

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЛИВНОЙ НОРМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

ХОЖАНОВ Ниетбай Нуржанович, Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати

*Представлены результаты исследований математических связей между поливной нормой и суммой положительных температур, позволяющие оптимизировать и рационализировать использование природно-ресурсных потенциалов без ущерба продуктивности кормовых культур. Установлены динамика влажности почвы за вегетационный период на лугово-аллювиальных почвах Приаралья и сероземных почвах юга Казахстана с суммой положительных температур больше 10 °С. Проведенные математические анализы режима орошения кукурузы в южной зоне Казахстана дает основание считать, что в сложившихся природных и экономических условиях, требуется введения в структуру посевных площадей, востребованных на продовольственном рынке сельскохозяйственных культур, направленные на рациональное использование земельно-водных и природных ресурсов.*

**Введение.** Формирование мелиоративных режимов орошаемых почв есть результат взаимодействия оросительной воды с почвой. Таким же путем формируются водный, воздушный, солевой, пищевой, микроэлементный и другие режимы почв. Из всего многообразия режимов можно выделить основные, которые взаимосвязаны и влияют на формирование других. Это водный, солевой и пищевой режимы почв. Применяемые в практике модели условно можно разделить на три класса: аналоговые, статистические и детерминированные [2].

Аналоговые модели основаны на использовании подобия изучаемого процесса другому, имеющему иную физическую природу, параметры которого достаточно просто измерить, непригодно для точного количественного описания сложных природных процессов.

Статистические модели используются в случае, когда не определена аналитическая связь между исследуемым процессом и определяющими их факторами. Это связь имеет случайный, вероятный характер и устанавливается на основе имеющихся экспериментальных выборок с использованием соответствующим образом подобранного метода их статистической обработки. Прогноз, выполненный на основе статистических моделей, является обоснованным лишь в том случае, когда база экспериментальных данных содержит достаточный, представительный объем по всем факторам, а область их вариации соответствует области прогноза.

Детерминированные математические модели процессов представляют собой системы алгебраических и дифференциальных уравнений с совокупностью начальных и граничных условий, предполагающие возможность их решения аналитическими или численными методами. Такие модели предназначены для количественного описания процессов, происходящих в координатно-временном пространстве.

Цель исследования – установление математических связей между поливной нормой и суммой положительных температур, позволяющее оптимизировать и рационализировать использование природно-ресурсных потенциалов без ущерба продуктивности кормовых культур.

**Методика исследований.** В условиях юга Казахстана основным лимитирующим фактором урожайности сельскохозяйственных культур является почвенная влага, так как за период вегетации сельско-

хозяйственных культур выпадает недостаточное количество атмосферных осадков, а имеющийся в почве запас влаги за счет осенне-зимних осадков не удовлетворяет водопотребности той или иной культуры.

Поэтому, анализируя обзор многолетних исследований по изучению технологии возделывания кормовых культур в южной зоне Казахстана, сделана попытка выявить методологические аспекты прогнозирования поливной нормы кукурузы, основываясь на детерминированных математических моделях процессов, происходящих в координатно-временном пространстве.

**Результаты исследований.** Анализ многолетних научных разработок ККНИИЗ показывает, что в условиях Южного Приаралья оптимальной предполивной влажностью почвы для получения стабильного урожая сельскохозяйственных культур, является 75-75-65 % и 80-80-65 % от НВ (наименьшая влагоемкость почвы). При этом, как подтверждают результаты многолетних исследований, обеспечивается повышение урожайности хлопка-сырца на 4–5 ц/га, кукурузы на зерно – 8–12 ц/га, кукурузы на силос – на 150–180, сена люцерны – на 50–60 ц/га по сравнению с жестким режимом орошения (табл. 1).

Обзор статистических материалов по режиму сельскохозяйственных культур за 2000–2017 гг. показывает, что между предполивной влажностью почвы и показателями метеорологических данных существуют определенные связи, которые описываются уравнениями квадратической параболы.

Так, влажность почвы 70 см слоя с температурой воздуха коррелируются в следующей форме:

$$W_n = -0,00076 t_n^2 + 21,28,$$

где  $W_n$  – влажность почвы 70 см, слоя, %;  $t_n$  – температура воздуха, °С.

При этом следует отметить, что в интервале температуры воздуха 12–24 °С и влажности почвы 18,5–19,8 % отклонения от фактических величин составляет порядка –0,5... +2,2 %, что в пределах нормы.

Величина влажности почвы 70 см слоя температурой почвы 20 см слоя имеет следующий вид:

$$W_n = 18; 12 + 0,396 t_n - 0,016 t_n^2,$$



## Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от режима орошения (2003–2006 гг.)

| Предполивная влажность почвы | Урожайность основных культур, ц/га |                        |                |                |
|------------------------------|------------------------------------|------------------------|----------------|----------------|
|                              | Хлопчатник                         | Зеленая масса кукурузы | Яровая пшеница | Озимая пшеница |
| 70-70-65                     | 26,0                               | 380,0                  | 18,3           | 24,1           |
| 75-75-65                     | 28,9                               | 496,0                  | 23,5           | 27,6           |
| 80-80-65                     | 30,4                               | 543,0                  | 22,7           | 28,9           |

где  $W_n$  – влажность почвы 70 см, слоя, %;  $t_n$  – температура почвы 20 см слоя, °С.

В интервале  $t_n = 13-30$  °С:  $W_n = 15,3-20,6$  % отклонения от фактических величин составляет  $W_n = -0,5-1,0$  %.

Величина влажности почвы 70 см слоя с влажностью воздуха коррелируется зависимостью:

$$W_n = 0,066 W_b^2 - 6,109 W_b + 157,988$$

при условии  $W_b = 40 - 54$  %,  $W_{b, \text{факт}} = 17,8-19,5$  отклонения составляют  $\Delta W_n = -10,8...+7,9$  %.

Расчетные методы по нашим предварительным расчетам позволяют стабилизировать микроклимат орошаемого массива и, существенно увеличивая валовой урожай сельскохозяйственных культур, значительно экономить оросительную воду.

Наряду с этим в практике орошаемого земледелия большой интерес представляет установление сроков вегетационных поливов. Для обоснования срока вегетационных поливов по показателям суммы элевтивных температур нами проведены полевые исследования и анализ фактических материалов за ряд последних лет (2000–2004 гг.), которые позволили установить, что на посевах хлопчатника первый полив необходимо производить при наступлении суммы эффективных температур 500...550 °С, второй – 800...850 °С, третий – 1100 – 1150 °С, четвертый – 1400 °С от начала посева (табл. 2). При этом превышение урожая хлопка-сырца контроля в производственных условиях составляет порядка 4,9 ц/га.

Как свидетельствуют данные наши наблюдений (2017–2019 гг.), на посевах кормовых культур поливы, следует проводить при накоплении суммы эффективных температур 400 °С, последующие поливы – через каждые 200...250 °С (табл. 3).

Из табл. 3 следует, что во втором варианте при начале вегетационных поливов с наступлением суммы эффективных температур 400 °С и последующих

через каждые 200 °С обеспечили порядка 36 ц/га зерна и 725 ц/га зеленой массы сорго. На контрольном варианте и при завышении эффективных температур она значительно ниже, т.е. 28–33 ц/га зерна и 540–690 ц/га зеленой массы.

Отсюда, в условиях жесткого ограничения поливной воды, а также в маловодные годы для обеспечения стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур следует строго придерживаться установленного порядка водоподачи и обосновать график водопотребления для каждого конкретного хозяйства на основе научных рекомендации и предложений.

Обычно поливные нормы рассчитывают по формуле А.Н. Костякова (1960).

$$m = 100 H d(\varphi_0 - \varphi_1), \text{ м}^3/\text{га},$$

где  $m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;

$H$  – расчетный слой почвы, м;  $d$  – объемная масса почвы, т/м<sup>3</sup>;  $\varphi_0$  – полная полевая влагоемкость, %;  $\varphi_1$  – влажность перед поливом, %.

С.Н. Рыжов (1948) предлагает рассчитывать поливную норму по формуле

$$m = HA(\beta_n - \beta_0), \text{ м}^3/\text{га},$$

где  $m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $H$  – расчетный слой почвы, м;  $A$  – скважность расчетного слоя, %;  $\beta_n$  – наименьшая влагоемкость расчетного слоя, %;  $\beta_0$  – влажность перед поливом, %.

Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур на орошаемых землях очень важно своевременно и качественно проводить поливы. Поливами необходимо промочить слой почвы, в котором располагается основная масса корневой системы растений. Хорошее промачивание корнеобитаемого слоя не только обеспечивает сельскохозяйственные растения водой в достаточном количестве, но и активизирует микробиологические процессы. Все вышперечисленное гарантирует получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Таблица 2

## Фактические суммы эффективных температур воздуха межполивных периодов и урожай хлопка-сырца

| Вегетационный полив |                 |         |                 |         |                 |           |                 | Сумма эффекта за первый полив | Урожай хлопка-сырца, ц/га |
|---------------------|-----------------|---------|-----------------|---------|-----------------|-----------|-----------------|-------------------------------|---------------------------|
| Первый              |                 | Второй  |                 | Третий  |                 | Четвертый |                 |                               |                           |
| дата                | $t_{\text{эф}}$ | дата    | $t_{\text{эф}}$ | дата    | $t_{\text{эф}}$ | дата      | $t_{\text{эф}}$ |                               |                           |
| 22.VII              | 931             | 19.VIII | 1384            |         |                 |           |                 | 1384                          | 13,5                      |
| 29.VI               | 542             | 14.VII  | 803             | 1.VIII  | 1108            | 19.VIII   | 1399            | 1399                          | 18,4                      |
| 2.VII               | 591             | 20.VII  | 897             | 5.VIII  | 1201            | 22.VIII   | 1492            | 1492                          | 15,7                      |
| 5.VII               | 642             | 26.VII  | 995             | 13.VIII | 1292            | 1.IX      | 1598            | 1598                          | 14,3                      |



Урожай сорго при поливах по накоплению суммы эффективных температур

| Номер варианта | Первый полив |                  | Второй полив |                  | Третий полив |                  | Четвертый полив |                  | Сумма эффективных температур | Урожай |               |
|----------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|-----------------|------------------|------------------------------|--------|---------------|
|                | Дата         | $\Sigma t_{эфф}$ | Дата         | $\Sigma t_{эфф}$ | Дата         | $\Sigma t_{эфф}$ | Дата            | $\Sigma t_{эфф}$ |                              | зерна  | зеленой массы |
| 1              | 4.VII        | 966              | 11.VIII      | 1427             |              |                  |                 |                  | 1427                         | 28     | 540           |
| 2              | 22.VI        | 427              | 4.VII        | 645              | 12.VIII      | 837              | 19.VII          | 1050             | 1050                         | 36     | 725           |
| 3              | 27.VI        | 532              | 9.VII        | 750              | 15.VII       | 980              | 23.VII          | 1196             | 1196                         | 33     | 690           |

Однако расчеты поливной воды по влажности почвы в производственных условиях из-за большой трудности широкого применения не имеют. Отсюда всевозможные переполивовы и мелиоративные ухудшения орошаемых земель. Поэтому, учитывая данное обстоятельство, возникла необходимость изыскания более упрощенного метода расчета поливной воды, применительно к употреблению в практике земледелия.

В этом аспекте, анализируя большой материал по режиму орошения сельскохозяйственных культур в условиях северной зоны Каракалпакстана за период 1980-2000г.г автор данной статьи пришел к выводу, что поливная норма хлопчатника коррелируется следующим выражением:

$$m = W_n h_p \text{ м}^3/\text{га},$$

где  $m$  – поливная норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $W_n$  – влажность почвы перед поливом, %;  $h_p$  – высота растений (хлопчатника), см.

На посевах кукурузы, сорго, суданской травы и подсолнечника примерная поливная норма коррелируется выражением:

$$T = 40 W_n \text{ м}^3/\text{га}.$$

При этом значение высоты растений кормовых, величина 40 определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{для первого полива} & 40 \approx 2/3h_p; \\ \text{для второго полива:} & 40 \approx 1/2h_p; \\ \text{для третьего полива:} & 40 \approx 1/3h_p; \\ \text{для четвертого полива:} & 40 \approx 1/6h_p. \end{aligned}$$

Как свидетельствуют данные табл. 4, расчетная оросительная норма, как по влажности 75 – 75 – 65 % НВ, так и по влажности 80-80-65 % от НВ на вариантах

Таблица 4

Поливные нормы хлопчатника

| Предполивная влажность и расчетный слой | Показатель              | Полив, $\text{м}^3/\text{га}$ |              |              |              |                   | Оросительная норма, $\text{м}^3/\text{га}$ |
|---|-------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--|
|   |                         | 1                             | 2            | 3            | 4            | 5                 |  |
| 75–75–65 %<br>0–70 и<br>0–100 см        | Срок поливов            | 21.VII                        |              |              |              |                   |  |
|   | Влажность перед поливом | 17,2                          | 15.VIII 15,9 | 21.X         |              |                   |  |
|   | Поливная норма          | 765                           | 1050         | 17,0         |              |                   | 2825,0                                     |
|   | Высота растений         | 52,7                          | 53,4         | 54,6         |              |                   | +141,3                                     |
|   | Расчетная               | 906,4                         | 849,1        | 928,2        |              |                   | 2683,70                                    |
| 75–75–65 %<br>0–50 : 0–70 см            | Срок поливов            | 12.VII                        | 30.VII       | 15.VIII      | 31.VIII      |                   |  |
|   | Влажность перед поливом | 18,7                          | 18,1         | 17,5         | 17,5         |                   |  |
|   | Поливная норма          | 502                           | 701          | 712          | 726          |                   | 2641                                       |
|   | Высота растений         | 24,7                          | 52,2         | 52,9         | 53,0         |                   | - 618,9                                    |
|   | Расчетная               | 461,9                         | 944,8        | 988,7        | 927,5        |                   | 3259,9                                     |
| 80–80–65 %<br>80–70 : 0–100             | Срок поливов            | 11.VII                        | 30.VII       | 17.VIII      | 3.IX         |                   |  |
|   | Влажность перед поливом | 18,8                          | 17,0         | 17,6         | 17,4         |                   |  |
|   | Поливная норма          | 541                           | 880          | 855          | 855          |                   | -3161                                      |
|   | Высота растений         | 22,8                          | 54,3         | 55,6         | 56,1         |                   | -145,4                                     |
|   | Расчетная               | 428,6                         | 923,1        | 978,5        | 936,1        |                   | 3306,4                                     |
| 80–80–65 %<br>0–50 : 0–70               | Срок поливов            | 10.VII                        | 26.VII       | 11.VIII      | 23.VIII 18,8 | 2.IX              |  |
|   | Влажность перед поливом | 20,1                          | 18,4         | 18,6         | 595          | 19,5              |  |
|   | Поливная норма          | 475                           | 600          | 591          | 57,4         | 535               | 2796                                       |
|   | Высота растений         | 23,0                          | 51,7         | 54,7         | 1079,1       | 58,3              | -1070,9                                    |
|   | Расчетная               | 426,3                         | 951,3        | 1017,4       |              | 356,8             | 3866,9                                     |
| 0–50, 0–70 см<br>75–75–65 %             | Срок поливов            | 41.VI                         | 10.VII       | 26.VII       | 17.VIII 15,3 |                   |  |
|   | Влажность перед поливом | 17,5                          | 18,4         | 18,6         | 672          |                   |  |
|   | Поливная норма          | 685                           | 731          | 724          | 237,0        |                   | 2822                                       |
|   | Высота растений         | 60,7                          | 80,5         | 120,8        | 595,1        |                   | -32,6                                      |
|   | Расчетная               | 707,0                         | 739,6        | 747,7        |              |                   | 2789,4                                     |
| 0–70, 0–100 см<br>75–75–65 %            | Срок поливов            | 7.VII                         |              | 12.VIII      |              |                   |  |
|   | Влажность перед поливом | 18,5                          | 27.VIII 20,6 | 16,5         |              |                   |  |
|   | Поливная норма          | 708                           | 871          | 950          |              |                   | 2529                                       |
|   | Высота растений         | 79,5                          | 148,7 1530,5 | 217,0 1192,9 |              |                   | +1174,9                                    |
|   | Расчетная               | 980,5                         |              |              |              |                   | 3703,9                                     |
| 0–50, 0–70 см<br>80–80–65 %             | Срок поливов            | 22.VI                         | 5.VII        | 17.VIII 19,9 | 29.VIII 19,6 |                   |  |
|   | Влажность перед поливом | 19,0                          | 18,3         | 129,6        | 230,7        | 18.VIII 15,2      |  |
|   | Поливная норма          | 58,5                          | 67,3         | 129,6        | 230,7        | 695,0 240,0 608,0 | 3242                                       |
|   | Высота растений         | 58,5                          | 67,3         | 859,9        | 752,6        |                   | 334,3                                      |
|   | Расчетная               | 741                           | 614,8        |              |              |                   | 3576,3                                     |



3 и 5 отличается от фактических величин на 141,3–145,4 м<sup>3</sup>/га, что в пределах ошибки опыта. Поэтому на посевах хлопчатника при поддержании предполивной влажности оптимальным расчетным слоем почвы определяется 0–70 см в период цветения и плодообразования и 0–100 см в период плодообразования и созревания. На посевах кормовых культур оптимальным считается 0–50 и 0–70 см.

Как свидетельствует практика, усиление экологического кризиса в районах Южного Приаралья приводит к иссушению верхнего 0–20 см слоя почвы, особенно до первого вегетационного полива. Поэтому для того чтобы избежать возможных издержек снижения конечной продукции, следует сконцентрировать научные мышления в области углубления исследований по физике почвы с учетом современного состояния. На наш взгляд, при расчетах поливной нормы следует исходить из разности среднесуточных колебаний температуры почвы и воздуха. Так, например, если в момент полива колебания температуры поверхности почвы составляют 40 °С, а температура воздуха 14 °С, тогда поливами следует добиться того чтобы охладить температуру поверхности почвы до 26 °С, то есть (40–14). Исходя из этих суждений, предлагаем следующий метод расчета поливной нормы сельскохозяйственных культур.

Исследованиями установлено, что поливная норма с учетом агроклимата должна компенсировать испарение данного периода и имеет следующий вид.

$$m = 1000 \sqrt{l/\Phi}; \text{ м}^3/\text{га},$$

где  $m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $l$  – коэффициент температуры;  $\Phi$  – коэффициент влажности.

Величины  $l$  и  $\Phi$  устанавливаются по формулам:

$$l = t_b / (t_n - t_b); \quad \Phi = W_b / \text{НВ},$$

где  $t_b$  – температура воздуха конкретного периода, °С;  $t_n$  – температура почвы конкретного периода, °С;  $W_b$  – влажность воздуха конкретного периода, %; НВ – наименьшая влагоемкость конкретной почвы, %.

Расчетные величины поливной нормы за период исследований составляли 730–900 м<sup>3</sup>/га. Расчеты величины поливной нормы по формуле А.Н. Костякова (1960) составляли порядка 546–780 м<sup>3</sup>/га, что на 20–25 % занижает действительную, вследствие чего наблюдаются разрывы в режимах влажности почвы, что обуславливают уменьшение скорости передвижения и доступности воды растениями (табл. 5).

Как свидетельствуют результаты многочисленных исследований, в условиях юга Казахстана погодные условия за вегетационный период крайне различны по сумме выпавших осадков и температур. Отсюда, для сероземных почв юга Казахстана при возделывании кукурузы на зерно для поддержания предполивной влажности почвы в течение вегетации на уровне 70–80–70% от НВ с увлажнением почвогрунта на оптимальную глубину (0,5–0,7–0,6 м) рекомендуются следующие схемы поливов и оросительные нормы: для позднеспелого гибрида Казахстанская 43ТВ во влажные годы поливы по схеме 1–2–1 с оросительной нормой 2120 м<sup>3</sup>/га, в засушливые – 1–3–1 оросительной нормой 3240 м<sup>3</sup>/га, а в острозасушливые – 2–3–1 оросительной нормой 3420 м<sup>3</sup>/га; для сорта Узбекская зубовидная во влажные годы поливы по схеме 1–3–1 оросительной нормой 2630 м<sup>3</sup>/га, в засушливые – 1–4–1 оросительной нормой 3880 м<sup>3</sup>/га, в острозасушливые годы – 2–4–1 оросительной нормой 3980 м<sup>3</sup>/га [2].

В сероземных почвах юга Казахстана в вегетационный период динамика влажности метрового слоя почвы составляет 15,1–20,1 %, сумма положительных

Таблица 5

Расчетная поливная норма, м<sup>3</sup>/га

| Год  | $t_b$ , °С<br>среднесуточная температура воздуха в момент полива | Разность температур воздуха и почвы в момент полива | $l = t_b / (t_n - t_b)$ | Относительная влажность воздуха $W_b$ , % | Наименьшая влагоемкость НВ, % | $\phi = W_b / \text{НВ}$ | $\sqrt{l/\phi}$ | Расчетная поливная норма | Поливная норма по формуле А.Н. Костякова |
|------|--|---|-------------------------|---|-------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|--|
| 2004 | 25,6   | 26,0  | 0,97                    | 38  | 21                            | 1,80                     | 0,73            | 730                      | 546                                      |
| 2005 | 26,5   | 26,0  | 1,02                    | 32  | 21                            | 1,52                     | 0,82            | 820                      | 719                                      |
| 2006 | 27,0   | 26,0  | 1,04                    | 31  | 21                            | 1,47                     | 0,84            | 840                      | 740                                      |
| 2007 | 27,6   | 26,0  | 1,10                    | 28  | 21                            | 1,33                     | 0,90            | 900                      | 780                                      |
| 2008 | 27,9   | 26,0  | 1,12                    | 29  | 21                            | 1,38                     | 0,89            | 980                      | 765                                      |

Таблица 6

Динамика влажности почвы опытного участка, % [1]

| Показатель                                | Дата наблюдений |        |        |         |
|---|-----------------|--------|--------|---------|
|   | 27 апреля       | 12 мая | 27 мая | 16 июня |
| Динамика влажности почвы, %               | 20,06           | 17,27  | 16,84  | 15,07   |
| Сумма положительных температур $T_b$ , °С | 510             | 626    | 626    | 735     |
| $T_b$ за конкретный месяц                 | 444,2           | 308,1  | 302,9  | 472,7   |
| Нарастающий, $T_b$                        | 444,2           | 752,3  | 1055,2 | 1527,9  |
| Наименьшая влагоемкость почвы, %          | 21,8            | 21,8   | 21,8   | 21,8    |



температур почвы за период от мая по октябрь – от 307 до 843 °С (табл. 6).

Отсюда следует, что динамика влажности почвы за вегетационный период на сероземных почвах юга Казахстана с суммой положительных температур больше 10 °С корректируется в следующей модели:

$$W_{\text{п}} = 10,7 + 0,006 t_{\text{б}}; \%,$$

где  $W_{\text{п}}$  – влажность почвы, %;  $t_{\text{б}}$  – положительная температура воздуха, %.

Расчеты показывают, что при  $t_{\text{б}} = 500^{\circ}\text{C}$ ;  $W_{\text{п}} = 10,7 + 3,21 = 13,91\%$ ;  $t_{\text{б}} = 1000^{\circ}\text{C}$ ;  $W_{\text{п}} = 10,7 + 6,0 = 16,7\%$ ;  $t_{\text{б}} = 1500^{\circ}\text{C}$ ;  $W_{\text{п}} = 10,7 + 9,0 = 19,7\%$ .

Так, для поддержания предполивной влажности на уровне 80 %НВ дефицит влажности почвы при накоплениях 500 °С составляет 3,53 %, при 1000°С – 0,74 %.

Таким образом, произведя поливы строго по сумме положительных температур, можно сэкономить до 2–3 поливов с общей поливной нормой от 1400 до 2400 м<sup>3</sup>/га. Из расчетов следует, что поливной сезон кукурузы должен начаться со второй декады мая до конца июня с поливной нормой от 650 до 800 м<sup>3</sup>/га. Так как в ранее проведенных исследованиях обычно поливы производились в июне – августе с поливной нормой 500–800 м<sup>3</sup>/га, количество поливов достигало 6, что отрицательно сказывалось на росте и развитии растения, способствовало повышению грибковых болезней и снижению урожайности зеленой массы и зерна кукурузы.

**Заключение.** Проведенные математические

анализы режима орошения кукурузы в южной зоне Казахстана дают основание утверждать, что в сложившихся природных и экономических условиях требуется введение в структуру посевных площадей, востребованных на продовольственном рынке сельскохозяйственных культур, направленных на рациональное использование земельно-водных и природных ресурсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исабай С.И. Водосберегающая технология орошения сельскохозяйственных культур на юге Казахстана. – Тараз, 2002. – 256 с.

2. Николаенко А.Н. Математическая модель как составная часть технологии управления мелиоративным режимом почв // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения), 20–21 марта. – М., 2013. – С. 457–461.

3. Сулейменова М.Ш. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность культур орошаемого земледелия // Проблемы стабилизации и развития сельского хозяйства Казахстана, Сибири и Монголии: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Алматы: Бастау, 2014. – С. 79–81.

**Хожанов Ниятбай Нуржанович**, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Мелиорация и агрономия», Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати. Республика Казахстан.

080000, г. Тараз, ул. Колбасны Койгелди, 159.  
Тел.: (7262) 42-64-27.

**Ключевые слова:** поливная норма; влажность почвы; почвенная влага; сероземные почвы; режим орошения.

#### MATHEMATICAL MODEL FOR FORECASTING THE IRRIGATION RATE OF AGRICULTURAL CROPS

**Khozhanov Nietbay Nurzhanovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Associate Professor of the chair "Melioration and Agronomy", Taraz Regional University named after M.Kh.Dulati, Taraz, Republic of Kazakhstan.

**Keywords:** irrigation rate; soil moisture; gray earth soils; irrigation regime.

*The paper presents the results of studies of mathematical relationships between the irrigation rate and the sum of positive temperatures, which makes it possible to optimize and rationalize the*

*use of natural resource potentials without compromising the productivity of forage crops. The dynamics of soil moisture during the growing season on sierozemic soils in the south of Kazakhstan with a sum of positive temperatures above 10 °C has been established. The carried out mathematical analyzes of the irrigation regime for corn in the southern zone of Kazakhstan gives reason to believe that in the current natural and economic conditions, it is necessary to introduce into the structure of sown areas demanded in the food market of agricultural crops, aimed at the rational use of land and water and natural resources.*

