34,84
54	39,7	35,92
55	40,45	36,47
56	39,09	35,02
57	38,57	34,35
58	37,81	31,0
59	38,28	32,99
60	35,99	32,15
61	35,75	30,48
62	35,06	30,22
63	34,74	31,96
64	34,43	31,71
65	34,27	30,46
66	34,09	30,72
67	33,9	30,24
68	33,75	31,39
69	33,44	30,18
70	33,06	26,78
71	33,55	30,65
72	33,82	31,87

1	2	3
73	33,99	32,98
74	34,08	32,09
75	34,26	31,76
76	34,67	32,45
77	34,8	32,46
78	35,15	33,25
79	35,43	34,12
80	35,95	34,89
81	36,19	34,61
82	36,38	34,32
83	36,75	34,17
84	36,9	34,07
85	37,0	35,74
86	37,11	35,09
87	37,23	36,35
88	37,36	36,5
89	37,44	36,66
90	37,51	36,29
91	37,92	36,95
92	38,22	37,17
93	37,49	30,29
94	36,5	34,31
95	36,15	35,31
96	35,84	34,09
97	35,2	32,73
98	34,92	32,32
99	33,8	29,78
100	33,72	30,17
Ср.	35,74	32,01

6.07.90



Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №6,7 по дождемерам, установленным под растениями (кривая 1) и над растениями (кривая 2).

П3.29

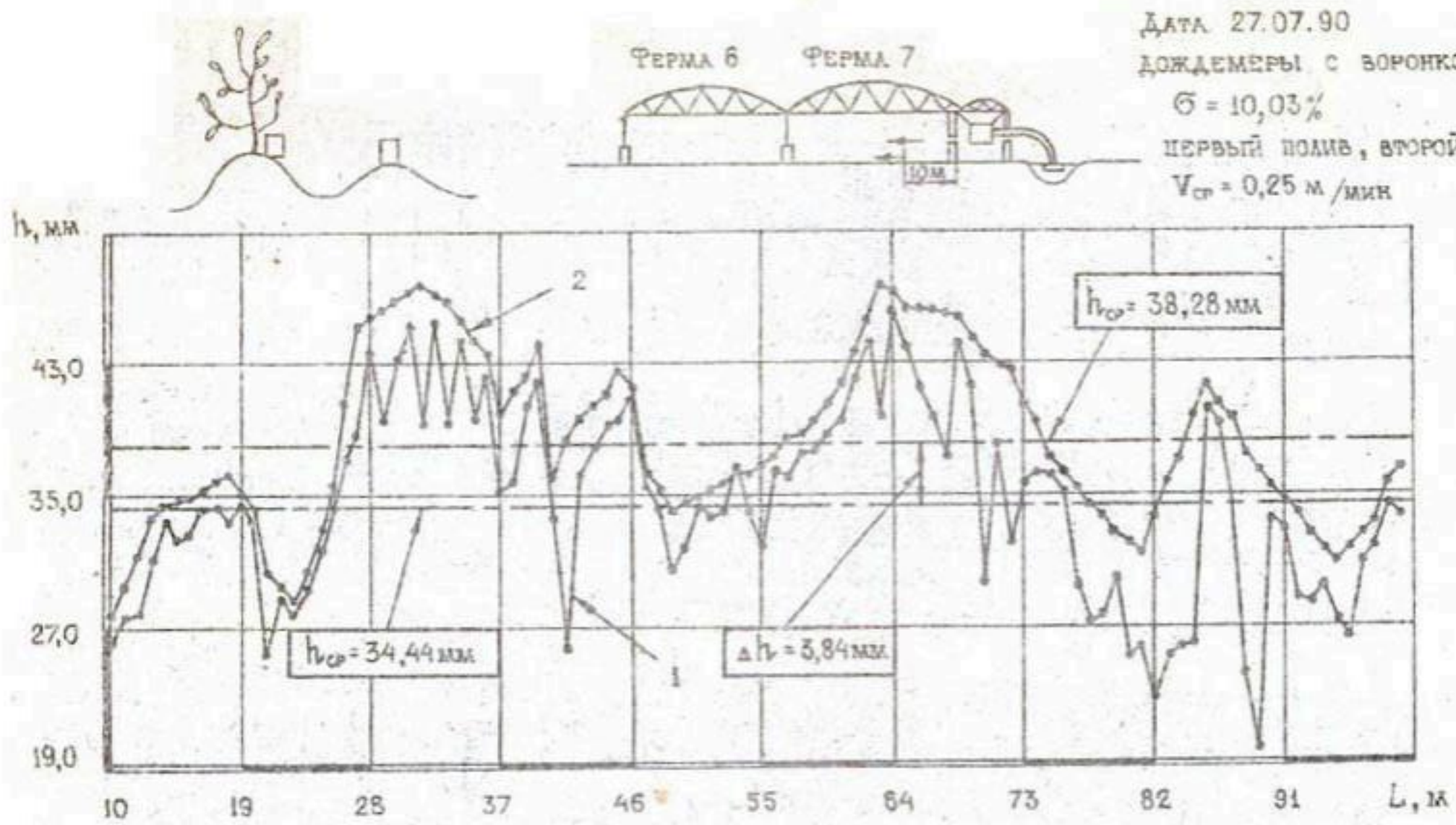
П3.30

Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №6,7 по дождемерам, установленным под и над растениями
(по ширине захвата через 0,9м)

NN/nn	слой осадков над	слой осадков под
1	2	3
1	27,62	26,15
2	29,45	27,72
3	31,14	27,87
4	33,68	31,02
5	34,32	33,43
6	34,66	32,18
7	34,99	32,63
8	35,34	34,17
9	35,87	34,25
10	36,41	33,22
11	35,05	34,76
12	34,26	33,95
13	30,39	25,43
14	29,76	28,98
15	28,83	27,74
16	30,55	29,3
17	32,73	31,86
18	35,39	34,43
19	40,97	37,11
20	45,2	38,67
21	45,87	43,9
22	46,05	39,29
23	46,76	43,11
24	47,15	45,15
25	47,71	39,71
26	47,09	45,57
27	46,33	39,56
28	45,66	44,8
29	44,49	39,29
30	43,53	42,18
31	40,1	45,03
32	41,35	35,78
33	42,25	40,45
34	44,67	42,0

1	2	3
35	36,08	33,76
36	38,32	25,73
37	39,77	36,15
38	40,65	37,77
39	41,02	39,05
40	42,78	39,31
41	41,53	40,97
42	36,25	35,45
43	35,3	34,04
44	34,02	30,55
45	34,67	31,41
46	34,99	34,88
47	35,05	33,42
48	35,48	33,66
49	36,06	36,18
50	36,2	33,87
51	36,83	31,5
52	37,45	36,62
53	38,11	36,05
54	38,72	37,46
55	39,25	37,37
56	40,5	38,87
57	41,63	39,29
58	43,76	42,0
59	45,48	44,15
60	47,5	39,41
61	47,12	45,83
62	46,83	43,9
63	46,47	41,35
64	46,29	39,85
65	46,04	37,04
66	45,98	44,02
67	44,66	41,55
68	43,32	29,81
69	47,23	38,06
70	42,69	31,97
71	40,5	35,48
72	39,47	36,09

1	2	3
73	37,11	36,05
74	36,38	35,15
75	35,24	29,34
76	34,33	27,16
77	33,76	27,49
78	32,82	30,12
79	31,9	25,1
80	31,17	25,61
81	33,55	22,35
82	35,81	25,06
83	37,19	25,69
84	39,72	25,74
85	41,73	40,1
86	40,11	39,24
87	39,52	34,43
88	37,77	24,18
89	36,46	19,67
90	35,34	33,16
91	34,29	32,97
92	33,87	28,83
93	32,5	28,46
94	31,49	29,37
95	30,97	27,1
96	31,36	26,75
97	32,74	30,99
98	33,25	31,46
99	35,83	34,79
100	38,41	33,57
Ср.	38,28	34,44
27.07.90		



Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 6,7 по дождемерам, установленным под растениями (кривая 1) и над растениями (кривая 2)

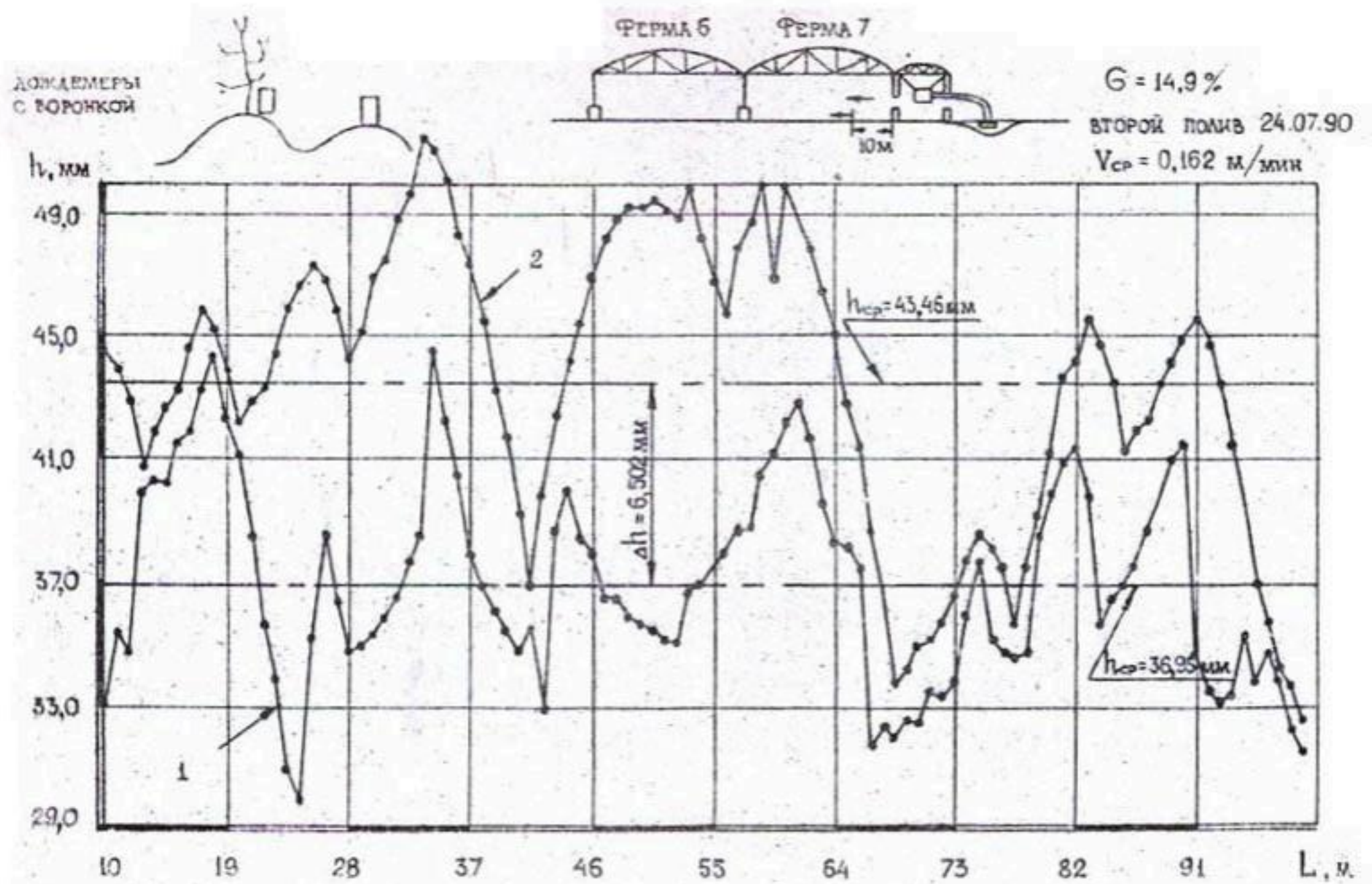
(по ширине захвата)

П 3.32

Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 6,7 по дождемерам, установленным под и над растением.
(по ширине захвата через 0,9 м)

№№ п/п	Слой осадков, мм	
	над	под
1	2	3
1	44,57	33.09
2	43,94	35,38
3	42,99	34,66
4	40.61	39,83
5	41,82	40,2
6	42,75	40,15
7	43,36	41,45
8	44,72	41,82
9	45,83	43,29
10	45,2	44,34
11	43,94	42,4
12	42,05	41,04
13	42,92	38,02
14	43,26	35,65
15	44,44	33,91
16	45,87	30,8
17	46,6	29.81
18	47,29	35,15
19	46,87	38,51
20	45,83	36,4
21	44,36	34,71
22	45,1	34,92
23	46,93	35,2
24	47,55	35,87
25	48,82	36,5
26	49,61	37,65
27	51,48	38,44
28	51,06	44,65
29	50,01	42,2
30	48,34	40,43
31	47,27	37,95
32	45,42	38,83
33	43,2	36,01
34	41,69	35,54
35	39.12	34,72
36	36,83	35,55
37	39,82	32,83
38	42,38	38,65
39	44,18	39,64
40	45,45	38,45
41	47,01	37,99
42	48,21	36,52
43	48,79	36,4
44	49,15	35,87
45	49,16	35,61
46	49,4	35,45
47	49,05	35,05
48	48,92	35,0
49	49,78	36,6
50	48,22	36,95
51	46,8	37.44
52	45,75	37,89
53	47,98	38,61
54	48,66	38,75
55	50,01	40,53
56	46,98	41,09
57	49,72	42,2
58	48,69	42,81
59	47,84	41,66
60	46,55	39,55
61	45,0	38,25
62	42,88	38,1
63	41,45	37,42
64	38,58	31,67
65	30,95	32,22
66	33,69	31,99
67	34,05	32,65
68	34,82	32,52
69	35,14	33,41
70	35,75	33,37
71	36,5	33,68
72	37.65	35,99
73	38,5	37,6
74	38,08	35,1
75	37,46	34,72
76	35,57	34,55
77	37,45	34,62
78	39,1	38,44
79	41,24	39,8
80	43.65	40,95
81	44,05	41,25
82	45,41	39,64
83	44,78	35,6
84	43,53	36,44
85	41,22	36,81
86	41,85	37,5
87	42,23	38,6
88	43,45	39,72
89	44,2	40,95
90	44,89	41,43
91	45,41	34,6
92	44,78	33,57
93	43,53	33,04
94	41,43	33,38
95	39,6	35,25
96	36,85	33,64
97	35,71	34,75
98	34,25	33,84
99	33,6	32,23
100	32,52	31,5
Ср.	43,46	36,95

24. 07. 90



Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермами № 6,7 по дождемерам, установленным под растениями (кривая 1) и над растениями (кривая 2)

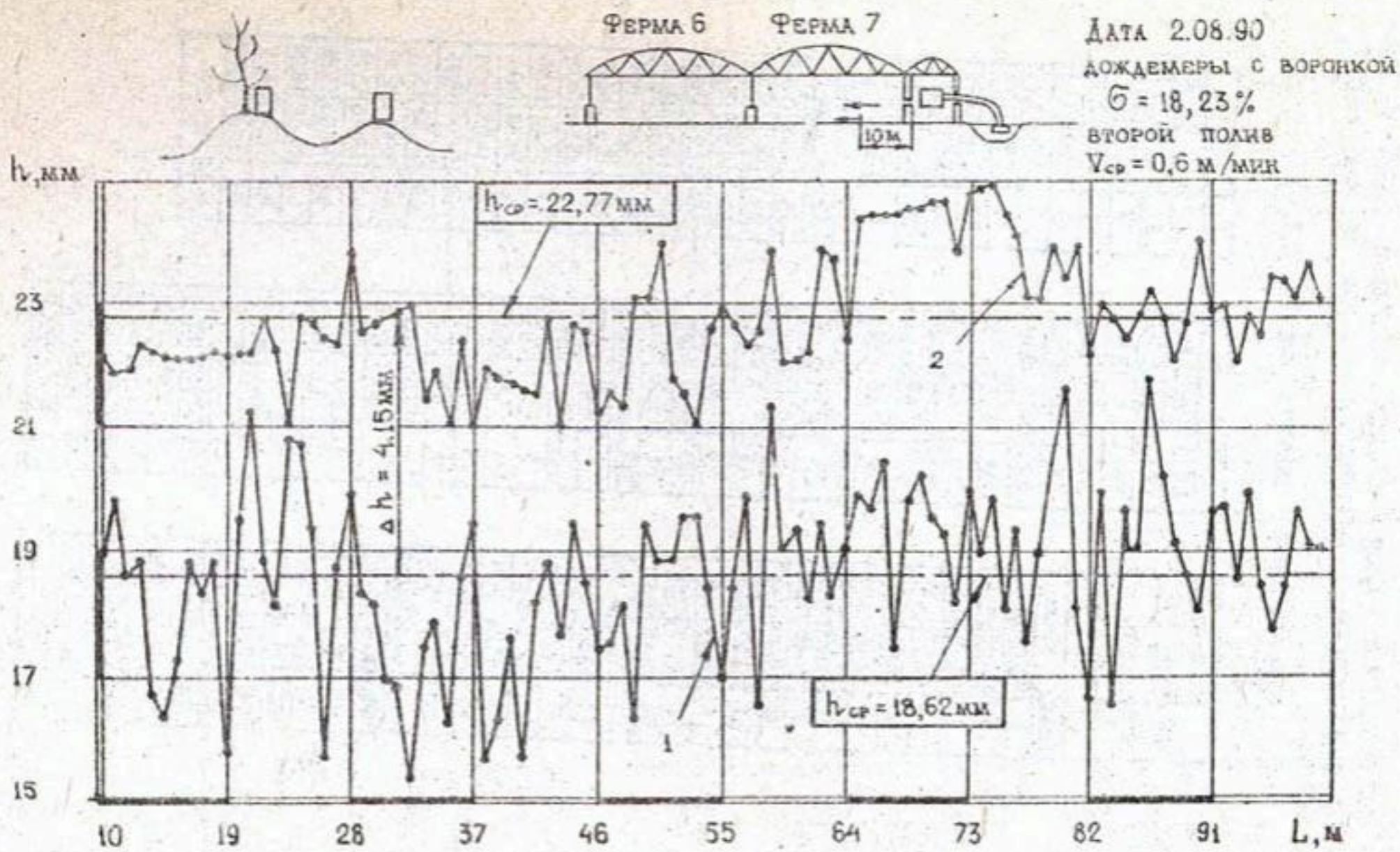
(по ширине захвата)

Гл. 33

Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой № 6,7 по дождемерам, установленным под и над растениями
(по ширине захвата через 0,9 м)

NN/пп	Слой осадков над	Слой осадков под
1	2	3
1	22,1	18,94
2	21,89	19,88
3	21,97	18,65
4	22,35	18,83
5	22,23	18,74
6	22,17	16,32
7	22,11	17,22
8	22,14	18,81
9	22,16	18,37
10	22,25	18,82
11	22,18	15,89
12	22,2	19,55
13	22,21	21,27
14	22,74	18,83
15	22,28	18,18
16	21,06	20,82
17	22,77	20,71
18	22,61	19,45
19	22,41	15,69
20	22,30	18,71
21	23,81	19,92
22	22,53	18,32
23	22,66	18,18
24	22,79	16,95
25	22,86	16,97
26	22,92	15,37
27	21,45	17,43
28	21,98	17,89
29	21,15	16,32
30	22,4	18,6
31	21,06	19,48
32	21,98	15,65
33	21,8	16,32
34	21,72	17,57
35	21,6	15,69
36	21,54	18,18
37	22,72	18,81
38	21,01	17,65
39	22,65	19,41
40	22,5	18,5
41	21,28	17,47
42	21,57	17,52
43	21,3	18,18
44	23,17	16,32
45	23,04	19,45
46	23,95	18,81
47	21,78	18,83
48	21,52	19,55
49	21,08	19,55
50	22,6	18,4
51	22,13	16,99
52	22,54	18,42
53	22,34	19,89
54	22,58	16,62
55	23,85	21,34
56	22,04	19,06
57	22,18	19,37
58	22,27	18,24
59	23,87	19,41
60	23,7	18,3
61	22,46	19,06
62	24,32	19,88
63	24,45	19,68
64	24,45	20,41
65	24,49	17,44
66	24,54	19,86
67	24,58	20,18
68	24,53	19,52
69	24,67	19,24
70	23,81	18,2
71	24,76	19,9
72	24,84	18,32
73	24,92	19,86
74	24,47	18,06
75	24,02	19,38
76	23,01	17,53
77	23,03	18,91
78	23,99	20,52
79	23,43	21,58
80	23,9	18,1
81	22,22	16,84
82	22,96	19,97
83	22,71	16,52
84	22,46	19,7
85	22,72	19,01
86	23,21	21,85
87	22,71	20,22
88	22,18	19,16
89	22,65	18,69
90	24,0	18,09
91	22,87	19,62
92	22,98	19,68
93	22,09	13,51
94	22,79	19,9
95	22,49	18,49
96	23,49	17,74
97	23,34	18,41
98	23,02	19,62
99	23,61	19,1
100	23,0	19,0
Ср.	22,77	18,62

2. 08. 90.



Распределение слоя осадков за проход машины „Кубань" под фермой №6,7 по дождемерам, установленным под растениями (кривая 1) и над растениями (кривая 2)
(по ширине захвата)

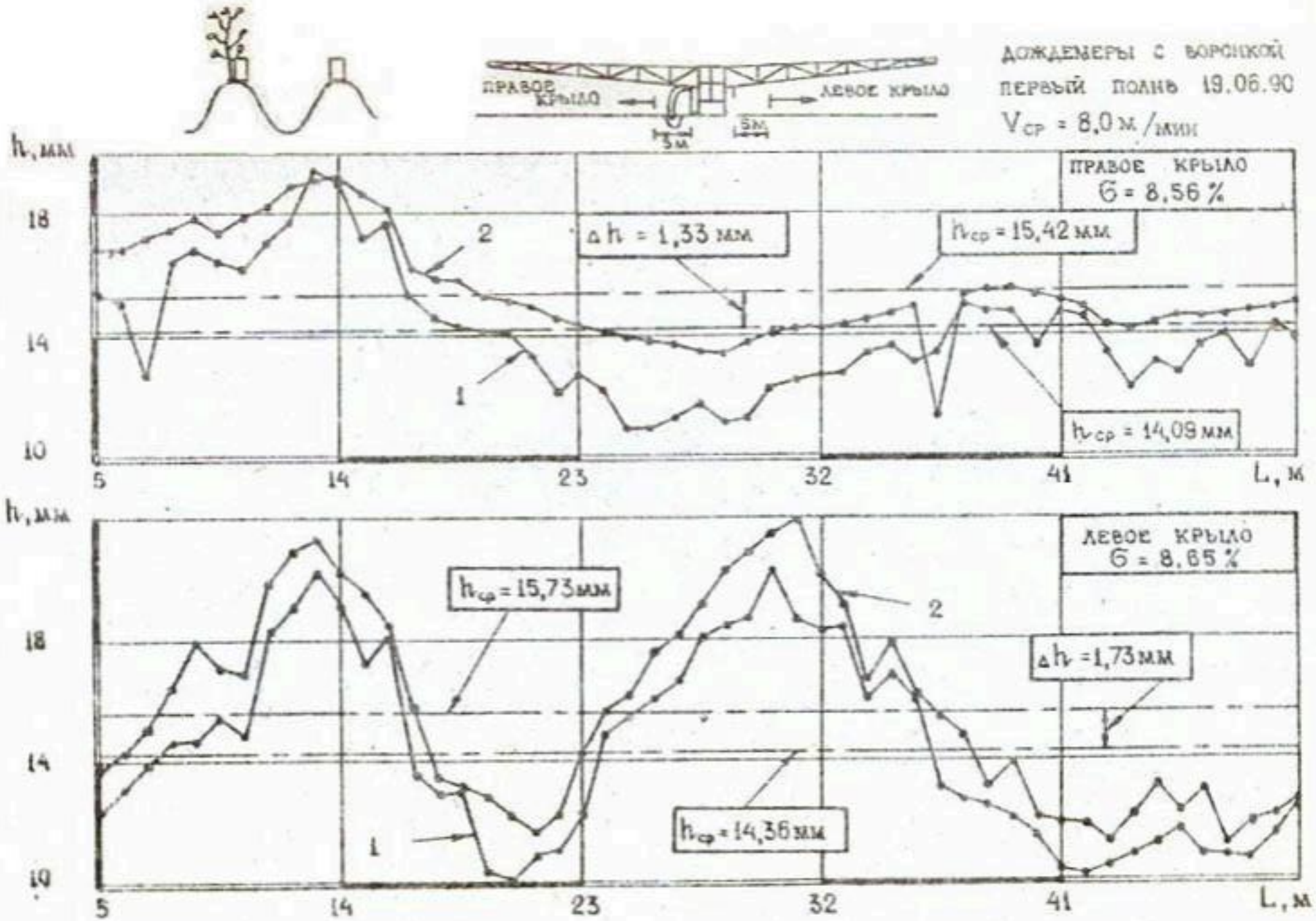
П3,36

Распределение слоя осадков машиной „ДДА-100МА" по дождемерам, установленным под и над растением

(по ширине захвата через 0,9 м)

NN/пп	Слой осадков, мм	
	над	под
1	2	3
Левое крыло		
1	13,61	12,34
2	14,28	13,15
3	15,15	13,92
4	16,57	14,75
5	17,99	14,76
6	17,18	15,52
7	18,95	14,89
8	19,85	18,34
9	20,92	19,17
10	21,34	20,21
11	20,21	19,10
12	19,53	17,29
13	18,45	18,12
14	15,92	13,95
15	13,391	12,98
16	13,18	13,01
17	12,86	10,33
18	12,24	10,19
19	11,71	10,82
20	12,22	11,11
21	14,31	12,29
22	15,67	14,99
23	16,21	15,59
24	17,78	16,12
25	18,25	16,77
26	19,15	18,05
27	20,20	18,43
28	20,91	18,64
29	21,55	20,62
30	21,90	18,71
31	20,10	19,25
32	19,27	18,44
33	15,74	16,16
34	17,99	16,83
35	16,25	16,06
36	15,41	13,11
37	14,82	12,64
38	13,18	12,55
39	13,82	12,16
40	12,15	11,66
41	11,98	10,34
42	11,92	10,27
43	11,25	10,54
44	12,15	10,88
45	13,15	11,22
46	12,21	11,76
47	12,97	10,98
48	11,25	10,82
49	11,89	10,73
50	12,15	11,43
51	12,55	12,25
Правое крыло		
1	16,97	15,57
2	16,99	15,01
3	17,21	12,67
4	17,47	16,55
5	17,83	16,87
6	17,39	16,42
7	17,95	16,22
8	18,23	17,16
9	18,9	17,67
10	19,06	19,25
11	19,25	19,11
12	18,68	17,23
13	18,10	17,74
14	18,28	15,33
15	15,92	14,51
16	15,85	14,28
17	15,24	14,10
18	15,01	14,05
19	14,35	13,37
20	14,50	12,06
21	14,25	12,75
22	14,07	12,11
23	13,98	10,96
24	13,89	10,98
25	13,74	11,23
26	13,55	11,78
27	13,42	11,19
28	13,83	11,37
29	14,04	12,34
30	14,15	12,55
31	14,25	12,64
32	14,34	12,76
33	14,48	13,48
34	14,65	13,62
35	14,92	13,15
36	11,25	13,54
37	15,37	15,04
38	15,48	14,76
39	15,51	14,62
40	15,34	13,76
41	15,10	14,86
42	14,82	14,44
43	14,25	13,39
44	14,14	12,23
45	14,32	13,11
46	14,44	12,78
47	14,46	13,73
48	14,55	13,99
49	14,62	12,38
50	14,73	14,21
51	14,88	13,82

19.06.90



Распределение слоя осадков машиной „ДДА-100МА" по дождемерам, установленным под растениями (кривая 1) и над растениями (кривая 2).

ПЗ.37

Развитие листовой поверхности хлопчатника.

№	Рост куста, см	Количество листьев на одном кусте, шт	Диаметр листа, см	Диаметр куста, см
1	2	3	4	5
1	36	33	7,8	26
2	40	29	7,7	28,5
3	41	31	6,0	24,5
4	45	40	8,0	29,5
5	42	37	7,0	26,5
6	44	36	7,1	24,5
7	45	36	6,7	23,0
8	48	31	5,8	23,5
9	55	29	8,7	26,5
10	48	34	6,3	23,0
11	61	29	9,7	23,5
12	58	33	7,1	26,0
13	51	34	7,1	24,0
14	55	32	7,0	26,0
15	45	29	6,0	26
16	65	25	8,5	27
17	64	28	6,0	24
18	75	28	6,7	28
19	65	27	6,5	26
20	64	28	6,6	28
21	62	29	8,5	26
22	30	32	8,5	25
23	48	33	6,0	31
24	48	32	7,0	23
25	45	37	6,7	32
26	40	34	6,0	31
27	74	31	7,0	21
28	45	27	6,1	22
29	81	29	5,5	24
30	46	37	6,5	20
31	40	34	7,1	17,5
32	31	36	9,5	18,5
33	37	29	5,8	17,0
34	45	30	6,5	17,5
35	55	27	5,0	22,5
36	40	25	5,7	21,0
37	61	28	4,8	23,0
38	45	29	5,0	20,0
39	44	32	6,1	20,2
40	51	28	6,0	19,0
Сред.	50,37	31,2	6,54	24,23
8.07.89 г.				

П.4.2

РАЗВИТИЕ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА

№	Рост куста, см	Количество листьев на одном кусте	Диаметр листа, см	Диаметр куста, см
1	2	3	4	5
1	40	23	5	19
2	46	29	6,5	18
3	48	27	7	13
4	54	39	8	16
5	59	29	5,5	27
6	60	34	7	21
7	66	29	8	28
8	59	26	6	15
9	62	25	4,5	18
10	70	28	5	22
11	72	26	8	20
12	70	28	9	20
13	68	35	7,5	23
14	78	41	10	20
15	71	22	8,5	20
16	101	35	7	30
17	104	59	7,5	37
18	94	41	10	44
19	92	48	9	40
20	80	42	8	35
21	92	44	7	43
22	33	37	7,5	25
23	75	23	8	20
24	87	33	9	30
25	83	39	8,5	25
26	70	35	10	20
27	115	35	7	35
28	66	26	8	12
29	119	40	10	23
30	71	35	8,5	25
31	54	40	9,5	21
32	61	32	9,0	44,0

1	2	3	4	5
33	57	30	8	51
34	84	40	8	50
35	75	45	8,5	32
36	81	43	10,5	41
37	85	42	8	62
38	75	41	8,5	41
39	65	44	7,5	52
40	76,5	46	8,5	31
Средн.	73,19	35,58	7,9	28,22
19.07.89 г.				

П.4.3

Развитие листовой поверхности хлопчатника

№	Рост куста, см	Количество листьев на одном кусте	Диаметр листа, см	Диаметр куста, см
1	2	3	4	5
1	65	28	9,0	32
2	46	34	9,0	34,5
3	68	32	8,0	30,5
4	74	40	9,5	35,5
5	79	35	8,5	32,5
6	80	39	8,5	30,5
7	86	35	8,0	29,0
8	79	31	8,0	29,5
9	82	30	8,5	32,5
10	90	32	8,5	31,0
11	92	31	9,7	28,5
12	90	32	8,0	32
13	88	40	8,5	30
14	98	45	8,5	32
15	91	30	8,0	34
16	111	35	9,0	33
17	114	60	8,0	30
18	104	45	8,5	32
19	102	50	8,5	34
20	105	48	8,1	34
21	106	50	7,5	32
22	55	40	8,5	31
23	95	30	8,0	37
24	99	35	8,5	30
25	98	41	8,1	38
26	90	40	8,5	37
27	120	40	9,0	29
28	86	30	8,1	29
29	120	40	8,5	30
30	91	40	8,5	26
31	74	41	8,5	25
32	81	37	8,5	26
1	2	3	4	5
33	67	51	7,0	25,5
34	94	50	7,5	26,5
35	95	48	7,0	32,5
36	101	45	8,0	29,5
37	105	52	6,5	24,5
38	95	46	8,5	23,0
39	85	48	8,0	25,0
40	96	45	7,5	20,5
Сред.	89,9	40,1	8,26	30,27
10.08.89 г.				

П. 44.

РАЗВИТИЕ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА

№ опыта	Рост куста, см	Количество листьев на одном кусте	Диаметр листа, см	Диаметр куста, см
1	2	3	4	5
1	86	40	8,5	31
2	76	38	8,5	25
3	72	45	7	22
4	90	61	7	27
5	88	56	7	32
6	78	54	8	34
7	95	51	8,5	35
8	98	48	9	32
9	60	45	7	30
10	76	49	7,5	29
11	80	37	5	28
12	73	38	9	36
13	88	38	10	28
14	75	48	10	38
15	87	46	9	26
16	82	42	8	39
17	85	43	9	24
18	84	62	9,5	27
19	76	41	9,5	36
20	72	51	9	34
21	86	52	10	24
22	88	40	9	28
23	79	33	7	23
24	85	50	7	23
25	71	32	8	25
26	73	43	6,5	22
27	90	46	8	32
28	87	52	7	34
29	85	55	8	42
30	88	39	9	38
31	87	41	8	31
32	82	32	7	29
1	2	3	4	5
33	85	28	6	30
34	81	41	7	35
35	89	52	8	26
36	83	49	7	28
37	85	34	8,5	33
38	88	38	6,5	27
39	82	50	9,0	32
40	83	40	7,0	31
Сред.	82,47	45	8,06	30,15
29.08.89 г.				

П.4.5

Развитие листовой поверхности хлопчатника

№ опыта	Рост куста, см	Количество листьев, шт.	Диаметр листа, см	Диаметр куста, см
1	2	3	4	5
1	16	10	5,1	11,1
2	27	8	4,3	21,5
3	35	19	5,2	23,1
4	28	9	6,3	18,2
5	29	10	5,2	17,1
6	29	9	6,1	17,7
7	30	10	4,5	18,8
8	26	7	5,4	19,3
9	36	12	6,4	23,1
10	15	5	2,5	9,2
11	35	11	8	19,1
12	33	18	5	20,3
13	32	12	5,1	19,1
14	33	11	6,5	17,7
15	41	14	9	24,5
16	32	6	5,2	25,1
17	38	11	4,5	23,5
18	25	9	6,4	18,4
19	26	7	5,1	13,6
20	26	9	5	14,8
21	34	9	5,5	15,9
22	26	9	5,1	17,6
23	24	8	5,4	29,2
24	28	11	5,5	15,7
25	32	9	7	14,6
26	29	9	4,5	16,5
27	33	8	6,5	18,2
28	34	8	5,5	22,1
29	39	11	6,5	21,0
30	30	9	5,5	29,1
31	35	9	5,7	20,2
32	35	7	5,7	15,4
33	18	7	4,2	18,2
34	29	8	4,7	18,7
35	36	14	5,2	18,5
36	21	8	4,8	17,2
37	25	7	4,9	15,1
38	25	8	5,1	13,1
39	31	8	6,8	19,5
40	30	8	5,6	20,5
41	32	12	5,2	13,4
42	28	8	4,9	14,4
43	27	9	4,6	15,2
44	29	10	4,2	16,1
45	16	7	5,3	17,2
46	20	5	4,2	18,1
47	24	9	4,1	19,7
48	16	6	3,8	20,9
49	24	7	3,7	21,2
50	29	11	4,6	13,1
Сред.	28,62	9,32	5,28	18,08

14.06.90г.

II. 4.6.

Развитие листовой поверхности хлопчатника

№ опыта	Рост куста, см	Количество листьев на одном кусте	Диаметр листа, см	Диаметр куста, см
1	2	3	4	5
1	58,5	25	9,5	26,5
2	46,7	18	8,2	27,1
3	51,3	22	7,3	20,4
4	49,6	17	6,1	23,2
5	54,1	20	5,5	29,3
6	48,0	14	5,5	21,2
7	36,2	17	7,5	22,3
8	51,4	26	9,6	23,4
9	35,8	22	7,7	24,1
10	48,3	16	7,9	25,8
11	49,5	21	6,1	28,7
12	41,6	12	5,4	29,5
13	43,7	13	6,5	30,4
14	44,9	17	8,05	32,2
15	45,8	18	5,3	33,1
16	38,1	13	5,8	35,4
17	58,0	24	7,5	36,1
18	55,2	27	7,6	26,2
19	50,3	18	5,2	17,1
20	58,7	22	7,9	17,2
21	34,9	7	6,7	22,1
22	34,8	23	4,5	23,1
23	41,2	10	4,9	23,8
24	34,4	10	4,3	25,2
25	46,9	24	5,6	26,3
26	48,1	13	8,2	27,1
27	38,7	19	5,5	28,2
28	45,5	22	5,4	33,1
29	42,4	17	5,1	27,2
30	27,3	11	8,5	22,7
31	43,1	12	7,2	23,0
32	30,0	10	4,9	24,5
33	39,1	14	5,1	19,4
34	46,3	16	7,9	17,1
35	49,6	19	7,5	17,8
36	26,8	16	5,2	19,9
37	46,9	19	8,5	20,6
38	44,2	21	8,2	22,7
39	54,6	19	5,2	21,6
40	45,4	15	7,6	20,9
41	44,1	14	7,1	20,0
42	51,8	16	7,9	23,2
43	48,5	15	7,5	23,1
44	45,7	19	7,4	17,1
45	45,5	25	8,5	19,5
46	42,3	16	8,4	23,2
47	28,1	10	5,5	23,0
48	43,2	16	8,3	23,4
49	41,3	12	7,8	19,9
50	36,2	11	5,3	17,1
51	50,3	16	7,7	27,6
Сред.	45,11	17,09	6,75	24,21

2.07.90 г.

П. 4.2

Развитие листовой поверхности хлопчатника

№ опыта	Рост куста, см	Количество листьев на одном кусте	Диаметр листа, см	Диаметр куста, см
1	2	3	4	5
1	87,2	33	8,1	35,5
2	88,5	30	8,4	33,2
3	53,7	18	6,8	31,1
4	81,6	23	7,8	32,3
5	85,1	37	7,4	30,8
6	72,9	28	8,3	29,5
7	81,2	26	6,7	25,8
8	87,3	38	7,5	21,5
9	81,9	33	8,2	19,5
10	88,7	34	8,3	20,5
11	94,5	34	8,6	30,1
12	50,5	23	5,5	26,9
13	76,1	28	7,6	27,5
14	51,2	22	5,7	28,5
15	92,3	34	7,9	29,5
16	88,4	32	7,2	22,6
17	72,9	23	8,1	30,6
18	76,6	24	8,6	25,8
19	70,3	21	7,1	26,5
20	79,1	21	6,3	23,2
21	85,5	27	8,2	20,1
22	55,3	16	7,9	20,9
23	67,4	26	8,4	25,4
24	74,6	26	9,9	26,2
25	82,5	26	7,6	27,9
26	73,7	27	7,4	30,5
27	86,1	29	10,3	31,1
28	90,3	34	8,6	32,2
29	77,2	28	7,4	33,4
30	94,1	29	9,3	28,4
31	84,7	28	9,3	27,4
32	88,2	24	5,8	23,2
33	75,5	25	7,6	29,2
34	88,6	36	7,8	30,1
35	94,4	41	9,1	25,1
36	78,7	26	7,0	19,2
37	79,5	29	7,8	16,9
38	80,2	30	7,5	11,5
39	84,5	32	7,3	15,4
40	69,1	22	7,9	17,2
41	70,5	26	6,4	20,0
42	90,5	26	10,2	19,0
43	60,2	27	8,8	18,5
44	60,4	27	6,5	22,4
45	79,3	26	8,4	25,4
46	77,2	22	9,3	26,4
47	75,3	21	5,8	27,2
48	73,6	29	8,3	28,3
49	79,2	32	7,1	28,5
50	55,1	23	8,2	30,4
Сред	77,27	27,72	7,85	25,81

17.07.90 г.

П4.8

Развитие листовой поверхности хлопчатника

№	Рост куста, см	Количество листьев на одном кусте	Диаметр листа, см	Диаметр куста, см
1	2	3	4	5
1	98,3	38	8,5	40,5
2	99,6	39	8,4	37,9
3	72,9	26	8,3	36,2
4	92,8	35	8,1	36,2
5	95,2	34	8,0	35,3
6	83,3	28	7,6	34,6
7	92,3	39	7,9	30,0
8	98,4	38	7,9	26,5
9	93,0	30	8,1	24,5
10	101,1	40	8,8	25,2
11	106,9	39	8,7	35,2
12	70,8	21	7,1	31,0
13	89,3	33	8,2	23,0
14	70,2	26	8,4	34,3
15	108,4	38	8,8	27,4
16	101,5	35	9,9	35,0
17	85,5	37	7,4	30,0
18	94,6	34	8,6	31,9
19	82,2	37	8,1	31,3
20	90,3	34	8,6	30,0
21	98,6	33	7,9	25,3
22	67,4	28	8,3	23,5
23	75,8	29	8,9	30,5
24	83,3	28	7,6	31,1
25	90,3	35	8,5	32,5
26	87,1	30	8,8	35,5
27	98,8	31	8,5	37,5
28	111,0	38	8,9	36,5
29	94,1	29	9,3	30,1
30	110,2	41	9,2	31,5
31	97,3	33	8,3	31,9
32	102,4	39	8,8	30,7
33	86,6	36	7,8	34,0
34	94,4	41	9,1	35,1
35	105,2	40	8,9	30,0
36	90,0	39	8,5	24,1
37	90,5	32	9,5	21,0
38	94,8	35	8,6	17,5
39	86,8	39	8,9	20,5
40	80,2	30	7,5	22,0
41	84,5	32	7,3	25,4
42	103,5	44	8,9	24,4
43	92,3	34	7,9	23,4
44	79,3	27	8,4	27,8
45	96,6	39	8,0	30,7
46	89,2	40	7,9	31,9
47	88,1	34	8,0	32,8
48	87,3	38	7,5	33,5
49	90,1	40	8,4	33,5
50	79,1	22	8,1	35,7
Срр.д	91,35	34,24	8,35	30,75
26. 07. 90 г.				

П. 40

Развитие листовой поверхности хлопчатника

№ опыта	Рост куста, см	Количество листьев на одном кусте	Диаметр листа, см	Диаметр куста, см
1	2	3	4	5
1	100	45	8,5	42,6
2	100	46	8,3	40,0
3	76,2	36	8,4	38,0
4	95,3	46	8,2	38,0
5	99,1	40	8,1	37,6
6	86,2	36	7,9	37,9
7	96,2	45	7,9	33,5
8	100	43	8,1	29,5
9	98,2	39	7,9	27,5
10	100	38	8,1	28,5
11	100	35	8,0	38,5
12	76,2	34	7,2	34,0
13	93,4	39	8,3	35,0
14	75,3	35	8,4	36,5
15	100	35	8,1	30,5
16	100	34	8,2	38,0
17	89,4	43	7,6	33,0
18	96,2	40	8,3	34,0
19	85,4	43	7,9	34,5
20	94,1	42	8,6	33,5
21	100	40	7,9	28,5
22	75	36	8,3	28,5
23	79,1	39	8,9	33,5
24	87,3	40	7,9	33,5
25	94,2	39	8,6	34,9
26	91,9	38	8,9	38,5
27	99,3	40	8,8	39,9
28	100	36	8,3	40,4
29	96,8	36	8,9	41,5
30	100	38	8,5	41,5
31	100	39	8,1	34,0
32	100	39	8,1	34,0
1	2	3	4	5
33	90,4	42	7,8	33,0
34	98,2	46	9,1	36,0
35	100	38	7,9	37,5
36	94,2	44	8,5	32,5
37	94,9	43	9,5	26,5
38	97,2	41	8,6	23,5
39	99,8	44	8,9	19,9
40	85,1	39	7,5	22,9
41	87,4	40	7,3	24,5
42	100	43	8,2	27,8
43	94,5	40	7,9	27,0
44	83,2	35	7,6	26,5
45	99,2	44	7,9	30,0
46	90,1	45	7,9	33,0
47	91,5	40	8,0	34,5
48	90,4	43	7,5	35,0
49	93,2	44	8,4	36,5
50	80,1	45	8,1	38,5
Сред	93,04	40	8,21	33,49

2.08.90 г.

П.4.10

Развитие листовой поверхности хлопчатника

№ опыта	Рост куста, см	Количество листьев на одном кусте	Диаметр листа, см	Диаметр куста, см
1	2	3	4	5
1	104,3	45	9,5	42
2	104,9	46	9,1	42,9
3	85,3	40	9,0	42,5
4	99,8	50	9,1	42,4
5	103,2	45	9,0	40,4
6	90,5	40	8,5	41,4
7	101,3	42	8,5	39,4
8	103,8	48	9,0	32,2
9	100,5	40	8,0	30,4
10	105,1	44	8,5	32,5
11	104,5	40	8,5	42,5
12	85,2	38	8,1	37,5
13	98,2	45	8,6	37,5
14	81,9	40	8,5	38,5
15	103,2	40	8,9	32,5
16	104,1	38	8,8	42,0
17	92,2	40	8,1	37,0
18	101,5	41	8,8	38,0
19	90,7	42	8,0	36,5
20	97,3	43	8,5	36,5
21	103,4	41	8,1	32,0
22	80,6	40	8,9	32,0
23	83,8	44	8,9	33,5
24	94,2	40	8,4	34,5
25	98,1	45	8,9	37,5
26	95,3	44	8,9	42,0
27	102,1	41	8,8	42,6
28	104,0	40	8,1	43,5
29	101,2	40	8,5	42,0
30	103,8	40	8,5	43,5
31	104,2	45	9,2	37,5
32	104,1	40	8,8	37,5
1	2	3	4	5
33	93,2	42	8,1	37,0
34	101,5	50	9,9	38,5
35	103,9	41	8,2	39,5
36	97,2	48	8,3	36,5
37	98,2	42	9,5	30,5
38	101,9	45	8,6	27,5
39	103,1	45	9,2	22,5
40	90,5	40	8,1	22,5
41	91,4	41	8,0	24,5
42	104,2	40	8,0	35,5
43	97,3	42	8,0	37,0
44	87,7	40	8,0	38,5
45	102,8	44	8,3	37,5
46	94,2	43	8,2	32,5
47	96,5	35	8,5	37,5
48	93,3	39	8,0	37,5
49	97,7	42	8,4	37,5
50	84,0	37	8,1	40,5
Сред.	97,41	42,06	8,58	35,86

30. 06. 90 г.

П4.11

Вывод уравнения регрессии $n_{ср} = f(T_д)$

				X	Y	X^2	Y^2	X·Y	
	Дата	Дней ($T_д$)	$n_{ср}$	$\lg T_д$	$\lg n_{ср}$	$(\lg T_д)^2$	$(\lg n_{ср})^2$	$\lg T_д \cdot \lg n_{ср}$	
1	27.06	58	26,25	1,763	1,419	3,109	2,013	2,501	1986 г.
2	8.07	69	31,2	1,838	1,494	3,381	2,232	2,746	
3	19.07	80	35,58	1,903	1,551	3,621	2,406	2,951	
4	10.08	102	40,1	2,008	1,603	4,034	2,57	3,219	
5	29.08	121	45,0	2,082	1,653	4,337	2,733	3,441	
6	14.06	45	9,32	1,653	0,969	2,733	0,939	1,602	1990 г.
7	2.07	63	17,1	1,799	1,232	3,237	1,52	2,218	
8	17.07	78	27,7	1,892	1,442	3,58	2,08	2,729	
9	26.07	87	34,2	1,939	1,534	3,761	2,353	2,974	
10	2.08	94	40,0	1,973	1,602	3,893	2,566	3,16	
11	30.08	122	42,06	2,086	1,623	4,352	2,636	3,387	
			Σ	20,936	16,122	40,043	24,053	30,928	

$$Y = a_0 + a_1 X$$

$$a_0 = \frac{\Sigma Y \cdot \Sigma X^2 - \Sigma X \cdot \Sigma XY}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{16,122 \cdot 40,043 - 20,936 \cdot 30,928}{11 \cdot 40,043 - (20,936)^2} = \frac{-1,935}{2,156} = -0,89$$

$$a_1 = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{11 \cdot (30,928) - 20,936(16,122)}{11 \cdot 40,043 - (20,936)^2} = \frac{2,677}{2,156} = 1,242$$

$$r = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{\sqrt{[N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} = \frac{11(30,928) - 20,936(16,122)}{\sqrt{[11(40,043) - (20,936)^2][11(24,053) - (16,122)^2]}} =$$

$$= \frac{2,677}{3,171} = 0,844$$

$$\lg n_{ср} = a_0 + a_1 \lg (T_д)$$

$$\lg n_{ср} = \lg 10^{a_0} + \lg (T_д)^{a_1}$$

$$\lg n_{ср} = \lg [10^{a_0} \cdot (T_д)^{a_1}]$$

$$n_{ср} = 10^{a_0} \cdot (T_д)^{a_1}$$

$$n_{ср} = 10^{-0,89} \cdot (T_д)^{1,242}$$

$$\boxed{n_{ср} = 0,128 \cdot T_д^{1,242}}$$

№	1	2	3	4	5	6	7
$T_д$	40	50	60	70	80	90	120
$n_{ср}$	12,9	18,9	21,3	25,9	30,5	35,4	50,7

П 4.12

Вывод уравнения регрессии $h_к = f(T_д)$

				X	Y	X^2	Y^2	X·Y	
	Дата	Дней $T_д$	Рост $h_к$	$lg(T_д)$	$lg(h_к)$	$lg(T_д)^2$	$lg(h_к)^2$	$lg T_д \cdot lg h_к$	
1	27.06.89	58	32,3	1,763	1,509	3,109	2,277	2,66	1989 г.
2	8.07	69	50,37	1,838	1,702	3,381	2,897	3,128	
3	19.07	80	73,19	1,903	1,864	3,621	3,476	3,548	
4	10.08	102	89,9	2,008	1,953	4,034	3,817	3,923	
5	29.08	121	82,47	2,082	1,916	4,337	3,672	3,989	
6	14.06.90	45	28,62	1,653	1,456	2,733	2,121	2,407	1990 г.
7	2.07	63	45,11	1,799	1,654	3,237	2,736	2,976	
8	17.07	78	77,27	1,892	1,888	3,58	3,564	3,572	
9	26.07	87	91,35	1,939	1,96	3,761	3,844	3,801	
10	2.08	94	93,04	1,973	1,968	3,893	3,875	3,881	
11	30.08	122	97,41	2,086	1,988	4,352	3,954	4,148	
			Σ	20,936	19,858	40,043	36,238	38,036	

$$a_0 = \frac{\Sigma Y \cdot \Sigma X^2 - \Sigma X \cdot \Sigma XY}{N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{19,858 \cdot (40,043) - 20,936 \cdot (38,036)}{11(40,043) - (20,936)^2} = \frac{-1,147}{2,156} = -0,53$$

$$a_1 = \frac{N \Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{11 \cdot (38,036) - 20,936 \cdot (19,858)}{11(40,043) - (20,936)^2} = \frac{2,648}{2,156} = 1,228$$

$$r = \frac{N \Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{\sqrt{[N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} = \frac{11(38,036) - 20,936(19,858)}{\sqrt{[11(40,043) - (20,936)^2][11(36,238) - (19,858)^2]}} =$$

$$= \frac{2,648}{3,037} = 0,87$$

$$Y = a_0 + a_1 X$$

$$lg(h_к) = lg\, 10^{a_0} + a_1\, lg(T_д)$$

$$lg(h_к) = lg\, 10^{a_0} + lg\,(T_д)^{a_1}$$

$$lg(h_к) = lg\,[10^{a_0} (T_д)^{a_1}]$$

$$h_к = 10^{a_0} \cdot T_д^{a_1}$$

$$\boxed{h_к = 0,295 \cdot (T_д)^{1,228}}$$

№	1	2	3	4	5	6	7
$T_д$	40	50	60	70	80	90	120
$h_к$	27,4	36,0	45,03	54,4	64,1	74,1	105,5

П4.13

Вывод уравнения регрессии $F_{лист} = f(T_д)$

				X	Y	X^2	Y^2	X·Y	
	Дата	Дней ($T_д$)	$F_{лист}$ см²	$\lg T_д$	$\lg F_{лист}$	$(\lg T_д)^2$	$(\lg F_{лист})^2$	$(\lg T_д)\cdot(\lg F_{лист})$	
1	27.06	58	38,8	1,763	1,588	3,109	2,524	2,801	1989 г.
2	8.07	69	42,8	1,838	1,631	3,381	2,661	2,998	
3	19.07	80	61,8	1,903	1,79	3,621	3,207	3,408	
4	10.08	102	68,2	2,008	1,833	4,034	3,362	3,682	
5	29.08	121	65,1	2,082	1,813	4,337	3,289	3,775	
6	14.06	45	27,9	1,653	1,445	2,733	2,089	2,389	1990 г.
7	2.07	63	45,5	1,799	1,658	3,237	2,749	2,982	
8	17.07	78	61,6	1,892	1,789	3,58	3,202	3,385	
9	26.07	87	69,7	1,939	1,843	3,761	3,397	3,574	
10	2.08	94	67,2	1,973	1,827	3,893	3,339	3,605	
11	30.08	122	73,6	2,086	1,866	4,352	3,485	3,894	
			Σ	20,936	19,083	40,043	33,308	36,493	

$$y = a_0 + a_1 X$$

$$a_0 = \frac{\Sigma Y \cdot \Sigma X^2 - \Sigma X \cdot \Sigma XY}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{19,083(40,043) - 20,936(36,493)}{11(40,043) - (20,936)^2} = \frac{0,123}{2,156} = 0,057$$

$$a_1 = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{11(36,493) - 20,936(19,083)}{11(40,043) - (20,936)^2} = \frac{1,901}{2,156} = 0,881$$

$$r = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{\sqrt{[N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} = \frac{11(36,493) - 20,936(19,083)}{\sqrt{[11(40,043) - (20,936)^2][11(36,493) - (19,083)^2]}} =$$

$$= \frac{1,901}{3,031} = 0,62$$

$$\lg F_{лист} = a_0 + a_1 \lg(T_д)$$

$$\lg F_{лист} = \lg 10^{a_0} + \lg(T_д)^{a_1}$$

$$\lg F_{лист} = \lg[10^{a_0} \cdot (T_д)^{a_1}]$$

$$F_{лист} = 10^{a_0} \cdot (T_д)^{a_1}$$

$$F_{лист} = 10^{0,057} \cdot (T_д)^{0,881}$$

$$\boxed{F_{лист} = 1,14\, T_д^{0,881}}$$

№	1	2	3	4	5	6	7
$T_д$	40	50	60	70	80	90	120
$F_{лист}$	29,4	35,8	42,0	48,1	54,1	60,1	77,4

П 4.14

Вывод уравнения регрессии $F_{пр} = f(T_д)$

				X	Y	X^2	Y^2	X·Y	
	Дата	Дней ($T_д$)	$F_{пр}$	$\lg T_д$	$\lg F_{пр}$	$(\lg T_д)^2$	$(\lg F_{пр})^2$	$(\lg T_д)\cdot(\lg F_{пр})$	
1	27.06	58	389	1,763	2,589	3,109	6,707	4,566	1989 г.
2	8.07	69	461	1,838	2,663	3,381	7,095	4,895	
3	19.07	80	670	1,903	2,826	3,621	7,986	5,378	
4	10.08	102	720	2,008	2,857	4,034	8,164	5,737	
5	29.08	121	714	2,082	2,853	4,337	8,143	5,941	
6	14.06	45	257	1,653	2,409	2,733	5,807	3,983	1990 г.
7	2.07	63	460	1,799	2,662	3,237	7,09	4,79	
8	17.07	78	523	1,892	2,718	3,58	7,39	5,143	
9	26.07	87	742	1,939	2,87	3,761	8,239	5,565	
10	2.08	94	881	1,973	2,944	3,893	8,872	5,81	
11	30.08	122	1009	2,086	3,003	4,352	9,023	6,266	
			Σ	20,936	30,394	40,043	84,321	58,074	

$$y = a_0 + a_1 X$$

$$a_0 = \frac{\Sigma Y \cdot \Sigma X^2 - \Sigma X \cdot \Sigma XY}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{30,394(40,043) - 20,936(58,074)}{11(40,043) - (20,936)^2} = \frac{1,229}{2,156} = 0,57$$

$$a_1 = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{11(58,074) - 20,936(30,394)}{11(40,043) - (20,936)^2} = \frac{2,485}{2,156} = 1,152$$

$$r = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{\sqrt{[N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2}} = \frac{11(58,074) - 20,936(30,394)}{\sqrt{[11(40,043) - (20,936)^2][11(84,321) - (30,394)]}} =$$

$$= \frac{2,485}{2,838} = 0,87$$

$$\lg F_{пр} = a_0 + a_1 \lg(T_д)$$

$$\lg F_{пр} = \lg 10^{a_0} + \lg (T_д)^{a_1}$$

$$\lg F_{пр} = \lg [10^{a_0} \cdot (T_д)^{a_1}]$$

$$F_{пр} = 10^{a_0} \cdot (T_д)^{a_1}$$

$$F_{пр} = 10^{0,57} \cdot (T_д)^{1,152}$$

$$\boxed{F_{пр} = 3,715 \cdot T_д^{1,152}}$$

№	1	2	3	4	5	6	7
$T_д$	40	50	60	70	80	90	120
$F_{пр}$	280,3	328,7	415,4	498,1	578,5	656,8	923,0

П4.15

Вывод уравнения регрессии $F = f(T_д)$

				X	Y	X^2	Y^2	X·Y	
	Дата	Дней ($T_д$)	F	$\lg T_д$	$\lg F$	$(\lg T_д)^2$	$(\lg F)^2$	$\lg T_д \cdot \lg F$	
1	27.06	58	2,6	1,763	0,414	3,109	0,172	0,731	1986 г
2	8.07	69	2,9	1,838	0,462	3,381	0,213	0,849	
3	19.07	80	3,3	1,903	0,518	3,621	0,268	0,986	
4	10.08	102	3,8	2,008	0,579	4,034	0,336	1,164	
5	29.08	121	4,2	2,082	0,623	4,337	0,388	1,297	
6	14.06	45	1,0	1,653	0,0	2,733	0,0	0,0	1966 г
7	2.07	63	1,7	1,799	0,23	3,237	0,053	0,414	
8	17.07	78	3,3	1,892	0,518	3,58	0,268	0,981	
9	26.07	87	3,2	1,939	0,505	3,761	0,255	0,979	
10	2.08	94	3,1	1,973	0,491	3,893	0,241	0,969	
11	30.08	122	3,1	2,086	0,491	4,352	0,241	1,024	
			Σ	20,936	4,831	40,043	2,439	9,394	

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X$$

$$a_0 = \frac{\Sigma Y \cdot \Sigma X^2 - \Sigma X \cdot \Sigma XY}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{4,831(40,043) - 20,936(9,394)}{11(40,043) - (20,936)^2} = \frac{-3,225}{2,156} = -1,495$$

$$a_1 = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{11(9,394) - 20,936(4,831)}{11(40,043) - (20,936)^2} = \frac{2,192}{2,156} = 1,016$$

$$r = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{\sqrt{[N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} = \frac{11(9,394) - 20,936(4,831)}{\sqrt{[11(40,043) - (20,936)^2][11(2,439) - (4,831)^2]}} =$$

$$= \frac{2,192}{2,743} = 0,799$$

$$\lg F = a_0 + a_1 \lg(T_д)$$

$$\lg F = \lg 10^{a_0} + \lg(T_д)^{a_1}$$

$$\lg F = \lg[10^{a_0} \cdot (T_д)^{a_1}]$$

$$F = 10^{a_0} \cdot (T_д)^{a_1}$$

$$F = 10^{-1,495} \cdot (T_д)^{1,016}$$

$$\boxed{F = 0,032\, T_д^{1,016}}$$

№	1	2	3	4	5	6	7
$T_д$	40	50	60	70	80	90	120
F	1,55	1,7	2,04	2,4	2,7	3,1	4,1

П.4.16

Ход испарения с поверхности листьев куста хлопчатника, смоченного в сосуде с водой

№ опыта	Вес сухого куста с мешком, г	Вес мокрого куста с мешком, г	Вес мокрого куста с целофановым мешком через:					Вес воды, оставшейся в кусте, г	Испарившийся вес воды через: г				
			9 мин	11	15	20	30		9 мин	11	15	20	30
1	59,35	65		57,2	53,95	52,9		5,65		7,8	11,05	12,1	
2	78,2	99,2		83,75	74,0	66,9		2,1		15,45	25,2	32,3	
3	42,4	46,5		41,95	40,35	40,35		4,1		4,55	6,15	6,15	
4	38,75	45,55		40,8	40,6	39,6		5,8		4,75	4,95	6,35	
5	39,55	45,9	37,6			34,8	34,2	6,35	8,3			11,1	11,7
6	58,75	73,1	66,7			64,4	63,5	16,35	6,4			8,7	9,6
7	40,85	46,8	40,2			36,75	35,4	5,95	6,6			10,05	11,4
8	36,9	44,9	40,7			39,1	38,2	8,0	4,2			5,8	6,7
9	36,8	42,45	41,7			39,35	39,0	5,65	0,75			3,1	3,45
10	120,9	144,0	129,8			125,2	124,3	23,1	14,2			18,8	19,7
11	66,1	76,2	65,8			62,3	61,6	10,1	10,4			13,9	14,6
12	45,4	52,0	45,4			42,8	42,1	6,6	6,6			9,2	9,9
13	33,25	39,5	33,9			33,0	32,0	6,25	5,6			6,5	7,5
14	61,0	68,8	60,0			56,8	56,5	7,8	8,8			12,0	12,5
15	56,5	64,8		56,2		52,03		8,3		8,6		12,77	
16	103,3	110,85		101,0		96,23		7,55		9,85		14,62	
17	127,0	136,1		125,0		118,62		9,1		11,1		18,48	
18	79,8	90,85		80,0		74,74		11,05		10,85		16,11	
19	24,1	26,7		24,2		22,99		2,6		2,5		3,71	
20	25,8	28,9		25,25		23,48		3,1		3,65		5,42	
21	33,85	37,5		34,1		32,46		3,65		3,4		5,04	
22	52,5	61,0		52,1		47,79		8,5		8,9		13,21	
23	49,0	57,75		48,2		46,05		5,75		9,55		11,72	
24	66,85	74,15		64,4		59,65		7,3		9,75		14,47	
Ср.								8,32	7,18	7,91	11,84	11,23	10,7

Вес мешка: 12,45 г. 24.07.89 г.

П 417

Ход испарения с поверхности листьев куста хлопчатника, смоченного в сосуде с водой.

№ опыта	Вес сухого куста в целофановом мешке, г	Вес мокрого куста в целофановом мешке, г	Вес мокрого куста с целофановым мешком через:				Вес воды, осевшей на кусте, г	Испарившийся вес воды в г через:			
			20мин	35	50	75		20мин	35	50	75
1	21,5	25,39		21,47	*	19,5	3,89		3,92		5,86
2	24,53	29,42		24,3		22,76	4,89		5,12		6,66
3	25,5	31,15		25,24		23,76	5,65		5,91		7,39
4	23,45	26,45		23,2		21,7	3,0		3,25		4,75
5	20,15	24,1		19,3		18,3	3,95		4,8		5,8
6	22,55	27,0		22,15		20,95	4,45		4,85		6,05
7	20,5	24,3		20,35		18,65	3,8		3,95		5,65
8	22,25	26,45		22,1		20,4	4,2		4,35		6,05
9	24,5	28,99		24,47		22,53	4,49		4,52		6,46
10	29,95	35,8		30,1		27,8	5,85		5,7		8,0
11	24,71	29,4		26,75		22,67	4,69		2,65		6,73
12	28,39	32,3		30,65		25,13	3,91		1,65		7,17
13	34,12	42,9		36,25		30,97	8,78		6,65		11,93
14	21,25	26,59		23,65		19,85	5,34		2,94		6,74
15	25,72	31,3		28,05		22,39	5,58		3,25		8,91
16	26,41	32,0		28,0		23,82	5,59		3,75		8,18
17	24,55	30,45		26,75		22,55	5,9		3,7		7,9
18	23,3	28,75		25,35		21,73	5,45		3,4		7,0
19	25,5	30,1		27,5		22,5	4,6		2,6		7,6
20	36,63	45,31		38,9		33,36	8,68		6,41		11,95
21	25,85	28,55	27,3		23,4		2,7	1,25		5,15	
22	24,9	28,9	27,05		23,75		4,05	1,9		5,15	
23	27,18	30,98	28,65		24,71		3,8	2,33		6,27	
24	27,2	31,4	28,85		24,55		4,2	2,55		6,85	
25	28,2	32,8	30,25		26,15		4,6	2,55		6,85	
26	28,8	32,1	30,85		26,75		3,3	1,25		5,35	
27	21,8	25,97	23,35		20,75		4,17	2,62		5,22	
28	19,5	24,21	21,45		18,55		4,71	2,76		4,96	
29	22,05	25,92	21,25		20,85		3,87	4,67		5,07	
30	28,95	33,6	28,75		27,15		4,65	4,85		6,45	
31	20,8	25,65	20,35		20,23		4,85	5,3		6,42	
Ср.							4,76	2,91	4,17	5,68	7,33

Вес мешка: 12,45 г. 23.06.1980 г.

П 4.13

Ход испарения с поверхности листьев куста хлопчатника, смоченного в сосуде с водой.

№ опыта	Вес сухого куста с мешком, г	Вес мокрого куста с мешком, г	Вес мокрого куста с целофановым мешком, г через:						Вес воды в весе куста, г	Испарившийся вес воды, г, через:					
			30	40	55	80	75	90		30	40	55	60	75	90
1	55,45	63,15		57,3		56,95		53,15	7,6		5,85		6,2		10,0
2	52,0	56,8		53,25		51,0		48,6	6,8		5,55		7,8		9,2
3	52,65	56,95		54,75		53,55		50,05	4,3		2,2		3,4		6,9
4	51,9	55,98		52,95		51,4		49,5	4,08		3,03		4,58		6,48
5	51,35	55,8		51,1		49,6		48,05	4,45		4,7		6,2		7,75
6	46,8	51,8		46,25		44,9		43,75	5,0		5,55		6,9		8,05
7	51,3	58,2		52,5		50,5		48,75	6,9		5,7		7,7		9,45
8	48,8	52,75		48,45		46,95		45,25	3,95		4,3		5,8		7,5
9	34,15	43,15		31,8		30,8		29,75	9,0		11,35		12,35		13,4
10	52,3	56,6		54,0		53,0		50,05	4,3		2,6		3,6		6,55
11	51,2	53,2		52,71		51,8		50,65	4,0		0,49		1,4		2,55
12	45,7	52,0		49,25		43,45		42,05	6,3		2,75		8,55		9,95
13	27,7	38,3		28,55		28,25		27,45	10,6		9,75		10,05		10,85
14	43,0	51,8		42,65		41,25		39,55	8,8		9,15		10,55		12,25
15	48,2	52,0		49,45		48,7		47,1	3,8		2,55		3,3		4,9
16	40,5	51,5		41,45		40,95		38,25	11,0		10,05		10,55		12,25
17	28,5	38,3		28,55		27,95		27,2	9,8		9,75		10,35		11,1
18	51,8	55,8		52,6		51,3		50,55	4,0		3,2		4,5		5,25
19	39,5	50,5		44,55		38,1		37,55	11,0		5,95		12,4		12,95
20	42,0	51,5		43,5		42,45		41,05	9,5		8,0		9,05		10,45
21	32,2	56,85	53,2		51,2		50,0		4,85	3,65		5,65		6,85	
22	29,6	34,9	26,65		25,45		24,25		5,3	8,25		9,45		10,65	
23	51,8	58,65	51,1		49,65		48,35		6,85	7,55		8,0		10,3	
24	51,1	58,0	50,0		48,55		46,55		6,9	8,0		9,45		11,45	
25	44,0	51,2	43,9		41,25		40,0		7,2	7,3		9,95		11,2	
26	48,1	51,25	46,3		44,8		42,4		5,15	4,95		6,45		8,85	
27	47,5	51,35	47,45		43,8		41,8		3,85	3,9		7,55		9,55	
28	43,1	49,6	40,35		39,2		38,0		6,5	9,25		10,4		11,6	
29	43,2	51,0	41,35		39,45		38,25		7,8	9,65		11,55		12,75	
30	25,2	29,1	25,0		23,55		21,55		3,9	4,1		5,55		7,55	
31	28,5	38,4	27,3		25,9		24,0		9,9	11,1		12,5		14,4	
Ср.									6,55	7,06	5,62	8,86	7,26	10,47	8,89

Вес мешка: 12,45 г (11^{15}...12^{45}) ч 5.07.90 г.

II.419

Ход испарения с поверхности листьев куста хлопчатника, смоченного в сосуде с водой.

№ опыта	Вес сухого куста с мешком, г	Вес мокрого куста с мешком, г	Вес мокрого куста с целофановым мешком через			Вес воды, оставшей на кусте, г	Испарившийся вес воды в г через		
			30 мин	60	90		30 мин	60	90
1	88,9	109,8	92,15	88,5	83,25	26,9	17,65	21,3	26,55
2	61,05	93,15	68,75	65,6	58,95	32,1	24,4	29,55	34,2
3	78,75	105,3	81,25	80,5	74,15	26,55	24,05	24,8	31,15
4	97,05	112,0	104,55	103,35	95,35	14,95	7,45	8,65	16,65
5	81,45	105,2	86,3	83,9	78,05	23,75	18,9	21,3	27,15
6	69,65	95,4	73,55	70,2	65,05	25,75	21,85	25,2	30,35
7	73,85	104,0	73,55	71,65	66,6	30,15	30,45	32,35	37,4
8	43,0	52,0	41,45	39,5	35,65	9,0	10,55	12,5	16,35
9	78,8	106,0	79,05	76,1	70,55	27,0	26,95	29,9	35,45
10	59,0	75,9	61,35	56,65	54,5	16,9	14,55	19,05	21,4
11	69,1	92,0	72,05	69,05	65,4	22,9	19,95	22,95	26,6
12	45,1	56,0	47,35	43,45	38,55	10,9	8,65	12,55	17,45
13	60,5	79,7	61,55	58,45	55,35	19,2	18,35	20,45	24,55
14	44,3	61,2	43,2	43,7	39,65	16,9	16,0	17,5	21,55
15	48,9	62,9	49,2	48,45	44,2	14,0	13,7	14,45	18,7
16	87,8	97,0	87,35	85,35	79,65	9,2	8,65	11,65	17,35
17	95,8	111,0	95,85	93,05	89,3	15,3	15,15	17,95	21,7
18	86,2	109,2	89,25	84,9	79,35	23,0	19,95	24,3	29,85
19	39,8	51,8	38,55	33,23	30,23	12,0	13,25	18,5	21,5
20	87,8	100,21	91,85	81,55	78,55	12,41	8,36	18,66	22,66
21	94,5	100,15	91,75	83,25	82,25	5,65	8,4	14,9	17,9
22	73,2	95,0	68,35	65,25	60,25	21,8	25,65	29,75	34,75
23	66,0	94,4	66,05	60,95	56,95	28,4	28,35	33,45	37,45
24	55,0	78,9	55,25	50,55	47,55	21,8	21,55	26,25	29,25
25	56,2	90,8	64,65	58,25	57,0	24,6	26,15	31,55	33,8
26	90,7	109,2	86,95	80,35	75,35	18,5	22,25	28,85	33,85
27	87,6	100,19	87,25	78,25	74,25	12,59	12,94	21,94	25,94
28	51,5	73,0	54,35	47,6	44,6	21,5	18,65	25,4	28,4
29	77,5	100,2	77,85	70,85	68,35	22,7	22,35	29,35	31,85
30	93,2	118,5	92,35	86,35	81,35	25,3	26,35	32,15	37,15
Ср						19,50	18,41	22,5	26,96

Вес мешка: 12,45 г (15...14^{30}) ч 17.07.90 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьянов А.П. Поливная норма и потери воды при дождевании. Почвоведение, 1972, № 9.

2. Агапова С.И., Хамметов Г.А. Задержание воды листьями растений при поливе дождеванием. Мелиорация и водное хозяйство. Вып.31, Киев, 1974, с.3-6.

3. Азимова З. Микроклимат хлопкового поля при квадратно-гнездовом размещении растений. Вопросы питания и биологии хлопчатника, Ташкент, 1960.

4. Алманиязов А.А., Узенбаев Э.Е. Влияние способов полива на интенсивность транспирации хлопчатника. Известия АН КазССР. Серия биологических наук. Вып.12, с.52-54.

5. Алманиязов А.А., Узенбаев Э.Е. Некоторые вопросы водного режима хлопчатника при поливе дождеванием. Известия АН КазССР. Серия биологических наук. Вып.4., с.34-37.

6. Анисимов В.А., Мансуров М.С. Потери воды на испарение при дождевании. Гидротехника и мелиорация, № 8, 1969.

7. Бабушкин Л.Н. Явление поглощения паров воды листьями помидоров и картофеля.- Докл.АН СССР, 134, № 6, 1960, 1984.

8. Безуевский И.Л., Семикин А.П. О поливе хлопчатника дождеванием в хлопковом совхозе № 6 имени Титова в условиях Голодной степи. - Механизация хлопководства, № 3, 1969, с.13.

9. Бородычев В.В. Аэрозольное орошение сельскохозяйственных культур Росагропромиздат. Москва, 1989 .

10. Бородычев В.В. Мелкодисперсное дождевание картофеля. Гидротехника и мелиорация № 6, 1976, с.75-78.

11. Брукс К., Краузарс Н. Применение статистических методов в метеорологии. - Л.: Гидрометеоиздат, 1963, с.404.

12. Будыко М.И., Тимофеев М.П. О методах определения испарения. Метрология и гидрология. М.,1952.

13. Булавко А.Г. Проникновение атмосферных осадков сквозь покров сельскохозяйственных растений. Метеорология и гидрология, № 12, 1968.,с.62-66.

14. Великанов М.А. Гидрология суши. ОНТИ, Л.-М.,1937.

15. Величко Е.Б.,Льгов Г.К. Современные проблемы орошения на местном стоке.

16. Виноградов В.В. О методике учета осадков при наблюдениях над испарением с сельскохозяйственных полей. Труды ГОС. Гидрология.Вып.92, Ленинград, 1964 г

17. Гаврилов М.К. Микроклиматический эффект дождевального орошения в Центральной Якутии, - Вопросы географии Якутии, вып.5, 12,1969.

18. Гусейнов Г.М. Пути повышения эффективности использования орошаемых земель, улучшение техники и способов полива сельскохозяйственных культур в Азербайджане. Диссертация на соискание степени доктора сельскохозяйственных наук. Баку, 1969.

19. Данильченко Н.В. Методы определения суммарного водопотребления и расчет поливных режимов сельскохозяйственных культур. Диссертация на соискание ученой степени канд.техн.наук. ВНИИГиМ, 1964.

20. Демиденко Т.Т., Голле В.П. Влияние относительной влажности воздуха на урожай и поступление питательных элементов в подсолнечник. - Доклад АН СССР, 25, № 4, 1939, с.324.

21. Длин А.М. Математическая статистика в технике. Советская наука,М., 1956, с.466.

22. Духовный В.А.Ирригационные комплексы на новых землях Средней Азии.

23. Зак Е.Г. Кинетика испарения капли воды в воздушном потоке. Геофизика. т.VI, вып.5, 1936.

24. Зуев М.В. Формирование микроклимата хлопкового поля. Л., Гидрометеоиздат, 1956.

25. Иванов Б.Г. Испарение в естественных условиях. Гидрометеоиздат, Л., 1939.

26. Исаев А.П. Гидравлика дождевальных машин. - М., Машиностроение. М., 1973, с.243.

27. Исаев А.П., Цуканов В.К. Фотоэлектрический метод измерения характеристик искусственного дождя. Труды ВИСХОМ, вып.67, 1971.

28. Кальянов Г.С. О потерях оросительной воды при поливе дождеванием. Гидротехника и мелиорация, № 11, 1954, с.12-18.

29. Кеслер О. Поглощение воды листьями растения и его значение для дождевания. Сб. Дождевание. ВНИГиМ, том I, 1934 г., Ленинград.

30. Коганов М.А. Хволос С.Б., Чудновский А.Ф. Влияние орошения на микроклимат почвы и приземного слоя воздуха. - Гидротехника и мелиорация, № 1, 1953, с.52.

31. Колесник П.И., Ткаченко К.Д. К вопросу учета осадков, достигающих поверхности почвы под растительным покровом. Водное хозяйство, вып.5, 1966, с.43-49.

32. Колпаков В.В., Сухарев И.П. Сельскохозяйственные мелиорации. - М., Колос, 1981, с.328.

33. Контордиков А.С., Еремина Е.А. Задержание осадков растениями яровой пшеницы за период вегетации. Труды Центрального института прогнозов, вып.131, М., 1963, с.42-52.

34. Коробкин С.Ф. Исследование потерь воды на испарение в пути насадка-почва. НТО ШОИСМО за 1949-1951 гг.

35. Коробкин С.Ф. Результаты исследований по дождеванию чайных плантаций в Азербайджанской ССР. Гидротехника и мелиорация, № 7, 1950.

36. Костюкевич Н.И. Задержание осадков травяным и моховым покровом. Метрология и гидрология, № 5, 1948.

37. Кулиев Ф.А. Влияние поливов на микроклимат и урожайность чайных плантаций. - Гидротехника и мелиорация, № II, 1970, с.19.

38. Лебедев Б.М. Дождевальные машины. - М.: Машиностроение, 1977, с.246.

39. Лебедев Г.В., Егоров В.Г. Импульсное дождевание растений. Теория и практика.- М., Наука, 1976,с.142.

40. Лохов В.П. Учет осадков, задерживаемых лессом, методом дождевания. Метрология и гидрология, № 6, 1938.

41. Лушевский А.А., Петровский Ю.С. Данные по метрологическому режиму в лесных насаждениях. Тр.ВНИИЛХ, вып.8, 1939.

42. Лышевский А.С. Процесс распыливания топлива дизельными форсунками.- М.,Машгиз, 1963, с.180.

43. Лямперт Г.П., Ерхов Н.С. Определение крупности капель с помощью бумажных фильтров. Тракторы и сельхозмашины. 1971, № 10, с.32-35.

44. Маад А.М. Упрощенные методы расчета и критерии оптимизации элементов техники полива по проточным бороздам. Диссертация на соискание ученой степени канд.техн.наук. ТИИМСХ, Ташкент,1990, с.208.

45. Мансуров М.С. Поправка на поливную норму при поливе дождеванием. Труды АзНИИГИМ, т.IX, Баку, 1971.

46. Масленников В.М. Влияние поливов дождеванием в дневные часы на урожай хлопка=сырца. Сельское хозяйство Узбекистана, № 7, 1959,с.23.

47. Марквартде В.М. Метод расчета основных параметров дождевальных аппаратов. Труды ВИСХОМ, вып.21, М.,1966, с.54-56.

48. Мильхис Е.Е. Оценка водопотребления хлопчатника в орошаемой зоне Узбекистана. Труды ОАНИИГМ, вып.[illegible], Ташкент, [illegible].

49. Мурадов С.Н. О дождевании тонковолокнистого хлопчатника в зоне Каракумского канала. Гидротехника и мелиорация, № 5, 1963, с.105-108.

50. Мустафаева М.К. Исследование среднеструйных разбрызгивателей в условиях Азербайджанской ССР. Диссертация на соискание уч.степ.канд.техн.наук. Баку, 1962.

51. Назаров М.И. Дождевание сельскохозяйственных культур и перспектива его применения в Киргизии. Фрунзе, 1964.

52. Нигманов Т.М.Режим суммарного испарения и его структура на хлопковом поле в Каршинской степи. Труды САНИИРИ, вып.165, Ташкент, 1981.

53. Оболенский В.Н. Курс метрологии. Гидрометеоиздат, М., 1964.

54. ОСТ 70.П.1-74. Машины и установки дождевальные. Программа и методы испытаний. М., Союзсельхозтехника, 1977, с.72.

55. Петров Е.Г. Влияние влажности воздуха на развитие и урожай растений. - В сб.Дождевание, т.3. Под редакцией А.Н.Костякова, М., 1940, с.187.

56. Петров Е.Г., Дорожко П.К. Опыт по дождеванию хлопчатника. Дождевание, т.2, Сельхозгиз, 1936, с.142-217.

57. Петров Е.Г., Демидов Н.П. Дождевание хлопчатника. Дождевание, т.1, М., Сельхозгиз, 1934, с.177-255.

58. Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчет. Гидрометеоиздат, Л., 1946.

59. Рахманов В.В. Являются ли осадки, задерживаемые кронами деревьев, потерями для леса ? Ботанический журнал, т.XI, 1968.

60. Рачинский А.А., Севрюгин В.К. Потери воды в воздухе при поливе дождеванием. Гидротехника и мелиорация, 1984, №11, с.42-45.

61. Рачинский А.А., Севрюгин В.К. Что сдерживает механизированный полив? Сельская правда, 19 июля 1985 .

62. Романовский В.И. Элементарный курс математической статистики. М.-Л., Госпланиздат, 1939, с.356.

63. Румшинский Л.З. Элементы теории вероятности.- М.: Наука, 1970, с.251.

64. Руководство по определению экономической эффективности новой поливной техники ВТР-0-4-81. Коломна, 1981, с.264.

65. Рутковский В.И. Исследование задержания осадков травяным и моховым покровами. Метрология и гидрология, № II, 1936.

66. Рябов В.Д. О характеристике микроклимата хлопкового поля. Метрология и гидрология, № 3, 1940, с.85.

67. Савченко Т.Е. Экспериментальные методы определения дисперсности распыливания жидкостей. Труды ВИСХОМ, вып.67, 1971.

68. Сахаров М.И. К методике учета осадков под пологом леса. Метеорология и гидрология, 1939, № 9.

69. Севрюгин В.К., Арфауй А.К. Методика определения испарения при дождевании. Гидравлические расчеты элементов гидромелиоративных систем Средней Азии. - Ташкент; ТИИИМСХ - 190 (Сб.научн.тр.)

70. Севрюгин В.К., Арфауй А.К. Влияние энергетических характеристик дождя на процесс впитывания влаги почвой (Сб.научн.трудов ТИИИМСХ: Водосберегающая технология орошаемого земледелия в условиях Средней Азии, 1990 .

71. Севрюгин В.К. Механизация орошения дальнеструйными дождевальными машинами фронтального полива НТО САНИИРИ ДЗ/П-76-13, Ташкент, 1979.

72. Севрюгин В.К., Литвинов В.Г. Исследование дальнеструйной дождевальной машины, работающей в движении с поворотом ствола. Сб.научн.трудов САНИИРИ, вып.157, 1979.

73. Севрюгин В.К., Климкин Д.С. Исследование испарения при прерывистом дождевании. Механизация хлопководства, № 3, 1989.

74. Севрюгин В.К., Тлеукулов А.Т. Испарение воды в воздухе с поверхности падающих капель. Механизация хлопководства, № 8, 1985, с.8-9.

75. Севрюгин В.К. Методическое руководство по применению дождевальных машин в Средней Азии и расчету параметров поливных участков. Из=во ТИИИМСХ, Ташкент, 1984, с.106.

76. Севрюгин В.К. Выгоды прерывистого дождевания. Сельское хозяйство Узбекистана, № 2, 1987.

77. Севрюгин В.К., Климкин Д.С., Мазин Д. Разработать технологию и технические средства по борьбе с засухой в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения на орошаемых землях, НТО, т.3, Ташкент, 1989.

78. Севрюгин В.К., Тлеукулов А.Т., Климкин Д.С. Руководство по технологии дождевания и обоснования параметров поливных участков для МЭДФ "Кубань=Л". САНИИРИ, Ташкент, 1988.

79. Севрюгин В.К., Тлеукулов А.Т. "Кубань=М" на поливе хлопчатника. Сельское хозяйство Узбекистана, 1985, № 7, с.55-57.

80. Севрюгин В.К., Арфауй А.К. Методика определения испарения при дождевании. Гидравлические расчеты элементов гидромелиоративных систем Средней Азии - Ташкент, ТИИИМСХ, 1990 (Сб.научн.тр.).

81. Скворцов А.А. Орошение сельскохозяйственных полей и микроклимат. Сборник избранных произведений. Л., Гидрометеорологическое из=во, 1964.

82. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения. Госком. СССР по делам строительства. М., 1986.

83. Старокадамская Е. Испарение свободной гладкой поверхности в движущемся воздухе. Экспериментальная и теоретическая физика, Ленинград, 1933.

84. Тверская Н.П. Испарение падающей капли. Ученые записки ЛГУ, серия физических наук, вып.7, Ленинград, 1949.

85. Тверская Н.П. Влияние потока воздуха на скорость испарения капель воды. Известия АН СССР, серия географическая и геофизическая, том XIУ, № I, 1950.

86. Тезисы докладов Среднеазиатского совещания по итогам научных и экспериментальных исследований применения дождевания в хлопковой зоне Средней Азии. Ташкент, 1976.

87. Тимофеев М.П., Швец Н.Е. Испарение мелких капель воды. Метрология и гидрология, № I2, 1948.

88. Тлеукулов А.Т. Разработка технологии прерывистого дождевания машиной ЭДМФ "Кубань-М" для условий поймы р.Чирчик. Диссертация на соискание ученой степени канд.техн.наук.Ташкент, 1986.

89. Узенбаев Э.Е., Самойлова А.Д. Микроклимат хлопкового поля при поливе дождеванием. СоюзНИХИ "Вопросы обработки почв, орошения и применения удобрений под хлопчатник". Ташкент,1966, с.25-53.

90. Ученые МГМИ. "Лед тронулся". Мелиорация и водное хозяйство, № I2, 1990.

91. Халметов Г.А. Поглощение капельно-жидкой влаги листьями растений. Мелиорация и водное хозяйство, вып.28, 1974, с.16.

92. Харитонов Г.А. Осадки в лесу, в поле и поступление их в почву. Почвоведение, 1948, № 2.

93. Чирков Ю.И. Основы агрометрологии. Гидрометеоиздат, Л.,1988, с.87.

94. Чигасов В.Я., Изюмов В.В. и др. Техника полива сельскохозяйственных культур, Колос, М., 1970.

95. Чурляев А.Д., Саттаров Ф.М. Об эффективности орошения хлопчатника дождеванием. Хлопководство, № 3, 1967, с.9.

96. Шеленков В.М. К вопросу о влиянии орошения дождеванием на микроклимат приземного слоя воздуха. Дождевание, Сельхозгиз, 1936.

97. Шпак И.С. Водный баланс полевого и лесного малых водосборов за 1959-1960 гидрологический год. Тр.УкрНИГМИ, вып.34, 1962.

98. Штангей И.Ф. Влияние высоты травостоя сельскохозяйственных растений на уменьшение слоя дождя, выпадающего на почву при поливе ДДА=100М Сб. Водное хозяйство, Вып.4, Киев, 1966.

99. Штангей И.Ф. Новый способ учета потерь воды на испарение при дождевании. Гидротехника и мелиорация, 1975, № 9, с.51-53.

100. Штепа Б.Г. и др. Справочник по механизации орошения.- М.: Колос, 1979, с.107.

101. Шульга Н.К. Водный баланс при орошении дождеванием сельскохозяйственных культур. Автореферат диссертации на соискание уч.степени к.т.н. Новочеркасск, 1952.

102. Шульц В.Л. Опыт составления водного баланса левого берега Бухарского оазиса. Соц.наука и техника, № 11, Ташкент, 1935.

103. Федоренко И.Д. Об испарении воды при дождевании и зависимости его от диаметра капель дождя. Труды ВНИИГиМ, т.22. Молодые ученые (к XX годовщине ВЛКСМ) М., 1938.

104. Федоренко И.Д. Об испарении воды при дождевании и зависимости его от диаметра капель дождя. Труды ВНИИГиМ, т.XVII, М., 1938.

105. Федосеев В.А. Кинетика испарения капель жидкости. Труды Одесского ГУ им.И.И.Мечникова, т.150, серия физических наук, вып.7, 1960.

106. Френкель Я.И. Испарение капель жидкости в потоке воздуха. Известия АН СССР, серия геофизическая, т.VIII, № 6, 1944.

107. Эйнгер Г.Р. Задержание осадков пологом леса. Лесное хозяйство, 1938, № 4.

108. Яковлев Е.П. Математическая обработка результатов измерений. -М.,-Л., Госиздат технико=теоретической литературы, 1950, с.385.

109. Яковлев С.А. Освежительные поливы. Картофель и овощи. М., 1960, с.5-6.

110. Arland A. (1929). Zur Methodik der Transpirationsbestimmungen am Standort. Ber.d.D Bot.Ges.

111. Bode H.R. (1923) Beitrage zur Dynamik der Wasserbewegung in den Defässpflanzen Jahrb für wiss. Bot.

112. Boltze. Grenzschichten am Rotationskörpern in Flüssigkeiten mit kleiner Reibung. Diss. Göttingen. 1908.

113. Sian G. (1933) Assimilations- und Transpirationsbestimmungen an Pflanzen des Zentralkaiserstuhls. Zeitschr.f.Bot.26.

114. Burgy R.H. and Pomeroy C.R. Interception Losses in Grassy Vegetation. Transactions, American Geophysical Union. Vol.39 N 6. 1958.

115. Dixon H.H. (1914, 1924) Transpiration and the ascent or Sap in plants. London. - Firbas Er.(1931). Untersuchungen über den Wasserhaushalt der Hochmoorpflanzen. Jahrb. f. wiss Bot. 74.

116. Grcuse R.P. Methods of Measuring and Analyzing reinfall interception by grass. Bull Internat. Assoc. Sci. Hydrology. T. 2, N 2, 1966.

117. Holz W. (1935). Über den Transpirationsverlauf abgeschnittener Blätter. Angev. Bot., Bd. 17, H.6.

118. Huber Br. (1927) Zur Methodik der Transpirationsbestimmungen am Standort. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., 45.

119. Kamp H. (1930). Untersuchungen über Kutikularbau und kutikuläre Transpiration von Blättern. Jahrb. wiss. Bot. 72.

120. Pflaiderer H. (1933). Kritische Untersuchungen zur Methodik der Transpirationsbestimmungen an Sprossen Zeitschr. f. Bot, 26.

121. McMillan W.D. and Burgy R.H. Interception Loss from Grass. Journal of Geophysical Research. Vol. 65, N 8, 1960.

122. Philipp W. (1931) Transpirationsversuche mit Beta-Rüben im Laboratorium und Freiland. Diss. Leipzig.-Pisek A. u Cartellieri E. (1932). Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. Jahrb.f. wiss. Bot. 75.

123. Reiss H.C. (1931) Die Weiterentwierung der "Anwelkmethode" und ihre Verwendung zur Beantwortung von Sorten - und Düngungsfraden. Arch. f. Pflanzenbau.

124. Stocker O. (1929). Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentalen Transpirations und Evaporationsgrösse. 1.11. Ber. d. bot. Ges., 47.

125. Stoletenberg N.L. and Wilson T.V. Interception Storage of Rainfall by Corn Plants. Transactions, American Geophysical Union. Vol.31, N. 3, 1950.

126. Schratz E. (1931) Vergleichende Untersüchungen under den Wasserhaushalt von Pflanzen im Trockengebiet der südlichen Arizona. Jahrb. f wiss. Bot. 74.

127. Bogle C.R , Bowen H.O. Environmental stresses and transpiration of young cotton seedlings. - St.Joseph, Mich., 1979.- 26 p. iss. - /Paper/ Amer.Soc.of.agr.engineers: N 79-1044. Bibliogr: p 16-17 (21 vef.)

128. El-Zik K M. the cotton plant-its growth and development-Western Cotton Prod. Conf Summary. Proc., 1980. p. 18-21.

129. Grimes D.W., Cantrell R. Water measurement for efficient irrigation scheduling.-Western Cotton Prod. Conf.Summary Proc., 1980., p.26-29.

130. Khan M.M.R. Effect of parameters of heat balance method upon irrigation water requirement of cotton plants.-Agric.Mechan. Asia, 1980, v.11, N 2, p.62-64.

131. Phillips S.A. When should cotton be irrigated-Louisiana Agr., 1980, v. 23, N 3, p.20-21.

132. Senanayake N.A. Comparative study of two methods of surface water distribution. - J.Nat. Agr. Soc.Ceylon (Sri Lanka), 1979, v. 16, p.21-26.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

В В Е Д Е Н И Е 3
I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ НА ПРИРОДУ ИСПАРЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ПОЛИВА ДОЖДЕВАНИЕМ 5
I.I. Структура испарения при поливе дождеванием 5
I.2. Испарение с поверхности капель 6
I.3. Сравнительный анализ величины испарения с поверхности капель 9
I.4. Задержание воды листьями растений I2
I.5. Влияние осадков, осевших на листьях растений, на формирование микроклимата I4
I.6. Влияние дождевания на процесс транспирации влаги растением I6
I.7. О величине испарения с орошаемого поля I8
2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСПАРЕНИЯ ПРИ ПОЛИВЕ ДОЖДЕВАНИЕМ 2I
2.I. Состояние вопроса исследований 2I
2.2. Методы определения испарения в период падения капель от насадки до почвы 2I
2.2.I. Расчетные методы 22
2.2.2. Экспериментальные методы 23
2.3. Метод дождемеров 23
2.4. Весовой метод 26
2.5. Метод разницы концентрации солей 27
2.6. Метод реактивных индикаторов..... 28
2.7. Метод водного баланса 28
2.8. Методы определения величины испарения на ветровой снос 28
2.9. Разновидности методов определения величины задержания воды листьями растений 29
2.I0. Методы определения суммарного водопотребления после полива дождеванием 33
2.II. Метод определения относительного испарения при прерывистом дождевании 34

3. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИСПАРЕНИЯ ПРИ ПОЛИВЕ ХЛОПЧАТНИКА ДОЖДЕВАНИЕМ И ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОШИБКУ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЕГО ВЕЛИЧИНЫ 36
3.1. Исследование испарения воды с поверхности дождемеров, установленных на открытой площадке вне поля... 36
3.2. Влияние продолжительности эксперимента на результаты определения величины испарения методом дождемеров 42
3.3. Исследование динамики скорости испарения 47
3.4. Расчет скорости испарения капель дождя в воздухе и на ветровой снос 47
3.5. Исследование величины оседания воды на листьях хлопчатника методом дождемеров 52
3.6. Влияние периода проведения опыта, места установки дождемеров и размера испаряющей поверхности дождемера на скорость испарения 63
4. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛЯ ХЛОПЧАТНИКА, СЛОЯ ВОДЫ, ПРИЛИПАЮЩЕЙ К ЛИСТЬЯМ, СКОРОСТИ ВЫСЫХАНИЯ ЛИСТЬЕВ И МИКРОКЛИМАТА ПРИ ПОЛИВЕ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНОЙ "КУБАНЬ-М 2" 75
4.1. Исследование развития листовой поверхности поля хлопчатника 75
4.2. Определение толщины слоя, прилипающего к поверхности листа при смачивании его в сосуде с водой 81
4.3. Определение скорости транспирации с поверхности смоченного и сухого листа хлопчатника 86
4.4. Определение толщины слоя, прилипающего к поверхности листьев на кусте хлопчатника при смачивании его в сосуде с водой, и скорости высыхания 96
4.5. Расчет времени высыхания смоченного куста хлопчатника и относительного испарения с поверхности листьев 99
4.6. Исследование микроклимата поля хлопчатника при дождевании машиной "Кубань-М 2" 99
5. ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИСПАРЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ПОЛИВА ДОЖДЕВАНИЕМ 115

5.I. Расчет относительного испарения в факеле дождевальной машины "Кубань-М 2" и скорости испарения . . . II5
5.2. Расчет влияния ветра на скорость испарения капель дождя в воздухе II9
5.3. Расчет слоя, оседающего на листьях растений и испаряющегося за период прохода машины II9
5.4. Структура распределения осадков при поливе дождеванием I28
5.5. Расчет общего испарения при поливе дождеванием ... I3I
5.6. Расчет экономического эффекта от результатов исследований I36
5.6.I. Эффект от экономии оросительной воды I36
5.6.2. Эффект от повышения урожайности I37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ I39
ПРИЛОЖЕНИЕ I4I
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ I97