

УДК 556.18

Ж. С. Мустафаев¹, Л. М. Рыскулбекова²

¹Д.т.н., профессор, профессор кафедры «водные ресурсы и мелиорация»
(Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан)

²Докторант PhD кафедры «водные ресурсы и мелиорация»
(Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан)

ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТЬ НА ТЕРРИТОРИЯХ ВОДОСБОРОВ БАСЕЙНА РЕКИ ИЛЕ

Аннотация. Для оценки водообеспеченности территории водосбора бассейна реки разработана математическая модель экологического показателя удельной водообеспеченности ($ЭРВ$) и водного стресса (VS_i) с учетом геоэкологических ограничений, обеспечивающих экологическую устойчивость водной экосистемы. За основу расчетов взяты многолетние информационно-аналитические материалы Балкаш-Алакольской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. По объему водопотребления отраслями экономики Илейского водохозяйственного бассейна определены интегральные показатели водообеспеченности в разрезе водохозяйственных участков.

Ключевые слова: водосбор, бассейн, река, водообеспеченность, вода, стресс, устойчивость, модель, экосистемы.

Введение. В системе экономики Казахстана бассейн реки Иле представляет собой многоотраслевой хозяйственный комплекс, который имеет экологически опасные предприятия добывающей отрасли и цветной металлургии. В бассейне также находятся предприятия машиностроения, химической, пищевой и легкой промышленности. Экологически опасные предприятия в основном располагаются в Балкаше (производство меди), в Талдыкоргане (завод по выпуску аккумуляторов), Текели (добывающая промышленность), Капшагае (строительные материалы) и Алматы (машиностроение и металлургия).

Особенности водопользования на водосборах бассейна реки Иле различными отраслями экономики оказывают влияние на экологическое состояние водной системы, которое требует всесторонней оценки с позиции водопотребления отрасли экономики.

Цель исследования. На основе анализа природных и социально-экономических условий на территориях водосборов бассейна реки Иле определить проблемы и задачи развития водного хозяйства в регионе.

Объекты исследования. Водосбор бассейна реки Иле как единая средообразующая система расположен в Казахстане и Китайской Народной Республике. При этом 65% речного стока реки формируется на сопредельной территории Синьцзян-Уйгурского автономного района (СУАР) Китайской Народной Республики [1].

Река Иле берет начало на ледниках Музарт в Центральном Таниртау (Казахстан) как исток реки Текес, затем течет по территории КНР, где сливается с реками Кунес и Каш, на 250-м км от слияния снова входит в пределы Республики Казахстан и на 1001-м км впадает в озеро Балкаш [1].

Общая длина реки Иле 1439 км, в Казахстане – 815 км. Общая площадь бассейна реки Иле – 140 тыс. км², то есть примерно 75 % водосборной площади озера Балкаш, из них 77 400 км² – на территории республики. Стокоформирующая часть бассейна реки Иле расположена на территории Китайской Народной Республики, где гидрографическая сеть достаточно развита и составляет от 0,60 до 3,00 км/км². Густота ее убывает в средней и нижней частях водосбора бассейна реки Иле до 0,01 км/км², имеются обширные пространства, полностью лишенные поверхностного стока, активной



Карта водосборной территории бассейна реки Иле.
 Административные районы: 2 – Балкашский; 8 – Кербулакский; 9 – Панфиловский; 11 – Илейский;
 14 – Енбекшиказахский; 15 – Уйгурский; 17 – Талгарский; 13 – город Капшагай

здесь является лишь левобережная часть водосбора бассейна реки Иле. В Казахстане формируется порядка 30% водных ресурсов реки Иле. Кроме рек Шарын и Шелек, в левобережной части бассейна в среднем течении р. Иле принимает еще ряд горных рек: Турген, Есик, Талгар, Каскелен с притоками Киши и Улкен Алматы. В правобережной части наиболее крупными притоками Иле являются реки Коргас, Усек и Борохудзир, стекающие с южных склонов Жетысу Алатау (см. рисунок) [1].

Материалы и методы исследований. При исследованиях за основу взяты многолетние информационно-аналитические материалы Балкаш-Алакольской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан по объему водопотребления отраслями экономики Илейского водохозяйственного бассейна. Территория водосбора бассейна реки Иле подразделяется на два участка: верховье и низовье, которые выделены на основе геоморфологической схематизации с административным делением в разрезе районов Алматинской области (таблица 1).

Ограничения водопользования на территориях водосбора бассейна реки Иле определяются не только природными характеристиками формирования речного стока, но и величиной антропогенной нагрузки на реки. Для определения уровня водообеспеченности И. А. Шикломанов предложил показатель удельной водообеспеченности (тыс. м³/год на человека, или км³/год на млн человек), который определяет не только дефицит водных ресурсов, а также позволяет судить в целом о состоянии водных ресурсов в естественных условиях их формирования и функционирования [2].

При этом показатель удельной водообеспеченности (PB) на водосборных территориях речных бассейнов определяется по формуле [2]

$$PB = (W_{op} - W_{бвв}) / N,$$

где W_{op} – реальные водные ресурсы речных бассейнов, км³/год; $W_{бвв}$ – безвозвратное водопотребление, км³/год; N – численность населения.

Таблица 1 – Илейский бассейн в разрезе водохозяйственных участков с административным делением

№ п/п	Водохозяйственный участок	№	Административные районы	Площадь, км ²
I	Верховья Иле	14	Енбекшиказахский	8300,0
		17	Талгарский	3700,0
		15	Уйгурский	8787,0
		8	Кербулакский	11 500,0
		9	Панфиловский	10 600,0
		13	Г. Капшагай	3654,03
Всего				46 541,03
II	Низовья Иле	2	Балкашский	37 400,0
		11	Илейский	7800,0
Всего				45 200,0
Итого				91 741,03

По классификации И. А. Шикломанова, если показатель удельной водообеспеченности $PB < 1,0$ – это катастрофически низкая водообеспеченность; $PB = 1,01-2,00$ – очень низкая водообеспеченность; $PB = 2,01-5,00$ – низкая водообеспеченность; $PB = 5,01-10,00$ – средняя водообеспеченность; $PB = 10,01-20,00$ – высокая водообеспеченность; $PB > 20,00$ – очень высокая водообеспеченность [2].

Анализ работы по охране и сохранению природного комплекса водосборных территорий и водных объектов показывает, что водные ресурсы водотоков и водоемов нельзя целиком использовать на нужды отраслей экономики. Значительную часть их необходимо оставлять в виде экологического стока в речных системах для сохранения экосистем, обеспечивающих воспроизводство ценной водной и околоводной флоры и фауны, то есть пойменных лугов, озерных систем и околоводных млекопитающих [3–6]. В результате возникает острая необходимость в количественной оценке резервируемых в реках водных ресурсов для экологических нужд, и тогда экологический показатель удельной водообеспеченности ($\mathcal{E}PB$) водосборных территорий речных бассейнов определяется по формуле

$$\mathcal{E}PB = \{ [W_{op} \cdot (1 - \alpha_s) - W_{бвв}] \} / N,$$

где α_s – коэффициент, характеризующий экологический сток в речных системах, который определяют в пространственно-временном масштабе.

В современной науке о воде широко используются термины «водный стресс» (water stress). В соответствии с Всемирной программой оценки воды ($WWAP$) водный стресс определяется как ситуация нехватки воды удовлетворительного качества для обеспечения нужд людей и окружающей среды. Оценка водного стресса определяется как отношение водозабора из водных источников к доступным возобновляемым водным ресурсам. Если это отношение менее 10 %, то водного стресса нет, от 10 до 20 % – слабая нехватка воды, 20–40 % – умеренная, более 40 % – высокий уровень нехватки воды (водный стресс) [7].

Для оценки «водного стресса» водосбора речных бассейнов с учетом геоэкологических ограничений, обеспечивающих экологическую устойчивость природной системы и формирование гидрологического стока в условиях антропогенной деятельности, предложена следующая математическая модель:

$$VS_i = \frac{\sum_{i=1}^n W_{ri}}{W_{cvi} \cdot (1 - \alpha_s)},$$

где VS_i – показатель водного стресса j -го водохозяйственного участка; W_{ri} – объем водопотребления i -го административного района j -го водохозяйственного участка; W_{cvi} – объем стока, поступающего с j -го водохозяйственного участка; n – количество административных районов и городов, которые находятся на территории j -го водохозяйственного участка.

Результаты исследования. На основе информационно-аналитических материалов Балкаш-Алакольской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, охватывающих 2002–2017 годы, проанализировано использование водных ресурсов в отраслях экономики на территориях водосбора бассейна реки Иле в разрезе водохозяйственных участков и административных районов Алматинской области, включающих жилищно-коммунальное хозяйство, промышленность и сельское хозяйство (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика водопользования в разрезе административных районов в водосборах бассейна реки Иле, млн м³

Административный район	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Жилищно-коммунальное хозяйство (услуги)</i>								
Верховья водосбора реки Иле								
Енбекшиказахский	3,35	2,66	2,70	2,52	2,73	2,45	4,63	4,81
Талгарский	4,53	4,88	4,66	4,92	4,70	4,92	4,59	5,66
Уйгурский	1,04	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Кербулакский	0,64	0,65	0,32	0,27	0,71	0,79	0,83	0,80
Панфиловский	1,75	1,83	1,81	2,56	2,73	2,60	3,16	3,11
Г. Капшагай	5,00	5,39	5,42	5,62	7,95	7,61	5,56	6,12
Всего	16,31	16,09	14,91	15,89	18,82	18,37	18,77	20,50
Низовья водосбора реки Иле								
Балкашский	0,01	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Илейский	2,34	5,20	3,53	4,55	5,04	5,26	5,73	7,12
Всего	2,35	6,16	3,53	4,55	5,04	5,26	5,73	7,12
Итого	18,66	22,25	18,44	20,44	23,86	23,63	24,50	27,62
<i>Промышленность</i>								
Верховья водосбора реки Иле								
Енбекшиказахский	0,62	0,87	0,96	1,92	2,04	2,12	1,30	1,11
Талгарский	1,08	0,80	1,42	1,54	1,70	1,43	1,74	1,29
Уйгурский	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Кербулакский	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01	0,05	0,03	0,06
Панфиловский	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Г. Капшагай	8,90	8,92	9,19	7,55	7,81	7,21	7,42	6,21
Всего	10,63	10,61	11,63	11,03	11,57	10,82	10,50	8,68
Низовья водосбора реки Иле								
Балкашский	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Илейский	3,90	4,82	5,30	6,23	5,98	4,88	6,55	5,78
Всего	3,90	4,82	5,30	6,23	5,98	4,88	6,55	5,78
Итого	14,53	15,43	16,96	17,26	17,55	15,70	17,05	14,46
<i>Сельское хозяйство</i>								
Верховья водосбора реки Иле								
Енбекшиказахский	598,8	686,5	816,3	634,4	594,1	514,7	671,0	678,9
Талгарский	97,91	86,05	105,5	70,22	97,70	78,50	86,95	121,6
Уйгурский	148,4	135,1	141,4	134,2	162,3	155,3	133,7	133,9
Кербулакский	109,3	106,1	113,1	119,2	132,9	127,6	133,5	111,7
Панфиловский	304,1	317,2	330,5	305,7	322,1	326,7	343,4	366,3
Г. Капшагай	25,50	37,95	41,71	43,33	45,38	63,07	66,66	52,80
Всего	1284,0	1368,9	1548,5	1307,1	1354,5	1265,9	1435,2	1465,2
Низовья водосбора реки Иле								
Балкашский	628,6	632,3	631,4	631,3	630,1	630,1	630,1	630,1
Илейский	29,50	32,19	104,7	68,58	99,3	98,7	108,8	150,1
Всего	658,1	644,5	736,1	699,9	729,4	728,8	738,9	780,2
Итого	1942,1	2033,4	2284,6	2007,0	2083,9	1994,7	2174,1	2245,4

Продолжение таблицы 2

Административные районы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Жилищно-коммунальное хозяйство (услуги)</i>								
Верховья водосбора реки Иле								
Енбекшиказахский	4,85	4,45	4,35	5,15	5,42	4,93	4,69	
Талгарский	4,52	5,95	5,49	5,53	5,80	8,26	7,99	
Уйгурский	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Кербулакский	0,52	0,45	0,45	0,44	0,71	0,65	0,68	
Панфиловский	3,07	2,79	3,20	1,90	3,41	3,92	3,21	
Г. Капшагай	6,76	6,47	6,66	7,00	7,18	6,32	5,86	
Всего	19,72	20,11	20,15	20,02	22,52	24,08	22,43	
Низовья водосбора реки Иле								
Балкашский	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	
Илейский	6,23	5,83	5,67	6,25	5,86	6,24	7,15	
Всего	6,23	5,83	5,67	6,25	5,86	6,24	7,56	
Итого	25,95	25,94	25,82	26,27	28,38	30,32	29,99	
<i>Промышленность</i>								
Верховья водосбора реки Иле								
Енбекшиказахский	0,66	1,15	0,08	1,00	0,84	0,88	1,30	1,31
Талгарский	1,41	1,47	1,45	1,63	1,27	1,30	1,60	1,32
Уйгурский	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Кербулакский	0,07	0,08	0,06	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00
Панфиловский	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Г. Капшагай	9,37	7,88	6,07	5,38	6,54	7,38	12,01	9,54
Всего	11,52	10,58	7,66	8,06	8,65	9,59	14,91	12,17
Низовья водосбора реки Иле								
Балкашский	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Илейский	5,08	5,38	6,05	7,20	6,35	7,87	8,11	9,10
Всего	5,08	5,38	6,05	7,20	6,35	7,87	8,11	9,10
Итого	16,60	15,96	13,71	15,26	15,00	17,39	23,02	21,27
<i>Сельское хозяйство</i>								
Верховья водосбора реки Иле								
Енбекшиказахский	560,9	612,4	660,6	622,0	672,1	698,4	695,2	695,1
Талгарский	109,5	108,2	110,3	114,8	111,1	108,8	71,4	63,0
Уйгурский	412,5	152,6	161,1	160,1	161,8	160,2	168,3	147,5
Кербулакский	99,2	108,6	94,7	121,1	122,5	142,3	125,5	114,4
Панфиловский	315,5	371,7	351,6	381,1	435,4	490,7	478,7	492,3
Г. Капшагай	55,91	64,79	63,64	60,77	66,20	55,86	42,49	53,00
Всего	1553,5	1418,3	1441,9	1521,0	1569,1	1656,3	1581,6	1565,3
Низовья водосбора реки Иле								
Балкашский	503,6	500,1	500,1	503,5	504,1	504,1	503,6	503,6
Илейский	101,5	103,1	98,3	99,9	88,0	100,0	74,5	77,9
Всего	605,1	603,2	598,4	603,4	592,1	604,1	578,1	581,5
Итого	2158,6	2021,5	2883,8	2124,4	2161,2	2260,4	2159,7	2146,8

В рассматриваемый период с 2002 по 2017 год на территориях водосбора бассейна реки наибольшие объемы забранной воды, то есть 98,0–98,8 %, используются на сельскохозяйственные нужды, в производственных целях потребляется 0,30–0,70 % и на хозяйственно-питьевые нужды – 1,30–1,70 %. Таким образом, основным водопотребителем на водосборных территориях бассейна реки Иле является сельское хозяйство, то есть регулярное орошение, где необходимость его определяется расположением в полуаридной и аридной зонах.

На водосборных территориях бассейна реки Иле расположены 7 административных районов: Енбекшиказахский, Талгарский, Уйгурский, Кербулакский, Панфиловский, Балкашский и Илейский

Алматинской области и город Капшагай. Численность населения в пределах бассейна с 2002 по 2017 год увеличилась с 809 252 до 1 0485 66 человек, что необходимо учитывать при оценке водообеспеченности в разрезе водохозяйственных участков (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика численности населения в разрезе административных районов в водосборах бассейна реки Иле

Административный район	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Верховья водосбора реки Иле								
Енбекши-казахский	203964	204142	204517	204703	204845	207041	211510	215528
Талгарский	133975	135555	137836	140590	143579	146673	150699	153880
Уйгурский	63810	63904	63904	63867	63778	63668	63765	64504
Кербулакский	92516	91917	91400	90538	90259	90466	91028	91690
Панфиловский	114717	115128	115594	116233	116810	117652	118497	119509
Г. Капшагай	45078	45994	47606	50080	50703	51667	53082	54449
Всего	654060	658201	660857	666011	669974	545167	688581	641560
Низовья водосбора реки Иле								
Балкашский	30832	30740	60501	30231	30166	30179	30082	30043
Илейский	124360	126654	130543	133938	136984	141289	145485	149125
Всего	155192	157394	191044	164169	171664	171468	175567	179168
Итого	809252	815595	851901	830180	841638	716635	864148	820728

Продолжение таблицы 3

Административный район	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	10	11	12	13	14	15	16	17
Верховья водосбора реки Иле								
Енбекши-казахский	261283	266616	272637	278552	283556	288022	291950	294446
Талгарский	173923	177650	181439	184845	189359	183908	186552	187668
Уйгурский	61293	61754	61871	62319	62710	63280	63374	63419
Кербулакский	87053	88178	88720	89243	89768	90446	91053	91072
Панфиловский	114375	116178	117530	119938	122136	124695	125886	126992
Г. Капшагай	53646	54956	56033	56868	57525	59052	60230	60892
Всего	751573	765332	778230	791765	805054	809403	819045	824489
Низовья водосбора реки Иле								
Балкашский	30101	30319	30259	30404	30764	31134	31290	31367
Илейский	176020	181740	187915	191890	196961	188900	190429	192710
Всего	179030	212059	218174	222294	227725	220034	221719	224077
Итого	930603	977391	996404	1014059	1032779	1029437	1040764	1048566

Для определения коэффициента, характеризующего экологический сток речных систем, использован методологический подход для оценки предельно допустимого использования водных ресурсов и экологических норм попусков воды в низовьях рек Ж. С. Мустафаева и К. Ж. Мустафаева [3]. Для горных и предгорных рек Юго-Восточного Казахстана на примере водосбора бассейна реки Шу на основе многоцелевых прогнозных расчетов установлены их значения 0,35. Они использованы для определения экологических показателей удельных водообеспеченностей в водосборных территориях бассейна реки Иле.

На основе данных таблиц 2 и 3, характеризующих уровень водопользования в отраслях экономики и численность населения, определены экологические показатели удельной водообеспеченности в водосборных территориях бассейна реки Иле по водохозяйственным участкам (таблица 4). Они показали, что в верховьях водосбора реки Иле они колеблются от 4,579 до 15,627, что

соответствуют значениям от низкой водообеспеченности до высокой в зависимости от водности реки. В низовьях водосбора реки Иле их количественные значения варьируют от 29,541 до 84,619, что показывает очень высокую водообеспеченность.

Таблица 4 – Экологические показатели удельной водообеспеченности Илейского водохозяйственного бассейна

Годы	Илейский водохозяйственный бассейн					
	Верховья водосбора реки Иле			Низовья водосбора реки Иле		
	Реальные водные ресурсы W_{op} , км ³	Безвозвратное водопотребление $W_{бвв}$, км ³	Показатели удельной водообеспеченности ЭРВ	Реальные водные ресурсы W_{op} , км ³	Безвозвратное водопотребление $W_{бвв}$, км ³	Показатели удельной водообеспеченности ЭРВ
2002	17,740	1,311	15,627	21,200	0,664	84,619
2003	16,090	1,396	13,773	18,760	0,655	73,497
2004	13,460	1,575	10,535	17,337	0,745	55,099
2005	13,220	1,334	10,899	15,043	0,704	55,328
2006	13,950	1,385	14,096	15,839	0,743	55,861
2007	13,610	1,295	10,976	14,504	0,739	50,811
2008	9,690	1,464	6,941	13,376	0,751	45,390
2009	12,040	1,494	9,878	12,494	0,787	40,972
2010	18,870	1,585	14,221	22,677	0,616	78,905
2011	14,730	1,446	10,625	18,748	0,614	54,585
2012	10,920	1,470	7,234	13,058	0,610	36,136
2013	10,160	1,549	6,383	13,182	0,617	35,817
2014	8,132	1,600	4,579	11,064	0,604	29,541
2015	12,546	1,670	8,016	11,413	0,618	30,911
2016	19,026	1,619	13,123	21,266	0,594	59,057

При этом следует отметить, что очень высокая водообеспеченность в низовьях водосбора бассейна реки Иле объясняется, с одной стороны, наличием Капшагайского водохранилища, обеспечивающего гарантированный попуск стока, а с другой – очень низкой численностью населения, что связано с неблагоприятными природно-климатическими условиями для жизни человека.

Таблица 5 – Показатели «водного стресса» в водосборных территориях бассейна реки Иле

Годы	Илейский водохозяйственный бассейн					
	Верховья водосбора реки Иле			Низовья водосбора реки Иле		
	Реальные водные ресурсы W_{op} , км ³	Безвозвратное водопотребление $W_{бвв}$, км ³	Показатели «водного стресса» VS_i , %	Реальные водные ресурсы W_{op} , км ³	Безвозвратное водопотребление $W_{бвв}$, км ³	Показатели «водного стресса» VS_i , %
2002	17,740	1,311	11,37	21,200	0,664	4,82
2003	16,090	1,396	13,34	18,760	0,655	5,37
2004	13,460	1,575	18,00	17,337	0,745	6,61
2005	13,220	1,334	15,53	15,043	0,704	7,20
2006	13,950	1,385	15,27	15,839	0,743	7,21
2007	13,610	1,295	14,60	14,504	0,739	7,84
2008	9,690	1,464	23,24	13,376	0,751	7,96
2009	12,040	1,494	19,08	12,494	0,787	9,06
2010	18,870	1,585	12,91	22,677	0,616	7,59
2011	14,730	1,446	15,11	18,748	0,614	4,16
2012	10,920	1,470	22,83	13,058	0,610	5,00
2013	10,160	1,549	23,45	13,182	0,617	7,27
2014	8,132	1,600	30,30	11,064	0,604	7,04
2015	12,546	1,670	20,49	11,413	0,618	8,33
2016	19,026	1,619	13,09	21,266	0,594	4,29

На основе данных, представленных в таблицах 1 и 4, выполнены прогнозные расчеты для оценки «водного стресса» в водосборных территориях бассейна реки Иле по водохозяйственным участкам, которые показаны в таблице 5.

Как видно из таблицы 5, показатели «водного стресса» в верховьях водосбора реки Иле за рассматриваемые годы колеблются от 11,37 до 30,30, что говорит о наличии слабой и умеренной нехватки воды. В низовьях водосбора реки Иле «водного стресса» не наблюдается, так как показатели «водного стресса» здесь изменяются от 4,29 до 9,06.

Выводы. Расположение в аридной и полуаридной зоне, а также особенности формирования гидрологического стока в водосборных территориях бассейна реки Иле наряду с социально-экономическими условиями определяют уровень водобеспеченности водохозяйственных участков, требуют координации водохозяйственной деятельности, чтобы не допустить возможных негативных изменений в водотоках и водоемах, выполняющих важные экологические функции в Иле-Балкашском бассейне, то есть для обеспечения природно-экологической устойчивости и безопасности функционирования озера Балкаш как географического водного объекта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В. и др. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. – Алматы: Канагат, 2014. – Т. 1. – 742 с.
- [2] Водные ресурсы России и их использование / Под ред. И. А. Шикломанова. – СПб.: Государственный гидрологический институт, 2008. – 600 с.
- [3] Мустафаев Ж.С., Мустафаев К.Ж. Методологические основы оценки предельно допустимого использования природных ресурсов (аналитический обзор). – Тараз, 2011. – 45 с.
- [4] Бурлибаев М.Ж., Фащевский Б.В., Опп К. и др. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана. – Алматы: Издательство «Канагат», 2014. – 408 с.
- [5] Мустафаев К.Ж. Методологические основы экологической оценки емкости природных систем. – Тараз: Формат-Принт, 2014. – 316 с.
- [6] Мустафаев К.Ж., Маимеков З.К. Экологические услуги в речных бассейнах. – Тараз: Формат-Принт, 2015. – 146 с.
- [7] Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. – М.: Наука, 2006. – 221 с.

REFERENCES

- [1] Burlibaev M.Zh., Amirgaliev N.A., Shenberger I.V. e.a. Problems of pollution of the main transboundary rivers of Kazakhstan. Almaty: Kanagat, 2014. Vol. 1. 742 p. (in Russ.).
- [2] Water resources of Russia and their use / Edited by I. A. Shiklomanov. St.-Petersburg: State Hydrological Institute, 2008. 600 p. (in Russ.).
- [3] Mustafayev J.S., Mustafayev K.Zh. Meteorological basis for assessing the maximum permissible use of natural resources (analytical review). Taraz, 2011. 45 p. (in Russ.).
- [4] Burlibaev M.Zh., Fashchevsky B.V., Opp K. e.a. Scientific basis for the regulation of the ecological flow of rivers in Kazakhstan. Almaty: Kanagat Publishing House, 2014. 408 p. (in Russ.).
- [5] Mustafayev K.Zh. Meteorological foundations of environmental assessment of the capacity of natural systems. Taraz: Format-Print, 2014. 316 p. (in Russ.).
- [6] Mustafayev K.Zh., Maimekov Z.K. Environmental services in river basins. Taraz: Format-Print, 2015. 146 p. (in Russ.).
- [7] Danilov-Danilyan V.I., Losev K.S. Water Consumption: Environmental, Economic, Social and Political Aspects. M.: Nauka, 2006. 221 p. (in Russ.).

Ж. С. Мұстафаев¹, Л. М. Рыскұлбекова²

¹Техника ғылымдарының докторы, профессор, «су ресурстары және мелиорация» кафедрасының профессорі (Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан)

²Докторант PhD, «су ресурстары және мелиорация» кафедрасының (Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан)

ИЛЕ ӨЗЕНІНІҢ СУЖИНАУ АЙМАҒЫНЫҢ СУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТІЛУІ

Аннотация. Өзеннің сужинау алабының аймағының сумен қамтамасыз етілу дәрежесін бағалау үшін, геоэкологиялық шектеуді ескере отырып, су экожүйесінің орнықтылығын қамтамасыз ететін, экологиялық сумен қамтамасыз етілу көрсеткішінің (*ЭВР*) және «су стрессінің» (*VS_i*) математикалық үлгісі құрылған және

Қазақстан Республикасының ауылшаруашылық министрлігіне қарасты Су ресурстары комитетінің «Арал-Сырдарья алабының суды реттеп пайдалану және қорғау инспекциясының» Іле сушаруашылық алабының экономика саласының суды тұтыну көлемі туралы көпжылдық ақпараттық-талдау мәліметтерін пайдаланудың негізінде, оның сушаруашылық бөлімшелері бойынша сумен қамтамасыз етудің интегралдық көрсеткіштері анықталды.

Түйін сөздер: сужинау, алабы, өзен, сумен қамтамасыз ету, көрсеткіш, су, стресс, орнықтылық, үлгі, экожүйе.

Zh. S. Mustafayev¹, L. M. Ryskulbekova²

¹Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of «Water Resources and melioration»
(Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan)

²Doktoral PhD, of the Department of «Water Resources and melioration»
(Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan)

WATER SECURITY IN THE TERRITORIES OF DRAINAGE BASINS OF THE ILE RIVER

Abstract. To assess the water availability of the catchment area of the river basin, a mathematical model of the environmental indicator of specific water availability ($\mathcal{E}BP$) and water stress (VS_i) was developed, taking into account geo-ecological restrictions that ensure the environmental sustainability of the water ecosystem and based on them using long-term information and analytical materials «Balkhash-Alakol Basin Inspection for regulation of the use and protection of water resources» of the Committee on Water Resources of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for the volume of water consumption in the economy of the Ile water basin identified integrated indicators of water availability in terms of water sections.

Keywords: catchment, basin, river, water availability, indicator, water, stress, sustainability, model, ecosystems.