

Таблица 2 – Сравнительная характеристика критериев оценки эффективности функционирования Придунайских РОС

Критерии	θ , %	Y , ц/га	M , тыс.м ³ /га	A , баллы	α_y , тыс.м ³ /ц
Проектные значения	100...75	47	23,0	48	0,49
Рациональные значения	60...50	43	18,0	44	0,42

Заключение

Таким образом, важным на сегодня условием повышения общей эффективности функционирования рисовых систем является разработка рациональных режимов орошения культур рисового севооборота, основанных на принципах ресурсо- и энергосбережения с учетом как экономического, так и экологического аспектов их выращивания, а установленные рациональные величины целесообразно рассматривать как ориентиры на пути достижения максимальной эффективности функционирования Придунайских РОС, как в современных условиях, так и на ближайшую перспективу, в том числе с учетом существующих тенденций изменения климата.

Список литературы

1. Зайцев, В.Б. Рисовая оросительная система / В.Б. Зайцев – М.: Колос, 1975. – 360 с.
2. Ромащенко, М.І. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення / М.І. Ромащенко, С.А. Балюк. – К.: Світ, 2000. – 114 с.
3. Сташук, В.А. Сучасний стан та шляхи підвищення загальної еколого-економічної ефективності рисових зрошувальних систем / В.А. Сташук, А.М. Рокочинський, Л.М. Грановська // Водне господарство України. – 2012.– № 1 (97). – С.19–21.
4. Дудченко, В.В. Районування зони рисосіяння України / В.В. Дудченко, М.Ф. Кропивко, Р.В. Морозов, А.І. Чекамова. – Херсон: Стар, 2009. – 95 с.
5. Дудченко, В.В. Рисівництво в Україні: історія, агроресурсний потенціал, ефективність / В.В. Дудченко, Р.В. Морозов – Херсон: Вид-во ХДУ, 2009. –106 с.
6. Підвищення ефективності рисових зрошувальних систем України [науково-методичні рекомендації /Дудченко В.В., Грановська Л.М., Рокочинський А.М., Мендусь С.П. та ін.]. – Херсон – Рівне, 2011. – 104с.
7. Рокочинський, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / А.М. Рокочинський. – Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2010. – 351 с.

УДК 631.626.3

РАСЧЕТ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ РАЗНОУРОВНЕВЫМИ ДРЕНАМИ ДРЕНАЖНО-МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ

Рокочинский А.Н., Ткачук Н.Н., Ткачук Р.Н.

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,
г. Ровно, Украина, maup30@mail.ru

The technology of the ground water level regulation with the help of self-regulated modules is presented and the methodology of distances calculation between drains

Введение

Для обеспечения необходимого регулирования УГВ в заданные сроки необходимо рассчитывать глубины укладки дрен и расстояния между ними. От оптимального определения этих параметров зависит не только динамика и глубина расположения УГВ, но и стоимость устройства дренажа, необходимость в строительных материалах и конструкциях и в конечном расчете экономическая эффективность дренажа. Для расчетов расстояний между дренами были рассмотрены различные методики, основными из которых являются теоретические (гидромеханические) или эмпирические. Первая из них базируется на использовании закономерностей движения грунтовой воды в дренажном поле и является в теоретическом плане наиболее обоснованным.

Теоретическому и эмпирическому определению расстояний между дренами посвящено большое количество научных работ, в частности, Аверьянова С.Ф. [1], Маслова Б.С. [2], Мурашко А.И. [3], Олейника О.Я. [4], Полякова В.Л. [5], Климкова В.Т. [6], Климко А.И. [7] и других.

Все расчеты расстояний между дренами распределены на несколько групп:

- от конструкций дрен и конструкций дренажных систем;
- с учетом несовершенства дрен по характеру и степени вскрытия водоносного пласта;
- при неустановившейся фильтрации грунтовых вод к дрене;
- с учетом осадков и испарения;
- в однородных и многослойных грунтах.

Основная часть

Рассмотрим расчет расстояний между дренами дренажных модулей, устроенных с мелких и глубоких дрен (рис. 1), и сравним исследования дренажных модулей [8], в которых глубокая дрена подключается к глубокому коллектору или к мелкому и глубокому коллекторам одновременно [9]. Сначала рассмотрим дренажный модуль, в котором глубокая дрена является совершенной по степени вскрытия водоносного слоя, то есть расстояние от водоупорного слоя до глубокой дрены равно нулю, а мелкая дрена несовершенна по степени вскрытия водоносного пласта и расположена над водоупорным слоем. Но обе дрены одинаковые по характеру вскрытия водоносного слоя. Выполним расчет расстояний между совершенной и несовершенной дренами.

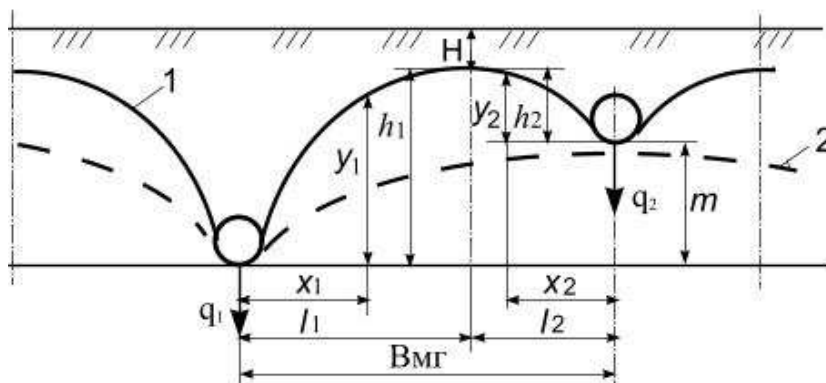
Впервые теоретический расчет расстояний между дренами был проведен для случая однородного грунта, а дрена располагалась на водоупорном слое – совершенная по степени и характеру вскрытия водоносного пласта, а перехваченная дрена вода движется к ней под действием градиента напора и отводится в виде дренажного стока.

Удельный приток грунтовой воды q , поступающей к систематическим совершенным глубокой и мелкой дренам от водораздела (рис. 1), в общем виде описывается уравнением:

$$q = \omega \cdot V, \quad (1)$$

где ω – площадь поверхности равного напора, приходящаяся на единицу

длины дрены; V – скорость фильтрации воды в почве, $V = \frac{dh}{dx}$; $\frac{dh}{dx}$ – градиент напора, который соответствует данной поверхности напора.



1 – режим формирования дренажного стока в период паводкового цикла (режима интенсивного понижения УГВ к посевной нормы осушения H), 2 – режим регулирования УГВ в течение вегетационного периода

Рисунок 1 – Схема для расчета регулирующего дренажного модуля (глубокая дрена на водоупорном слое параллельная мелкой дрены)

Приток грунтовых вод к совершенным дренам дренажного модуля при расположении глубокой дрены на водоупорном слое, согласно схеме (рис. 1) можно описать математически. Для расчета расстояния между мелкой и глубокой дренами дренажного модуля по схеме (рис. 1) при почвенном питании используем уравнения (1) – притока грунтовой воды к глубокой (2) и мелкой (3) дренам

$$ky_1 \cdot \frac{dy_1}{dx_1} = q_1 (l_1 - x), \quad (2)$$

$$-ky_2 \cdot \frac{dy_2}{dx_2} = q_2 (l_1 + l_2 - x). \quad (3)$$

Разделив переменные в уравнениях (2) и (3) и проинтегрировав уравнения по x и по y , получим (4) и (5) – расстояние от водораздела к систематическим глубокой и мелкой дренам (в формулах 4 и 5 учтен напор воды в дренах):

$$l_1 = 2 \sqrt{\frac{k(h_1^2 - h_{01}^2)}{q_1}}, \quad (4)$$

$$l_2 = 2 \sqrt{\frac{k(h_1^2 - m^2 - h_{02}^2)}{q_2}}, \quad (5)$$

где l_1, l_2 – расстояния от максимального УГВ, соответственно, к глубокой и мелкой дренам (в формулах 4 и 5 учтен напор воды в дренах); h_1 – максимальный уровень грунтовых вод в между дренами (см. рис.1); k – коэффициент фильтрации грунта.

Для дренажного модуля (рис. 1), который включает параллельно расположенные систематические дрена мелкой и глубокой укладки в почву, полное

расстояние от водораздела до этих дрен [8], учитывая, что $B_{.мг} = l_1 + l_2$, будет равно:

$$B_{.мг} = 2 \left[\sqrt{\frac{k}{q_1} (h_1^2 - h_{01}^2)} + \sqrt{\frac{k}{q_1} (h_1^2 - m^2 - h_{01}^2)} \right], \quad (6)$$

где h_1 – максимальный уровень грунтовых вод между дренами, м; m – мощность водоносного слоя под мелкой дренаей, м; h_{01} , h_{02} – напор в мелкой и глубокой дренаях; q_1, q_2 – интенсивность притока воды к дренам, соответственно к глубокой и мелкой дренаям.

Полусумма притоков воды q_1, q_2 , соответственно к мелкой и глубокой дренаям, есть среднесуточная интенсивность инфильтрационного притока воды к грунтовым водам \bar{q} :

$$\bar{q} = \frac{q_1 + q_2}{2}. \quad (7)$$

Среднесуточную интенсивность притока воды к грунтовым водам можно определить используя уравнения водного баланса:

$$M = E - (\Delta W + P), \quad (8)$$

где E – суммарное испарение за расчетный период, м³/га; ΔW – продуктивный запас влаги на начало расчетного периода, м³/га; P – сумма осадков, м³/га.

В этом случае регулирование величины M проблематично, поскольку осушительные системы работают, в основном, на отвод воды из корнеобитаемого слоя. При использовании вместо обычного дренажа дренажных модулей и с учетом рекомендаций [1] уравнение будет иметь вид:

$$\bar{q} = (1 - \alpha)P - E + \Delta W, \quad (9)$$

где α – коэффициент, учитывающий часть атмосферных осадков, которые поступили на подпитку грунтовых вод.

Дренажный сток \bar{q} распределяется (10, 11) между глубокой и мелкой дренаями в соотношении:

$$q_1 = a_1 \cdot \bar{q} \quad (10)$$

$$q_2 = a_2 \cdot \bar{q} \quad (11)$$

Коэффициенты a_1 и a_2 зависят от разницы глубин Δh – укладки в грунт мелкой и глубокой дрен и связаны между собой соотношением:

$$a_2 = 2 - a_1. \quad (12)$$

Коэффициент a_1 был определен опытным путем для различных значений перепада Δh между мелкой и глубокой дренаями, параллельно расположенными в плане и по высоте (табл. 1).

Таблица 1

Перепад между дренами $\Delta h, м$	0,2	0,4	0,6
Коэффициент a_1	1,069	1,092	1,116

Результаты экспериментальных исследований распределения стока между мелкими и глубокими дренами при перепаде Δh между глубинами укладки мелкой и глубокой дрен регулирующего дренажного модуля приведены на графике (рис. 2).

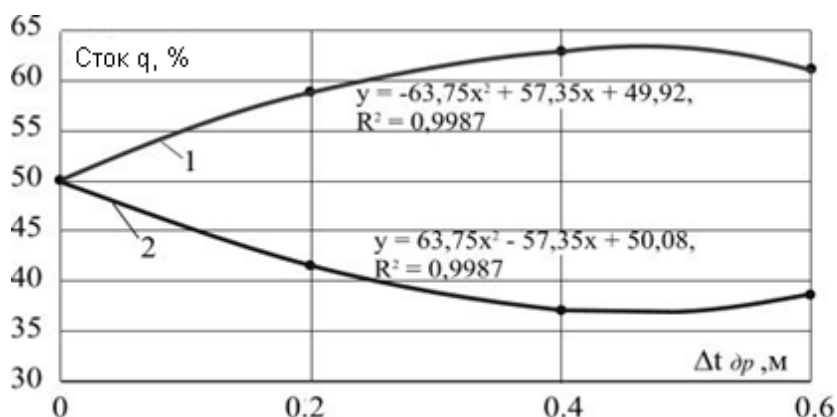


Рисунок 2 – График распределения стока между глубокой (1) и мелкой (2) дренами при $\Delta t = 0$, $\Delta t = 0,2$ м, $\Delta t = 0,4$ м и $\Delta t = 0,6$ м

Анализируя график (рис. 2), можно сделать вывод, что разница стока между мелкой и глубокой дренами, обусловленная разницей глубин Δh – укладки этих дрен в грунт, что в свою очередь является определяющим для создания регулирующего эффекта на осушительной сети. Вместе с тем, несмотря на характер и особенности формирования дренажного стока, сток с глубокой дрены существенно отличается от стока с мелкой дрены (при $\Delta t = 0,2$ м – 18%; $\Delta t = 0,4$ м – 30%; $\Delta t = 0,6$ м – 24%, что в среднем составляет 24%), а поэтому понятно, что на сток с дрен влияют условия перепада Δh между глубинами укладки мелкой и глубокой дрен.

Если сравнить со стоком традиционных дрен, то видно, что присутствует аккумуляционный эффект, а вместе с тем колебание УГВ между мелкими и глубокими дренами дренажного модуля.

Среднесуточную интенсивность притока воды \bar{q} к грунтовым водам (7), определяем по (8) расчетом водного баланса.

Расчет суммарного испарения можно определить по формуле (13) – Янголя А.М.:

$$E = \alpha' \cdot Y + n \cdot \sum D, \quad (13)$$

где α' – коэффициент водопотребления; Y – проектная урожайность, т/га; n – коэффициент, зависящий от средней нормы осушения в вегетационный период; D – дефицит влажности.

Производственный запас влаги определяется по формуле:

$$\Delta W = \rho \cdot h_a (\gamma_{opt} - \gamma_{min}), \quad (14)$$

где γ_{opt} , γ_{min} – соответственно оптимальный и минимально допустимый запас влаги в почве, %; h_a – глубина активного слоя почвы; ρ – скважность почвы.

Используя (9), можно получить среднее значение дренажного стока \bar{q} . Дренажный сток \bar{q} делится между глубокой и мелкой дренами в соотношении

(см. табл.1 и формулы (10) и (11)). По такой же аналогии рассчитываем расстояния между дренами для перепадов 0,4 м и 0,6 м.

Рассмотрим случай, когда дрена глубокой укладки подключена к глубокому коллектору, а мелкая – к мелкому коллектору (рис. 1).

Поэтому для нахождения гидрологических характеристик дренажного модуля при почвенном питании можно использовать расчетную формулу (6) [2].

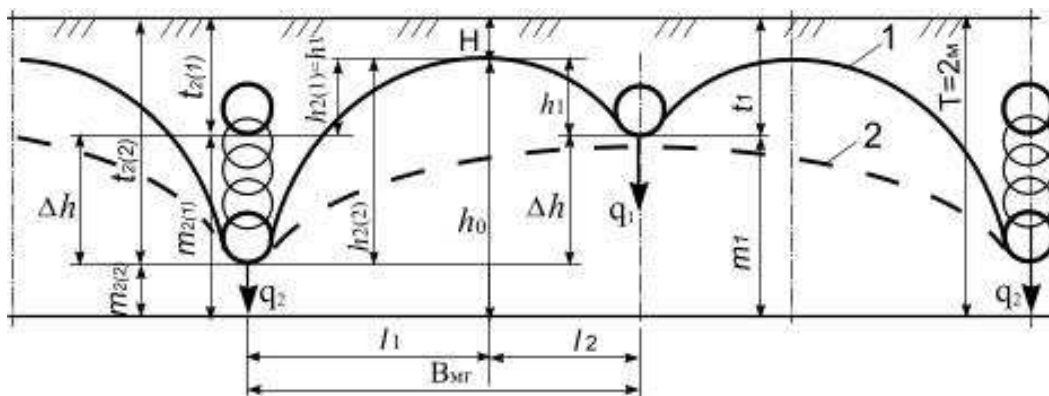
Если при этом величинами h_{01}^2 , h_{02}^2 (6) пренебречь, поскольку они значительно меньше h_0^2 , m_1^2 , m_2^2 , тогда формула (15) будет иметь вид:

$$B_{мз} = 2 \left[\sqrt{\frac{k}{q_1} h_1^2} + \sqrt{\frac{k}{q_2} (h_1^2 - m_2^2)} \right]. \quad (15)$$

Для расчета расстояния между мелкой и глубокой дренами, которые устроены над водоносным флом, можно использовать следующую зависимость:

$$B_{мз} = 2 \left[\sqrt{\frac{k}{q_1} (h_1^2 - m_1^2)} + \sqrt{\frac{k}{q_2} (h_1^2 - m_2^2)} \right]. \quad (16)$$

Рассмотрим дренажный модуль, в котором глубокая дрена подключается к мелкому и глубокому коллекторам одновременно (рис. 3).



1 – режим формирования дренажного стока в период паводкового цикла (режима интенсивного понижения УГВ к посевной норме осушения H), 2 – режим регулирования УГВ в течение вегетационного периода

Рисунок 3 – Схема для исследования гидрологических характеристик сети и расчета расстояния между дренами регулирующего дренажного модуля (глубокая дрена подключена к мелкому и глубокому коллекторам одновременно)

Согласно расчетной схеме (рис. 3), напор h_1 на дрена мелкой укладки в почву, при постоянном УГВ, не изменяется по ее длине (от истоковой до устьевой части) и составляет h_1 , поэтому определить его можно по следующей зависимости

$$h_1 = h_0 - m_1. \quad (17)$$

Напор на дрена глубокой укладки, при постоянном УГВ, будет изменяться по длине дрены от $h_2 > h_1$, при этом меньше его значение будет в истоковой части дрены и равно значению мелкой дрены (см. рис. 3), и будет определяться как

$$h_{2(1)} = h_1 = h_0 - m_2^{\max}. \quad (18)$$

Наибольший напор h_2 на дрена глубокой укладки вложения будет в устьевой части дрены

$$h_{2(2)} = h_0 - m_2^{\min}. \quad (19)$$

Исходя из расчетной схемы (рис. 3) и формул (3), (4), (5), напор на дрена глубокого вложения будет изменяться в пределах

$$h_0 - m_2^{\max} \leq h_2 \leq h_0 - m_2^{\min}. \quad (20)$$

Если использовать приведенные формулы, а исходные данные принять близкими к реальным, то можно построить графики зависимости $q = f(H)$, для различных расстояний между дренами, для дрены мелкой и глубокой укладки (глубокая дрена подключена до мелкого и глубокого коллекторов одновременно).

Из графика (рис. 4) можно сделать вывод, что если глубокая дрена подключена одновременно к мелкому и глубокому коллекторам, сток из нее изменится по длине – от стока, значение которого равно стоку с мелкой дрены, к стоку, равной m_{ax} значению при m_{ax} напоре в устьевой части глубокой дрены.

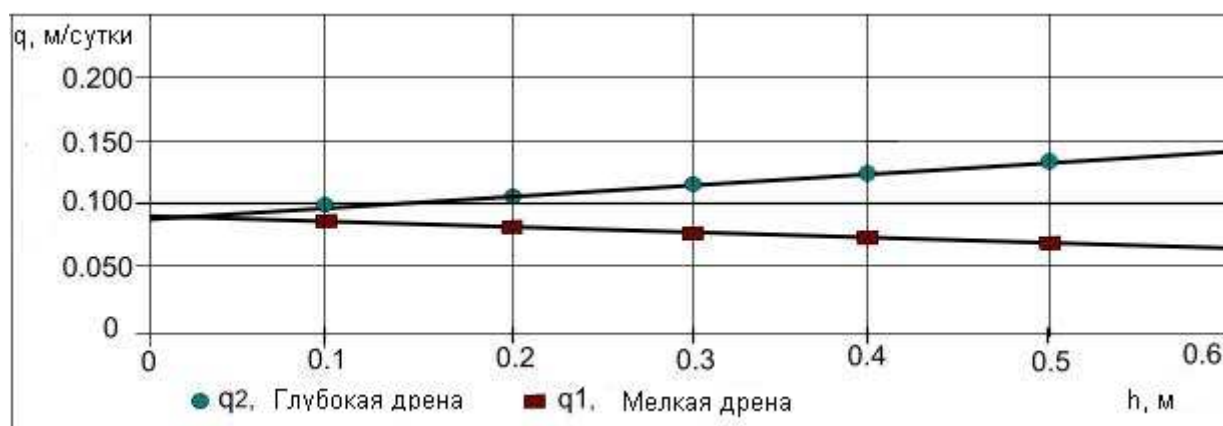
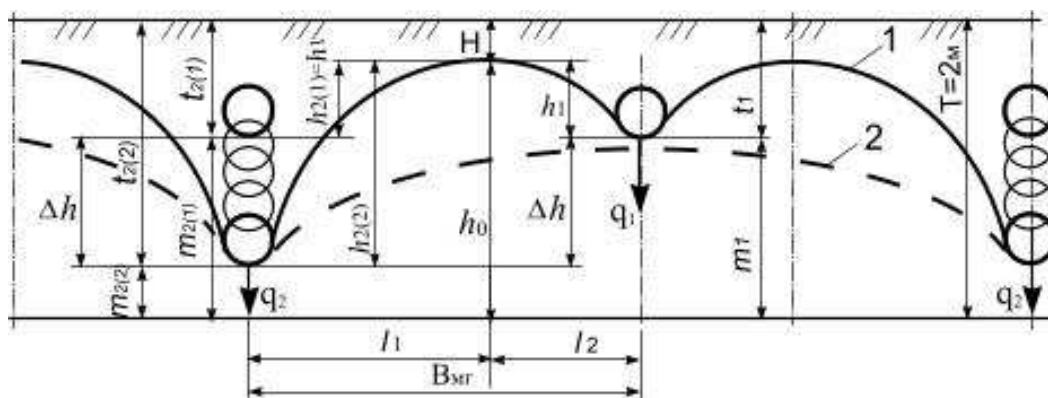


Рисунок 4 – График изменения удельного стока q от напора h ($k_{\phi}=1$), по длине дрены глубокого и мелкого вложения, при их совместной работе (см. рис. 3)

Анализ зависимости (16) для расчета расстояния между дренами дренажного модуля (рис. 1) показывает, что она может быть использована (после простых уточнений) для расчета дренажного модуля (рис. 3), в котором глубокая дрена подключена одновременно к мелкому и глубокому коллекторам одновременно

$$B_{мг} = 2 \left[\sqrt{\frac{k}{q_2} (h_0^2 - \Delta h^2)} + \sqrt{\frac{k}{q_1} (h_0^2 - m_1^2)} \right], \quad (21)$$

где h_0 – напор на d максимальный уровень воды между дренами, м; m_1 – мощность водоносного слоя под мелкой дренай, м; Δh – перепад между глубинами вложения мелкой и глубокой дрены, м; q_1, q_2 – интенсивность притока воды к дренам, соответственно к глубокой и мелкой.



1 – режим формирования дренажного стока в период паводкового цикла (режима интенсивного понижения УГВ к посевной норме осушения H), 2 – режим регулирования УГВ в течение вегетационного периода

Рисунок 5 – Схема для исследования гидрологических характеристик сети и расчета расстояния между дренами регулирующего дренажного модуля (глубокая дрена подключена к мелкому и глубокому коллекторам одновременно)

Формулу (21) можно использовать для теоретического расчета расстояний между мелкой и глубокой дренами – для случая однородной почвы и если глубокая дрена является частично совершенной по степени вскрытия водоносного пласта (в устьевой части достигает водоупорного слоя) и совершенной по характеру вскрытия водоносного пласта. А расстояния изменяются в зависимости от перепада Δh между глубинами укладки мелкой и глубокой дрен (рис. 5).

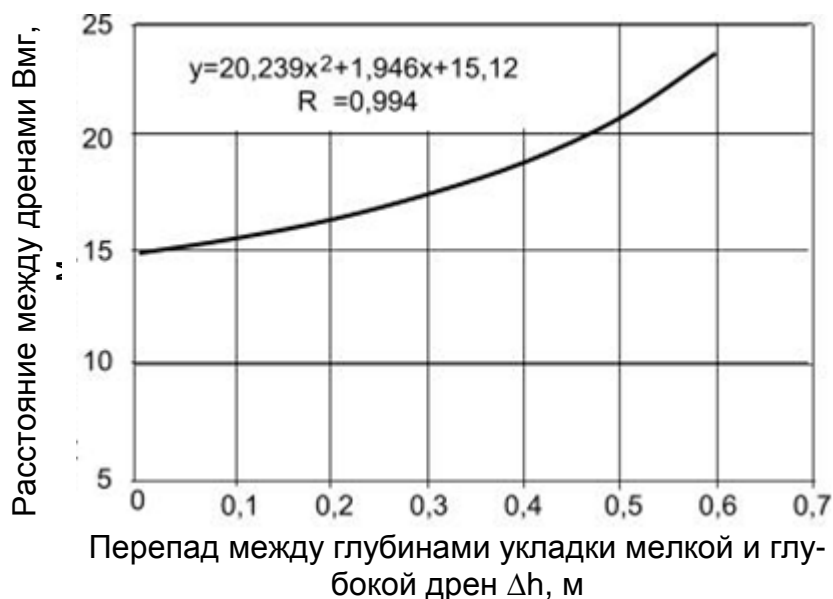


Рисунок 6 – Зависимость $B_{мг} = f(\Delta h)$ – расстояния между дренами $B_{мг}$ от перепада Δh между глубинами укладки мелкой и глубокой дрен

Анализируя гидрологическое действие дренажных модулей (которое, в наибольшей степени, является определяющим для проектирования расстояний между дренами) при различных вариантах укладки глубоких дрен, можно утверждать, что подключена к мелкому и глубокому коллекторам дрена одновременно (рис. 6) играет важную роль во время критического (под руслового) водного режима – периода весенних паводков во время наводнения или па-

водков, возникающих от летних ливневых дождей. В результате исследований нам удалось разработать дренажно-модульные системы (рис. 1 и рис. 5) и исследовать, что они эффективны для регулирования уровня грунтовых вод, что позволяет решать проблемы экономические, экологические и хозяйственные, возникающие в рыночных условиях.

С другой стороны, исследования гидрологического действия дренажных модулей (рис. 1 и рис. 5) позволяет разрабатывать и проектировать конструкции дренажно-модульных систем, совершенствовать их параметры (в том числе расстояния между дренами), с учетом конкретных гидрогеологических и погодных условий.

Выводы

1. С уменьшением напора на глубокую дрена, подключенную одновременно до мелкого и глубокого коллекторов, сток из нее уменьшается к объему, равному объему стока с мелкой дрены, что позволяет уменьшать сток с дрена, особенно в летний период, и в большей степени аккумулировать грунтовые воды в корнеобитаемом слое и равномерно, в течение вегетационного периода, обеспечивать с/х культуры водой.

2. Сток q с глубокой дрены, подключенной одновременно к мелкому и глубокому коллекторам, изменяется по длине глубокой дрены (от истока до устья), в зависимости от напора H , от 0,62 до 0,02 м / сутки, что позволяет в более продолжительные сроки в вегетационный период обеспечивать культуры грунтовой водой.

3. При совместной работе дрена глубокого и мелкого вложения, на сток с мелкой дрены влияет глубокая дрена, и, чем больше напор будет в устье глубокой дрены, тем меньше сток наблюдается с мелкой дрены, и наоборот.

4. На основе данных исследований дренажных модулей можем утверждать, что дренажные модули более совершенны именно для регулирования водного режима почв, и это требует дальнейших исследований их гидрологического действия.

Список литературы

1. Аверьянов, С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. – М.: Колос, 1978. – 288 с.
2. Маслов, Б.С. Осушительно-увлажнительные системы / Б.С. Маслов, В.С. Станкевич, В.Я. Черненко – Москва: Колос, 1980. – 279 с.
3. Мурашко, А.И. Горизонтальный пластмассовый дренаж. – Мн.: Ураджай, 1973. – 208 с.
4. Олейник, А.Я. Геогидродинамика дренажа. – Киев: Наукова думка, 1981. – 283 с.
5. Поляков, В.Л. Расчет совместного действия двух дренажных систем: сборник // Гидравлика и Гидромеханика. – Киев: Техника, 1997. – Вып. 58. – С. 78–84.
6. Климов, В.Т. Совершенствование конструкций мелиоративных систем на основе полимерных материалов: автореферат дисс. на соиск. уч. степени. – Минск, 1996. – 33 с.
7. Климов А.И. [и др.] Расчеты оптимальных параметров сельскохозяйственного дренажа / А.И. Климов [и др.] – М.: Колос, 1979. – 143 с.
8. Ткачук, Н.Н. Анализ методик расчета расстояний между ризноглибокими дренами для проектирования дренажно-модульных систем // Вестник НУВХП: сб. науч. трудов. – Вып. 3 (43). – Ровно, 2008. – С. 112–124.