

## ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ НОРМ ВОДОПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Ж.С. Мустафаев<sup>1</sup>, А.Т. Козыкеева<sup>1</sup>, А.Д. Рябцев<sup>2</sup>, С.Б. Сейсенов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Таразский государственный университет, г. Тараз, Казахстан;

<sup>2</sup>РГП «Казгипроводхоз», г. Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Комитет по водным ресурсам МСХ РК, г. Астана, Казахстан

Основной целью мелиорации сельскохозяйственных земель является создание благоприятных условий не только для растений и почв, а также для жизнедеятельности человека и соблюдения экологического равновесия агроландшафтных систем с наименьшими отрицательными последствиями для природной среды за счет управления биологическим и геологическим круговоротами воды и химических веществ. Однако, существующие принципы мелиорации сельскохозяйственных земель, базирующиеся на водоемких технологиях, оказывают значительное влияние на агроландшафт, нарушая практически все естественные процессы [1-6].

В полной мере данная ситуация относится и к нормированию водопотребности сельскохозяйственных угодий при мелиорации земель, являющихся инструментами регулирования и управления биологическими и геологическими круговоротами воды и химических веществ в агроландшафтных системах.

Для оценки экологической значимости составляющих водного баланса агроландшафтных систем при мелиорации сельскохозяйственных земель можно использовать следующее уравнение:

$$E = (T + I) = \Delta W + O_c + (\overline{П} - \overline{О}) - (\underline{П} - \underline{О}) + O_p \pm g + D_p + \Phi + p,$$

где  $\Delta W = O_{o-z-e}$  - продуктивная почвенная влага, образующаяся из осенне-зимне-весенних атмосферных осадков (зеленая вода);  $O_c$  - атмосферные осадки за вегетационный период (зеленая вода);  $O_{cn} = O_{o-z-e} + O_c$  - объем естественной продуктивной влаги (зеленая вода);  $\Delta П = (\overline{П} - \overline{О})$  - результирующий поверхностный сток, формирующийся в результате притока и оттока поверхностного стока (желтая вода);  $\Delta О = (\underline{П} - \underline{О})$  - результирующий подземный сток, формирующийся в результате притока и оттока подземного стока (желтая вода);  $g$  - влагообмен между грунтовыми и почвенными водами (красная вода);  $E = T + I$  - суммарная водопотребность сельскохозяйственных угодий, которая состоит из транспирации растительного покрова (зеленая-голубая вода) и физического испарения (белая вода);  $O_p^{br} = O_p \pm g + D_p + \Phi$  - компенсирующая норма брутто потребности растительного покрова (голубая вода) для покрытия дефицита водопотребления сельскохозяйственных угодий, которая зависит от технологического процесса орошения;  $D_p$  - дренажный сток;  $\Phi$  - фильтрационные потери из оросительной сети;  $p$  - водообмен между грунтовыми и нижележащими межпластовыми водами (положительное направление – вверх).

В деятельности естественных и антропогенных процессов в ландшафтных и агроландшафтных системах зеленой и голубой воды в зависимости от режима их

функционирования, трансформируются белая, желтая и красная воды.

При этом белая вода ( $I$ ) практически не участвует в формировании биологических масс растительного покрова, но оказывает косвенную деятельность в их жизнедеятельности. Желтая вода ( $\Delta\Pi$ ) и ( $\Delta O$ ) также практически не участвует в процессе формирования биологических масс растительного покрова, но она формируется вследствие естественного гидрологического процесса. Красная вода, то есть фильтрационные потери из оросительной сети ( $\Phi$ ), дренажный сток ( $D_p$ ) и фильтрационный сток, появляется и формируется в результате технологического процесса орошения.

Следовательно, белая ( $I$ ), желтая ( $\Delta\Pi$  и  $\Delta O$ ) и красная ( $\Phi$ ,  $D_p$  и  $g$ ) воды, практически не принимают участия в формировании биологических масс растительного покрова, а последние две активно участвуют в разрушении экологической устойчивости природной системы, то есть их коэффициент полезного действия для сельскохозяйственного производства равен нулю.

Для приведения к экологическим требованиям повышенного статуса нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий есть один путь – формирование этих требований представлять в виде ограничений целевой функции. В этой связи определим, что орошение сельскохозяйственных культур должно проводиться таким образом, чтобы было исключено негативное влияние на окружающую среду (ограничения функции цели), то есть обеспечивалась интенсивность и направленность почвообразовательного процесса соответственно эволюционному процессу и максимальному использованию солнечной энергии на почвообразовательный процесс с минимальными затратами водных ресурсов для формирования биологических масс сельскохозяйственных культур.

Следовательно, данные обстоятельства предопределяют необходимость введения нового понятия – нижний порог предельно допустимого уровня нормы водопотребности ( $O_p^{ниж}$ ), то есть начальные условия нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий – транспирационные способности растений, обеспечивающие формирование биологических масс ( $T$ ) и верхнего предельно допустимого уровня нормы водопотребности ( $O_p^{верх}$ ), то есть их конечные условия – экологические нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий ( $O_p^o$ ) для целенаправленного регулирования почвообразовательных процессов на орошаемых землях.

Таким образом, можно определить нижний порог предельно допустимого уровня нормы водопотребности ( $O_p^{ниж}$ ) – транспирации растений, обеспечивающих формирование биологических масс ( $T$ ) - необходимого для разработки техники и технологии орошения нового поколения, обеспечивающих целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых землях при мелиорации сельскохозяйственных земель [7; 8].

С учетом цикличности возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте (культурообороте) в ротационный период нижний порог предельно

допустимого уровня нормы водопотребности ( $O_p^{ниж}$ ) и верхнего предельно допустимого уровня нормы водопотребности ( $O_p^{верх}$ ) будет равен:

$$O_{pc}^{ниж} = \sum_{i=0}^n T_i \cdot \alpha_i \text{ и } O_{pc}^{верх} = \sum_{i=1}^n O_{pi}^p \cdot \alpha_i ,$$

где  $T_i$  - транспирационные способности  $i$ - сельскохозяйственной культуры в севообороте;  $O_{pi}^p$  - экологические нормы водопотребности  $i$ -ой сельскохозяйственной культуры в севообороте;  $\alpha_i$  - доля участия  $i$ -ой сельскохозяйственной культуры в севообороте.

Для оценки направленности и интенсивности почвообразовательного процесса на орошаемых землях в ротационный период возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте можно использовать универсальный гидротермический показатель ( $\bar{R}$ ), который определяется по зависимости:

$$\bar{R} = \frac{R}{L(O_c + O_{pc}^{ниж})} = \frac{R}{L(O_c + O_{pc}^{верх})} > 0.7 - 0.8 ,$$

где  $O_c$  – атмосферные осадки, мм;  $L$ - скрытая теплота парообразования (кДж/см<sup>2</sup>).

Во-первых, он характеризует условия тепло- и влагообеспеченности растений, то есть биологические процессы; во-вторых, определяет в значительной степени условия формирования почвенных, гидрогеологических и геохимических условий; в третьих, позволяет учесть характер и интенсивность антропогенной деятельности.

Анализ балансового уравнения материальных потоков показывает, что снижение удельного количества неиспользуемых водных ресурсов на производство продукции в технологическом процессе полива ( $\Phi + C + g$ ) во многом зависит от технологических возможностей сельскохозяйственного производства. Поэтому основные принципы разработки ресурсосберегающих технологий орошения должны базироваться на снижении физического испарения с поверхности почвы ( $I$ ) в агроландшафтных системах, потерь воды в процессе транспортировки воды от источника орошения до орошаемых земель и глубинную фильтрацию ( $g$ ).

Основой целевой направленности разработки инновационной техники и способов полива в новом тысячелетии будет являться осуществление дозированной водоподачи в соответствии с транспирационной способностью растений.

При этом современные гидромелиоративные системы при транспортировке водных ресурсов от источника орошения должны обеспечить минимизацию желтых ( $\Delta P \rightarrow \min$ ;  $\Delta O \rightarrow \min$ ) и красных вод ( $\Phi \rightarrow \min$ ), а технологические процессы орошения – красных ( $D_p \rightarrow \min$ ,  $g \rightarrow \min$ ) и белых ( $E_{пот}^\phi = I \rightarrow \min$ ) вод, которые являются регламентирующими критериями надежности будущих инновационных природно-технических систем, то есть:

$$K_{oc} = \frac{O_{pc}^{верх}}{O_{pc}^{верх} + \Phi + D} > 0.85 \text{ или } K_{oc} = \frac{O_{pc}^{ниж}}{O_{pc}^{ниж} + \Phi + D} > 0.55$$

где  $K_n$  - коэффициент, характеризующий нарушение баланса внутри экосистемы.

По степени использования транспирационной способности растений ( $T_i$ ), экологического дефицита водопотребности сельскохозяйственных угодий ( $O_{pi}^o$ ) и биологического дефицита водопотребности сельскохозяйственных культур ( $O_{pi}$ ) при планировании водопользования водохозяйственных систем можно определить степень экологической опасности принимаемых технологий орошения:

- экологически опасная, когда планирование водопользования в водохозяйственных системах базируется только на биологическом дефиците водопотребности сельскохозяйственных культур ( $O_{pi}$ ) в орошаемых агроландшафтах, что ведет к ускорению геологического круговорота, изменению геохимических потоков, ухудшению качеств водных и земельных ресурсов;

- экологически умеренноопасная, когда планирование водопользования в водохозяйственных системах базируется на экологическом дефиците водопотребности сельскохозяйственных угодий ( $O_{pi}^o$ ) и биологическом дефиците водопотребности сельскохозяйственных культур ( $O_{pi}$ ), которые не обеспечивают целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых агроландшафтах;

- экологически безопасная, когда планирование водопользования в водохозяйственных системах базируется на экологическом дефиците водопотребности сельскохозяйственных угодий ( $O_{pi}^o$ ), который обеспечивает полное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых агроландшафтах с учетом амплитуды природных ритмов естественного увлажнения ландшафтов;

- экологически малоопасная, когда планирование водопользования в водохозяйственных системах базируется на транспирационной способности растений ( $T_i$ ) и экологическом дефиците водопотребности сельскохозяйственных угодий ( $O_{pi}^o$ ), которые не обеспечивают полное использование энергетических ресурсов природной системы влияющих на почвообразовательный процесс орошаемых агроландшафтов.

При этом для оценки экологической опасности нормы водопотребности сельскохозяйственных культур ( $K_i$ ) можно использовать соотношение площади земель в севообороте ( $F_i$ ) орошаемых нормами транспирационной способности растений ( $T_i$ ), экологического дефицита водопотребности сельскохозяйственных угодий ( $O_{pi}^o$ ) и биологического дефицита водопотребности сельскохозяйственных культур ( $O_{pi}$ ) к общей площади севооборота ( $F_o$ ), то есть:

$$KT_i = FT_i / F_o; KO_{pi}^o = FO_{pi}^o / F_o; KO_{pi} = FO_{pi} / F_o;$$

$$KT_i + KO_{pi}^o + KO_{pi} = 1.0$$

где  $FT_i$  – площадь земель в севообороте орошаемых нормами транспирационной способности растений ( $T_i$ );  $FO_{pi}^3$  - площадь земель в севообороте орошаемых нормами экологического дефицита водопотребности сельскохозяйственных угодий ( $O_{pi}^3$ );  $FO_{pi}$  - площадь земель в севообороте орошаемых нормами биологического дефицита водопотребности сельскохозяйственных культур ( $O_{pi}$ ).

На основе предложенного методологического подхода оценки экологической опасности использования различных видов нормы водопотребности сельскохозяйственных культур разработан регламент для совершенствования принципа планирования и реализации водопользования водохозяйственных систем (табл. 1).

Таблица 1 – Количественная оценка экологической опасности применения различных видов нормы водопотребности сельскохозяйственных культур в агроландшафтных системах

Степень экологической опасности	Коэффициент экологической опасности нормы водопотребности сельскохозяйственных культур		
	$KT_i$	$KO_{pi}^3$	$KO_{pi}$
Опасный	-	-	1.00
Умеренно опасный	-	>0.50	<0.50
Малоопасный	>0.50	<0.50	-
Безопасный	-	1.00	-

Таким образом, создание экологически ориентированных ресурсосберегающих техники и технологии полива, а также мелиоративных систем на основе предложенных интегральных критериев для оценки технологического процесса позволяют в перспективе обеспечивать экологическую безопасность агроландшафтных систем при высокой эффективности использования не только водных, земельных, трудовых, материальных, энергетических и временных ресурсов, но и ресурсного потенциала природной системы.

#### Литература

1. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Козыкеева А.Т., Кененбев Т.С., Сабденалиев А.М. Основные принципы нормирования водопотребности агроландшафтов // Водное хозяйство Казахстана, 2009.- №2. – С. 2-12.
2. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Адильбектеги Г.А. Методологические основы оценки устойчивости и стабильности ландшафтов. – Тараз, 2007. – 218 с.
3. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Кененбев Т.С. Методологические основы комплексной оценки экологической безопасности оросительных систем // Водное хозяйство Казахстана, 2006.- №4 (12). – С. 7-9.
4. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз, 2012. – 528 с.
5. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Экологические проблемы бассейна Аральского моря. – Тараз, 2009. – 354.
6. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Бассейн Аральского моря: прошлое, настоящее и будущее. – Тараз, 2012. – 317 с.
7. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Рябцев А.Д. Методологические основы нормирования водопотребности агроландшафтов // Материалы международной научно-практической

конференции /Роль мелиорации в обеспечении продовольственной и экологической безопасности России. - Москва, 2009. - С. 261-266.

8. Козыкеева А.Т., Сабденалиев А.М. Моделирование транспирационной деятельности растительного покрова // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Математическая наука и ее вклад в развитие прикладных научных исследований». – Тараз, 2010. –С. 355-357.