

УДК 577.4: 282.25 (574.52)

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
УСТОЙЧИВОСТИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ**

Докт.техн.наук

А.К.Заурбеков

М.С.Тлеубаева

*Развитие отраслей экономики повышает использование водных ресурсов и ухудшает экологическую обстановку природных комплексов в бассейне реки. На основе анализа и обобщения положений, принципов и критериев оценки экологической обстановки, предложена формула, позволяющая ус- танавливать и сопоставлять социально-эколого-экономиче- ские условия, как внутри небольшого региона, так и в мас- штабах государства.*

Экологическая обстановка в бассейнах реки зависит от уровня использования ее водных ресурсов, как на верхних участках, так и на сред- них и нижних ее участках. С уровнем развития отраслей экономики, режим стока рек все более искажается антропогенной деятельностью. Поэтому необходимо анализировать тенденцию изменения водных ресурсов рек по длине водотока. Для оценки динамики изменения водных ресурсов рек по мере продвижения вниз, были приняты следующие расчетные периоды: до 1960 годов; до 1970 годов; до 1980 годов; до 1990 годов.

К тому же анализировались изменения среднееголетних значений расходов рек за 1961 ... 1970 гг., 1971 ... 1980 гг. и 1981 ... 1990 года.

Сведения о среднегодовых расходах рек по разным створам до 1960 годов принимались в качестве базовых. То есть, условно считалось, что до 1960 годов гидрологический режим рек не был искажен хозяйственной деятельностью, что далеко не так [1]. Экологическая обстановка по бас- сейнам рек Жамбылской области на уровень 1960 годов еще не вызвала особых беспокойств.

За анализируемые расчетные периоды были рассчитаны среднеего- летние значения стока реки Шу, таблица 1. Среднееголетние значения

годового стока реки Шу по створам с.Ташуткуль, свх.им.Амангельды, с.Уланбель (Большая Арна и Малая Арна) непрерывно снижались. К примеру, в створе с.Ташуткуль с  $70,6 \text{ м}^3/\text{с}$  (1960) до  $55,1 \text{ м}^3/\text{с}$  (1995 г). Уменьшение стока составляет 23,6%. В створе с.Уланбель, за тот же период по Большой Арне - 55%, а по Малой Арне - 35,4%.

Сопоставление среднемноголетних значений годового стока реки за различные десятилетия показывают, что наибольшее уменьшение стока наблюдалось в 1971...1980 годы (таблица 1). Уменьшение стока, по сравнению с периодом до 1960 годов составляет для створа: с.Благовещенск - 38,0%, клх.им.Чапаева - 38,0%; с.Ташуткуль - 34,5%; свх.им.Амангельды - 53,5% и для с.Уланбель (Большая Арна) - 55,8%. Для с.Уланбель (Малая Арна) приходится на 1981-1990 годы и составляет 79,9%.

Наибольшие расходы реки Шу по створам размещения гидрологических постов также подвержены влиянию хозяйственной деятельности человека. Однако, изменение их в основном зависит от фактора управления водохозяйственными объектами в бассейне реки как на верхних, так и на средних и нижних участках реки. Наибольшие изменения среднемноголетнего значения максимального расхода реки Шу приходится также на 1981...-1990 гг., что составляет 33,6% по отношению к расходу реки до 1960 гг в створе свх.им.Амангельды и 33,4% в створе с.Уланбель (Большая Арна) Хотя за тот же период наибольшие расходы реки в створе с.Благовещенск несколько выше по сравнению с расходами реки до 1960г.(таблица 2).

Отсюда можно заключить, что максимальные расходы реки Шу с уровнем развития отраслей экономики практически не претерпевают значительных изменений. Это особенно важно при проектировании новых или при реконструкции действующих водохозяйственных объектов в водном источнике.

Статистические параметры годовых и наибольших расходов р.Шу рассчитаны согласно СНиП 2.01.14-83 [2]. Анализ показывает, что коэффициенты вариации годового и наибольших расходов реки Шу по мере продвижения вниз возрастают (таблицы 3 и 4). Об изменении значения коэффициента вариации годовых и наибольших расходов реки до 1995 годов по сравнению с 1960 годами, пока нельзя утверждать (хотя тенденция наблюдается), так как имеются надежные данные, только по посту - клх.им.Чапаева.

Среднегодовые значения  
 годовых расходов р.Шу в створах размещения гидрологических постов  
 (в пределах Казахстана) за различные периоды, м<sup>3</sup>/с

№ п/п	Расчет- ные периоды	с. Благовещенск		кв.г. им.Чапаева		с.Ташуткуль		свх. им.Амангельды (с.Фурманово)		с.Уланбель (Большая Арна)		с.Уланбель (Малая Арна)	
		кол-во лет	среднее	кол-во лет	сред- нее	кол-во лет	сред- нее	кол-во лет	сред- нее	кол-во лет	сред- нее	кол-во лет	сред- нее
1.	до 1960	2	59,5	25	71,8	6	70,6	8	79,2	10	24,0	8	11,8
2.	до 1970	2	59,5	33	70,5	8	68,3	16	71,4	19	9,15	18	11,2
3.	до 1980	7	43,4	39	66,6	15	57,8	24	59,8	29	9,65	26	9,41
4.	до 1990	15	47,2	39	66,6	23	55,4	30	55,5	37	9,91	32	8,09
5.	до 1995	20	48,4	39	66,6	27	55,1	35	55,0	42	10,8	37	7,62
6.	за 1961- 1970	-	-	8	66,5	2	61,4	8	63,5	9	7,38	10	10,8
7.	за 1971- 1980	5	36,9	6	44,7	7	45,9	8	36,8	10	10,6	8	5,22
8.	за 1981- 1990	8	50,6	-	-	8	50,8	6	38,0	8	10,8	6	2,37
9.	за 1991- 1995	5	51,7	-	-	4	53,4	5	52,4	5	17,5	5	4,65

Среднегодовое значения  
наибольших расходов р. Шу в створах размещения гидрологических постов  
(в пределах Казахстана) за различные периоды, м<sup>3</sup>/с

№ п/п	Расчетные периоды	с. Благовещенск		кв. им. Чапаева		с. Ташуткуль		свх. им. Амангельды (с. Фурманово)		с. Уланбель (Большая Арна)		с. Уланбель (Малая Арна)	
		кол-во лет	среднее	кол-во лет	среднее	кол-во лет	среднее	кол-во лет	среднее	кол-во лет	среднее	кол-во лет	среднее
1.	до 1960	2	99,0	33	140	11	149	8	214	11	158	10	138
2.	до 1970	2	99,0	41	142	15	146	16	194	21	169	20	138
3.	до 1980	7	95,7	47	151	23	167	24	193	32	161	28	125
4.	до 1990	15	98,6	47	151	31	171	32	180	40	149	34	110
5.	до 1995	20	102	47	151	36	166	35	178	45	152	39	122
6.	за 1961-1970	-	-	8	150,5	4	138,5	8	173	10	183,1	10	137,7
7.	за 1971-1980	5	94,4	6	212,1	8	205,5	8	193	10	142,2	8	93,4
8.	за 1981-1990	8	101,2	-	-	8	182,8	8	141,9	8	103,6	6	42,62
9.	за 1991-1995	5	113,6	-	-	5	135,2	5	162,9	5	174,8	5	204,2

Таблица 3

**Статистические параметры годовых расходов реки Шу  
(по гидрологическим постам в пределах Казахстана)**

№ пп	Гидрологические посты	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>	До 1960 г.		До 1955 г.	
			Средне-годовой расход м <sup>3</sup> /с	Кoeffициент вариации	Средне-годовой расход м <sup>3</sup> /с	Кoeffициент вариации
1	с. Благовещенское	22,0	-	-	48,4	0,23
2	свх. им. Чапаева	26,7	71,8	0,16	66,6	0,22
3	с. Ташуткуль	27,7	-	-	55,1	0,29
4	свх. им. Амангельды (с. Фурманово)	39,5	-	-	55,0	0,41
5	с. Уланбель (Большая Арна)	67,5	-	-	16,5	0,53
6	с. Уланбель (Малая Арна)	-	-	-	7,62	0,80

Таблица 4

**Статистические параметры наибольших расходов реки Шу  
(по гидрологическим постам в пределах Казахстана)**

№ пп	Гидрологические посты	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>	До 1960 г.		До 1955 г.	
			Средне-годовой расход м <sup>3</sup> /с	Кoeffициент вариации	Средне-годовой расход м <sup>3</sup> /с	Кoeffициент вариации
1	с. Благовещенское	22,0	-	-	102	0,24
2	свх. им. Чапаева	26,7	140,0	0,27	151	0,33
3	с. Ташуткуль	27,7	-	-	166	0,32
4	свх. им. Амангельды (с. Фурманово)	39,5	-	-	178	0,37
5	с. Уланбель (Большая Арна)	67,5	-	-	152	0,62
6	с. Уланбель (Малая Арна)	-	-	-	122	0,86

Анализ изменения среднегодовых расходов реки Шу по длине водотока показывает, что наблюдается непрерывное ее уменьшение. Поэтому с периодом развития отраслей экономики нарушается устойчивость экосистемы. И на настоящее время не создан инструментарий по оценке создавшейся экологической устойчивости в бассейне реки.

В принципе, в результате определения фактического (достигнутого) уровня использования водных ресурсов бассейна реки, а также из условия, соблюдается ли назначенный режим экологических (а иногда и санитарных) пульсов, можно оценить создавшуюся экологическую устойчивость на определенной территории (бассейна реки, участке реки или какой-либо другой единице площади). Однако, на настоящее время тяжелую экологическую ситуацию никак нельзя оценить конкретно и однозначно. Причем, создавшаяся тяжелая экологическая ситуация, вызванная загрязнением или истощением водных ресурсов (чаще оба фактора выступают одновременно), оценивается ущербом, нанесенным окружающей среде. При загрязнении водных ресурсов экологическую обстановку можно оценить критерием ПДК [3-5] и др. (Этот критерий позволяет оценить на каком участке реки или регионе, состояние водных ресурсов относительно чище или более загрязнены). А вот при истощении водных ресурсов ухудшение экологической устойчивости никак нельзя однозначно оценить, так как не разработан критерий по его оценке.

Причем, истощение или же загрязнение водных ресурсов сопровождается и другими негативными последствиями (ухудшение социальных условий, экономических характеристик определенного региона и другие) [6-8] и др.

С другой же стороны, загрязнение и истощение водных ресурсов оказывают влияние и на загрязнение других видов природных ресурсов. К примеру, повышение минерализации атмосферного воздуха при усыхании Аральского моря. Ухудшаются состояние и продуктивность растительного и животного мира и др. [9 и др.]

Загрязнение атмосферного воздуха оценивается также показателем (критерием) ПДК [5].

Таким образом, надо разработать интегральный показатель по количественному учету загрязнения окружающей среды, учитывающей суммарное загрязнение от истощения и загрязнения водных ресурсов. Причем, этот показатель должен учитывать ухудшение состояния или загрязнения и других видов природных ресурсов (атмосферного воздуха, растительного, животного мира и других), ухудшение социальных условий жизни населения, а также состояние экономических и народнохозяйственных показателей региона.

К настоящему времени имеются отдельные подходы к разработке интегрального показателя количественной оценки степени загрязнения и опасности загрязняющих веществ [5,10 и др].

Заслуживает внимания показатель, применяемый в работе [10]:

$$X = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (1)$$

где:  $X$  – показатель загрязнения,  $C_i$  – концентрация  $i$ -го ингредиента;  $\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация данного  $i$ -го ингредиента в среде.

Такой вид показателя очень удобно использовать для оценки загрязнения атмосферного воздуха и водной среды. Если количество загрязняющих веществ несколько или их множество, то полученные показатели можно суммировать. Причем, степень (уровень) загрязнения окружающей среды можно классифицировать по широко применяемым для оценки загрязнения водной среды принципам [11]:

- если уровень загрязнения равен или больше 10 ПДК, то это высокое загрязнение;
- если же равен или больше 100 ПДК, то это экстремально высокое загрязнение.

Если указанный принцип переложить на показатель загрязнения, то получится: если  $X \geq 10$ , то это высокое загрязнение; если  $X \geq 100$ , то это экстремально высокое загрязнение.

Необходимо подчеркнуть: показатель загрязнения  $X$  удобно применять для тех ингредиентов, где лимитируются количественные показатели по принципу «не более». Если же количественные показатели лимитируются по принципу «не менее», то показатель загрязнения нужно принимать как:

$$X_i = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}. \quad (2)$$

Причем, оценка уровня загрязнения окружающей среды может производиться и по другому принципу (предлагается следующее: высокое загрязнение не  $10X$ , а  $2X$ ; экстремально высокое загрязнение не  $100X$ , а  $20X$ ).

Чтобы привести показатели загрязнения к общему сопоставимому виду, можно воспользоваться:

$$\Phi_i = \sum_{i=1}^n X_i + \lambda \sum_{j=1}^k X_{ij}, \quad (3)$$

где:  $\Phi_n$  – общий показатель загрязнения окружающей среды;  $X_i$  – показатель загрязнения окружающей среды по  $i$ -му ингредиенту;  $n$  – количество ингредиентов, количественные показатели которых лимитированы по принципу «не более»;  $X_{ij}$  – показатель загрязнения окружающей среды по  $j$ -му ингредиенту;  $k$  – количество ингредиентов, количественные показатели которых лимитированы по принципу «не менее»;  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий приведение к сопоставимому виду ингредиентов, количественные показатели которых лимитированы по принципу «не менее» с ингредиентами, количественные показатели которых лимитированы по принципу «не более». Ориентировочно  $\lambda = 2 \dots 10$ .

Влияние улучшения уровня загрязнения окружающей среды на социальные условия жизни населения на основе подсчета ущербов теоретически оценить еще возможно. Однако, достоверно определить очень трудно. Поэтому, предлагается ввести показатель – фактический уровень социальных условий жизни населения в зоне загрязненного региона:

$$\Phi_{с.у.г} = \frac{З_{с.у.}^k}{З_{с.у.}^ф}, \quad (4)$$

где:  $\Phi_{с.у.г}$  – фактический уровень социальных условий жизни населения;  $З_{с.у.}^k$  – суммарные затраты (из госбюджета) на социальные условия жизни населения в контрольном (благополучном) регионе. (тенге). Может приниматься среднегосударственное значение или же среднемировые размеры.  $З_{с.у.}^ф$  – фактические затраты государства на развитие социальных сфер жизни населения в загрязненном регионе, (тенге).

Очевидно, для выравнивания удельных весов различных слагающих социально-эколого-экономических условий рассматриваемого региона, дополнительно к фактическому уровню социальных условий жизни населения необходимо ввести весовые коэффициенты  $\lambda_1$ . Размеры весовых коэффициентов можно принимать в пределах  $\lambda_1 = 5 \dots 10$ , так как социальные условия жизни населения являются важнейшим компонентом благополучности региона, развития государства. Таким образом:

$$\Phi_{с.у.} = \lambda_1 \cdot \frac{З_{с.у.}^k}{З_{с.у.}^ф}, \quad (5)$$

где:  $\Phi_{с.у.}$  – социальные условия жизни населения.



К экономическому ущербу относятся: ухудшение здоровья населения, ущербы коммунальному, сельскому, рыбному и лесному хозяйству, промышленности и другим подразделениям отраслей экономики.

Ухудшение здоровья населения в основном оценивается путем подсчета ущербов от загрязнения среды /10/.

Размеры ущербов не позволяют оценить уровень ухудшения здоровья населения, то есть влияние уровня загрязнения окружающей среды на уровень здоровья населения региона. Поэтому предлагается введение показателя фактического уровня ухудшения здоровья населения проживающего (выполняющего производственную деятельность) в зоне влияния загрязняющих объектов:

$$\Phi_{\text{з}} = \frac{Y_{\text{з}}^{\Phi}}{Y_{\text{з}}^{\text{К}}}, \quad (6)$$

где:  $\Phi_{\text{з}}$  – фактический уровень ухудшения здоровья населения;  $Y_{\text{з}}^{\Phi}$  – фактические затраты населения на поддержание своего здоровья, проживающего в загрязненном районе, тенге;  $Y_{\text{з}}^{\text{К}}$  – фактические затраты населения на поддержание здоровья в контрольном районе [либо затраты населения на поддержание здоровья в том же загрязненном районе, но при условии отсутствия загрязняющего(-щих) объекта(-гов)], тенге.

Оценка ухудшения экономических показателей в основном производится на основе подсчета ущербов, наносимых отдельным отраслям экономики от загрязнения окружающей среды /6, 10/. Не останавливаясь на приемах подсчета ущербов отраслям экономики, непосредственно перейдем на вопросы оценки уровня ухудшения экономических показателей загрязненного региона. Предполагается показатель:

$$\Phi_{\text{э.б}} = \eta \cdot \frac{D^{\text{К}}}{D^{\Phi}}, \quad (7)$$

где:  $\Phi_{\text{э.б}}$  – фактический уровень экономической благополучности региона;  $D^{\text{К}}$  – национальный доход на одного работающего в контрольном районе (благополучном районе), тенге. Могут приниматься среднесоциальные или же среднемировые размеры дохода;  $D^{\Phi}$  – фактический национальный доход на одного работающего в загрязненном районе, тенге;  $\eta$  – весовой коэффициент, учитывающий народнохозяйственное значение отраслей экономики развиваемых в дан-

ном регионе. Размеры весовых коэффициентов можно принимать в пределах 2...10.

Достоверное определение размера фактического уровня экономической благополучности региона можно устанавливать при помощи подсчета ущербов каждой отрасли экономики. К примеру, по такой зависимости:

$$\Phi_{ЭБ} = \sum_{j=1}^I \frac{Y_j^{\Phi}}{Y_j^R}, \quad (8)$$

где:  $Y_j^{\Phi}$  - фактический экономический ущерб  $j$ -ой отрасли экономики в результате загрязнения окружающей среды, тенге;  $Y_j^R$  - фактический экономический ущерб  $j$ -ой отрасли экономики в контрольном (благополучном) районе, тенге. Почему фактический экономический ущерб в контрольном районе? Да потому, что нет в Республике Казахстан относительно благополучного региона.

Таким образом, оценку ухудшения социально-эколого-экономических условий региона можно определить как:

$$\Phi_{СЭЭ} = \Phi_{Э} + \Phi_{С.У.} + \Phi_{Э.У.} = \Phi_{Э} + \Phi_{С.У.} + \Phi_{Э} + \Phi_{ЭБ}. \quad (9)$$

где:  $\Phi_{СЭЭ}$  - фактический уровень социально-эколого-экономической благополучности региона;  $\Phi_{Э}$  - фактический уровень экологической благополучности региона,  $\Phi_{С.У.}$ ,  $\Phi_{Э.У.}$  - соответственно фактические уровни социальных и экономических условий региона.

#### Выводы:

Анализ динамики изменения гидрологического режима реки Шу (годовых и максимальных расходов воды) в створах расположения гидрологических постов по длине водотока за многолетний период показывает, что среднегодовые значения стока по мере развития отраслей экономики непрерывно снижались. Приток воды в их низовья непрерывно уменьшался. То есть, развитие отраслей экономики вызывает возрастание уровня использования водных ресурсов бассейна реки и, как следствие, ухудшение экологической и соответственно социальной и экономической ситуации в низовьях. Все это требует разработки специального критерия по оценке социально-эколого-экономической обстановки рассматриваемого района.

Имеются критерии по оценке в отдельности экологического, экономического и социального условий конкретного района. Предлагаются отдельные обобщенные критерии. Однако, интегральный показатель не разработан. Социально-эколого-экономическую обстановку рассматриваемого

района предлагается оценивать по разработанному критерию (зависимость 9). Использование предлагаемого критерия позволяет сопоставить социально-эколого-экономические условия внутри одного бассейна реки, региона, области или же в целом по территории одного или нескольких государств. Причем, не требует разработки и внедрения в существующую государственную отчетность дополнительных показателей, прост в использовании в массовых технико-экономических и в других расчетах.

### Литература

1. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Часть I и II. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 691 с.
2. СНиП 2.01.14 – 83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1985. – 36с.
3. Дружинин И.П., Шишкин А.И. Статистические модели прогноза качества воды. // Гидротехника и мелиорация. 1987. – № 1. – с.64-67.
4. Методика расчета предельно допустимых сбросов /ПДС/ веществ в водные объекты со сточными водами. – Харьков: ВНИИВО, 1990. – 113 с.
5. Пособие по составлению раздела проекта /рабочего проекта/ «Охрана окружающей среды»/ и СНиП 02.01.85 /. – М.: ЦНИИпроект, 1988. – 187 с.
6. Грин Г.Д., Демин Д.П., Федоров Б.Г. Канал Иртыш–Караганда /Водохозяйственные, социально-экономические и экологические аспекты/ - М.: Наука, 1987. – 135 с.
7. Мухамедов А.М. О рациональном и экономном использовании воды в республиках Средней Азии. // Вестник сельскохозяйственной науки. 1989. – №9. – с.119-123.
8. Турсунов А.А. Аральская катастрофа и климатические тенденции в Центральной Азии. //Водные проблемы аридных территорий. Труды института водных проблем АН РУз. – Ташкент; ГПП «Узбекгидрогеология». – 1995. Вып.3. – с.28-48.
9. Гидрометеорологические проблемы Приаралья. –Л.:Гидрометеиздат, 1990.
10. Балацкий О.Ф., Мельник Л.Г., Яковлев А.Ф. Экономика и качество окружающей среды. - Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 191 с.
11. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. 1985г. – Алма-Ата, 1986.- 289 с.

Таразский государственный университет им.М.Х.Дулати

## ӨЗЕН АЛАБЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҮРАҚТЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ

Техн.ғыл.докт.

А.К. Заурбеков  
М.С. Тлеубаева

Экономика салаларының дамуы пайдаланудың өсуі мен өзен алабының табиғи кешендерінің экологиялық тұрақтылығының нашарлауына әкеліп соғады. Экологиялық жағдайды бағалау мәселелері мен критерийлері және негіздерін саралай келе, кішігірім аймақтар аумағында ие болмаса мемлекет көлемінде әлеуметтік-экологиялық-экономикалық жағдайларды анықтауға және оларды салыстыруға мүмкіндік беретін формула ұсынған.