

- низкий технический уровень и плохое технико-эксплуатационное состояние водохозяйственных систем,

-недостаточная степень оснащённости водозаборных сооружений и водораспределительной инфраструктуры, системами приборного учета, что приводит к значительным потерям воды при транспортировке и распределении по водопользователям.

Для повышения уровня продуктивности мелиорируемых земель необходимо значительно повысить технический уровень мелиоративных систем, выполнив комплекс работ по реконструкции, а также провести комплексные мелиорации по повышению уровня плодородия и улучшению экологической обстановки на мелиорированных землях. Необходимо отметить, что в настоящее время водными ресурсами в Стране распоряжается Министерство природных ресурсов и экологии, Минэнерго, Министерство сельского хозяйства, Министерство транспорта, МЧС, и регионы. Отсутствие координирующего Федерального органа государственной власти приводит к неэффективному использованию водных ресурсов.

1.2. Водопотребление растений в нечернозёмной зоне России (Пчелкин В.В., Кузина О.М.)

Наибольшая урожайность люцерны может быть получена при создании для него наилучших условий по режиму влажности почвы. Эти условия получают при помощи современных систем полива. При проектировании этих систем необходимо определять количественные показатели режима орошения. В том числе суммарное испарение, которое является основным расходным элементом режима орошения.

В России были разработаны различные методы определения суммарного водопотребления растений, следующими учеными: Пчелкин

В.В., Герасимов В.О. [120], Пчелкин В.В., Кузина О.М., Владимиров С.О., Сухарев Ю.И. [121] и др.

Суммарным водопотреблением сельскохозяйственных культур за рубежом занимались: Cid-Garcia N.M., Bravo-Lozano A.G., Rios-Solis Y.A. (2014), A.S.Ovchinnikov, V.V. Borodychev, M.N. Lytov, V.S. Bocharnikov, S.D. Fomin, O.V. Bocharnikova, E.S. Vorontsova (2018); Steven R. Evett, Kenneth C. Stone, Robert C. Schwartz, Susan A. O'Shaughnessy (2019) и др [197, 204, 220].

Анализ известных методов расчета суммарного водопотребления люцерны с использованием испарения с водной поверхности в условиях Нечерноземной зоны показал их отсутствие в условиях проведения исследований.

По результатам исследований была разработана зависимость для определения суммарного испарения люцерны с использованием испарения с водной поверхности (испаряемость) для рассматриваемых условий. Получены коэффициенты уравнения регрессии для дерново-подзолистых почв и южно-таёжной подзоны Нечернозёмья. Установлены биологические коэффициенты для люцерны и показатели, зависящие от падения влажности почвы ниже наилучшего уровня для красного клевера.

Целью данных исследований является разработка зависимости по определению суммарного испарения люцерны с использованием испарения с водной поверхности на водоразделах Нечерноземной зоны России.

Климат Среднерусской провинция характеризуется как умеренно-континентальный. Суммарное значение температуры воздуха выше 10°C за май – сентябрь находится в диапазоне от 1600 до 2200°C. Период без заморозков составляет 121-129 дней. Среднегодовое количество осадков 600 мм. Во время вегетации случаются периоды без осадков от 4 до 30 суток, что приводит к иссушению почвы и снижению урожайности растений. Из этого следует, что необходимо орошение.

В европейской части южно-таёжной подзоны сформировались в основном дерново-подзолистые почвы.

Участок научных исследований размещен на возвышенном элементе рельефа местности в центре южно-таежной подзоны европейской части России Федерации, Московской области.

Опыты были заложены на делянках размером 9x9 м, которые делились на четыре учетных площадки, представляющие собой повторности. На делянках проводились опыты с различными режимами влажности почвы. Первая делянка имела диапазон влажности почвы 60-70% от ПВ (ПВ - полная влагоемкость); вторая – 70-80% от ПВ; третья – 80-90% ПВ; четвертая – (контроль) без полива.

Влажность почвы определялась в слое 0,5 м. Данный слой делим на 5 горизонтов, в которых делались измерения влажности почвы прибором TRIME – FM3. Суммарное испарение в лизиметре рассчитывали с помощью уравнения водного баланса (1.1) на основании измеренных элементов водного баланса $\delta\bar{W}$, O_c , t , $-q$. Глубина лизиметра с поддоном была 2 м, а диаметр 1,6 м. Лизиметры заряжали монолитом дерново-суглинистой почвы с ненарушенным сложением. Содержание NPK, гумуса и другие агрохимические показатели почвы определяли в лаборатории ООО ЦСЭМ «Московский» по стандартным методикам.

Формула взаимосвязи между составляющими баланса влаги аэрированного слоя почвы лизиметров и делянок представлена в данном виде (в мм):

$$E = W_n - W_k \pm q + O_c + m, (1.1)$$

где E – суммарное испарение люцерны; $W_n - W_k$ – запасы влаги в почве в начале и конце измерений; $\pm q$ – влагообмен между зоной аэрации и грунтовыми водами; $-q$ – инфильтрационные перетоки воды в почве; $+q$ – подпитывание зоны аэрации со стороны грунтовых вод; O_c – дождевые осадки; m – норма полива.

Составляющие баланса влаги правой части формулы (1.1) измерялись, а суммарное испарение люцерны (левая часть формулы) вычислялась как неизвестное.

Определение потенциального суммарного испарения люцерны проводилось по формуле (1.2), предложенной Пчелкиным В.В. [121].

$$E_{\Pi} = a \sum_{i=1}^{nd} d_{si}^b, \quad (1.2)$$

где E_{Π} – потенциальное суммарное испарение люцерны, мм/дек;

a , b – коэффициенты регрессии, принимающие во внимание климатическую зону, тип почв и культуру.

nd – номер декады в период вегетации люцерны;

$\sum d_{si}$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха в i декаду периода вегетации, мб/дек

Результаты и их обсуждение. Расчет суммарного испарения люцерны, с использованием испарения с водной поверхности, возможно по зависимости (1.3), включающей в себя следующие коэффициенты $K_{рп}$, $K_{б}$, $K_{в}$. При этом коэффициенты $K_{б}$, $K_{в}$ были получены ранее в работе авторов [120], а коэффициент $K_{рп}$ для люцерны следует получить в данной работе.

$$E_{рр} = K_{рп} K_{\delta} K_{в} E_0, \quad (1.3)$$

где E_0 – испарение с водной поверхности (испаряемость), мм/дек;

$E_{рр}$ – суммарного испарения люцерны, мм/дек;

$K_{рп}$ – коэффициент, зависящий от потенциального суммарного испарения

($E_{р}$) и испаряемости, (E_0);

K_{δ} – биологический коэффициент;

$K_{в}$ – коэффициент, принимающий в расчет влажность почвы;

Определение испарения с водной поверхности (испаряемость) выполнялось прибором ГГИ-3000. Потенциальное суммарное испарение

люцерны, получали с помощью лизиметров. Влажность почвы в лизиметрах была (0,7-0,8 ПВ) [120], в течение вегетации исследуемой культуры.

Используя данные испарения с водной поверхности (испаряемость) и сумму среднесуточных дефицитов влажности воздуха за десятидневные промежутки времени, было получено уравнение регрессии (1.4) [120], и коэффициенты регрессии, $a=0,56$; $n=0,99$:

$$E_o = a_1 d_s^{n_1} \quad (1.4)$$

Для получения выражения по определению потенциально возможного суммарного испарения люцерны, были составлены статистические ряды. Эти ряды включали в себя потенциально возможного суммарного испарения люцерны, и сумму среднесуточных дефицитов влажности воздуха за десятидневные промежутки времени. При этом в расчеты включались данные тех периодов, когда суммарное испарение совпадало с потенциально возможным суммарным испарением. Динамика изменения испарения сводной поверхности от суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха дана на рисунке 1.1.

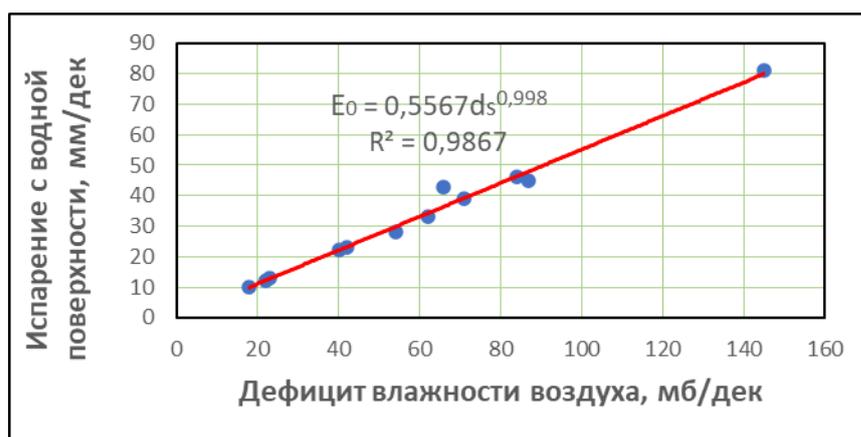


Рисунок 1.1 – Динамика изменения испарения с водной поверхности от суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха

Выражение для определения потенциально возможного суммарного испарения люцерны, имеет вид:

$$E_p = a_2 d_s^{n_2}, \quad (1.5)$$

где d_s - сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мб/дек;
 E_p - потенциально возможное суммарное испарение люцерны, мм/дек;
 a_2 , n_2 – коэффициенты уравнения регрессии, учитывающие климатическую зону и почвы, равные 1,27 и 0,78 соответственно.

С помощью зависимостей (1.4) и (1.5), определялись потенциальное суммарное испарение люцерны, (E_p), и испарение с водной поверхности (E_o). Данные определения испарения с водной поверхности (E_o), потенциального суммарного испарения (E_p) и коэффициентов связи испаряемости с суммарным испарением люцерны, ($K_{рп}$) размещены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Данные определения испарения с водной поверхности (E_o), потенциального суммарного испарения (E_p) и коэффициентов связи испаряемости с суммарным испарением люцерны, ($K_{рп}$)

| | № дек | месяц | декада | d_s | E_o | E_p | $K_{рп}$ |
|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|
| 2015 | 1 | V | 3 | 39 | 22 | 22 | 1 |
| | 2 | VI | 1 | 78 | 43 | 38 | 0,88 |
| | 3 | | 2 | 69 | 38 | 35 | 0,92 |
| | 4 | | 3 | 73 | 41 | 36 | 0,88 |
| | 5 | VII | 1 | 80 | 44 | 38 | 0,86 |
| | 6 | | 2 | 69 | 38 | 34 | 0,89 |
| | 7 | | 3 | 28 | 15 | 17 | 1,13 |
| 2016 | 1 | V | 3 | 48 | 27 | 26 | 0,96 |
| | 2 | VI | 1 | 31 | 17 | 18 | 1,06 |
| | 3 | | 2 | 51 | 28 | 27 | 0,96 |
| | 4 | | 3 | 75 | 42 | 37 | 0,88 |
| | 5 | VII | 1 | 59 | 33 | 30 | 0,91 |
| | 6 | | 2 | 71 | 39 | 35 | 0,90 |
| | 7 | | 3 | 66 | 37 | 33 | 0,89 |
| 2017 | 1 | V | 3 | 56 | 31 | 29 | 0,93 |
| | 2 | VI | 1 | 36 | 20 | 21 | 1,05 |
| | 3 | | 2 | 38 | 21 | 22 | 1,04 |
| | 4 | | 3 | 52 | 29 | 27 | 0,93 |
| | 5 | VII | 1 | 22 | 12 | 14 | 1,17 |
| | 6 | | 2 | 49 | 27 | 26 | 0,96 |
| | 7 | | 3 | 67 | 37 | 33 | 0,89 |

Коэффициенты (K_{rp}), увязывающие испаряемость и суммарное испарение люцерны, вычисляли по зависимости:

$$K_{rp} = E_p / E_o, (1.6)$$

где E_p – потенциально возможное водопотребление люцерны, мм/дек;

E_o – испарение с водной поверхности (испаряемость), мм/дек.

На основании информации по испаряемости (E_o) и коэффициентам перехода K_{rp} (таблица 1.3), было приобретено уравнение регрессии.

Коэффициент корреляции связи испаряемости (E_o) и коэффициентов перехода K_{rp} составляет $0,972 \pm 0,047$; это подтверждает сильную связь между исследуемыми характеристиками.

При расчете суммарного испарения люцерны было применено уравнение (1.7) [120]:

$$E_{pф} = K_{\delta a} ds^{n2}, (1.7)$$

Биологические коэффициенты K_{δ} размещены в таблице 1.4.

Данные на рисунке 1.2 показывают, что коэффициент корреляции закономерности изменения расчетного суммарного испарения (E_{pp}) от фактического суммарного испарения люцерны ($E_{ф}$) составляет $0,937 \pm 0,0697$. Это доказывает плотность рассматриваемой связи.

С повышением влажности почвы возрастает суммарное испарение люцерны до 0,75 ПВ. Последующее повышение влажности почвы существенно не влияет на величину суммарного испарения люцерны.

Коэффициент, определяющий снижение влажности почвы при влажности почвы (0,75 - 0,83) ПВ равен 1, при 0,7 ПВ – 0,93, при 0,6 ПВ – 0,79.

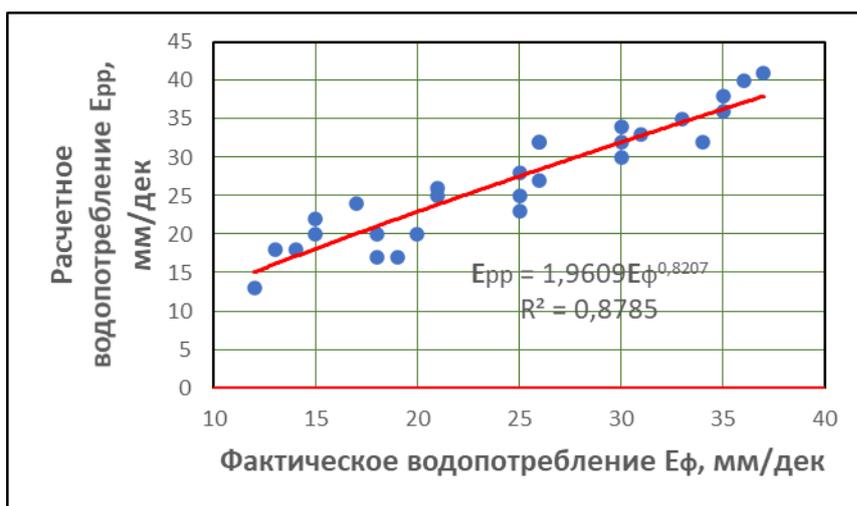


Рисунок 1.2 – Закономерность изменения расчетного суммарного испарения (E_{pp}) от фактического суммарного испарения люцерны ($E_{ф}$)

Таблица 1.4

Биологические коэффициенты K_6 , расчетное водопотребление люцерны $E_{рф}$ и $E_{рр}$ и фактические значения водопотребления $E_{ф}$

| | месяц | декада | K_6 | $E_{рф}$ | $E_{рр}$ | $E_{ф}$ |
|------|-------|--------|-----------|----------|----------|---------|
| 2015 | | 3 | 0,61 | 25 | 25 | 25 |
| | VI | 1 | 0,73 | 36 | 30 | 34 |
| | | 2 | 0,83 | 38 | 35 | 38 |
| | | 3 | 0,93/0,85 | 33 | 34 | 27 |
| | VII | 1 | 0,97 | 14 | 17 | 24 |
| | | 2 | 1,04 | 23 | 25 | 21 |
| | | 3 | 1,07/0,85 | 31 | 31 | 33 |
| 2016 | V | 3 | 0,61 | 20 | 19 | 17 |
| | VI | 1 | 0,73 | 16 | 18 | 17 |
| | | 2 | 0,83 | 24 | 25 | 28 |
| | | 3 | 0,93/0,85 | 32 | 36 | 40 |
| | VII | 1 | 0,97 | 27 | 30 | 30 |
| | | 2 | 1,04 | 32 | 35 | 36 |
| | | 3 | 1,07/0,85 | 29 | 33 | 35 |
| 2017 | V | 3 | 0,61 | 20 | 21 | 31 |
| | VI | 1 | 0,73 | 18 | 18 | 20 |
| | | 2 | 0,83 | 21 | 20 | 20 |
| | | 3 | 0,93/0,85 | 25 | 26 | 27 |
| | VII | 1 | 0,97 | 16 | 14 | 18 |
| | | 2 | 1,04 | 25 | 26 | 32 |
| | | 3 | 1,07/0,85 | 25 | 26 | 32 |

По зависимостям (1.3) и (1.7), было осуществлено определение E_{pp} и $E_{рф}$, данные расчета рассматриваемых величин размещены в таблице 1.4. По результатам расчета получена прямая связи данных величин (рисунок 1.3).

Из анализа графика на рисунке 1.3 видно, что коэффициент корреляции составляет $0,95 \pm 0,07$, что показывает сильную связь между исследуемым характеристиками. В этой связи формула (1.3) рекомендуется для использования при проектировании и эксплуатации систем орошения.

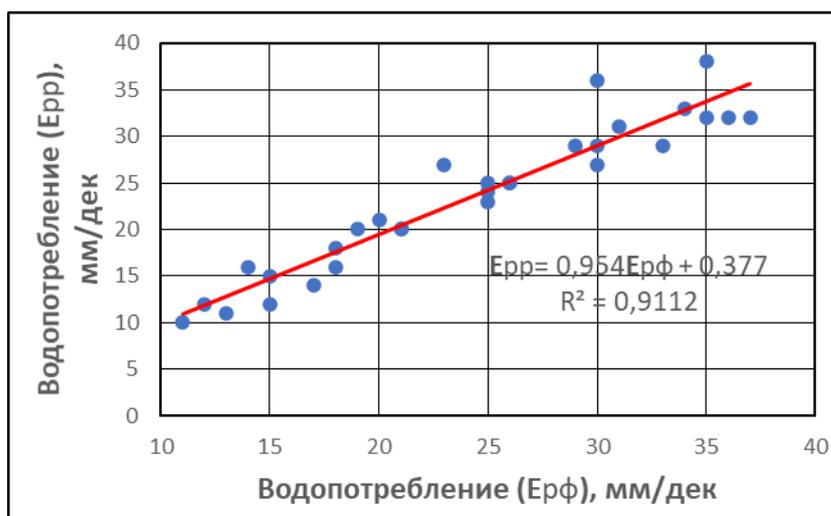


Рисунок 1.3 – Прямая связи суммарного испарения люцерны, полученная по зависимостям (3) E_{pp} и (7) $E_{рф}$

С целью повышения производства люцерны в южно-таёжной подзоне Нечернозёмья России следует проводить поливы в засушливые периоды и годы. Выполненное экспериментальное исследование эксклюзивно потому, что на дерново-подзолистых почвах возвышенных территорий южно-таёжной подзоны России при производстве люцерны разработана формула для расчета суммарного водопотребления исследуемой культуры. Кроме того, получены цифровые данные по коэффициентам $K_{рп}$ перехода от испарения с водной поверхности к потенциальному суммарному испарению, биологические коэффициенты K_6 для люцерны, и коэффициенты K_v , учитывающие отклонение влажности почвы от наилучших значений.

В результате проведенного исследования научное сообщество получило формулу расчета суммарного водопотребления люцерны, с

использованием испаряемости, а также коэффициенты $K_{рп}$ перехода от испаряемости к потенциальному водопотреблению, биологические коэффициенты K_6 , и коэффициенты $K_в$, учитывающие уменьшение влажности почвы ниже наилучших величин для условий дерново-подзолистых почв водоразделов южно-таёжной подзоны Нечернозёмья России и инновационные научные знания в гидромелиорации.

Организациям по проектированию следует применять формулу для расчета суммарного водопотребления люцерны, с использованием испаряемости, биологических коэффициентов и коэффициентов, учитывающих снижение влажности почвы. Сельскохозяйственным организациям предлагается применять результаты эксперимента при эксплуатации систем полива.

В последующем планируется выполнять экспериментальные исследования с другими растениями и иными технологиями полива.