

УДК 626.862.4

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ  
ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ДРЕНАЖНЫХ МОДУЛЕЙ**

**Н. Н. Ткачук**, профессор

**Р. А. Кырыша**, аспирант

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Ровно, Украина

**Ключевые слова:** гидромелиоративная система, регулирующая сеть, дренажный модуль, уровень грунтовых вод, дрены, водный баланс, инфильтрация, дренажный сток, фильтрующие элементы

**Введение**

Мелиорация земель – один из важнейших факторов интенсификации сельскохозяйственного производства. За счет отведения избыточных грунтовых вод в гумидной зоне создается оптимальный для развития растений водно-воздушный, тепловой режим почв, что позволяет наиболее эффективно использовать питательные вещества и средства механизации.

Постоянно растущее мелиоративное строительство во второй половине 20 века потребовало новых научно обоснованных решений для эффективного решения проблемы переувлажненных земель. Так осушительные системы развились в осушительно-увлажнительные с высокой степенью автоматизации.

Однако не всегда на построенных гидромелиоративных системах достигался оптимальный водно-воздушный режим почвы. Возникла необходимость наряду с совершенствованием системы в целом улучшить ее регулирующую сеть, как основного средства влияния на уровень грунтовых вод (далее УГВ). Решение этого вопроса требует комплексного подхода, который основывается на возможности изменения двух факторов регулирующей сети: конструкции и материала. Этими вопросами занимались А.И.Мурашко, Б.С.Маслов, Ц.Н.Шкиннис, Л.Ф.Кожушко и другие. В этом направлении с 1980 г. в УИИВХ под руководством Н.Н.Ткачука проводятся исследования эффективности использования дренажных модулей для регулирования водно-воздушного режима почв в зоне переменного и избыточного увлажнения.

**Использование дренажных модулей и улучшение их водопоглощающей способности**

Дренажные модули представляют собой параллельно размещенные в плане разноглубокие по закладке дрены (рис. 1). Принципиальной их особенностью является укладка дрен на разной глубине в соотношении: мелкая – среднеглубокая, мелкая – глубокая, глубокая – среднеглубокая. Это делает возможным работу дренажных

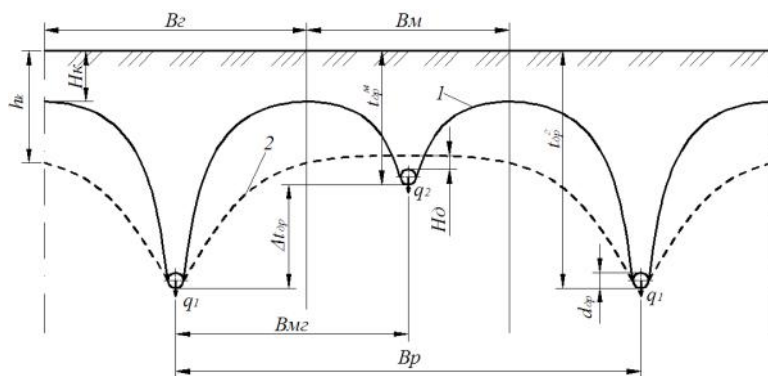


Рис. 1 – Схема регулирующего дренажного модуля.  
 1 – режим формирования дренажного стока в период паводкового цикла (режим интенсивного понижения УГВ к посевной норме осушения  $H_k$ ; 2 – режим регулирования РГВ в течение вегетационного периода

модулей в двух водных режимах: интенсивного понижения уровня грунтовой воды к норме осушения в период весеннего наводнения и летних ливневых паводков и регулирования УГВ в вегетационный период.

Поскольку водный режим почв определяется режимом уровня грунтовых вод, то своевременное регулирование УГВ позволяет вовремя регулировать влажность почвы, которая является основой для обеспечения высокой культуры земледелия и получения высоких, качественных и гарантированных урожаев. Интенсивное понижение и регулирование УГВ дренажными модулями достигается следующим образом. В период весеннего наводнения, при высоких УГВ, отведение избыточной воды происходит за счет того, что происходит интенсивный приток воды к дренам мелкой и глубокой закладки. При этом УГВ стабильно и интенсивно понижается. Достигнув предпосевной нормы осушения  $H_k = 0,4 \dots 0,6$  м, напор на дренами мелкой закладки  $H_d$  становится менее  $0,1 \dots 0,15$  м, их действие приостанавливается, работать остаются только дренаи глубокой закладки. Именно на этой стадии работы дренажного модуля режим интенсивного понижения УГВ переходит в режим регулирования.

Проектируя гидромелиоративную систему, регулирующая сеть которой представлена дренажными модулями, следует стремиться к созданию в почвенном слое оптимальной влажности путем поддержания УГВ на глубине, которая отвечает норме осушения.

Рассмотрим дренажный модуль, который являет собой контур, в котором в пределах двух глубоких дрен расположена одна или несколько дрен мелкой закладки, которые в свою очередь могут быть заложены на разные глубины. Тип дренажного модуля  $M$  определяется количеством дрен мелкой закладки в пределах дрен глубокой закладки. Определить его можно следующим образом:

$$M = \frac{B_p - B_r}{B_m} \quad \text{где } B_p \text{ – базовое расстояние между дренами глубокой} \quad (1)$$

закладки при регулировании УГВ (реально расстояние между дренами глубокой закладки при работе их в режиме регулирования УГВ является определяющим при выборе типа модуля);

$V_2$  – расчетное расстояние между дренами глубокой закладки при работе их в режиме осушения (может рассчитываться как для традиционного дренажа);

$V_m$  – расчетное расстояние между дренами мелкой закладки при работе их в режиме осушения (может рассчитываться, как для традиционного дренажа).

При  $0 \leq M < 2$  проектируем одну дрена мелкой закладки в пределах двух дрен глубокой закладки; при  $2 \leq M < 3$  – две дрена мелкой закладки в пределах двух дрен глубокой закладки; при  $3 \leq M < 4$  три дрена мелкой закладки в пределах двух дрен глубокой закладки.

Определив тип дренажного модуля, корректируем значение реального расстояния между дренами глубокой закладки, исходя из условия обеспечения стабильного понижения УГВ за расчетный срок времени к необходимой норме осушения:

$$V_p' = K_1 V_r + K_2 n V_m \quad (2)$$

где:  $V_p'$  – откорректированное значение реального расстояния между дренами глубокой закладки;

$K_1, K_2$  – коэффициенты, соответственно характеризующие интенсивность осушения дренами глубокой и мелкой закладки ( $K_1 = 0,8 \dots 0,9$ ;  $K_2 = 0,7 \dots 0,8$ );

$n$  – количество дрен мелкой закладки в пределах дрен глубокой закладки (определяется типом дренажного модуля).

Поскольку дренаж служит, прежде всего, для удаления в результате интенсивных осадков избыточной влаги из почвы (источником чрезмерной влаги является атмосферный тип водного питания), то дрена должны закладываться преимущественно на мелкую и среднюю глубину. Учитывая, что мелкая дрена работает исключительно в режиме осушения, рассчитывать ее глубину предлагаем по зависимости:

$$t_{др}^M = H_k + H_d + d_{др} \quad (3)$$

где:  $t_{др}^M$  – глубина заложения дрена мелкой закладки, м;

$H_k$  – норма осушения в весенне-посевной период (в пределах 0,4...0,6 м);

$H_d$  – минимальный напор, при котором высота нависания воды над мелкой дрена равняется нулю (зависит от конструкции дрена  $H_d \approx 0,15$  м);

$d_{др}$  – внешний диаметр дрена, м.

Глубина дрен глубокой закладки рассчитывается в зависимости от глубины заложения дрена мелкой закладки и заданного перепада между разноглубокими дренами, т. е.:

$$t_{др}^r = t_{др}^m + \Delta t_{др} \quad (4)$$

Рассмотрим контур полного регулирующего дренажного модуля, ограниченного дренами глубокой закладки. Как видно из рис.1, саморегулирование режима УГВ происходит под воздействием разных напоров на дрены, которые расположены рядом, и разных стоков из дрен, а также изменения положений УГВ (динамика УГВ), на которую влияют параметры регулирующего дренажного модуля. Таким образом происходит саморегулирование УГВ в зависимости от степени осушения, которая в свою очередь зависит от параметров регулирующего дренажного модуля.

Наблюдения за динамикой УГВ и влиянием на нее параметров регулирующих дренажных модулей в течение вегетационного периода, показывают, что в результате совместной работы глубокой и мелкой дрен УГВ интенсивно понижается к глубине  $t_{др}^m$  (глубина закладки мелкой дрены), в результате чего мелкая дрена исключается из работы. Именно на этой стадии работы дренажного модуля режим интенсивного понижения УГВ переходит в режим регулирования.

В этом случае расходы из глубоких дрен уменьшаются прямо пропорционально квадрату напора на глубокие дрены  $(t_{др}^p - h_k)^2$  и обратно пропорционально расстоянию между глубокими дренами (происходит резкая приостановка понижения УГВ).

Для расчета расстояний между дренами при регулировании УГВ используем элементы водного баланса.

Для равнинных территорий с чрезмерным атмосферным питанием в условиях сельскохозяйственного использования уравнения водного баланса имеет вид:

$$\pm M = E - (P + \Delta W) \quad (5)$$

где  $M$  – показатель водного баланса;

$E$  – суммарная за расчетный период потребность в воде;

$P$  – сумма осадков за этот же период;

$\Delta W$  – запас продуктивной влаги на начало расчетного периода.

В этом случае регулирование УГВ является проблематичным, поскольку осушительные системы работают в основном на отведение воды из почвенного слоя.

При использовании вместо обычного дренажа дренажных модулей [4] с учетом рекомендаций [2] уравнение (5) будет иметь вид:

$$\bar{q} = (1 - \alpha)P - E + \Delta W \quad (6)$$

где  $\bar{q}$  – средняя за расчетный период интенсивность инфильтрационного притока воды к мелкой и глубокой дренам:

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

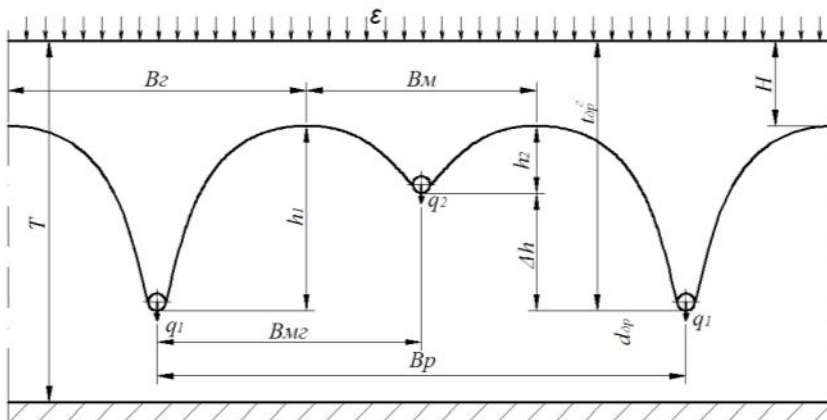


Рис. 2 –  
Схема к расчету  
расстояний  
между дренами  
регулирующего  
модуля

$q_1, q_2$  – интенсивность инфильтрационного притока воды соответственно с мелкой и глубокой дренами;

$\alpha$  – коэффициент поверхностного стока, который учитывает часть атмосферных осадков, которая не поступила на подпитку грунтовых вод.

Методика определения расстояний между дренами, которые заложены на разную глубину, основывается на формулах установившейся фильтрации с некоторыми поправками. Расстояние между дренами определяется из условия интенсивного снижения УГВ до нормы осушения 0,4...0,5 м.

Согласно [1] из рис. 2, зону влияния глубокой дрены можно определить по формуле:

$$B_r = 2 \left( \sqrt{L_{f1}^2 + \frac{(h_2 + \Delta h)kT}{2q_1}} - L_{f1} \right) \quad (8)$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации почвы;

$T$  – гидравлическая проводимость водонасыщенного слоя;

$L_{f1}$  – суммарное фильтрационное сопротивление (учитывает сопротивление по степени и характеру вскрытия водоносного пласта) дрены глубокой закладки.

Зону влияния мелкой дрены определяют по формуле:

$$B_m = 2 \left( \sqrt{L_{f2}^2 + \frac{(h_2 + \Delta h)kT}{2q_2}} - L_{f2} \right) \quad (9)$$

где  $L_{f2}$  – суммарное фильтрационное сопротивление (учитывает сопротивление по степени и характеру вскрытия водоносного пласта) дрены мелкой закладки.

Поскольку в формулах (8), (9) значения  $q_1$  и  $q_2$  неизвестны, то эти уравнения решить невозможно. Однако, если в уравнении (6) известны все элементы водного баланса, то величины  $q_1$  и  $q_2$  можно определить с помощью распределения дренажного сто-

ка между мелкой и глубокой дренами, который наблюдается в опытах. При этом допускаем, что при каждом высотном расположении дрен (перепаде  $\Delta h$ ), распределение стока из дрен будет наблюдаться соответственно, т. е.:

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

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

Коэффициенты  $a_1$  и  $a_2$  связаны между собой зависимостью, вытекающей из (7):

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

Результаты исследований распределения стока между дренами дренажного модуля с разным перепадом приведены на графике на рис. 3.

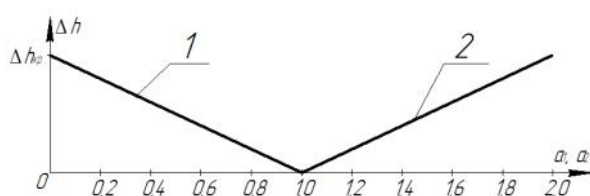


Рис. 3. График зависимости коэффициентов  $a_1$  (2) и  $a_2$  (1) от перепада  $\Delta h$

На рис.3.  $\Delta h_{кр}$  – теоретически максимальный перепад между дренами, при котором дрена мелкого заложения находится непосредственно у поверхности почвы, в результате чего работать остается только дрена глубокого заложения.

В результате получаем расстояние между ближайшими мелкой и глубокой дренами:

$$B_{мг} = B_{м} + B_{г}$$

### Заключение

Предложенный способ регулирования водного режима почв дренажными модулями сочетает известные традиционные способы регулирования водного режима и инновационные решения, что позволяет улучшить условия регулирования водно-воздушного режима почвы.

Представленная методика расчета параметров регулирующих дренажных модулей позволит создавать планируемый УГВ путем его саморегулирования в результате взаимозависимости с дренажным стоком.

Использование дренажных модулей в качестве регулирующей сети гидромелиоративных систем гумидной зоны позволит изменять во времени интенсивность отведения грунтовой воды, уменьшая ее в периоды прекращения водного питания. Уменьшение количества воды, которая отводится за пределы осушаемого массива, снизит нагрузку на транспортирующую сеть и гидротехнические сооружения на ней. Это даст возможность уменьшить объемы земляных работ при строительстве, снизив таким образом се-

бестоимость системы. Саморегулирование УГВ позволит эффективнее использовать грунтовую воду на мелиорированной территории за счет уменьшения дренажного стока в периоды его опускания ниже глубины закладывания мелких дрен.

Необходимость максимально быстрого отвода избыточных грунтовых вод в критические периоды работы гидромелиоративной системы (наводнение, паводок) создает предпосылки для увеличения водопоглощающей способности дренажных модулей. Особенно важно обеспечить опускание УГВ в кратчайшие сроки в период его нахождения близко к поверхности почвы. Для этого предлагается использовать фильтрующие элементы, которые устраиваются около дрены мелкого закладывания [3]. Под фильтрующими элементами имеются в виду элементы из природных или искусственных материалов, коэффициент фильтрации которых больше коэффициента фильтрации окружающей среды. Они позволяют увеличить интенсивность опускания уровня грунтовых вод в придренированной зоне, что приведет к ускорению отвода избыточных грунтовых вод за счет увеличения гидравлического уклона.

#### **Литература**

1. Ивицкий, А.И. Основы проектирования и расчетов осушительных и осушительно-увлажнительных систем / А.И.Ивицкий. Ивицкий. – Минск: Наука и техника, 1988. – 311 с.
2. Климко, А.И. и др. Расчёты оптимальных параметров сельскохозяйственного дренажа / А.И.Климко. – М.: Колос, 1979. – 143 с.
3. Ткачук, М.М. Дренажно-модульні системи та використання на них фільтруючих елементів. / Ткачук, М.М., Кириша Р.О./ Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Вип.65. Ч. 2. – Херсон: Айлант. 2009. – С. 31-37.
4. Ткачук, Н.Н. Разноглубокий регулирующий дренаж./Ткачук Н.Н., Янчук Д.В., Юдин Ю.И. // Информ. сб. ЦБНТИ Минводстроя СССР, № 8. – М., 1990. – С.15-19.

#### **Summary**

***Tkachuk N.N., Kyrysha R.A.***

#### **DESIGNING THE REGULATING NETWORK OF THE HYDRO LAND RECLAIMING SYSTEMS USING DRAINAGE MODULES**

The methodological principles of using the drainage rates as the controlling network of the hydro land reclaiming systems in humid regions is considered. The estimation of the drainage rate's parameters and the method of increasing its efficiency (with the help of special filter elements) for extending the hydrological influence of the shallow laying drain.

*Поступила 18 октября 2010 г.*