

УДК 551.482:502.7

# **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК**

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| Доктор техн. наук | Ж.С. Мустафаев   |
| Канд. техн. наук  | С.Р. Ибатуллин   |
| Канд. техн. наук  | А.Т. Козыкеева   |
| Канд. техн. наук  | К.Б. Койбагарова |
| Канд. экон. наук  | К.Ж. Мустафаев   |

*Предложены методологические основы предельно-допустимого использования водных ресурсов трансграничных рек, учитывающие экономические, экологические и социальные интересы общества, определяющие принцип и концепцию использования природных ресурсов и размещения производственных сил региона.*

Для рационального и сбалансированного использования водных ресурсов трансграничных рек необходимо разработать концепцию использования водно-земельных ресурсов их бассейнов, учитывающую национальные, экономические, социальные и экологические интересы, включающие выбор критериев, разработку нормативных документов и методологическое обеспечение, не допускающее ущемления прав народов, живущих в бассейне трансграничных рек.

Для согласования территориальных интересов на фоне производственных, природных и социальных, обусловленных развитием общества, определяют прикладные проблемы управления водными ресурсами трансграничных рек с позиции концепции устойчивого развития.

С устойчивым развитием связана разработка и реализация такой стратегии человечества, которая обеспечивает возможность существования биосферы и общества в состоянии равновесия, основанного на двух гуманитарных принципах: наследовании благ и равенства возможностей. А также, концепция устойчивого или сбалансированного развития включает три неразделимых составляющих: разумное использование экосистем; эффективную экономику и справедливое общество. В связи с этим сбалансированное или устойчивое развитие бассейнов трансграничных рек, которое можно рассматривать как процесс, где ориентация технического развития и институциональные преобразования природной системы

не могут рассматриваться без анализа условий и установления критериев управления.

Сбалансированное использование водных ресурсов трансграничных рек требует необходимости решения комплексных задач, обеспечивающих формирование устойчивого мирового сообщества и решения проблем экологической безопасности речных бассейнов. Они нуждаются в методологическом обеспечении, т.е. методике определения экологически допустимых изъятий речных вод и норм попуска, расчета природного потенциала речных бассейнов, определения ущерба и тарифов на воду – как природного ресурса, равноправного распределения водных ресурсов трансграничных рек.

При этом следует отметить, что разработка методологических основ оценок экологически допустимых норм воздействия на окружающую среду в бассейнах рек была выполнена в двух направлениях:

- определение оптимальной оросительной способности водоисточников [2, 5, 6, 11, 13, 25, 27, 30];
- определение экологически допустимых изъятий речных вод [1, 3, 12, 18, 23, 24, 26, 29, 31].

Однако, многие методики оценок экологически допустимых норм воздействия на окружающую среду в бассейнах рек, не учитывают приспособляемость и толерантность различных видов экосистем к изменению водного режима реки, т.е. способность геосистемы приспосабливаться к техногенным нагрузкам. Из-за трудности составления прогнозов устойчивости водных и наземных экосистем речных бассейнов, при изменении внешних воздействий на них, в основу таких оценок на данном этапе может быть положен, по-видимому, принцип эколого-экономической эффективности использования водных и земельных ресурсов природных систем. В качестве такового могут быть использованы методологии оценки эколого-экономической эффективности использования водно-земельных ресурсов речных бассейнов [7, 8, 9, 10, 17, 22], где суммарный эффект можно определить по следующей формуле:

$$Z(x) = Z_n(x) - Z_3(x) - Z_{\text{эк}}(x) - Z_c(x) - 3T \cdot B_t, \quad (1)$$

где  $Z(x)$  – суммарный эффект;  $Z_n(x) = Z_n(\bar{P}_n - P_n(x))$ ,  $Z_n(\bar{P}_n)$  – общая прибыль природно-технического комплекса,  $Z_n(P_n(x))$  – прибыль природного комплекса в естественных условиях;  $Z_3(x) = Z_3(\bar{P}_3 - P_3(x))$ ,  $Z_3(\bar{P}_3)$  – экономический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-

технической системы,  $Z_p(P_p(x))$  – затраты, необходимые для качественного улучшения параметров природной среды;  $Z_{\text{эк}}(x) = Z_{\text{эк}}(\bar{P}_{\text{эк}} - P_{\text{эк}}(x))$ ,  $Z_{\text{эк}}(\bar{P}_{\text{эк}})$  – экологический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-технической системы,  $Z_{\text{эк}}(P_{\text{эк}}(x))$  – затраты, необходимые для улучшения экологических условий природной среды;  $Z_c(x) = Z_c(\bar{P}_c - P_c(x))$ ;  $Z_c(\bar{P}_c)$  – социальный ущерб от ухудшения качественных параметров природной среды;  $Z_c(P_c(x))$  – затраты на улучшение социальных условий природной среды;  $B_t = (1 + e)^t$  – коэффициент приведения во времени разновременных затрат или дисконтирования;  $t$  – номер шага расчета;  $e$  – коэффициент эффективности;  $3T$  – затраты общества на реализацию системы природопользования.

На основе предложенных моделей оценки эффективности использования природных ресурсов, можно предложить критерии для интегральной оценки экономической устойчивости природно-технического комплекса (ПТК) или деятельностно-природной системы (ДПС), которые определяются с помощью коэффициента экономической устойчивости природно-технического комплекса ( $K_p$ ):  $K_p = Z(x)/Z_n(x)$  или  $K_p = Z(t)/Z_n(t)$ .

На основе критерия Гурвица можно представить модель проектного значения коэффициента эколого-экономической устойчивости природной системы речных бассейнов в виде [7, 8, 9, 10, 17, 22]:

$$K_p^{np} = \lambda \cdot K_p^{max} + (1 - \lambda) \cdot K_p^{min}, \quad (2)$$

где  $K_p^{max}$  – максимально-возможное значение коэффициента экономической устойчивости природной системы бассейна рек,  $K_p^{min}$  – минимальное значение коэффициента экономической устойчивости природной системы бассейна рек,  $\lambda$  – эмпирический коэффициент,  $\lambda = 1 - \Delta\mathcal{E}$ , здесь  $\Delta\mathcal{E}$  – экологическое состояние природной системы речных бассейнов [15, 16].

Исходя из такого подхода, можно определить экологически допустимые нормы изъятия ( $\Delta Q_{ij}^o$ ) речных вод по каждому месяцу внутри года в бассейнах рек по следующей зависимости:  $\Delta Q_{ij}^o = K_p^{np} \cdot Q_{ij}$ .

При этом важнейшим элементом водохозяйственного баланса практически всех зарегулированных речных систем, особенно в бассейнах трансграничных рек, являются специальные попуски воды: санитарные и

экологические, обеспечивающие благоприятный ледовый режим и питающие водой внутренние водоемы, которые замыкают речные системы.

В этом направлении большую работу выполнили: А.В. Яцык, Б.В. Фащевский, И.П. Айдаров, Е.В. Венецианов, Д.Я. Раткович, В.С. Ковалевский, Д.Я. Раткович, А.К. Заурбек, М.Ж. Бурлибаев, С.Р. Ибатуллин, Ж.С. Мустафаев, К.Б. Койбагарова, которые пришли к единому мнению, т.е. к сохранению в речных бассейнах экологической устойчивости как среды обитания человека и экономической устойчивости на основе сбалансированного использования водных ресурсов с учетом качества и объема сбрасываемых возвратных вод [1, 3, 6, 9, 12, 29, 31].

Экологический пропуск в низовьях реки ( $\Delta Q_{ij}^n$ ), который можно определить по следующей формуле:  $\Delta Q_{ij}^n = (1 - K_s^{np}) \cdot Q_{ij}$  (где  $Q_{ij}$  – расход воды в реке в  $i$ -том месяце  $j$ -го года), сегодня должен быть не какой-то обособленной формой восприятия человеком реальности, а системой взглядов на внешний мир, где наряду с философскими, научными, политическими, нравственными, эстетическими и другими ценностями присутствуют и экологические ценности, предусматривающие настоятельную необходимость бережного отношения к природе в интересах не только живущих, но и будущих поколений, для которых природа останется таким же источником материальных ресурсов.

На реках аридной зоны часто возникают определенные сбросы коллекторно-дренажных стоков ( $Q_{ij}^d$ ) и сточных вод городов и промышленных объектов ( $Q_{ij}^c$ ), которые приводят к угрозе недопустимого осолонцевания и загрязнения воды. Поэтому при сбросе возвратных вод ( $Q_{ij}^d + Q_{ij}^c$ ) в бассейнах трансграничных рек государство, осуществляющее сброс, должно производить соответствующие попуски за счет выделенного ему гарантированного расхода воды:  $Q_{ijl}^g = \alpha_{ijl} \cdot Q_{ij}$ , где  $\alpha_{ijl}$  – доля водозобора из реки  $l$ -го государства в  $i$ -тый месяц  $j$ -го года;  $Q_{ijl}^g$  – гарантированный расход воды, выделенный  $l$ -му государству в  $i$ -тый месяц  $j$ -го года в рамках совместного использования водных ресурсов трансграничных рек, которые оцениваются по необходимым величинам, обеспечивающим разбавление солесодержащих возвратных вод.

Объем этих дополнительных попусков ( $\Delta Q_{ijl}^{\partial n}$ ) определяется с учетом минерализации возвратных дренажных и сточных вод, сбрасываемых в бассейн рек:

$$\Delta Q_{ijl}^{\partial n} = K_{co} \left[ Q_{ijl}^{\partial} (C_{ijl}^{\partial} / C_{\partial on}) + Q_{ijl}^c (C_{ijl}^c / C_{\partial on}) \right], \quad (3)$$

где  $K_{co}$  – коэффициент, характеризующий самоочищение экосистемы в бассейнах рек;  $C_{ijl}^{\partial}$  – минерализация коллекторно-дренажных вод, сбрасываемый  $l$ -ному государству в  $i$ -тый месяц  $j$ -го года;  $C_{ijl}^c$  – минерализация сточных вод, сбрасываемых  $l$ -ному государству в  $i$ -той месяцы  $j$ -го года;  $C_{\partial on}$  – экологически допустимая минерализация воды в водоисточниках.

Таким образом, комплексный экологический попуск ( $\Delta Q_{ij}^{кэп}$ ) должен включать кроме экологически допустимых норм попуска ( $\Delta Q_{ij}^n$ ) и дополнительный попуск ( $\Delta Q_{ijl}^{\partial n}$ ), обеспечивающий сохранение способности экосистем к саморегулированию, самоочищению и самовоссозданию:  $\Delta Q_{ij}^{кэп} = \Delta Q_{ijl}^n + \Delta Q_{ijl}^{\partial n}$ .

Если в бассейне рек имеются естественные водопотребители, т.е. замкнутые озера или моря, тогда экологический попуск ( $\Delta Q_{ij}^{кэп}$ ) определяется, исходя из экологической водопотребности замкнутых озерных или морских систем ( $\Delta Q_m^?$ ).

Для определения водопотребности в естественных замкнутых озерных или морских системах можно использовать уравнение водного баланса для некоторого интервала времени ( $\pm \Delta Q_m$ ) в виде:

$$\pm \Delta Q_m = E_o - (W_c + O_c), \quad (4)$$

где  $W_c$ ,  $O_c$  и  $E_o$  – соответственно средние годовые значения стока рек, атмосферных осадков на поверхность озера или моря, испарения с его поверхности;  $\pm \Delta Q_m$  – изменение объема воды в озеро или море за тот интервал времени.

Экологическая устойчивость замкнутых озерных и морских систем оценивается в сравнении с естественной благоприятной экологической обстановкой, то есть с развитием отрицательных процессов в пространственно-временном аспекте под влиянием природных и техногенных нагрузок.

При этом экологически допустимый сдвиг в структуре водного баланса замкнутых озерных и морских систем определяется в пределах

10...20 % амплитуд 30...40-летних естественных ритмов, которые должны покрывать эти сдвиги в 80...90-летних ритмах, обеспечивая нормальное функционирование озерных или морских систем.

Минимальный и максимальный экологический допустимый сдвиг в структуре водного баланса замкнутых озерных и морских систем может быть выражен следующей математической зависимостью:

$$-\Delta Q_m^{\min} = \Delta Q_m \cdot K_{\lim} \text{ и } \Delta Q_m^{\max} = \Delta Q_m \cdot K_{\lim}; 1,25 \geq K_{\lim} \geq 0,75, \quad (5)$$

где  $K_{\lim}$  – коэффициент, характеризующий амплитуду сдвига структуры водного баланса замкнутых озерных и морских систем 30...40-летних естественных ритмов.

При этом амплитуда сдвига структуры водного баланса замкнутых озерных и морских систем 30...40-летних естественных ритмов в абсолютных величинах должна быть равна между собой, то есть:  $\sum(-\Delta Q_m^{\min}) = \sum(\Delta Q_m^{\max})$ .

С другой стороны амплитуда сдвига структуры водного баланса замкнутых озерных и морских систем 30...40-летних естественных ритмов ( $\Delta Q_m$ ) не должна быть меньше экологического попуска ( $\Delta Q_{ij}^{кэп}$ ) бассейна трансграничных рек, т.е.  $\Delta Q_{ij}^{кэп} \geq \Delta Q_m$ .

Антропогенные факторы зачастую оказывают негативное воздействие на человека, на условия его жизни и состояние здоровья. По определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), здоровье человека – это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезни или физических дефектов, как это до настоящего времени сравнительно широко было распространено в общественном сознании.

Здоровье с философских позиций можно рассматривать в соотношениях категории, как качества, так и количества. С социально-экономических позиций «здоровье человека», «здоровье населения» рассматриваются как критерии физического и интеллектуального потенциала общества для создания материальных и духовных ценностей.

Для оценки экологического состояния природной системы необходима обобщенная оценка спектра биологических откликов живого организма (человека) в ответ на воздействие загрязнителей внешней среды.

Наиболее перспективным в этом отношении представляется принцип формирования обобщенных оценок спектра биологических откликов в

ответ на воздействие загрязнителей внешней среды, разработанный Ж.С. Мустафаевым [15, 16] для количественной оценки экологической ситуации природной системы, опирающийся на рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) (табл. 1).

Таким образом, следует отметить, что разработанная эколого-экономическая концепция сбалансированного использования водных ресурсов трансграничных рек, которая базируется на принципах равного и справедливого вододеления, мягкого управления природой, обеспечивающая сбалансированное природопользование, и на затратно-нормативном принципе формирования ежегодных эксплуатационных издержек водохозяйственных организаций, не претендует на исчерпывающую полноту охвата экономических, экологических и социальных аспектов вододеления, и, во многом носит дискуссионный характер. Она призвана, в первую очередь, обратить внимание государственных деятелей и научных работников на важность затронутой проблемы, так как именно такого рода требования должны лечь в основу распределения водных ресурсов межреспубликанских рек.

Таблица 1

Количественная оценка экологической ситуации природной среды

| Индекс градации | Характер биологического отклика                                                    | Уровень опасности  | $\bar{\Xi}_k$ |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|
| 0               | Смерть                                                                             | Чрезвычайно опасно | 1             |
| 1               | Наличие заболевания организма                                                      | Очень опасно       | 0,64...0,80   |
| 2               | Наличие физиологических признаков болезней                                         | Умеренно опасно    | 0,48...0,64   |
| 3               | Наличие физиологических и других сдвигов                                           | Мало опасно        | 0,32...0,48   |
| 4               | Проявление химических веществ в органах и тканях, не вызывающих каких-либо сдвигов | Условно опасно     | 0,16...0,32   |
| 5               | Отсутствие признаков неблагоприятного влияния                                      | Неопасно           | 0,16          |

#### **Алгоритмизация расчета предельно-допустимого уровня использования водных ресурсов трансграничных рек**

Расчет предельно-допустимого уровня использования водных ресурсов трансграничных рек производится в следующем порядке, согласно методологическому подходу, разработанному Ж.С. Мустафаевым [7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 22]:

1. Определяется доля категории земель, используемых для создания орошаемых агроландшафтов ( $a_k$ ):  $a_k = F_o^k / F_o$ , где  $F_o^k$  – площадь орошаемых земель  $k$  – категории;

2. Стоимость валовой продукции естественных ландшафтов ( $CBV_{л}$ ):  $CBV_{л} = Y_o^k \cdot F_o^k \cdot Ц_e$ , где  $F_o^k$  – площадь естественных ландшафтов  $k$  – категории;

3. Стоимость валовой продукции орошаемых агроландшафтов ( $CBП_{ал}$ ):  $CBП_{ал} = Y_i^k \cdot F_o^k \cdot Ц_i$ , где  $F_o^k$  – площадь естественных ландшафтов  $k$  – категории;

4. Оросительная норма структурного гектара ( $O_p^c$ ) с учетом категории земель:  $O_{pk}^c = \sum_{i=1}^n O_p^i$ , где  $n$  – количество сельскохозяйственных культур, которые входят в структуру орошаемого агроландшафта;

5. Объем водозабора ( $W_k$ , км<sup>3</sup>) с учетом категории земель:

$$W_k = \sum_{i=1}^k O_{pk}^c \cdot F_j^k / \eta_{knd};$$

6. Цена на услуги УВС ( $CU_k$ ):  $CU_k = \sum_{i=1}^k W_k \cdot T_y$ ;

7. Затраты на минеральные удобрения ( $C_{npk}$ ):

$$C_{npk} = \sum_{i=1}^k NPK \cdot Ц_{npk};$$

8. Капитальные вложения для реконструкции ОС ( $K_{oc}^k$ ):

$$K_{oc}^k = \sum_{i=1}^k K_c \cdot F_o^k;$$

9. Постоянные сельскохозяйственные издержки ( $И_{cx}^k$ ):

$$И_{cx}^k = \sum_{i=1}^k u_y \cdot F_o^k;$$

10. Суммарные сельскохозяйственные издержки ( $\sum И_k$ ):

$$\sum И_k = C_{npk} + И_{cx}^k;$$

11. Суммарные затраты водохозяйственных систем ( $СЗ_k$ ):

$$CЗ_k = \sum I_k + K_{oc}^k ;$$

12. Коэффициент дисконтирования ( $a_t$ ):  $a_t = 1/(1+k)^t$  ;

13. Дисконтированные затраты водохозяйственных систем ( $ДЗ_k$ ):

$$ДЗ_k = a_t \cdot CЗ_k ;$$

14. Чистый дисконтированный доход ( $ЧДД_k$ ):

$$ЧДД_k = CBB_{ал}^k - \sum ПЗ_k ;$$

15. Индекс доходности ( $ИД_k$ ) в методологическом отношении на-  
поминает оценку по используемому ранее показателю «коэффициент эф-  
фективности капитальных вложений» и вместе тем по экономическому  
содержанию это совершенно иной показатель, то есть определяется как  
отношение чистых дисконтированных доходов ( $ЧДД_k$ ) к сумме дисконти-  
рованных затрат ( $ДЗ_k$ ):  $ИД_k = ЧДД_k / ДЗ_k$  ;

16. Экономическая ценность ( $Э_{ик}$ , тыс. доллар или тенге):

$$Э_{ик} = CBB_{\sigma}^k + CBП_{ал}^k ;$$

17. Величина общего ущерба, наносимого народному хозяйству от  
загрязнения водных источников, определяется как сумма ущербов, нанесен-  
ных отдельными водопотребителями –  $У_{иц} = Э + ЭС + С$  , (где  $Э$  – экономи-  
ческий ущерб, который исключает потери от снижения качества продукции  
( $Э_n$ ), потери вследствие недополучения продукции ( $Э_c$ ), затраты на ликви-  
дацию от загрязнения ( $Э_я$ ) и затраты на восстановление или поддержание  
нормального состояния природной среды ( $Э_г$ );  $ЭС$  – социально-  
экономический ущерб, который включает потери в здравоохранении и со-  
циальном обеспечении, обусловленные ростом заболеваемости ( $ЭС_3$ ), по-  
тери вследствие миграции, вызванной ухудшением состояния природной  
среды ( $ЭС_n$ ) и затраты на дополнительный отдых, необходимый из-за не-  
удовлетворительного состояния природной среды ( $ЭС_o$ );  $С$  – социальный  
ущерб, который включает эстетические потери вследствие разрушения при-  
родной среды ( $С_9$ ), психологические потери, вызванные удовлетвори-  
тельным состоянием зон отдыха ( $С_n$ ) и потери вызванные ухудшением эко-  
логических условий жизнедеятельности членов общества ( $С_{жс}$ ) [21];

18. Коэффициент экономической устойчивости природной систе-  
мы речных бассейнов в виде:  $K_3 = Z(x)/Z_n(x)$  или  $K_3 = Z(t)/Z_n(t)$  – коэф-

фициент экономической устойчивости природно-технического комплекса;  
 $Z(x)$  – суммарный эффект;  $Z_n(x) = Z_n(\bar{P}_n - P_n(x))$ ;  $Z_n(P_n(x))$  – прибыль природного комплекса в естественных условиях;  $Z_n(\bar{P}_n)$  – общая прибыль природно-технического комплекса;

19. Природоемкость ( $P_e$ ), рассчитывающая как отношение затрат используемых природных ресурсов ( $P_3$ ) к валовому продукту ( $ВП$ ):

$$P_e = P_3 / ВП;$$

20. Коэффициент экологоемкости ( $K_{эе}$ ) – уровень ущерба нанесенного природной системе в условиях антропогенной деятельности человека ( $Y_{иц}$ ) к стоимости полезной валовой продукции ( $СПВП$ ):

$$K_{эе} = Y_{иц} / СПВП;$$

21. Коэффициент экологичности природно-техногенных систем ( $K_{ээ}$ ), представляющий собой отношение чисто полезного эффекта ( $СПВП - Y_{иц}$ ) к экономической стоимости ( $\mathcal{E}_u$ ):  $K_{ээ} = (СПВП - Y_{иц}) / \mathcal{E}_u$ , где  $\mathcal{E}_u = СВП_{\delta p} + СВП_{op}$ ;

22. Коэффициент экологически безопасного использования природных ресурсов ( $K_{эб}$ ), рассчитывают как отношение суммарного эффекта ( $Z(x)$ ) от используемых природных ресурсов к экономической стоимости

$$(\mathcal{E}_u) \text{ природной системы: } K_{эб} = \sum_{i=1}^n Z(x)_i / \mathcal{E}_u = \sum_{i=1}^n Z(F)_i / \mathcal{E}_u;$$

23. Проектный коэффициент экологической ситуации ( $\Delta \mathcal{E}$ ), определяют, исходя из жизненной позиции общества или экологического требования среды обитания человека, т.е. принципа формирования обобщенных оценок спектра биологических откликов организма человека в ответ на воздействие загрязнителей внешней среды. При этом человек, допустив некоторые ущемления здоровью, может несколько раз повышать предельно-допустимый уровень использования ресурсных потенциалов природной системы. Однако, это чревато опасно, во-первых, человеческое общество, ущемив свои жизненные права, может ожидать изменение на генном уровне, во-вторых, вес предельного использования ресурсного потенциала природной системы может привести к выходу их из предела саморегулирования, то есть из зоны толерантности. Следовательно, выбор проектного значения коэффициента экологической ситуации должен осуществляться с учетом жизненной позиции общества или экологического требования к

среде обитания человека, обеспечивающих формирование здорового населения в бассейне трансграничных рек;

24. Коэффициент, лимитирующий экологическое состояние природной системы ( $\lambda$ ) можно определить по формуле:  $\lambda = 1 - \Delta \mathcal{E}$ ;

25. Ожидаемый коэффициент экологической устойчивости водохозяйственных систем определяется по следующей формуле:

$$K_{\mathcal{E}}^{np} = \lambda \cdot K_{\mathcal{E}}^{max} + (1 - \lambda) \cdot K_{\mathcal{E}}^{min},$$

где  $K_{\mathcal{E}}^{max}$  – максимально-возможное значение коэффициента экономической устойчивости природной системы бассейна рек;  $K_{\mathcal{E}}^{min}$  – минимальное значение коэффициента экономической устойчивости природной системы бассейна рек.

При этом зависимость коэффициента экономической устойчивости ( $K_{\mathcal{E}}$ ) от интенсивности использования природных ресурсов ( $F, W$ ) может быть изображена графически в виде кривой толерантности, кривой зависимости  $K_{\mathcal{E}} = f(F, W)$ , как функции отклика – зависимости количественных оценок тех или иных характеристик популяций от важнейших факторов внешней среды, которые имеют колоколообразную форму. Ожидаемый коэффициент экологической устойчивости ( $K_{\mathcal{E}}^{np} = K_{оэс}$ ) характеризует экологическое состояние природной среды в зависимости от интенсивности использования природных ресурсов ( $F, W$ ), т.е.  $K_{оэс} = f(F, W)$  уровень экологической активности антропогенной деятельности и их количественного значения зависит от экологического требования среды обитания человека. Сложность и многовариантность рассматриваемых инженерных задач приводит к использованию графоаналитического метода для решения оптимизационных задач, т.е. для поиска признаков эколого-экономической устойчивости речных экосистем кривой зависимости  $K_{\mathcal{E}} = f(F, W)$  и  $K_{оэс} = f(F, W)$  будем строить в одной декартовой системе. При этом кривая зависимости  $K_{\mathcal{E}} = f(F, W)$  во всех речных бассейнах имеет единый качественный колоколообразный вид с различными количественными значениями, а зависимость  $K_{оэс} = f(F, W)$  от уровня принятых эколого-социальных решений будет перемещаться по оси ординаты, пересекая кривую  $K_{\mathcal{E}} = f(F, W)$  в двух местах, разделяя их различные области. Таким образом, существует многомерная область параметров – величина этих факторов, допустимых для жизни живой системы, т.е. тех

значений факторов, к которым живая система толерантна. При этом, кривые зависимостей  $K_o = f(F, W)$  и  $K_{ож} = f(F, W)$  в декартовой системе, согласно «закону толерантности» В. Шелфорда, что как недостаток, так и избыток любого внешнего фактора может быть вредным для биологических объектов и их жизнедеятельности [4, 20]. Согласно В. Шелфорду, лимитирующим фактором процветания организма может быть не только минимум, но и максимум экологического воздействия, а диапазон между ними определяет величину выносливости организма.

Как показывает анализ полученных зависимостей области определения функции, а также в соответствии с вышеизложенным, становится очевидным, что фазовое пространство системы уравнений, описывающей нормальное функционирование речной экосистемы, распадается на условные три области. Первая область – недостаточного использования ресурсного потенциала речных бассейнов, при котором общество получает социально-экономический стресс в связи с образованием дефицита жизнедеятельности за счет недостаточной обеспеченности потребительной способности общества. Вторая область – оптимального использования ресурсного потенциала речных бассейнов, обеспечивающих социальную, экологическую и экономическую устойчивости развития системы «природа – общество» на основе принятых решений в области «комфортности среды обитания человека», которые обеспечивают полноценную жизнедеятельность. Третья область – избыточное использование ресурсного потенциала речных бассейнов, при котором общество получает социальный, экологический и экономический стрессы в связи с неустойчивостью и толерантностью биологических откликов в ответ на воздействие техногенных нагрузок на живые организмы, поддерживая только наиболее жизненно необходимые функции.

#### **Расчеты и оценки устойчивости бассейнов трансграничных рек Сырдарьи и Шу**

Использование земельных и водных ресурсов, качественное состояние орошаемых земель, управление водопользованием, охрана природных ресурсов и поддержание экологического равновесия природных систем бассейнов рек Сырдарьи и Шу в определенной степени зависят от правильной оценки потенциальной возможности, с одной стороны, развития производительных сил, с другой – сохранения естественного режима их функциони-

рования. При этом принципы сбалансированного освоения или использования природных ресурсов бассейнов рек Сырдарьи и Шу заключается в дифференцированном эколого-экономическом обосновании мощности деятельно-техноприродных (ДТП) систем для развертывания сельскохозяйственного производства (выращивания культур на орошаемых землях), в зависимости от исходного (потенциального) плодородия почвы.

Для реализации такого подхода выполняют группировку орошаемых земель с учетом биологической продуктивности, существенно различающихся по эффективному плодородию, то есть можно разделить их на три категории с учетом качественного состояния [14, 19, 28]:

- легкодоступные ресурсы природных систем ( $F_d$ ) – высокопродуктивные (доходные) агроландшафты, не требующие сложных гидромелиоративных мероприятий для регулирования основных факторов жизни почвы и растений соответственно их эволюционным требованиям;

- средnedоступные ресурсы природных систем ( $F_c$ ) – с допустимой продуктивностью, требующие гидромелиоративных мероприятий для регулирования основных факторов жизни почвы и растений соответственно их эволюционным требованиям;

- труднодоступные ресурсы природных систем ( $F_m$ ) – низкопродуктивные (нерентабельные при орошении), требующие сложных гидромелиоративных мероприятий для регулирования основных факторов жизни почвы и растений соответственно их эволюционным требованиям.

На основе методологического подхода эколого-экономическое обоснование использования природных ресурсов [9, 24], определен максимально возможный и экологически допустимый уровни использования водных ресурсов рек Сырдарьи и Шу.

#### **Эколого-экономическая оценка максимально возможного и экологически допустимого уровня использования водных ресурсов бассейна р. Шу**

На основе выше приведенного методологического подхода произведена эколого-экономическая оценка максимально возможного и экологически допустимого уровней использования водных ресурсов бассейна р. Шу (табл. 2).

Таблица 2

Эколого-экономическая оценка максимально возможного и экологически допустимого уровней использования водных ресурсов бассейна реки Шу

| Показатель                                                   | Всего   | Категория земли |                 |                 |
|--------------------------------------------------------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                              |         | легкодоступная  | среднедоступная | труднодоступная |
| Валовая площадь, млн. га                                     | 20,0400 | 1,8970          | 2,2132          | 15,9298         |
| Площадь, пригодная для орошения, млн. га                     | 6,3234  | 1,8970          | 2,2132          | 2,2132          |
| Площадь орошаемых земель ( $F_i$ , млн. га)                  | 0,4734  | 0,1893          | 0,1657          | 0,1184          |
| Свободный фонд (не орошаемые земли, млн. га)                 | 5,8500  | 1,7077          | 2,0475          | 2,0948          |
| Доля категории орошаемых земель ( $\alpha_i$ )               | 1,00    | 0,400           | 0,350           | 0,250           |
| Продуктивность неорошаемых земель ( $Y_{\theta}$ ), ц/га     | -       | 12,0            | 6,0             | 3,0             |
| Стоимость валовой продукции ( $СВП_{\theta}$ ), тыс. доллар. | 85936,0 | 45083,3         | 27027,0         | 13825,7         |
| Структура использования земельных ресурсов ( $\alpha_i$ ):   |         |                 |                 |                 |
| -многолетние травы                                           |         | 0,20            | 0,20            | 0,30            |
| - сахарная свекла                                            |         | 0,30            | 0,20            | -               |
| - овощи                                                      |         | 0,05            | 0,05            | 0,05            |
| - кукуруза на зерно                                          |         | 0,05            | 0,05            | 0,05            |
| - кукуруза на силос                                          |         | 0,10            | 0,10            | 0,10            |
| - пшеница яровая                                             |         | 0,10            | 0,10            | 0,20            |
| - озимая пшеница                                             |         | 0,10            | 0,10            | 0,20            |
| - картофель                                                  |         | 0,05            | 0,15            | 0,05            |
| - бахчи                                                      |         | 0,05            | 0,05            | 0,05            |
| Урожайность ( $Y_i$ , ц/га):                                 |         |                 |                 |                 |
| - многолетние травы                                          |         | 100,0           | 80,0            | 60,0            |
| - сахарная свекла                                            |         | 350             | 250             | -               |
| - овощи                                                      |         | 200,0           | 180,0           | 160,0           |
| - кукуруза на зерно                                          |         | 80,0            | 70,0            | 50,0            |

| Показатель                                            | Всего    | Категория земли |                 |                 |
|-------------------------------------------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                       |          | легкодоступная  | среднедоступная | труднодоступная |
| - кукуруза на силос                                   |          | 250,0           | 200,0           | 100,0           |
| - пшеница яровая                                      |          | 35,0            | 30,0            | 20,0            |
| - озимая пшеница                                      |          | 40,0            | 35,0            | 25,0            |
| - картофель                                           |          | 120,0           | 100,0           | 80,0            |
| - бахчи                                               |          | 160,0           | 140,0           | 100,0           |
| Реализуемая цена продукции ( $C_i$ , доллар/ц):       |          |                 |                 |                 |
| - многолетние травы                                   |          | 2,20            | 2,20            | 2,20            |
| - сахарная свекла                                     |          | 2,50            | 2,50            | 2,50            |
| - овощи                                               |          | 5,50            | 5,50            | 5,50            |
| - кукуруза на зерно                                   |          | 6,00            | 6,00            | 6,00            |
| - кукуруза на силос                                   |          | 3,00            | 3,00            | 3,00            |
| - пшеница яровая                                      |          | 15,00           | 15,00           | 15,00           |
| - озимая пшеница                                      |          | 15,00           | 15,00           | 15,00           |
| - картофель                                           |          | 11,00           | 11,00           | 11,00           |
| - бахчи                                               |          | 11,00           | 11,00           | 11,00           |
| Стоимость валовой продукции ( $СВП_i$ , тыс. доллар): | 286111,4 | 137621,0        | 105558,6        | 42931,8         |
| - многолетние травы                                   | 18913,8  | 8329,2          | 5896,0          | 4688,6          |
| - сахарная свекла                                     | 70628,7  | 49691,2         | 20937,5         | -               |
| -овощи                                                | 23912,4  | 10411,5         | 8291,3          | 5209,6          |
| - кукуруза на зерно                                   | 9836,7   | 4543,2          | 3517,5          | 1776,0          |
| - кукуруза на силос                                   | 27799,5  | 14197,5         | 10050,0         | 3552,0          |
| - пшеница яровая                                      | 24579,7  | 9938,2          | 7537,5          | 7104,0          |
| - озимая пшеница                                      | 29031,8  | 11358,0         | 8793,8          | 8880,0          |
| - картофель                                           | 45340,9  | 12493,8         | 27637,5         | 5209,6          |
| - бахчи                                               | 36067,9  | 16658,4         | 12897,5         | 6512,0          |
| Оросительная норма ( $O_p$ , м <sup>3</sup> /га)      |          |                 |                 |                 |
| - многолетние травы                                   |          | 6500            | 8600            | 9000            |
| - сахарная свекла                                     |          | 5800            | 7700            | -               |
| -овощи                                                |          | 4800            | 6450            | 6750            |
| - кукуруза на зерно                                   |          | 4850            | 6450            | 6750            |

| Показатель                                                                       | Всего    | Категория земли |                 |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                                                  |          | легкодоступная  | среднедоступная | труднодоступная |
| - кукуруза на силос                                                              |          | 4200            | 5600            | 5850            |
| - пшеница яровая                                                                 |          | 3000            | 3800            | 4000            |
| - озимая пшеница                                                                 |          | 3000            | 3800            | 4000            |
| -картофель                                                                       |          | 5500            | 7100            | 7400            |
| -бахчи                                                                           |          | 4800            | 6450            | 6750            |
| Оросительная норма структурного гектара ( $O_p^c$ ), м <sup>3</sup> /га          |          | 5057,5          | 6232,5          | 6267,5          |
| КПД системы ( $\eta_{кнд}$ )                                                     | 0,85     | 0,85            | 0,85            | 0,85            |
| Объем водозабора ( $W$ , км <sup>3</sup> )                                       | 3,2274   | 1,1263          | 1,2281          | 0,8730          |
| Тариф за услуги по подаче воды ( $T_y$ , доллар. за 1000 м <sup>3</sup> )        | 0,50     | 0,50            | 0,50            | 0,50            |
| Цена на услуги УВС ( $W \cdot T_y$ , тыс. доллар.)                               | 1614,6   | 564,05          | 614,05          | 436,50          |
| Минеральные удобрения ( $НРК$ , т/га)                                            | -        | 0,510           | 0,586           | 0,638           |
| Стоимость минеральных удобрений ( $C_{НРК}$ , доллар/т)                          | -        | 100,0           | 100,0           | 100,0           |
| Затраты на минеральные удобрения, тыс. доллар.                                   | 26717,7  | 9348,3          | 9815,5          | 7553,9          |
| Удельные капитальные вложения на реконструкцию ОС ( $K_c$ , тыс. доллар на 1 га) | -        | 1000,0          | 1500,0          | 2000,0          |
| Капитальные вложения на ОС ( $K_c \cdot F$ , тыс. доллар.)                       | 677350   | 189300          | 251250          | 236800          |
| Постоянные сельскохозяйственные издержки ( $I_{сх}$ , тыс. доллар.)              | 85833,4  | 41286,3         | 31667,6         | 12879,5         |
| Суммарные издержки ( $\sum I$ , тыс. доллар.)                                    | 112551,1 | 50634,6         | 41483,1         | 20433,4         |
| Суммарные затраты ( $CЗ$ , тыс. доллар.)                                         | 789901,1 | 239934,6        | 292733,1        | 257233,4        |

| Показатель                                                                                | Всего    | Категория земли |                 |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                                                           |          | легкодоступная  | среднедоступная | труднодоступная |
| Норма дисконта ( $k$ )                                                                    | 0,30     | 0,30            | 0,30            | 0,30            |
| Коэффициент дисконтирования ( $a_t = 1/(1+k)^t$ )                                         | 0,257    | 0,257           | 0,257           | 0,257           |
| Приведенные затраты ( $\sum P_z$ , тыс. доллар.)                                          | 203004,5 | 61663,2         | 75232,4         | 66109,0         |
| Чистый дисконтированный доход (ЧДД, тыс. доллар.)                                         | 83106,9  | 75957,8         | 30326,2         | -23177,2        |
| Индекс доходности (ИД)                                                                    | 0,450    | 0,857           | 0,542           | 0,000           |
| Общий ущерб ( $Y_{\text{и}}$ ), тыс. доллар.                                              | 31750,7  | -               | 6442,6          | 25308,1         |
| Экономический ущерб ( $\mathcal{E}$ ), тыс. доллар.                                       | 12714,1  | -               | 4061,9          | 8652,2          |
| Экологический ущерб ( $\mathcal{EC}$ ), тыс. доллар.                                      | 17172,5  | -               | 1615,0          | 15557,5         |
| Экономическая ценность ( $\mathcal{E}_\text{ц}$ ), тыс. доллар.                           | 372047,4 | 182704,3        | 132585,6        | 56757,5         |
| Коэффициент экономической устойчивости ( $K_\text{э}$ )                                   | 0,2904   | 0,5519          | 0,2872          | 0,0000          |
| Коэффициент экологоемкости ( $K_{\text{эе}}$ )                                            | 0,1109   | 0,000           | 0,0610          | 0,5895          |
| Коэффициент экологичности ПТС ( $K_{\text{ээ}}$ )                                         | 0,6837   | 0,7532          | 0,7476          | 0,3105          |
| Коэффициент экологически безопасного использования природных ресурсов ( $K_{\text{эб}}$ ) | 0,2234   | 0,4157          | 0,2287          | 0,000           |
| Проектный коэффициент экологической ситуации ( $\Delta\mathcal{E}$ )                      | 0,32     | 0,32            | 0,32            | 0,32            |
| Ожидаемый коэффициент экономической устойчивости ( $K_{\text{ож}}$ )                      | 0,375    |                 |                 |                 |

На основе приведенных прогнозных расчетов построены графики зависимостей  $K_\text{э} = f(F, W)$  и  $K_{\text{ож}} = f(F, W)$  в декартовой системе (рис. 1).

Как видно на рис. 1, при обеспечении коэффициента экологической ситуации ( $\Delta\mathcal{E}$ ) в регионах бассейна р. Шу в пределах 0,32 ожидаемый коэффициент эколого-экономической устойчивости ( $K_{ож} = K_9^{np}$ ) будет равен:  $K_9^{np} = \lambda \cdot K_9^{max} + (1 - \lambda) \cdot K_9^{min} = 0,68 \cdot 0,5519 + (1 - 0,68) \cdot 0,00 = 0,375$ , что обеспечивается при коэффициенте использования водно-земельных ресурсов в пределах  $0,225 < \alpha_{ioon} < 0,590$ . Тогда максимально возможный и экологически допустимый уровень использования водных ресурсов р. Шу будет равен  $W_{max}^{эд} = \alpha_{ioon} \cdot W_p = 0,590 \cdot 4,87 = 2,9 \text{ км}^3$ .

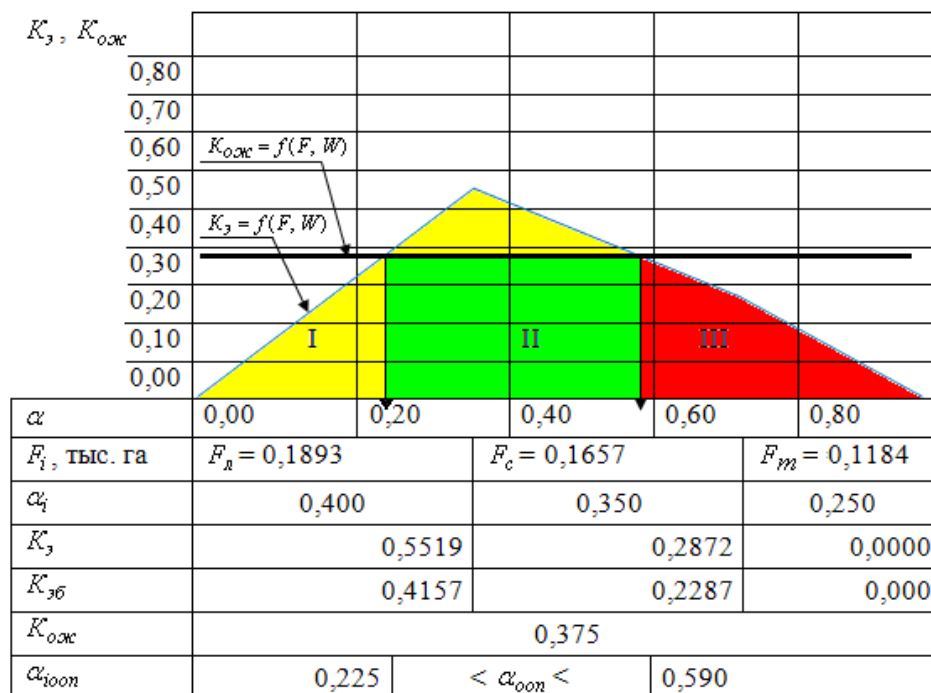


Рис. 1. Графоаналитическое определение экологически допустимого уровня использования водного и земельного ресурсов бассейна р. Шу.

### Эколого-экономическая оценка эффективности использования водных и земельных ресурсов бассейна р. Сырдарьи

На основе выше приведенного методологического подхода произведена эколого-экономическая оценка максимально возможного и экологически допустимого уровня использования водных ресурсов бассейна р. Сырдарьи (табл. 3).

Таблица 3

Эколого-экономическая оценка эффективности использования водных и земельных ресурсов бассейна р. Сырдарья

| Показатель                                                 | Всего   | Категория земли |                 |                 |
|------------------------------------------------------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                            |         | легкодоступная  | среднедоступная | труднодоступная |
| Валовая площадь, млн. га                                   | 44,393  | 8,820           | 4,297           | 31,276          |
| Площадь, пригодная для орошения, млн. га                   | 13,383  | 8,820           | 4,297           | 0,266           |
| Площадь орошаемых земель ( $F_i$ , млн. га)                | 3,100   | 0,556           | 1,383           | 1,161           |
| Свободный фонд (не орошаемые земли, млн. га)               | 10,283  | 8,264           | 2,019           | 31,115          |
| Доля категории орошаемых земель ( $\alpha_i$ )             | 1,00    | 0,18            | 0,446           | 0,374           |
| Продуктивность неорошаемых земель ( $Y_0$ ), ц/га          | -       | 12,0            | 6,0             | 3,0             |
| Стоимость валовой продукции ( $СВП_0$ ), млн. тг           | 30694,1 | 14875,2         | 1817,1          | 14001,8         |
| Структура использования земельных ресурсов ( $\alpha_i$ ): |         |                 |                 |                 |
| -многолетние травы                                         |         | 0,20            | 0,20            | 0,20            |
| - хлопчатник                                               |         | 0,30            | 0,20            | -               |
| - овощи                                                    |         | 0,05            | 0,05            | 0,05            |
| - кукуруза на зерно                                        |         | 0,05            | 0,05            | 0,05            |
| - кукуруза на силос                                        |         | 0,10            | 0,10            | 0,10            |
| - пшеница яровая                                           |         | 0,10            | 0,10            | 0,10            |
| - озимая пшеница                                           |         | 0,10            | 0,10            | 0,10            |
| - картофель                                                |         | 0,05            | 0,05            | 0,05            |
| - бахчи                                                    |         | 0,05            | 0,05            | 0,05            |
| - рис                                                      |         | -               | 0,10            | 0,30            |
| Урожайность ( $Y_i$ , ц/га):                               |         |                 |                 |                 |
| - многолетние травы                                        |         | 100,0           | 80,0            | 60,0            |
| - хлопчатник                                               |         | 30,0            | 25,0            | -               |
| - овощи                                                    |         | 200,0           | 180,0           | 160,0           |
| - кукуруза на зерно                                        |         | 80,0            | 70,0            | 50,0            |
| - кукуруза на силос                                        |         | 250,0           | 200,0           | 100,0           |

| Показатель                                        | Всего    | Категория земли |                 |                 |
|---------------------------------------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                   |          | легкодоступная  | среднедоступная | труднодоступная |
| - пшеница яровая                                  |          | 35,0            | 30,0            | 20,0            |
| - озимая пшеница                                  |          | 40,0            | 35,0            | 25,0            |
| - картофель                                       |          | 120,0           | 100,0           | 80,0            |
| - бахчи                                           |          | 160,0           | 140,0           | 100,0           |
| - рис                                             |          | -               | 40,0            | 30,0            |
| Реализуемая цена продукции ( $C_i$ , тенге/ц):    |          |                 |                 |                 |
| - многолетние травы                               |          | 300,0           | 300,0           | 300,0           |
| - хлопчатник                                      |          | 4000,0          | 4000,0          | 3000,0          |
| - овощи                                           |          | 750,0           | 750,0           | 750,0           |
| - кукуруза на зерно                               |          | 600,0           | 600,0           | 600,0           |
| - кукуруза на силос                               |          | 300,0           | 300,0           | 300,0           |
| - пшеница яровая                                  |          | 900,0           | 900,0           | 900,0           |
| - озимая пшеница                                  |          | 900,0           | 900,0           | 900,0           |
| - картофель                                       |          | 1500,0          | 1500,0          | 1500,0          |
| - бахчи                                           |          | 1500,0          | 1500,0          | 1500,0          |
| - рис                                             |          | 1500,0          | 1500,0          | 1500,0          |
| Стоимость валовой продукции ( $СВЛ_i$ , тыс. тг): | 195686,6 | 48455,4         | 96118,2         | 51113,0         |
| - многолетние травы                               | 14154,0  | 3336,0          | 6638,4          | 4179,6          |
| - хлопчатник                                      | 47676,0  | 20016,0         | 27660,0         | -               |
| -овощи                                            | 20471,3  | 4170,0          | 9335,3          | 6966,0          |
| - кукуруза на зерно                               | 5980,2   | 1334,4          | 2904,3          | 1741,5          |
| - кукуруза на силос                               | 15951,0  | 4170,0          | 8298,0          | 3483,0          |
| - пшеница яровая                                  | 7575,3   | 1751,4          | 3734,1          | 2089,8          |
| - озимая пшеница                                  | 7664,0   | 2001,6          | 4356,5          | 1306,1          |
| - картофель                                       | 22342,3  | 5004,0          | 10372,3         | 6966,0          |
| - бахчи                                           | 29901,0  | 6672,0          | 14521,5         | 8707,5          |
| - рис                                             | 23971,5  | -               | 8298,0          | 15673,5         |
| Оросительная норма ( $O_p$ , м³/га)               |          |                 |                 |                 |
| - многолетние травы                               |          | 8600            | 9000            | 11850           |
| - хлопчатник                                      |          | 7700            | 8100            | -               |
| -овощи                                            |          | 6450            | 6750            | 13050           |
| - кукуруза на зерно                               |          | 6450            | 6750            | 8400            |
| - кукуруза на силос                               |          | 5600            | 5850            | 7050            |

| Показатель                                                                   | Всего    | Категория земли |                 |                 |
|------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                                              |          | легкодоступная  | среднедоступная | труднодоступная |
| - пшеница яровая                                                             |          | 3800            | 4000            | 5200            |
| - озимая пшеница                                                             |          | 3800            | 4000            | 4700            |
| -картофель                                                                   |          | 7100            | 7400            | 8350            |
| -бахчи                                                                       |          | 6450            | 6750            | 5820            |
| - рис                                                                        |          | -               | 22000           | 26000           |
| Оросительная норма структурного гектара ( $O_p^c$ ), м <sup>3</sup> /га      |          | 6652,5          | 8387,5          | 13646,0         |
| КПД системы ( $\eta_{кпд}$ )                                                 | 0,85     | 0,85            | 0,85            | 0,85            |
| Объем водозабора ( $W$ , км <sup>3</sup> )                                   | 36,638   | 4,352           | 13,647          | 18,639          |
| Тариф за услуги по подаче воды ( $T_y$ , тыин/м <sup>3</sup> )               | 20,0     | 20,0            | 20,0            | 20,0            |
| Цена на услуги УВС ( $W \cdot T_y$ , млн. тг)                                | 31892,4  | 870,4           | 27294,0         | 3728,0          |
| Минеральные удобрения ( $НРК$ , т/га)                                        | -        | 0,510           | 0,586           | 0,638           |
| Стоимость минеральных удобрений ( $Ц_{НРК}$ , тенге/т)                       | -        | 10000,0         | 10000,0         | 10000,0         |
| Затраты на минеральные удобрения, млн. тг.                                   | 15795,1  | 283,5           | 8104,4          | 7407,2          |
| Удельные капитальные вложения на реконструкцию ОС ( $K_c$ , тыс. тг на 1 га) | -        | 75,0            | 100,0           | 150,0           |
| Капитальные вложения на ОС ( $K_c \cdot F$ , млн. тг)                        | 354150,0 | 41700,0         | 138300,0        | 174150,0        |
| Постоянные сельскохозяйственные издержки ( $И_{cx}$ , тыс. тг)               | 63184,0  | 14536,6         | 30757,8         | 17889,6         |
| Суммарные издержки ( $\sum И$ , тыс. тг)                                     | 78979,1  | 14820,1         | 38862,2         | 25296,8         |
| Суммарные затраты ( $CЗ$ , тыс. тг)                                          | 433129,1 | 56520,1         | 177162,2        | 199446,8        |
| Норма дисконта ( $k$ )                                                       | 0,30     | 0,30            | 0,30            | 0,30            |

| Показатель                                                                                             | Всего    | Категория земли |                 |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                                                                        |          | легкодоступная  | среднедоступная | труднодоступная |
| Коэффициент дисконтирования<br>( $a_t = \frac{1}{(1+k)^t}$ )                                           | 0,257    | 0,257           | 0,257           | 0,257           |
| Приведенные затраты<br>( $\sum P_z$ , тыс. га)                                                         | 111314,2 | 14525,7         | 45530,7         | 51257,8         |
| Чистый дисконтированный доход (ЧДД, тыс. га)                                                           | 84372,4  | 33929,7         | 50587,5         | -144,8          |
| Индекс доходности (ИД)                                                                                 | 0,450    | 0,857           | 0,542           | 0,000           |
| Общий ущерб ( $Y_{\text{и}}$ ), млн. тг                                                                | 19788,8  | -               | 2726,5          | 17062,3         |
| Экономический ущерб (Э), млн. тг                                                                       | 752,2    | -               | 345,8           | 406,4           |
| Социальный ущерб (С), млн. тг                                                                          | 1864,1   | -               | 765,7           | 1098,4          |
| Экологический ущерб (ЭС), млн. тг                                                                      | 17172,5  | -               | 1615,0          | 15557,5         |
| Экономическая ценность ( $\mathcal{E}_{\text{и}}$ ), млн. тг                                           | 226380,7 | 63330,6         | 97935,3         | 65114,8         |
| Коэффициент экономической устойчивости ( $K_{\mathcal{E}}$ )                                           | 0,330    | 0,700           | 0,500           | 0,000           |
| Природоемкость ( $P_e$ )                                                                               | 2,213    | 1,166           | 1,843           | 3,902           |
| Коэффициент экологоемкости ( $K_{\mathcal{E}e}$ )                                                      | 0,046    | 0,000           | 0,015           | 0,086           |
| Коэффициент экологичности ПТС ( $K_{\mathcal{E}\mathcal{P}}$ )                                         | 0,777    | 0,890           | 0,954           | 0,0523          |
| Коэффициент экологически безопасного использования природных ресурсов ( $K_{\mathcal{E}\mathcal{O}}$ ) | 0,373    | 0,536           | 0,516           | 0,000           |
| Коэффициент экологической ситуации ( $\Delta\mathcal{E}$ )                                             | 0,32     | 0,32            | 0,32            | 0,32            |
| Ожидаемый коэффициент экономической устойчивости бассейна рек ( $K_{\mathcal{O}\mathcal{J}}$ )         | 0,476    |                 |                 |                 |

Как видно в табл. 3, критерии оценки эколого-экономической эффективности использования водных и земельных ресурсов бассейна р. Сырдарьи: коэффициент экономической устойчивости ( $K_э$ ), природоёмкость ( $P_e$ ), коэффициент экологоемкости ( $K_{эе}$ ), коэффициент экологичности ПТС ( $K_{ээ}$ ) и коэффициент экологически безопасного использования природных ресурсов ( $K_{эб}$ ) – во многом зависят от качественного состояния орошаемых земель. А ожидаемый коэффициент экономической устойчивости бассейна р. Сырдарьи, при обеспечении коэффициента экологической ситуации в пределах 0,32 будет равен:  $K_э^{np} = \lambda \cdot K_э^{max} + (1 - \lambda) \cdot K_э^{min} = 0,68 \cdot 0,70 + (1 - 0,68) \cdot 0,00 = 0,48$ . При этом урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях и издержки производства, а также общий ущерб от неправильного использования природных ресурсов бассейна р. Сырдарьи, тоже зависят от качественного состояния водных и земельных ресурсов.

Для определения максимально возможного и экологически допустимого уровня использования земельных ресурсов бассейна рек используется графоаналитический метод (рис. 2). Как видно на рис. 2, эколого-экономическая максимально возможная величина использования водно-земельных ресурсов бассейна р. Сырдарьи находится в пределах  $0,13 < \alpha_{ioon} < 0,64$ .

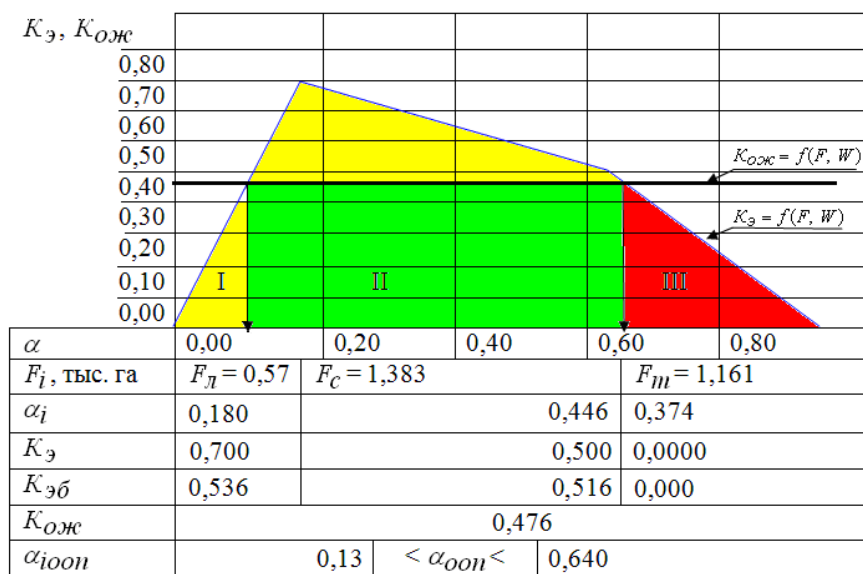


Рис. 2. Определение экологически допустимого значения коэффициента экономической эффективности использования водно-земельных ресурсов бассейна р. Сырдарьи.

Таким образом, предельно-допустимый уровень использования во многом зависит от экономической и экологической устойчивостей бассейна трансграничных рек, что требует необходимости учета природно-экологических и социально-хозяйственных особенностей каждого региона. При этом особенностью эколого-экономического подхода обоснования предельно-допустимого уровня использования водных ресурсов трансграничных рек является учет экономических, экологических и социальных интересов общества, которые определяют принцип и концепцию использования природных ресурсов и размещения производственных сил агропромышленного комплекса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров И.П., Венецианов Е.В., Раткович Д.Я. К проблеме экологического возрождения речных бассейнов // Водные ресурсы. – 2002. – Том 29. – №2. – С. 240-252.
2. Арент К.П. Оптимизация расчетной обеспеченности орошения // Комплексное использование водных ресурсов юга Европейской территории страны. – М.: 1979. – С. 132-141.
3. Бурлибаев М.Ж. О принципах допустимого объема изъятия речных вод и обоснования экологического стока рек // Гидрометеорология и экология. – 2003. – №4. – С. 88-101.
4. Бурлибаев М.Ж. Теоретические основы устойчивости экосистем трансзональных рек Казахстана. – Алматы: 2007. – 516 с.
5. Голченко М.Г., Стельмах Е.А. Методические рекомендации по определению расчетной обеспеченности орошения в Белоруссии. – Горки: БелСХИ, 1978. – 58 с.
6. Заурбеков А.К. Выбор оптимального варианта орошаемой площади в бассейне реки: Учебное пособие. – Ташкент: 1987. – 86 с.
7. Ибатуллин С.Р., Мустафаев Ж.С., Койбагарова К.Б. Экологические и экономические проблемы управления водными ресурсами трансграничных рек // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря / Тезисы докладов Центрально-Азиатской международной научно-практической конференции. – Алматы, 2003. – С. 178-185.
8. Ибатуллин С.Р., Мустафаев Ж.С., Койбагарова К.Б. Методика оценки экологических норм попусков воды в низовьях рек // Наука и образование Южного Казахстана. – 2004. – № 2(37). – С. 149-154.
9. Ибатуллин С.Р., Мустафаев Ж.С., Койбагарова К.Б. Сбалансированное использование водных ресурсов трансграничных рек. – Тараз: 2005. – 111 с.

10. Ибатуллин С.Р., Мустафаев Ж.С., Койбагарова К.Б. Эколого-экономические проблемы использования водных ресурсов трансграничных рек // Наука и образование Южного Казахстана. – 2001. – №26. – С. 212-215.
11. Коваленко Б.Г. Ирригационно-энергетическое использование рек. – Фрунзе: АН Киргизская ССР, 1965. – 239 с.
12. Ковальский В.С. Комбинированное использование ресурсов поверхностных и подземных вод. – М.: Научный мир, 2001. – 321 с.
13. Костяков А.Н., Кутергин В.А. Расчетная обеспеченность орошения // Принципы и методы комплексного использования водных ресурсов малых бассейнов. – М.: АН СССР, 1950. – С. 3-70.
14. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиораций сельскохозяйственных земель. – Тараз, 2004. – 306 с.
15. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиораций сельскохозяйственных земель в Казахстане: Автореферат док. техн. наук. – М., 1992. – 50 с.
16. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиораций сельскохозяйственных земель в Казахстане. – М.: 1997. – 358 с.
17. Мустафаев Ж.С., Ибатуллин С.Р., Койбагарова К.Б. Эколого-экономические проблемы управления водными ресурсами трансграничных рек // Гидрометеорология и экология. – 2001. – №3-4. – С. 145-155.
18. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаева Л.Ж. Критерии устойчивости экологической системы // Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды. – Алматы, 1998. – Часть 2. – С. 212-214.
19. Мустафаев Ж.С., Мустафаев К.Ж., Ешмаханов М.К. Проблемы гидро-экологии: количественная оценка состояния и устойчивости ландшафта. – Тараз: 2010. – 135 с.
20. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Ибатуллин С.Р., Козыкеева А.Т. Модель природы и моделирование природного процесса. – Тараз: 2009. – 190 с.
21. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Ибатуллин С.Р., Козыкеева А.Т., Койбагарова К.Б., Мустафаева Л.Ж., Мустафаев К.Ж., Телеуов О.Т. Методика комплексной оценки ущерба при использовании водных ресурсов трансграничных рек // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №2. – С. 79-89.
22. Мустафаева Л.Ж., Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б. Экологические и экономические обоснования устойчивости природной системы // Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды. – Щучинск: 2002. – С. 212-214.
23. Мустафаева Л.Ж., Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б. Эколого-экономическое обоснование устойчивости природно-технических систем // Проблемы генезиса, плодородия, мелиорации, экологии почв и оценка земельных ресурсов. – Алматы: 2002. – С. 220-222.

24. Мустафаева Л.Ж., Сейдуалиев М.А. Эколого-экономическое использование водных и земельных ресурсов рек (на примере реки Сырдарьи): Аналитический обзор. – Тараз: 2003. – 80 с.
25. Панасенко И.М., Заурбеков А.К., Нарбаев Т.И. Водные ресурсы предгорной зоны Джамбулской области и их оросительная способность // Проектирование и строительство гидротехнических сооружений на оросительных системах. – Ташкент: 1976. – С. 105-114.
26. Раткович Д.Я. Гидрологические основы водообеспечения. – М.: ИВП РАН, 1993. – 428 с.
27. Рекс Л.М. Системные исследования мелиоративных процессов и систем. – М.: 1995. – 192 с.
28. Сарсенбаев М.Х. Гидролого-экологические проблемы орошения в Южном Прибалхашье (на примере рисовых земель). – Алматы: 2001. – 195 с.
29. Фащевский Б.В. Основы экологической гидрологии. – М.: Экономист, 1998. – 239 с.
30. Шавва К.И. Определение оптимальных параметров водохозяйственных объектов и рациональных схем использования водных ресурсов. – Фрунзе: Кыргызстан, 1972. – 251 с.
31. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования. – Киев: Генеза, 1997. – 640 с.

Государственный университет им М.Х. Дулати, г. Тараз

Международный Фонд спасения Арала, г. Алматы

ТОО «НТО Гидротехника и мелиорация», г. Алматы

### **ШЕКАРАЛАС ӨЗЕНДЕРДІҢ СУ ҚОРЫН ПАЙДАЛАНУДЫҢ ШЕКТЕЛГЕН МҮМКІНШІЛІК ШАМАСЫНЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗІ**

|                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| Техн. ғылымд. докторы | Ж.С. Мұстафаев   |
| Техн. ғылымд. канд.   | С.Р. Ибатуллин   |
| Техн. ғылымд. канд.   | Ә.Т. Қозыкеева   |
| Техн. ғылымд. канд.   | Қ.Б. Қойбағарова |
| Экон. ғылымд. канд.   | Қ.Ж. Мұстафаев   |

*Аймақтық өндіріс күшін орналастыру және табиғи қорды пайдаланудың қағидасы мен тұжырымын анықтауға арналған, қоғамның экономикалық, экологиялық және әлеуметтік қызықшылығын есепке ала отырып, шекаралас өзендердің су қорын пайдаланудың шектелген мүмкіншілік шамасының әдістемелік негізі келтірілген.*