

АЛГОРИТМЫ ПЛАНИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

А.Ж.Сейтов

*доцент кафедры «Математика» Чирчикского государственного
педагогического института, PhD*

А.Э.Чупонов

*Старший преподаватель Каршинского филиала Ташкентского
университета информационных технологий
имени Мухаммада аль-Хоразмий*

Аннотация: В статье изучена проблема управления водными ресурсами Бассейнового управления ирригационных систем характерна тем, что приходится решать задачи сбора и обработки информации об объекте управления с больших территорий и управлять его звеньями, которые расположены на больших расстояниях друг от друга (в отдельных случаях более десятков километров). С другой стороны, водные ресурсы Бассейнового управления ирригационных систем используются в различных отраслях народного хозяйства республики, так, например, водные ресурсы используются в таких отраслях как энергетика, сельское хозяйство, промышленность, рыбное хозяйство, коммунально-бытовое использование и др. Для принятия решения по управлению водными ресурсами на Бассейнового управления ирригационных систем.

Ключевые слова: проблема водных ресурсов, ирригационные системы, обработка информации, бассейновое управление.

ALGORITHMS PLANNING WATER MANAGEMENT IN IRRIGATION SYSTEMS

A.Zh.Seytov

*Associate Professor of the Department of Mathematics, Chirchik State
Pedagogical Institute, PhD*

A.E. Chuponov

*Senior lecturer of the Karshi branch of the Tashkent University of
Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi*

Abstract: The article studies the problem of water resources management of the Basin Management of Irrigation Systems, characterized by the fact that it is necessary to solve the problem of collecting and processing information about the object of management from large territories and to manage its links, which are located at large distances from each other (in some cases, more than tens of kilometers). On the other hand, the water resources of the Basin Administration of Irrigation Systems are used in various sectors of the national economy of the republic, for example, water resources are used in such sectors as energy, agriculture, industry, fisheries, public utilities, etc. water resources management at the Basin Irrigation Systems Administration.

Keywords: problem of water resources, irrigation systems, information processing, basin management.

1. Введение

Одним из основных мероприятий по повышению оперативности управления водными ресурсами в Бассейнового управления ирригационных систем является использование современной компьютерной технологии, основанной на использовании базы данных и программных модулей, решающих задач управление водными ресурсами.

Любую сложную гидрографическую схему водохозяйственного объекта можно разбить на нескольких простых структур, представляющих собой граф-дерево. Структура графа-дерева разбивается на иерархии. Иерархия в графе определяется с помощью двух параметров [1]:

$$\Omega_i = \{i, K_i^{GP}\} \forall i \in I \quad (1)$$

где i – номер иерархии; K_i^{GP} – количество групп в данной иерархии.

Группами называем совокупность участков, соединенных со своими началами. В группе может быть один и более участков (рис. 1).

Каждая группа определяется следующими числами

$$\Omega_{i\Gamma} = \{j_{i\Gamma}, n_{ij\Gamma}, \kappa_{ij\Gamma}\}, \kappa_{ij\Gamma} \in N_{ij\Gamma}, \forall j_{i\Gamma} \in I_{i\Gamma}, \forall i \in I, \quad (2)$$

где $j_{i\Gamma}$ – номер группы в иерархии; $n_{ij\Gamma}$ – номер участка, соединенного с этой группой со своим концом; $\kappa_{ij\Gamma}$ – количество групп в данной иерархии; $N_{ij\Gamma}$ – множество номеров, входящих в эту группу участков реки; $I_{i\Gamma}$ – множество номеров групп, входящих в эту иерархию [2].

Каждый участок графа определяется следующим образом [3]:

$$\Omega_M = \{m, k_{mB}, k_{mП}, m_y\}, \forall k_{mB} \in K_{mB}, \forall k_{mП} \in K_{mП}, \forall m \in M, \quad (3)$$

где m – номер участка; k_{mB} , $k_{mП}$ и m_y – соответственно, количество водозаборов, притоков и участков в конце; K_{mB} , $K_{mП}$ и m_y – множество номеров водозаборов, притоков и номеров участков, расположенных в конце, соответственно. Каждый участок канала имеет свои морфологические и гидравлические характеристики, которые, например, для трапецеидальных призматических участков запишутся следующим образом [4]

$$\Omega_M^x = \{m, b_{0m}, m_m, i_m, n_m, l_m, \eta_m\}, \forall m \in M, \quad (4)$$

где m – номер участка, b_{0m} – ширина по дну, m_m – коэффициент откоса, n_m – коэффициент шероховатости, i_m – уклон дна участка, l_m – длина участка, η_m – коэффициент полезного действия участка канала [5,7].

В случае непризматического участка канала характеристики задаются следующим образом [8]

$$\Omega_M^x = \{m, h_{im}, B_{im}, Q_{im}, l_m\}, \forall i \in I_m, \forall m \in M, \quad (5)$$

где m – номер участка, h_{im} – глубина, B_{im} – ширина поверху участка в вертикальном разрезе i , Q_{im} – расход воды, соответствующий этому режиму, т.е. расходные характеристики участков канала.

Таким образом, структура магистрального канала определяется знанием множеств (1) – (5) и они полностью характеризуют его топологию и гидравлическую характеристику [9,10,11,12]

$$\Omega_K = \Omega_I \cup \Omega_G \cup \Omega_M. \quad (6)$$

На основе линейной схемы магистрального канала определяются иерархии, группы и нумеруются все участки, отводы, притоки канала. После этого составляются множества Ω_I , Ω_G , Ω_M в виде таблицы с соответствующими полями, заполняются эти таблицы в соответствии с принятыми нумерациями участков, отводов, притоков, групп и иерархий. Такое представление структуры магистрального канала очень удобно для разработки базы данных и решения задач управления водными ресурсами магистрального канала.

2. Методы и результаты

Рассмотрим запись в приведенных терминах базы данных балансовых соотношений на участках канала из условия наличия на участках канала установившихся режимов.

Расход воды на начале m – го участке канала определяется следующим образом [13]

$$Q_m^H = \frac{Q_m^K + \sum_{j \in J_m^B} Q_{Bmj} - \sum_{j \in J_m^I} Q_{I mj}}{\eta_m}, \quad \forall m \in M, \quad (7)$$

где Q_m^H , Q_m^K – расход воды в начале и конце, Q_{Bmj} , $Q_{I mj}$ – расход воды водозаборов и притоков, η_m – коэффициент полезного действия m – го участка канала.

В группах j_{iG} в i – ой иерархии структуры магистрального канала балансовые соотношения записываются в виде [14]

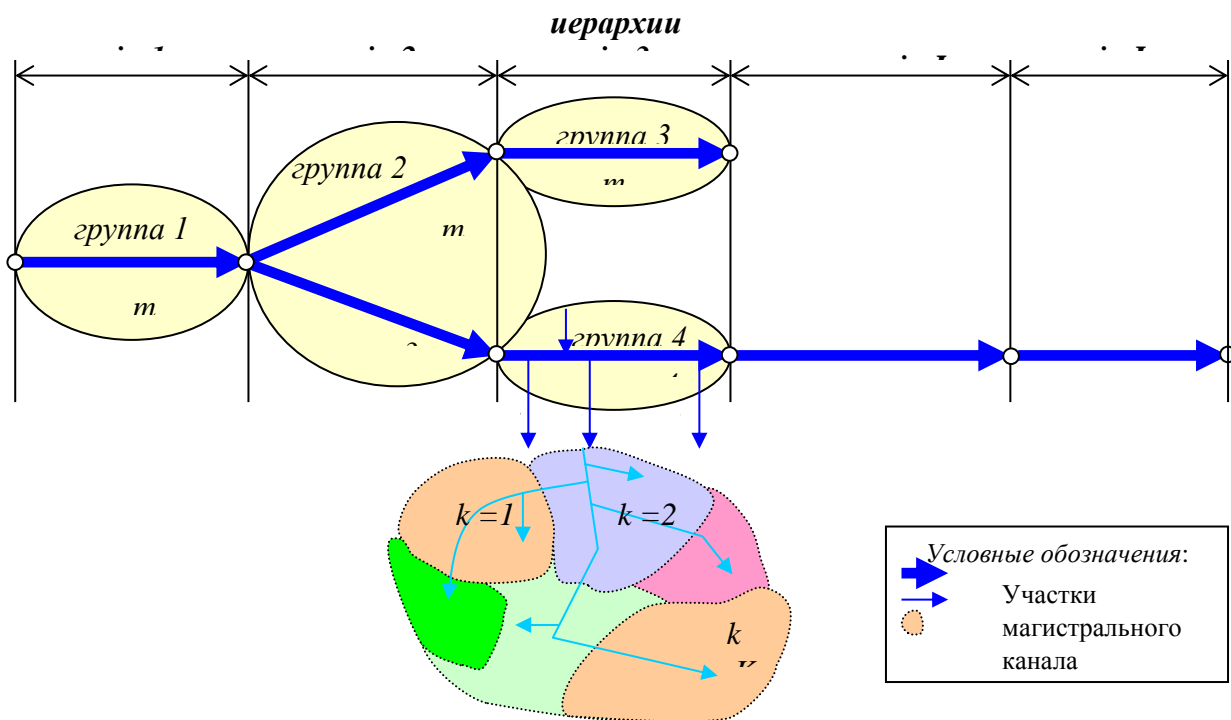


Рис.1. - Описание элементов магистрального канала

$$Q_{n_{ij\Gamma}}^K = \sum_{k_{ij\Gamma} \in N_{ij\Gamma}} Q_{k_{ij\Gamma}}^H, \quad \forall n_{ij\Gamma} \in I_{i\Gamma}, \quad (8)$$

где $Q_{n_{ij\Gamma}}^K$ – расход воды в конце участке $n_{ij\Gamma}$ –го участка, соединенного с этой группой своим концом, $Q_{k_{ij\Gamma}}^H$ – расход воды в конце участке $k_{ij\Gamma}$ –го участка канала группы $j_{i\Gamma}$.

Для концевых участков в группах задаются расходы воды в конце этих участков [15].

$$Q_{m_k}^K = Q_{m_k}, \quad \forall m_k \in M_k, \quad (9)$$

где $Q_{m_k}^K$ – расходы воды в конце конечных участков в группах m_k –го участка, соединенного с этой группой своим концом, Q_{m_k} – заданный расход воды в концевых участках магистрального канала, $M_k \in M$ – множество номеров конечных участков магистрального канала.

Используя выражения (7) – (9) при известных значениях расходов воды на отводах водозаборов и притоков, а также на концах конечных участков магистрального канала, начиная с последней иерархии структуры канала можно вычислить необходимые расходы воды в начале всех участков магистрального канала. Полученные расходы воды обеспечивают заданные расходы на водозаборах и конечных участках каналов, с учетом известных расходов воды на притоках при заданных значениях к.п.д. участков канала.

В задаче определения потребностей в воде при годовом планировании водораспределения для вегетационного периода используются режимы орошения сельхозкультур i , в которых для каждого гидромодульного района k в каждом поливе j приводятся поливные нормы $W_{ikjП}$, сроки поливов, т.е. начала t_{ikjH} , конец t_{ikjK} и длительность полива $T_{ikj} = t_{ikjH} - t_{ikjK}$ [7, 8, 13]. Оросительная норма W_{ikO} для вегетационного периода определяется в виде суммы поливных норм, т.е. $W_{ikO} = \sum_{j=1}^{N_i} W_{ikjП}$. Для планирования водных ресурсов для каждой сельхозкультуры рассчитываются декадные гидро – и поливные модули. Декадный гидромодуль – это необходимый удельный расход воды ($л/с/га$), подаваемый равномерно для данной декады вегетационного периода. Декадный поливной модуль – это необходимая удельная площадь ($га/полив$), поливаемая в данной декаде вегетационного периода.

3. Алгоритмы

Последовательность (алгоритм) расчета декадного гидро – и поливного модуля по режимам орошения сельхозкультур на вегетационный период, который необходим для реализации в базе данных управления водными ресурсами, имеет следующий вид:

1. Выбираются режимы орошения сельхозкультур в соответствии гидромодульным районом рассматриваемого региона.

2. Для данного гидромодульного района региона режим орошения выбранной сельхозкультуры, начиная с первой декады вегетационного периода, начальная и конечная даты декады сравниваются с начальной датой полива сельхозкультур, здесь могут быть следующие случаи:

а. начальная дата полива сельхозкультур находится за пределом декады, в этом случае для данной декады декадные гидро – $q_{ikjnД}$ и поливные модули $s_{ikjnД}$ равны нулю т.е [16].

$$q_{ikjnД}=0, \quad (10)$$

$$s_{ikjnД}=0, \quad (11)$$

где $q_{ikjnД}$ – декадный гидромодуль ($л/с/га$), $s_{ikjnД}$ – поливной модуль ($га/полив$), i – сельхозкультура, k - гидромодульный район, j – номер полива, n – номер текущей декады.

б. если начальная дата полива сельхозкультур находится между начальной и конечной датой декады, то для данной декады декадный гидромодуль $q_{ikjnД}$ и поливные $s_{ikjnД}$ модули определяются по следующим зависимостям [17]:

$$q_{ikjnД} = \frac{W_{ikjnД} (T_{ikj} - t_{ijkH} - 1)}{86,4T_{ikj}}, \quad (12)$$

$$s_{ikjnД} = \frac{(T_{ikj} - t_{ijkH} - 1)}{T_{ikj}}, \quad (13)$$

где t_{nH} – начальная дата декады, n – номер текущей декады,

с. если начальная и конечная дата декады находится между начальной и конечной датой полива сельхозкультур, то для данной декады гидромодуль $q_{ikjnД}$ и поливные $s_{ikjnД}$ модули определяются в виде:

$$q_{ikjnД} = \frac{W_{ikjnД}}{86,4T_{ikj}}, \quad (14)$$

$$s_{ikjnД} = \frac{T_{nД}}{T_{ikj}}, \quad (15)$$

где $T_{nД}$ – количество дней в данной декаде.

d. если конечная дата полива сельхозкультур находится между начальной и конечной датой декады, то для данной декады декадный гидромодуль определяются следующим образом:

$$q_{ikjnД} = \frac{W_{ikjnД}(t_{ijkH} - t_{nК})}{86,4T_{ikj}}, \quad (16)$$

$$s_{ikjnД} = \frac{(t_{ijkH} - t_{nК})}{T_{ikj}}, \quad (17)$$

где $t_{nК}$ – начальная дата декады, n – номер текущей декады.

3. Декадный гидромодуль сельхозкультуры определяется суммированием поливных декадных гидромодулей

$$q_{iknД} = \sum_{n=1}^{N_k} q_{ikjnД}. \quad (18)$$

$$s_{iknД} = \sum_{n=1}^{N_k} s_{ikjnД}. \quad (19)$$

В (10) – (19) декадные гидромодули $q_{ikjnД}$ имеет размерность ($л/с/га$), декадные поливные модули $s_{ikjnД}$ – ($га/полив$), длительность полива T_{ikj} и разности дат, например $t_{ijkH} - t_{nК}$ ($сутки$).

Декадные гидро – и поливные модули сельхозкультур рассчитанные по алгоритму (10) – (19) являются основой для расчета потребности воды сельхозкультур на вегетационный период в зависимости от посевных площадей соответствующих сельхозкультур.

Далее рассмотрим последовательность вычисления потребностей водных ресурсов магистрального канала состоящих из $m \in M$ участков, в каждом участке канала имеются отводы $j \in J_m$ и каждый отвод j орошает площади ω_{jmik}

где $j \in J_m$ – номера отводов на m -ом участке, J_m – множества номеров отводов на m -ом участке;

– $m \in M$ – номера участков магистрального канала, M – множество номеров участков магистрального канала;

– $i \in I_{mj}$ – виды сельхозкультур посеянные на подвешенных землях j – го отвода на участке канала с номером m , I_{mj} – множество видов сельхозкультур подвешенных землям j – го отвода на участке канала с номером m ;

– $k \in K_{mjk}$ – типы гидромодульных районов подвешенных землям j – го отвода на участке канала с номером m , K_{mjk} – множество типов

гидромодульных районов подвешенных землям j – го отвода на участке канала с номером m .

Таким образом, ω_{mijk} представляет собой структуру посевных площадей всего магистрального канала, тогда для каждого отвода с учетом режимов орошения сельхозкультур потребность в водных ресурсов определяется следующим образом [18]

$$Q_{Omjn}^{\Pi} = \sum_{i \in I_{mj}} \sum_{k \in K_{mji}} \frac{q_{ikn\Delta} \omega_{mijk}}{\eta_{\text{exmj}}}, \quad (20)$$

$$Q_{mjn}^{\Pi} = Q_{Omjn}^{\Pi} + q_{\text{ДП}mjn}, \quad (21)$$

где $q_{ikn\Delta}$ – декадные гидромодули i – ой сельхозкультуры k – го гидромодульного района для n – ой декады; Q_{Omjn}^{Π} – потребный расход на орошение воды, $q_{\text{ДП}mjn}$ – потребные расходы несельскохозяйственных потребителей, Q_{mjn}^{Π} – всего потребный расход воды j – го отвода m – го участка магистрального канала для n – ой декады; η_{exjm} – коэффициент полезного действия внутрихозяйственных каналов j – го отвода m – го участка магистрального канала.

Поливные площади по потребителям определяются в виде

$$S_{mjn}^{\Pi} = \sum_{i \in I_{mj}} \sum_{k \in K_{mji}} s_{ikn\Delta} \omega_{mijk} \quad (22)$$

где S_{mjn}^{Π} – поливные площади j – го отвода m – го участка магистрального канала для n – ой декады вегетационного периода; S_{iknD} – декадные поливные модули i – ой сельхозкультуры k – го гидромодульного района для n – ой декады.

Аналогично по формуле (20) определяются потребные расходы воды на конечных отводах магистрального канала.

Потребные расходы и поливные площади, подвешенные m – му участку на n – ой декаде вегетационного периода на участках определяются следующим образом

$$Q_{mn}^{\Pi} = \sum_{j \in J_m} Q_{mjn}^{\Pi}, \quad (23)$$

$$S_{mn}^{\Pi} = \sum_{j \in J_m} S_{mjn}^{\Pi}, \quad (24)$$

где J_{mj} – множества номеров отводов m – го участка магистрального канала.

По выражениям (20) – (21) определяются потребности участков канала в водных ресурсах для n – ой декады вегетационного периода.

Последовательность (алгоритм) вычисления расходов воды по участкам магистрального канала следующая [19]:

1. В соответствии с (9) и (20) вычисляются потребные расходы воды для n – ой декады в конце конечных участков магистрального канала

$$Q_{nm_k}^{\Pi K} = Q_{nm_k}^{\Pi}, \quad \forall m_k \in M_k, \quad \forall n \in N_B, \quad (25)$$

2. Далее вычисляются, начиная с последней иерархии по группам иерархии на участках, потребные расходы воды для n – ой декады в начале участках магистрального канала следующим образом

$$Q_{mn}^{\Pi H} = \frac{Q_{mn}^{\Pi K} + Q_{Bmn}^{\Pi} - Q_{Imn}^{\Pi}}{\eta_m}, \quad \forall m \in I_{i\Gamma}, \quad \forall n \in N_B, \quad (26)$$

$$Q_{Bmn}^{\Pi} = \sum_{j \in J_m^B} (Q_{OBVm_j}^{\Pi} + q_{ДПm_jn}) = Q_{OBVm}^{\Pi} + q_{ДПm_n}, \quad \forall m \in I_{i\Gamma}, \quad \forall n \in N, \quad (27)$$

$$Q_{Пmn}^П = \sum_{j \in J_m^П} Q_{Пmjn}^П, \quad \forall m \in I_{iГ}, \quad \forall n \in N_B, \quad (28)$$

$$Q_{OBmn}^П = \sum_{j \in J_m^B} Q_{OBmjn}^П, \quad \forall m \in I_{iГ}, \quad \forall n \in N_B, \quad (29)$$

$$q_{ДПmn} = \sum_{j \in J_m^B} q_{ДПmjn}, \quad \forall m \in I_{iГ}, \quad \forall n \in N, \quad (30)$$

где $Q_{mn}^{ПН}$, $Q_{mn}^{ПК}$ – расход воды в начале и конце участка, $Q_{Вmn}^П$, $Q_{Пmn}^П$ – суммарные расходы воды потребных водозаборов и прогнозных притоков, $Q_{OBmn}^П$, $q_{ДПmn}$ – суммарные расходы воды потребных водозаборов на орошения и других потребителей, J_m^B – множество номеров водозаборов на участке, $J_m^П$ – множество номеров притоков на участке, $I_{iГ}$ – множество номеров участка в рассматриваемой группе, η_m – коэффициент полезного действия m – го участка канала, N_B – номера декады вегетационного периода.

3. В группах $j_{iГ}$ в i – ой иерархии структуре магистрального канала балансовые соотношения записываются в виде

$$Q_{n_{ijГ}}^{ПК} = \sum_{k_{ijГ} \in N_{ijГ}} Q_{k_{ijГ}n}^{ПН}, \quad \forall n_{ijГ} \in I_{iГ}, \quad \forall n \in N_B, \quad (31)$$

где $Q_{n_{ijГ}}^K$ – расход воды в конце $n_{ijГ}$ – го участка.

4. Далее повторяется вычисление по шагам 2 – 3 для следующей иерархии в структуре.

Таким образом, вычисляются плановые режимы работы участков магистрального канала для обеспечения потребности всех потребителей, которые характеризуются следующим множеством

$$\Omega_M^{ВП} = \{m, Q_{mn}^{ПН}, Q_{mn}^{ПК}, Q_{Вmn}^П, Q_{Пmn}^П, Q_{OBmn}^П, q_{ДПmn}^П, S_{mn}^П\} \quad \forall m \in M, \quad \forall n \in N_B \}. \quad (32)$$

Здесь $Q_{mn}^{ПН}$, $Q_{mn}^{ПК}$ – расход воды в начале и конце участка, $Q_{Вmn}^П$, $Q_{Пmn}^П$ – суммарные расходы воды водозаборов и притоков, $Q_{OBmn}^П$, $q_{ДПmn}^П$ – суммарные расходы воды на орошение и других потребителей, $S_{mn}^П$ –

орошаемые площади сельхозкультур подвешенных на участке m для декады n вегетационного периода.

Головной потребный (плановый) расход воды $Q_{m,n}^{HP}$, соответствующий начальному участку магистрального канала по декадам вегетационного периода является потребным расходом для всех потребителей канала. Здесь m_2 – номер начального участка магистрального канала.

Определение потребности водных ресурсов по потребителям магистрального канала в невегетационный период аналогично, как и для вегетационного периода. Отличие заключается только в том, что вместо режимов орошения сельхозкультур используются промывные нормы поливов засоленных земель по типам засоления, поливная норма зерновых и других культур в невегетационный период и нормы влагозарядковых поливов.

Для невегетационного периода определяются режимы промывки засоленных площадей по типам засоления i , в которых в каждом промывочном поливе j устанавливаются промывные нормы, поливные нормы зерновых и норма влагозарядковых поливов $W_{ikj\Pi}$, сроки поливов, т.е. начала t_{ikjH} , конец t_{ikjK} и длительность полива $T_{ikj} = t_{ikjH} - t_{ikjK}$. Промывная норма, поливная норма зерновые в невегетационный период и норма влагозарядковых поливов $W_{ik\Pi}$ определяются в виде суммы промывных и поливных норм, т.е.

$$W_{ik\Pi} = \sum_{j=1}^{N_i} W_{ikj\Pi}$$
. Для планирования водных ресурсов для каждого типа засоленных земель рассчитываются декадные промывные гидро – и поливные модули. Декадный промывной гидромодуль – это необходимый удельный расход воды ($л/с/га$), подаваемый равномерно для промывки засоленных земель в данной декаде невегетационного периода. Декадный поливной модуль – это необходимая удельная площадь ($га/полив$), поливаемая в данной декаде невегетационного периода.

Алгоритм вычисления плановых режимов водоподачи участков магистрального канала для невегетационного периода, для обеспечения промывных поливов засоленных земель, поливов зерновых влагозарядковых поливов всех потребителей отвода характеризуется следующим множеством

$$\Omega_M^{HBП} = \left\{ m, Q_{mn}^{HP}, Q_{mn}^{KP}, Q_{Bmn}^П, Q_{Пmn}^П, Q_{OBmn}^П, q_{ДПmn}^П, S_{mn}^П \right\} \forall m \in M, \forall n \in N_{HB} \}. \quad (33)$$

Здесь Q_{mn}^{HP} , Q_{mn}^{KP} – расход воды в начале и конце участка канала, $Q_{Bmn}^П$, $Q_{Пmn}^П$ – суммарные расходы воды водозаборов и притоков, $Q_{OBmn}^П$, $q_{ДПmn}^П$ – суммарные расходы воды на орошение и других потребителей, $S_{mn}^П$ – орошаемые площади сельхозкультур, подвешенных на участке m для декады n вне вегетационного периода, N_{HB} – номера декады вегетационного периода.

Элементы множества (33) вычисляются на основе режимов промывки засоленных земель, орошения культур в невегетационный период, по структуре площадей засоленных земель, структуре посевов зерновых и других культур, поливаемых в невегетационный период.

С вычислением всех элементов множеств (32) – (33) по вышеуказанному алгоритму решается задача определения плановых потребностей в годичном планировании полива орошаемых земель.

Заключение

В результате проведенных исследований разработана алгоритмы для бассейновых управлений ирригационных систем:

- разработаны алгоритмы расчета плановых потребностей водных ресурсов сельскохозяйственных культур районам и по ирригационным системам на вегетацию и невегетации;
- разработаны алгоритмы расчета плановых потребностей водных ресурсов для промывок земель в невегетационный период;
- разработаны алгоритмы расчета плановых потребностей водных ресурсов для промывок земель в невегетационный период;

•разработаны алгоритмы расчета режимов оперативного управления водными ресурсами на ирригационных каналах

Необходимо отметить, что данный разработанный алгоритм позволяет повысить уровень эксплуатации и качества управления водными ресурсами бассейнового управления ирригационных систем, облегчая труд эксплуатационного персонала и позволит повысить оперативность управления водными ресурсами на конкретной системе за счет улучшения информационной обеспеченности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУР

1. А. Ж. Сейтов А. Р. Кутлимурадов Р. Н. Тураев Э. М. Махкамов Б. Р. Хонимкулов. Оптимальные управления водных ресурсов крупных магистральных каналов с каскадом насосных станций ирригационных систем. Academic research in educational sciences Стр. 265- 273.

2. А.В. Кабулов, А.Ж. Сейтов, А.А. Кудайбергенов. Критерий управления задач оперативного управления водными ресурсами объектов водохозяйственных систем. Илим ҳақиқати. Стр. 6-8

3. АЖ Сейтов, БР Ханимкулов, М Гаипов, О Хамидуллаева, НК Мурадов. Численные алгоритмы решения задач оптимального управления объектами каршинского магистрального канала. Academic research in educational sciences. Т. 2 № 3 pp. 1145- 1145.

4. А.Ж. Сейтов, Б.Р. Ханимқулов, М.А. Гаипов, М.Р. Юсупов. Зарфшон дарёси оқимининг ҳосил бўлишига атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳароратининг таъсири. Academic research in educational sciences. Т.2 №5. Стр. 156-162.

5. А.А. Kudaybergenov A.J. Seytov, A.R. Kutlimuradov, R.N. Turaev, N.K. Muradov. Mathematical model of optimal control of the supply canal to the first pumping station of the cascade of the Karshi main canal.

International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Т. 8 № 3 pp. 16790-16797.

6. A.J.Seytov, A.J. Khurramov, S.N.Azimkulov, M.R.Sherbaev, A.A.Kudaybergenov. S.Kh.Khasanova. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Т. 8 №2 ISSN: 2350-0328. Pp. 17177-17185.

7. Рахимов Ш.Х., Сейтов А.Ж. Теоретико-множественная модель насосной станции, оснащенная осевыми поворотно-лопастными насосными агрегатами. Материалы республиканской научной онлайн конференции молодых ученых «современные проблемы математики и прикладной математики» посвященной 100 летию академика С.Х.Сираждинова (21 мая 2020 г.) Стр. 78-82.

8. Сейтов А. Ж., Кудайбергенов А. А., Хонимкулов Б. Р. Моделирования двумерного неустановившегося движения воды на открытых руслах на основе проекционного метода. сборник докладов Республиканской научно-технической конференции «Инновационные идеи в разработке информационно-коммуникационных технологий и программных обеспечений» 15-16 мая 2020 года. САМАРҚАНД. Стр. 60-63.

9. Рахимов Ш. Х., Сейтов А. Ж., Кудайбергенов А. А. Критерии управления задач оперативного управления водными ресурсами объектов водохозяйственных систем. Abstracts of IX International Scientific and Practical Conference Kharkiv, Ukraine 2-4 August 2020. Стр. 125-131.

10. Mekhriban Salaeva, Kakhramon Eshkaraev, Aybek Seytov. Solving mathematical problems in unusual ways with excellent limits. European Scientific Conference. Пенза, 17 мая 2020 года pp. 254-257.

11. А.Сейтов. Оптимальные методы управления водных ресурсов в крупных магистральных каналах ирригационных систем. AGRO ILM –

O‘ZBEKISTON QISHLOQ VA SUV XO‘JALIGI. Махсус сон. 2020. Ташкент. Стр. 84-86.

12. Ш.Х. Рахимов, А.Ж. Сейтов, А.А. Кудайбергенов. Оптимальное управление распределением воды в магистральных каналах ирригационных систем. ILIM hám JÁMIYET. SCIENCE and SOCIETY Scientific-methodical journal Series: Natural-technical sciences. Social and economic sciences. Philological sciences. pp. 8-10.

13. А.В.Кабулов, А.Ж.Сейтов, А.А.Кудайбергенов, Критерий управления задач оперативного управления водными ресурсами объектов водохозяйственных систем. ILIM hám JÁMIYET. science and society Scientific-methodical journal Series: Natural-technical sciences. Social and economic sciences. Philological sciences №2 2020. Pp.6-7.

14. Ш. Х. Рахимов, А. Ж. Сейтов, М. Р. Шербаев, Д. Жумамурадов, Ф. Ж. Дусиёров. Структура базы данных и программные модули для моделирования управления водными ресурсами каскада насосных станций каршинского магистрального канала. Мелиорация 2019 3(89) стр. 85-91. (№5, web of science IF=0.144)

15. А. Ж. Сейтов А. Р. Кутлимурадов Р. Н. Тураев Э. М. Махкамов Б. Р. Хонимкулов. Оптимальные управления водных ресурсов крупных магистральных каналов с каскадом насосных станций ирригационных систем. academic research in educational sciences volume 2 | ISSUE 2 | 2021 ISSN: 2181-1385 Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: (№5, web of science IF=5.723) Rakhimov, S., Seytov, A., Nazarov, B., Buvabekov, B., Optimal control of unstable water movement in channels of irrigation systems under conditions of discontinuity of water delivery to consumers. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012065, Dagestan, 2020, IOP Publishing DOI:10.1088/1757-899X/883/1/012065 (№5, Scopus, IF=4,652)

16. A. Kabulov, I. Normatov, A. Seytov and A. Kudaybergenov, "Optimal Management of Water Resources in Large Main Canals with Cascade

Pumping Stations," 2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), Vancouver, BC, Canada, 2020, pp. 1-4, DOI: 10.1109/IEMTRONICS51293.2020.9216402 (№ 5, Scopus, IF= 9.936).

17. Shavkat Rakhimov, Aybek Seytov, Nasiba Rakhimova, Bahrom Xonimqulov. Mathematical models of optimal distribution of water in main channels. 2020 IEEE 14th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), INSPEC Accession Number: 20413548, IEEE Access, Tashkent, Uzbekistan, DOI:10.1109/AICT50176.2020.9368798 (AICT) pp. 1-4,(№ 5, Scopus, IF=3,557)

18. A.V. Kabulov, A.J. Seytov, A.A. Kudaybergenov, Classification of mathematical models of unsteady water movement in the main canals of irrigation systems, International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 4 , April 2020, ISSN: 2350-0328, India, pp. 13392- 13401.(№ 5, Web of science, IF=3,98)

19. Sh.Kh.Rakhimov, A.J. Seytov, A.A. Kudaybergenov, Optimal control of unsteady water movement in the main canals. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 4 , April 2020, India, ISSN: 2350-0328, pp. 13380-13391. (№ 6, Web of science, IF=3,98).