

УДК 566.18: 681.5

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
РЕЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Ж. У. Ахметов
Канд. техн. наук А. Т. Козыкеева
Л. Ж. Мустафаева

Предложены математические модели формирования водных ресурсов речных экологических систем, на основе балансового уравнения гидрогеографических сетей. Отдельные компоненты водно-балансовых уравнений описаны согласно закона природы.

Оценка водохозяйственных систем и процесса выбора оптимального варианта использования водных ресурсов, речных бассейнов, обеспечивающих сбалансированное решение социальных, экономических и экологических проблем региона, представляют довольно сложную задачу природопользования.

В связи с этим в настоящей работе делается попытка на основе обучения закономерности формирования составляющих водохозяйственного баланса в пределах бассейна рек, разработать математическую модель формирования водных ресурсов в речных экологических системах, которая бы, используя основные положения существующей методики [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] и базируясь на гидрологической информации, позволило бы то же время решить проблемы рационального использования природных ресурсов.

При описании моделей речных экосистем необходимо рассматривать систему четырех взаимосвязанных и взаимообусловленных между собой компонентов: гидрографической сети; почвогрунтов богарных земель; почвогрунтов орошаемых земель и емкости базисного стока.

Формирование влагозапасов, перераспределение воды между компонентами речных экосистем с учетом атмосферных осадков, испарение, поверхностный приток и отток является предметом моделирования.

При моделировании сделаны следующие допущения, т. е. во-первых, можно пренебречь поверхностными емкостями не связанных с

русловыми потоками; во-вторых, атмосферные осадки, выпадающие в бассейне реки, распределяются между - гидрографическими сетями, почвогрунтов богарных и орошаемых земель; в третьих, в моделях выделены два управления - управление режимом стока и режимом орошения сельскохозяйственных культур.

Формирование объема воды в гидрографической сети описывается балансовыми уравнениями следующего вида:

$$ОВГС^{t+\Delta t} = ОВГС^t + \Delta t (ППСД + ПВС + ПТЛС + ПЗП + ПБЗ + ИВП + СРБ + БТВ), \quad (1)$$

- где: *ППСД* - поступление поверхностных притоков из других бассейнов рек;
ПВС - поступление воды извне;
ПТЛС - поступление воды в связи с стоянием ледников и снежников;
ПЗП - подземный приток воды;
ИВП - испарение с водной поверхности;
СРБ - сток с речных бассейнов;
БТВ - безвозвратные потери воды при водопотреблении.
 Формирование влагозапасов почвогрунтов богарных и орошаемых земель:

$$ВПБ^{t+\Delta t} = ВПБ^t + \Delta t (ВВОБ + ПБЗ - ОИПВБ) \quad (2)$$

$$ВПО_т + \Delta t = ВПО_т + \Delta t (ВВОО + ОР - СОЗ - ОИПВО) \quad (3)$$

- где: *ВВОБ* - объем впитывания влаги осадков на богарных землях;
ИПВБ - объем испарения и транспирации почвенной влаги на богарных землях;
ВВОО - впитывание влаги осадков на орошаемых землях;
ОР - орошение;
СОЗ - сток орошаемых земель;
ИПВО - испарение и транспирация почвенной влаги на орошаемых землях.

Интенсивность впитывания воды в почву (*ИВВП*) зависит от уровня наименьшей влажности почвы (НВП), интенсивности выпадения атмосферных осадков (*АО*) и площади богарных земель в бассейне рек (*ПБЗ*). В связи с этим, в основу расчетных формул положены следующие предположения, т. е. впитывание почвой влаги осадков идет тем интенсивнее, чем меньше увлажненность почвы:

$$ИВВП_t = \left(\frac{НВП - ВП}{НВП - ВО} \right) (ВВН - КФ) \cdot \exp(-КВ \cdot t) + КФ, \quad (4)$$

где: $ВП$ - влажность почвенного слоя за момент t ;
 $ВО$ - влажность завядания почвы;
 $ВВН$ - скорость впитывания воды в начальный момент времени;
 $КФ$ - коэффициент фильтрации;
 $ИВВП_t$ - скорость впитывания воды в почву в момент времени t ;
 При достижении уровня максимальной полевой влагоемкости ($НВП$), приближенно усредненной по всем богарным землям в бассейне реки, т. е. $ВП \rightarrow НВП$, впитывание почвенных осадков почти прекращается ($ИВВП_t \rightarrow КФ$).

Тогда, объем воды, аккумулирующихся в почвенном слое, за счет атмосферных осадков богарных землях может описываться из системы уравнений:

$$\begin{aligned} ВВОБ &= АО' * ПБЗ' * ДАОВП'; \\ ДАОВП' &= КСПП' * КНВП'; \end{aligned} \quad (5)$$

$$КНВП' = \begin{cases} \frac{НВП - УБЗ \cdot МРС}{НВП - КУП}, & \text{при } УБЗ' < КУП \\ 1, & \text{при } УБЗ' < КУП, \end{cases} \quad (6)$$

где: $ДАОВП'$ - доля атмосферных осадков, впитываемых почвой;
 $КСПП'$ - коэффициент, характеризующий степень промерзания почвы;
 $КНВП'$ - коэффициент, характеризующий насыщенность влагой почвы;
 $УБЗ$ - увлажненность богарных земель;
 $МРС$ - мощность расчетного слоя или рассматриваемого слоя;
 $КУП$ - критическое значение увлажненности почвы.

Интенсивность испарения воды и транспирации ее растениями с богарных земель ($ИПВБ$) - определяются площадью богарных земель в бассейне реки ($ПБЗ$), показателем максимального потенциального испарения ($ПИ$) и коэффициентом реализации испарения ($КРИ$).

Показатель ($ПИ$) (максимального потенциального испарения) можно определить по формуле:

$$ПИ = МКК \cdot БК \cdot И, \quad (7)$$

где: $МКК$ - микроклиматический коэффициент;
 $БК$ - биологический коэффициент;
 $И$ - испаряемость.

Коэффициент реализации испарения определяется увлажненностью почвы:

$$КРИ = \begin{cases} 0, & \text{при } ВПБ' \leq КУП \\ \frac{ВПБ' - КУП}{УБЗ - КУП}, & \text{при } КУП < ВПБ' < УБЗ \\ 1, & \text{при } ВПБ' \geq УБЗ. \end{cases} \quad (8)$$

Как видно, из уравнения (8), при падении увлажненности почвы до критического значения ($КУП$), испарение практически отсутствует и $ПИ=0$, что наблюдается на богарных землях в результате которого полностью прекращается рост и развитие растений. А коэффициент реализации испарения от увлажненности почвы, можно считать линейной, причем $КРИ$ возрастает с ростом увлажненности, пока при некотором значении не достигает 1.

Тогда объем воды на испарение с богарных земель ($ОИПВБ'$) можно записывать так:

$$ОИПВБ' = ИПВБ' \cdot КРИ' \cdot ПБЗ' \quad (9)$$

Дополнительный сток или приток богарных земель ($ПБЗ$) считается равным нулю при увлажненности почвы, не превышающей $КУП$, и линейно возрастающим при $ВПБ' > КУП$:

$$ПБЗ = \begin{cases} 0, & ВПБ' < КУП \\ (ВПБ' - КУП) \cdot ПБЗ', & ВПБ' > КУП \end{cases} \quad (10)$$

При моделировании формирования объема стока воды в речных бассейнах, большой интерес представляет, уровень увлажненности почвогрунтов орошаемых земель, определяющий следующими параметрами:

- впитывание влаги осадков на орошаемых землях. ($ВВОО$)
- испарение и транспирация почвенной влаги с орошаемых земель ($ИПВО$)
- сток с орошаемых земель ($СОЗ$)
- орошение ($ОР$).

Как известно, согласно основного принципа мелиорации земель, орошение производится с интенсивностью, пропорциональной разности потребности растений в воде ($ОР'$) и увлажненность почвы недостаточна:

$$OOP' = ИПВО - \Delta t [AO' + (ВПО' - УПВ')]. ПОЗ, \quad (11)$$

где $ПОЗ$ – площадь орошаемых земель.

Испарение воды с водной поверхности, вычисляется как произведение показателя максимального потенциального испарения ($ПИ$) на площадь водной поверхности ($ПВП$):

$$ИВВП = ПИ' \cdot ПВП' \quad (12)$$

С целью сохранения экосистемы в низовьях рек, необходимо рассматривать ограничение на забор воды для нужды орошения. В этом случае, на основе имеющего необходимого объема воды в гидрологической сети ($НОВГС$), определяется объем допустимого забора воды ($ОДЗБ$) от водоисточника с учетом особенности охраны окружающей среды, предъявляемых в низовьях реки. При этом, объем, допустимого забора воды ($ОДЗБ$) представляет собой линейную функцию от уровня объема воды в гидрологической ($ОВГС$), т.е.:

$$ОДЗБ = \begin{cases} (1 + КДВ) \cdot ОВГС, & ОВГС = МОВГС, \quad КДВ = 0; \\ (1 + КДВ) \cdot ОВГС, & ОВГС = НОВГС, \quad КДВ \neq 0. \end{cases} \quad (13)$$

Безвозвратное потребление воды ($БВП$) состоит из двух блоков, т.е. водопотребление промышленностью ($БПВП$) и население ($БПВН$).

Поверхностный сток поступающих в гидрологическую сеть ($СРБ$) в результате выпадания атмосферных осадков непосредственно на зеркало водосмов ($ООЗВ$), поверхностного ($ОПС$) и грунтового стока ($ОГС$) с богарных и орошаемых земель, вычисляются по формуле:

$$СРБ = ООЗВ' + ОПС' + ОГС'; \quad (14)$$

$$ООЗВ' = АО' \cdot ПВП'; \quad (15)$$

$$ОПС' = АО' (ПОЗ' \cdot КСОЗ' + ПБЗ' \cdot КСБЗ'), \quad (16)$$

где: $КСОЗ'$ – коэффициент стока орошаемых земель ($1 - ДАОВП$);

$КСБЗ'$ – коэффициент стока богарных земель ($1 - ДАОВП$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рациональное использование водных ресурсов бассейна Азовского моря (Под ред. И. И. Воровича), М, Наука, 1981, 360 с.
2. Мустафаев Ж. С., Даримбетов У.Д. Математическое моделирование оросительных систем //Вестник с/х науки Казахстана, 1985, №1, с. 67 - 75.
3. Мустафаев Ж. С., Гололобаев В.И. Расчет режима орошения сельскохозяйственных культур на ЭВМ-СМ4-20. //Вестник с/х науки Казахстана, 1988, №6, с. 82-86.
4. Мустафаев Ж. С., Байбатшаев Б. Н., Абжапаров Б. М. Физико-математическое обоснование процессов влагопереноса при само-течном поверхностном поливе по бороздам. // Вестник с/х науки Казахстана, 1989, №3, с. 75-78.
5. Воропаев Г. В., Исмаилов Г. Х., Федоров В. М. Моделирование водохозяйственных систем аридной зоны СССР, М, Наука, 1984, 312с.

Таразский Государственный университет им. М.Х.Дулати

ӨЗЕН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕСІНДЕГІ СУ ҚОРЫНЫҢ
МАТЕМАТИКАЛЫҚ БЕЙНЕСІ

	Ж.У.Ахметов
Техн.ғыл.канд.	А.Т.Қозыкеева
	А.Ж.Мұстафаева

Өзен экологиялық жүйесінің табиғи жағдайдағы су қорының пайда болуының және гидрографикалық желідегі тепе-теңдік теңдеуінің негізінде су көлемінің құрылуының математикалық бейнесі келтірілген. Су қорының математикалық бейнесін құру барысында оның жеке бөлшектерінің сандық мәнін табиғаттың заңдылықтарына сүйене отырып анықтадық.