

УДК 631.675.2; 551.586

Канд. геогр. наук

С.С. Байшоланов<sup>1</sup>**МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ОРОСИТЕЛЬНОЙ НОРМЫ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ  
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

**Ключевые слова:** орошаемое земледелие, оросительная норма, суммарное водопотребление культуры, коэффициент водопотребления, вегетационный период

*Разработана модель расчёта оросительной нормы сельскохозяйственных культур, основанная на использовании метеорологических данных. Модель предназначена для расчета суммарного водопотребления и оросительной нормы сельскохозяйственных культур в южных областях Казахстана. Модель реализована в программе Excel и состоит из 4 расчетных этапов. Модель также можно использовать для прогноза оросительной нормы сельскохозяйственных культур на предстоящий вегетационный период.*

В Казахстане посевные площади сельскохозяйственных культур составляют более 21 млн. га и из них более 1,4 млн. га являются орошаемыми, которые в основном расположены в южных областях Казахстана.

Оросительная норма – количество воды, которое необходимо дать при поливах сельскохозяйственной культуре за весь период вегетации. Величина оросительной нормы зависит от климатических условий, свойства почвы, особенностей растений и технологии полива.

В 2016 году в Казахстане была утверждена «Методика по разработке удельных норм водопотребления и водоотведения» (далее Методика) [6]. Представленные в приложении к Методике оросительные нормы нетто сельскохозяйственных культур дифференцированы по природным зонам, почвенно-гидрогеологическим областям и различной обеспеченности стока (50 %, 75 %, 95 %), и они справедливы для средних

---

<sup>1</sup> Филиал ТОО «Институт географии» Министерства образования и науки Республики Казахстан, г. Нур-Султан, Казахстан

климатических условий. Однако они не дифференцированы по сортам скороспелости, а также некоторые культуры объединены по группам. Например, пшеница, ячмень, рожь объединены в группу «яровые зерновые». Также есть группы: овощи, бахчевые, сады.

В Методике природные зоны определены на основе коэффициента природного увлажнения по Н.Н. Иванову –  $K_u$ , основным составляющим которого являются запасы продуктивной влаги в почве (ЗПВ). Учитывая редкую сеть измерения ЗПВ в Казахстане, особенно в орошаемых землях юга, по ним сложно проводить полноценную оценку увлажнённости территории.

Установленные в Российской Федерации оросительные нормы нетто сельскохозяйственных культур основаны на расчёте испаряемости по модифицированной формуле Н.Н. Иванова и использования коэффициента природного увлажнения  $K_u$  [12].

На основе вышеизложенных методик невозможно рассчитывать оросительную норму нетто культур на каждый год, с учетом складывающихся погодных условий. В зависимости от метеорологических условий, фактические оросительные нормы культур от года в год могут колебаться в широких пределах.

Соответственно возникла необходимость в разработке методики, позволяющей рассчитывать оросительную норму сельскохозяйственных культур ежегодно, с учетом скороспелости сортов культур и погодных условий, на основе доступных метеорологических данных.

Необходимость такой методики была обсуждена в научно–техническом совете РГП «Казгидромет» МЭГПР РК (протокол НТС № 4 от 05.12.2018).

С этой целью в 2019 году проводилось исследование в рамках проекта ПРООН/ГЭФ № 00106780 «Разработка Восьмого Национального сообщения Республики Казахстан в рамках РКИК ООН и подготовка двух (четвёртого и пятого) двухгодичных докладов».

В результате проведённого исследования автором статьи была разработана «Модель расчёта оросительной нормы сельскохозяйственных культур на основе метеорологических данных» (далее Модель) [3].

В Модели для расчета оросительной нормы используются множество формул. Основополагающей формулой является [13, 9]:

$$M_n = E_c - 10 \mu P_v - \Delta W - W_r, \quad (1)$$

где  $M_n$  – оросительная норма нетто,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $E_c$  – суммарное водопотребление культуры за вегетацию,  $\text{м}^3/\text{га}$ ; 10 – коэффициент перевода осадков от мм в  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $\mu$  – коэффициент использования осадков за вегетацию;  $P_v$  – сумма осадков, выпавших за вегетационный период культуры, мм;  $\Delta W = (W_n - W_k)$ .  $W_n$  – запас почвенной влаги (ЗПВ) в расчётном слое в начале вегетационного периода,  $\text{м}^3/\text{га}$ .  $W_k$  – ЗПВ в конце вегетационного периода,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $W_r$  – количество воды, поступающее в расчётный слой почвы по капиллярам от грунтовых вод (при их близком залегании) за вегетационный период,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Суммарное водопотребление ( $E_c$ ) определяется на основе формул 2, 3, 4, 5:

$$1) \text{ А.М. Алпатьев: } E_{c1} = K_6 \sum d \text{ (мм)} = 10 * K_6 \sum d \text{ (м}^3/\text{га)}; \quad (2)$$

$$2) \text{ И.А. Шаров: } E_{c2} = e \sum t + 4N \text{ (м}^3/\text{га)}; \quad (3)$$

3) Д.А. Штойко

$$\text{а) в начале вегетации: } E_{c3} = \sum t \left( 0,1t_c - \frac{f_c}{100} \right) \text{ (м}^3/\text{га)}, \quad (4)$$

$$\text{б) в основной период вегетации: } E_{c3} = \sum t \left[ 0,1t_c + \left( 1 - \frac{f_c}{100} \right) \right] \text{ (м}^3/\text{га)}, \quad (5)$$

где  $E_c$  – суммарное водопотребление культуры за вегетацию,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $K_6$  – биологический коэффициент водопотребления культуры;  $\sum d$  – сумма средних суточных дефицитов влажности воздуха за период вегетации растений в мм (1 гПа  $\approx$  0,75 мм); 10 – коэффициент перевода мм на  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $e$  – коэффициент водопотребления культуры, рассчитанный на  $1^\circ\text{C}$ , примерно равен  $2 \text{ м}^3/^\circ\text{C}$ ;  $N$  – продолжительность вегетационного периода культуры, сутки;  $\sum t$  – сумма суточных температур воздуха за период вегетации культуры,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_c$  – средняя за вегетационный период температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;  $f_c$  – средняя за вегетационный период относительная влажность воздуха, %.

$E_c$  на равнинных территориях определяется как среднее по 3 формулам (А.М. Алпатьев, И.А. Шаров, Д.А. Штойко), а на предгорных территориях (высота над уровнем моря более 1000 м) – по 2 формулам (А.М. Алпатьев и Д.А. Штойко) [3].

Биологический коэффициент водопотребления культуры ( $K_6$ ) в значительной степени зависит от почвенно-климатических условий. По данным Г.Г. Белобородовой в условиях Илейского Алатау для яровой пшеницы  $K_6$  в период всходы-кущение составляет 0,40, выход в трубку – 0,71, цветение – 0,65, налив зерна – 0,31, а в среднем за вегетационный период – 0,55 [4]. А.В. Процеров предлагает  $K_6$  брать в период сев-колошение – 0,60, в период колошение-восковая спелость – 0,40. Также

известно, что с ростом сухости климата коэффициент водопотребления уменьшается [11].

Сопоставление расчётов суммарного водопотребления культур методами А.М. Алпатьева, И.А. Шарова и Д.А. Штойко в условиях юга Казахстана позволило дифференцировать значение  $K_6$  в зависимости от засушливости климата, оцененной по гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова (ГТК) (табл. 1):

$$ГТК = \frac{\sum R_{5-8}}{0,1 \sum t_{>10}}, \quad (6)$$

где  $\sum R_{5-8}$  – сумма осадков за май-август;  $\sum t_{>10}$  – сумма температур воздуха выше 10 °С за май-август.

Таблица 1

Средний за вегетационный период  $K_6$  для юга Казахстана [3].

$K_6$	ГТК <sub>5-8</sub>	Степень засушливости
0,40	< 0,20	очень сильно засушливо
0,42	0,20...0,39	сильно засушливо
0,44	0,40...0,59	умеренно засушливо
0,46	0,60...0,79	слабо засушливо
0,48	0,80...0,99	не засушливо
≥ 0,50	≥ 1,00	не засушливо

По данным [7], согласно В.В. Колпакова, коэффициент использования сельскохозяйственными культурами (включая испарения с почвы) осадков за вегетацию ( $\mu$ ) составляет в сухие годы 0,75...0,80, во влажные годы – 0,55...0,60, а в средних условиях – 0,65...0,70. Согласно [10] коэффициент  $\mu$  составляет для структурных почв 0,80...0,90, а для бесструктурных почв – 0,30...0,50. Учитывая засушливость климата и почвенный покров (сероземы, каштановые, бурые и серо-бурые почвы) орошаемых земель юга Казахстана коэффициент  $\mu$  был взят 0,70.

Наибольшую сложность представляет определение ЗПВ в начале ( $W_n$ ) и конце ( $W_k$ ) вегетационного периода. На юге республики отсутствуют полноценные данные наблюдений ЗПВ на орошаемых землях. Поэтому для определения ЗПВ в начале вегетации ( $W_n$ ) ориентируемся на сумму осадков за осенне-зимне-весенний период года, а для определения ЗПВ в конце вегетации ( $W_k$ ) – на сумму осадков за весенне-летний период.

Во многих источниках [11, 4, 1] коэффициент усвоения почвой зимних осадков в засушливых зонах составляет 0,50. С наступлением тепла этот коэффициент возрастает. Соответственно для юга Казахстана, учитывая более короткий период промерзания почвы, коэффициент аккумуляции почвой осадков за октябрь-февраль был взят 0,55, за период март-дата сева – 0,60.

Так как, коэффициент использования осадков за вегетационный период  $\mu = 0,70$ , ту часть осадков, которая остаётся в корнеобитаемом слое почвы (1 м) учитываем с коэффициентом 0,30, т.е. при определении ЗПВ на конец вегетации ( $W_k$ ) можно учитывать весенне-летние осадки с коэффициентом 0,30. Надо отметить, что на юге Казахстана, летом при малых осадках и высоких температурах, можно предполагать отсутствие или незначительную инфильтрацию осадков вглубь почвы ниже 1 метра.

Таким образом,  $W_n$  и  $W_k$  ориентировочно можно рассчитать по формулам:

$$W_n \approx 10(0,55P_1 + 0,60P_2), \quad (7)$$

$$W_k \approx 10 \cdot 0,30(0,55P_1 + 0,60P_2 + P_b), \quad (8)$$

тогда:

$$\Delta W = (W_n - W_k) \approx 10(0,38P_1 + 0,42P_2 + 0,30P_b), \quad (9)$$

где 10 – коэффициент перевода осадков от мм в м<sup>3</sup>/га;  $P_1$  – сумма осадков за период октябрь-февраль, мм;  $P_2$  – сумма осадков за период март-дата сева, мм;  $P_b$  – сумма осадков за период посев-начало созревания, мм.

При глубоком залегании грунтовых вод (более 3 м.) можно пренебречь величиной  $W_r$  (количество воды, поступающее в расчётный слой почвы по капиллярам от грунтовых вод). Над отметить, что в южной части Казахстана грунтовые воды в основном лежат глубоко.

Таким образом, окончательная формула расчета оросительной нормы нетто для юга Казахстана в условиях глубокого залегания грунтовых вод имеет вид [3]:

$$M_n = E_c - 10 \mu P_b - 10 (0,38P_1 + 0,42P_2 + 0,30P_b). \quad (10)$$

Оросительная норма нетто не учитывает потери воды на пути от водоисточника до растения, т.е. потери на фильтрацию через стенки и дно каналов, утечку через соединения труб и т.д. Эти потери воды учитываются коэффициентом полезного действия (КПД) оросительных систем.

Оросительная норма брутто конкретного поля определяется по формуле [6, 13]:

$$M_б = \frac{M_н}{\eta}, \quad (11)$$

где  $M_б$  – оросительная норма брутто,  $m^3/га$ ;  $M_н$  – оросительная норма нетто,  $m^3/га$ ;  $\eta$  – КПД оросительной системы.

Разработанная Модель охватывает 26 видов яровых культур, с учетом их скороспелости (раннеспелые, среднеспелые и позднеспелые сорта). В модели вид сельскохозяйственной культуры и сорт по скороспелости идентифицируется по ее теплотребности, т.е. по сумме биологических температур воздуха, необходимой для прохождения вегетации культурой (посев-созревание).

Сумма биологических температур ( $\sum t_б$ ) характеризует потребность растений в тепле, под которым понимается сумма среднесуточных температур воздуха за период вегетации данной культуры. Потребность сельскохозяйственных культур в тепле для широты  $55^\circ$ с.ш. освещена в работах [8, 5]. При продвижении на юг от  $55^\circ$ с.ш., в связи с фотопериодической реакцией, необходимая сумма температур для растений длинного дня увеличивается, для растений короткого дня – уменьшается, а для растений нейтральных к длине дня – не меняется. С учетом соответствующих поправок на длину дня [8, 5], значения биологических сумм температур были приведены для средней широты юга Казахстана ( $44^\circ$ с.ш.) [3].

Для облегчения расчётов сельскохозяйственные культуры были объединены на группы по теплотребности, с шагом  $200^\circ$ С. При этом для яровых культур умеренного тепло ( $A1-A9$ ) учитывалась средняя суточная температура воздуха выше  $10^\circ$ С, а для теплолюбивых культур ( $B1-B5$ ) – выше  $15^\circ$ С (табл. 2).

В модели оросительная норма сельскохозяйственных культур рассчитывается на основе метеорологических данных (температура воздуха, осадки, относительная влажность воздуха, дефицит влажности воздуха). В начале рассчитывается суммарное водопотребление культуры в зависимости от сложившихся метеорологических условий и высоты над уровнем моря. Далее с учетом выпавших осадков рассчитывается оросительная норма нетто культуры. Если известна КПД оросительной системы можно рассчитать и оросительную норму брутто.

При этом расчеты можно проводить на основе фактических метеорологических данных или фактических и прогнозных данных, т.е. по ним можно прогнозировать оросительную норму на текущий вегетационный год.

Таблица 2

Распределение сельскохозяйственных культур на группы

Гр.	$\Sigma t_6, ^\circ\text{C}$	Культура (р–раннеспелый, с–среднеспелый, п–позднеспелый)
A1	1200...1400	Гречиха–р, Гречиха–с, Горох–р, Картофель–р, Огурцы–р, Огурцы–с.
A2	1400...1600	Гречиха–п, Горох–с, Горох–п, Картофель–с, Огурцы–п, Ячмень–р, Ячмень–с, Овёс–р, Пшеница (м)–р, Пшеница (т)–р, Просо–р, Просо–с, Фасоль–р, Чина–р, Чечевица–р, Чечевица–с, Нут–р, Нут–с, Люпин–р, Бобы–р, Лён масличный–р, Лен долгунец–р, Лен долгунец–с, Капуста–р, Капуста–с, Томаты–р.
A3	1600...1800	Картофель–п, Ячмень–п, Овёс–с, Овёс–п, Пшеница (м)–с, Пшеница (т)–с, Просо–п, Фасоль–с, Чина–с, Нут–п, Лён масличный–с, Капуста–п, Томаты–с, Томаты–п.
A4	1800...2000	Пшеница (м)–п, Пшеница (т)–п, Фасоль–п, Люпин–с, Подсолнечник–р, Рапс–р.
A5	2000...2200	Люпин–п, Подсолнечник–с, Рапс–п, Соя–р, Сахарная свекла–р.
A6	2200...2400	Подсолнечник–п, Соя–р, Сахарная свекла–с, Кукуруза–р, Сорго–р.
A7	2400...2600	Соя–с, Сахарная свекла–п, Кукуруза–с, Сорго–с.
A8	2600...2800	Соя–сп, Кукуруза–сп, Сорго–п.
A9	2800...3000	Соя–п, Кукуруза–п.
B1	2500...2700	Рис–р.
B2	2700...2900	Рис–с.
B3	2900...3300	Рис–п, Хлопчатник–р.
B4	3300...3600	Хлопчатник–с.
B5	3600...4000	Хлопчатник–п.

Модель применима на землях с автоморфными почвами, т.е. с глубоким залеганием грунтовых вод (более 3 м). На землях с гидроморфными почвами, т.е. с близким залеганием грунтовых вод (1...2 м.), с целью предотвращения поднятия почвенных солей на поверхность, рекомендуется значительно уменьшить (в 1,5...2 раза)

рассчитанное суммарное водопотребление культуры. Соответственно будет уменьшаться и оросительная норма нетто культуры.

Основная модель предназначена для сельскохозяйственных культур, возделываемых без полного затопления поля.

Для определения оросительной нормы нетто риса была реализована дополнительная функция модели, которая учитывает еще объемы воды, расходуемые на затопление чека, технологические сбросы, испарение с поверхности чека, создание проточности воды и фильтрацию, что будет освещено в следующей публикации.

Модель реализована на Excel, состоит из 13 основных и 3 дополнительных Excel листов, взаимосвязанных ссылками и расчётными формулами.

В модели расчёт оросительной нормы сельскохозяйственных культур проводится в 4 этапа. Все расчёты ведутся по группам теплопотребности культур (А1...А9, Б1...Б5). Первичные данные по температуре, осадкам, дефициту и относительной влажности воздуха, а также КПД оросительных систем ( $\eta$ ) заносятся от руки. Даты перехода и даты сева можно оставить климатические (средние за 1991...2018 гг.) или использовать фактические. Вторичные входные данные, суммарное водопотребление ( $E_c$ ), оросительная норма нетто ( $M_n$ ) и оросительная норма брутто ( $M_b$ ) рассчитываются автоматически.

Если имеются надежные прогностические метеорологические данные, занося их в модель можно прогнозировать оросительную норму на предстоящий вегетационный год. Прогноз составляется после окончания посевной компании (конец мая).

**1 этап. В модель заносятся первичные входные метеорологические данные по МС области:**

- 1) Средняя декадная температура воздуха за март-сентябрь ( $t$ );
- 2) Декадная сумма атмосферных осадков за октябрь-сентябрь ( $P$ );
- 3) Средний декадный дефицит влажности воздуха за март-сентябрь ( $d$ );
- 4) Средняя декадная относительная влажность воздуха за март-сентябрь ( $f$ ).

**2 этап. На основе первичных данных рассчитываются вторичные входные данные:**

- 1) Дата начала вегетации и дата начала созревания культуры ( $D_1, D_2$ );
- 2) Продолжительность вегетационного периода культуры ( $N = D_2 - D_1$ );



- 3) Сумма суточных дефицитов влажности воздуха за вегетационный период культуры ( $\Sigma d$ );
- 4) Сумма суточных температур воздуха за вегетационный период ( $\Sigma t$ );
- 5) Средняя за вегетационный период суточная температура воздуха ( $t_c$ );
- 6) Средняя за вегетационный период относительная влажность воздуха ( $f_c$ );
- 7) Сумма осадков за осенне-зимний период (октябрь-февраль) ( $P_1$ );
- 8) Сумма осадков за весенний период (март-дата сева) ( $P_2$ );
- 9) Сумма осадков за вегетационный период культуры ( $P_B$ ).

**3 этап. На основе вторичных входных данных автоматически рассчитывается суммарное водопотребление культуры:**

- 1) Суммарное водопотребление культуры по А.М. Алпатьеву ( $E_{c1}$ );
- 2) Суммарное водопотребление культуры по формуле И.А. Шарова ( $E_{c2}$ );
- 3) Суммарное водопотребление культуры по Д.А. Штойко ( $E_{c3}$ );
- 4) Суммарное водопотребление культуры ( $E_c$ ) в зависимости от высоты над уровнем моря ( $h$ ). Определяется для равнинных территорий ( $h < 1000$  м.) как среднее по 3 методам (А.М. Алпатьев, И.А. Шаров и Д.А. Штойко), а для предгорных территорий ( $h \geq 1000$  м) – как среднее по 2 методам (А.М. Алпатьев и Д.А. Штойко).

**4 этап. На основе данных 2 и 3 этапов рассчитывается:**

- 1) Оросительная норма нетто ( $M_n$ ), на основе суммарного водопотребления ( $E_c$ ) и сумм осадков ( $P_1, P_2, P_B$ );
- 2) Оросительная норма нетто ( $M_n$ ) по административным районам области;
- 3) Оросительные нормы брутто ( $M_b$ ), на основе оросительной нормы нетто ( $M_n$ ) и КПД оросительной системы ( $\eta$ ).

Структурная схема основной Модели представлена на рисунке 1.

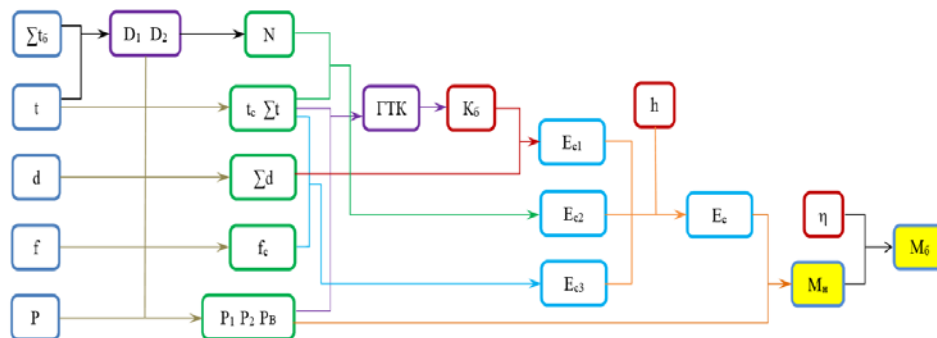


Рис. 1. Схема основной Модели.

В качестве примера, в таблицах 2 и 3 приведены расчеты суммарного водопотребления и оросительной нормы нетто сельскохозяйственных культур по районам Жамбылской области, в условиях современного климата (среднее за 1991...2018 гг.).

Таблица 3

Суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур ( $E_c$ , м<sup>3</sup>/га)

Район	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Сарысуский	3153	3709	4211	4772	5256	5809	6288	6823	7323
Таласский	3247	3743	4266	4848	5348	5920	6419	6973	7488
Байзакский	3125	3631	4154	4701	5207	5748	6248	6762	7258
Жамбылский	3002	3518	4042	4553	5067	5576	6077	6551	7028
Жуальинский	2992	3409	3826	4280	4704	5085	5486	–	–
Т. Рыскулова	2947	3460	3968	4469	4965	5543	6016	6518	7005
Меркенский	2972	3485	3996	4501	5000	5579	6056	6565	7064
Шуский	3060	3555	4072	4509	5006	5496	5999	6534	7017
Кордайский	3016	3512	4013	4523	5014	5478	5939	6414	–

Например, для культур группы A1 (гречиха–р, гречиха–с, горох–р, картофель–р, огурцы–р, огурцы–с) оросительная норма нетто в Жуальинский, Меркенском и Кордайском районах составляет 600...800 м<sup>3</sup>/га, а на остальных районах колеблется от 1200 до 2400 м<sup>3</sup>/га. Для культур группы A9 (кукуруза–п, соя–п) оросительная норма нетто составляет 4500...6500 м<sup>3</sup>/га (табл. 4).

Таблица 4

Оросительная норма нетто сельскохозяйственных культур ( $M_n$ , м<sup>3</sup>/га)

Район	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Сарысуский	2019	2543	3030	3561	4012	4529	4998	5527	6022
Таласский	2430	2910	3419	3962	4426	4987	5475	6022	6530
Байзакский	1836	2308	2800	3300	3769	4289	4773	5274	5755
Жамбылский	1243	1706	2181	2638	3111	3591	4070	4526	4981
Жуальинский	683	1021	1376	1795	2195	2551	2915	–	–
Т. Рыскулова	1225	1703	2159	2606	3062	3612	4048	4521	4991
Меркенский	790	1253	1710	2162	2611	3150	3590	4065	4536
Шуский	1597	2056	2525	2929	3391	3848	4322	4835	5283
Кордайский	608	1026	1460	1935	2374	2784	3201	3617	–

Расчитанные оросительные нормы нетто являются климатической нормой. В отдельные годы, в зависимости от сложившихся метеоусловий, они могут отклоняться до  $\pm 25\%$ .

Таким образом, разработана Модель расчёта оросительной нормы сельскохозяйственных культур, основанная на использовании метеорологических данных. Модель рассчитывает суммарное водопотребление культуры и оросительную норму нетто культуры, а также оросительную норму брутто.

Модель предназначена для сельскохозяйственных культур, возделываемых без полного затопления поля, на землях с глубоким залеганием грунтовых вод. Модель также имеет дополнительную функцию, позволяющая использовать ее для культуры риса. Модель в целом охватывает 26 видов яровых культур, а также их сорта по скороспелости.

Модель реализована в программе Excel, где расчёты ведутся по группам теплопотребности культур, и включает 4 расчетных этапа.

Модель передана в РГП «Казгидромет» МГЭПР РК для составления консультационного прогноза оросительной нормы сельскохозяйственных культур по районам четырех южных областей Казахстана (Алматинская, Жамбылская, Туркестанская, Кызылординская). В перспективе можно разработать программное обеспечение Модели и интегрировать с общей базой данных РГП «Казгидромет».

Модель также можно предложить в научные и производственные структуры Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, в высшие учебные заведения аграрного направления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Актюбинской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова – Астана, 2017. – 136 с. (электронное издание <https://ingeo.kz/?p=6407>).
2. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 248 с.
3. Байшоланов С.С. Отчет НИР «Оценка агроклиматических условий и оросительной нормы сельскохозяйственных культур в южных областях Казахстана в условиях изменения климата» (заключительный). Проект ПРООН/ГЭФ № 00106780. – Нур-Султан, 2019. – 81 с.

4. Белобородова Г.Г. Об агрометеорологическом обосновании режимов орошения сельскохозяйственных культур // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1960. – № 2.
5. Гордеев А.В., Клещенко А.Д., Черняков Б.А., Сиротенко О.Д. Биоклиматический потенциал России: теория и практика. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – 512 с.
6. Методика по разработке удельных норм водопотребления и водоотведения. [электронный ресурс]. URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014827#z16>.
7. Мещанинова Н.Б. Агрометеорологическое обоснование орошения зерновых культур. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 127 с.
8. Мищенко З.А. Агроклиматология: учебник. – К.: КНТ, 2009. – 512 с.
9. МК–Гидро. Способы орошения. [электронный ресурс]. URL: <http://mk-hydro.ru/sposoby-orosheniya>.
10. Режим орошения сельскохозяйственных культур. Информационный ресурс Cyberpedia [электронный ресурс]. URL: <https://cyberpedia.su/11xf34.html>.
11. Серякова Л.П. Агрометеорология. – Л.: ЛГМИ, Изд-во ЛПИ, 1978. – 155 с.
12. Укрупнённые нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур Центрального, Приволжского, Уральского, Сибирского, Южного и Северо–Кавказского Федеральных округов. Москва, 2013. 54 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ubmvh-03.ru/sites/all/files/normi\\_vodopotrebnosti.pdf](http://www.ubmvh-03.ru/sites/all/files/normi_vodopotrebnosti.pdf).
13. CAWATERinfo. Оросительные и поливные нормы и их расчет. [электронный ресурс]. URL: <http://www.cawater-info.net/bk/4-2-1-1-3-3.htm>.

Поступила 30.07.2020

Геогр. ғылымд. канд.

С.С. Байшоланов

## **АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ DAҚЫЛДАPДЫҢ СУAPУ НОРМАСЫН МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ДЕРЕКТЕР НЕГІЗІНДЕ ЕСЕПТЕУ МОДЕЛІ**

**Түйінді сөздер:** суармалы егіс, суару нормасы, дақылдың жинақты сұтұтынымы, су тұтыну коэффициенті, вегетациялық кезең

*Метеорологиялық деректерді қолдануға негізделген ауылшаруашылық дақылдардың суару нормасын есептеу Модельі жасалды. Модель Қазақстанның оңтүстік облыстарында ауылшаруашылық дақылдарының жинақты сұтұтынымы мен суару нормасын есептеуге арналған. Модель Excel-де іске асырылған*

және 4 есептеу кезеңінен тұрады. Сонымен қатар Модельді ауылшаруашылық дақылдардың суару нормасын алдағы вегетациялық кезеңге болжау үшін пайдалануға болады.

S.S. Baisholanov

#### **MODEL FOR ESTIMATION THE IRRIGATION NORM OF AGRICULTURAL CROPS BASED ON METEOROLOGICAL DATA**

**Key words:** irrigated agriculture, irrigation norm, total water consumption of the crop, coefficient of water consumption, vegetation period

*A Model for estimation the irrigation norm of agricultural crops based on the meteorological data has been developed. The model is designed to calculate the total water consumption and irrigation norm of agricultural crops in the southern regions of Kazakhstan. The model is developed in Excel and consists of 4 calculation stages. The model can also be used to forecast the irrigation norm of crops for the upcoming growing season.*