

УДК 502.21:551.582

Ж. С. Мустафаев¹, А. Т. Козыкеева², А. М. Камалиев³

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

²Д.т.н., доцент, профессор кафедры «водные ресурсы и мелиорация»
(Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан)

⁴Магистр, докторант PhD кафедры «водные ресурсы и мелиорация»
(Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан)

ОЦЕНКА ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ШУ

Аннотация. На основе многолетних информационно-аналитических материалов Кыргызгидромета (Кыргызской Республики) и Казгидромета (Республики Казахстан), охватывающих 1930–2017 годы, выполнена оценка энергетических ресурсов водосборного бассейна трансграничной реки Шу, включающих биологически активные температуры воздуха $\sum t, ^\circ C$, фотосинтетически активную радиацию R_i , испаряемость E_{oi} , сумму атмосферных осадков o_{ci} . На их основе выведен коэффициент естественного увлажнения K_y и гидротермический показатель («индекс сухости») \bar{R}_i с учетом изменения климата, которые показали, что коэффициент естественного увлажнения K_y , гидротермический показатель («индекс сухости») \bar{R}_i уменьшаются в пространственно-временном масштабе при переходе от горной на равнинную территорию.

Ключевые слова: климат, водосбор, река, бассейн, изменение, оценка, температура воздуха, атмосферные осадки, коэффициент естественного увлажнения, гидротермический показатель.

Введение. Температура воздуха и атмосферные осадки, определяющие уровень естественной тепло- и влагообеспеченности почвенного и растительного покровов ландшафтов, являются решающими в деле обеспечения биологическими продуктами населения.

Под понятием «тепло- и влагообеспеченность почвенного и растительного покровов ландшафтов» понимается степень удовлетворения потребности почв и растений во влаге и тепле, обеспечивающих формирование биологических масс и интенсивность почвообразовательного процесса с энергетическими ресурсами природной системы.

Поэтому в условиях глобального изменения климата большое значение приобретают вопросы оценки тепло- и влагообеспеченности почвенного и растительного покровов ландшафтов и тенденция развития этого процесса.

Цель исследования – на основе многолетних информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет» и «Кыргызгидромет», характеризующих климатические условия водосбора бассейна реки Шу, изучить изменения климата и дать прогноз тепло- и влагообеспеченности почвенного и растительного покровов ландшафтов в пространственно-временном масштабе для обеспечения социально-экономической и экологической устойчивости региона.

Объект исследований – бассейн реки Шу, расположенный на территориях Казахстана и Кыргызстана.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на основе многолетних информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет» и «Кыргызгидромет» по метеорологическим станциям, расположенным в различных природно-географических зонах в водосборах бассейна реки Шу [1, 2]. При оценке тепло- и влагообеспеченности почвенного и растительного покровов ландшафтов для практических целей используются показатели степени увлажнения или влагообеспеченности, в основу которых положены гидрометеорологические параметры. Использо-

вание показателя влагообеспеченности обосновывается тем, что он включает основную составляющую водного (сумму атмосферных осадков) и теплового (испаряемость) балансов, которые связаны определенными функциональными зависимостями с другими элементами водного и теплового балансов почвенного и растительного покровов ландшафтов [3, 4].

В общем виде коэффициент увлажнения K_y , позволяющий одновременно учитывать и оценить тепло- и влагообеспеченность ландшафтов, представляет собой отношение суммы осадков O_c к сумме испаряемости E_o . Он определяется в основном среднемесячной температурой (t , °C) и влажностью (α , %) воздуха [5]:

$$K_y = O_c / E_o,$$

где среднемесячная испаряемость определялась по формуле Н. Н. Иванова [5], в которой учитываются месячные показатели относительной влажности (α , %) и температуры (t , °C) воздуха:

$$E_o = 0,0018 \cdot (25 + t)^2 (100 - \alpha),$$

где E_o – месячная испаряемость, мм; t – средняя месячная температура воздуха, °C; α – средняя месячная относительная влажность воздуха, %.

В природной системе любой физический процесс изменений и превращений, процесс теплообмена в конкретной точке пространства за известный промежуток времени характеризуются балансом прихода и расхода энергии, то есть законом сохранения энергии, где для математического описания их используется комплексный гидротермический показатель \bar{R}_i [6], представляющий собой отношение радиационного баланса R_i к затратам тепла на испарение выпавших осадков $L \cdot O_{ci}$:

$$\bar{R}_i = R_i / L \cdot O_{ci},$$

где L – удельная теплота парообразования, принятая постоянной и равной 2,5 кДж/см². При этом преимущество гидротермического показателя \bar{R}_i , который характеризует баланс энергии и вещества ландшафтных систем, очевидно: во-первых, он одновременно учитывает идею увлажнения В. В. Докучаева [7] – Г. Н. Высоцкого [8] и положение А. А. Григорьева [9] о значении соотношения радиационного баланса с осадками для характеристики условия увлажнения; во-вторых, характеризует условия тепло- и влагообеспеченности почвенного и растительного покровов; в-третьих, определяет в значительной степени условия формирования почвенных, гидрогеологических и геохимических условий и, в-четвертых, позволяет учесть характер и интенсивность антропогенной деятельности человека.

Результаты исследований. Для оценки изменения тепло- и влагообеспеченности территории водосбора бассейна реки Шу использован катенарный подход, который предполагает геоморфологическую схематизацию ландшафтных катен водосбора речных бассейнов, характеризующих зоны горного класса ландшафтов (элювиальная фация), предгорного подкласса ландшафтов (трансэлювиальная фация), предгорного равнинного подкласса ландшафтов (трансаккумулятивная фация) и равнинного класса ландшафтов (супераквальная и субаквальная фация) (таблица 1) [10].

Таблица 1 – Геоморфологическая схематизация ландшафтных катен водосборов бассейна реки Шу [10]

Природно-климатические зоны			Метеостанция	Абсолютная высота поверхности земли, м	Административные районы
Класс ландшафтов	Фация	Зоны увлажненности			
Горная	Элювиальная	Влажная горная	Гео-Апуу	3090,0	Кеменский, Чуй-Токмаский (КР)
Предгорная	Трансэлювиальная	Засушливая горная	Байтик	1590,0	Чуй-Токмаский, Иссык-Атинский (КР)
Предгорная равнинная	Трансаккумулятивная	Сухая предгорная	Кордай Бишкек	1145,0 756,0	Чуй-Токмаский, Аламундунский, Сокулукский, Московский, Жайылский, Панфиловский (КР) Кордайский (РК)
Равнинная	Супераквальная	Очень сухая	Толе би Мойынкум	456,0 351,0	Мойынкумский, Сарыусуский (РК)
	Субаквальная		Уланбель	266,0	

Для оценки климатических или энергетических ресурсов территории водосборов реки Шу использованы сумма биологически активных температур воздуха ($\sum t, ^\circ C$), фотосинтетически активная радиация (R_i), испаряемость (E_{oi}) и сумма атмосферных осадков (O_{ci}). Для определения радиационного баланса R_i использована следующая формула [11]:

$$R_i = 13,39 + 0,0079 \cdot \sum t > 10^\circ C .$$

Таблица 2 – Изменение энергетических ресурсов на территории водосборов бассейна реки Шу

Показатели	Энергетические ресурсы природной системы			
	$\sum t, ^\circ C$	$R_i, \text{кДж/см}^2$	$E_{oi}, \text{мм}$	$O_{ci}, \text{мм}$
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация) – метеостанция Тео-Апуу				
Среднее 1941–1960 гг. (база)	907,0	86,1	344,4	628,0
Среднее за 1961–1980 гг.	930,9	86,9	347,6	684,0
Разница средних	23,9	0,8	3,2	56,0
Среднее за 1981–2000 гг.	953,7	87,7	350,8	644,0
Разница средних	46,7	1,6	6,4	16,0
Среднее за 2001–2017 гг.	793,5	82,4	329,6	741,0
Разница средних	-113,5	-3,7	-14,8	113,0
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация) – метеостанция Байтик				
Среднее за 1941–1960 гг. (база)	2673,4	144,6	802,0	525,0
Среднее за 1961–1980 гг.	2870,5	151,1	861,2	548,0
Разница средних	197,1	6,5	59,2	23,0
Среднее за 1981–2000 гг.	2699,2	145,5	809,8	405,0
Разница средних	25,8	0,9	7,8	20,0
Среднее за 2001–2017 гг.	2878,9	151,4	863,7	408,0
Разница средних	205,5	6,8	61,7	-117,0
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (трансаккумулятивная фация) – метеостанция Бишкек				
Среднее за 1941–1960 гг. (база)	3809,5	182,2	1079,3	408,0
Среднее за 1961–1980 гг.	3812,4	182,3	1080,1	443,0
Разница средних	2,9	0,1	0,8	35,0
Среднее за 1981–2000 гг.	3937,1	186,4	1115,4	433,0
Разница средних	127,6	4,2	36,1	25,0
Среднее за 2001–2017 гг.	4132,9	192,9	1170,9	478,0
Разница средних	323,4	10,7	91,6	70,0
Равнинный подкласс ландшафтов (супераккумулятивная фация) – метеостанция Толе би				
Среднее за 1941–1960 гг. (база)	3868,3	184,2	1096,0	374,0
Среднее за 1961–1980 гг.	3982,0	187,9	1128,2	268,0
Разница средних	113,7	3,7	32,2	-106,0
Среднее за 1981–2000 гг.	4024,1	189,3	1203,7	265,0
Разница средних	155,8	5,1	107,7	-109,0
Среднее за 2001–2017 гг.	4133,0	192,9	1239,3	328,0
Разница средних	264,7	8,7	143,3	-46,0
Равнинный подкласс ландшафтов (субаккумулятивная фация) – метеостанция Уланбель				
Среднее за 1941–1960 гг. (база)	3900,5	185,2	1169,8	158,0
Среднее за 1961–1980 гг.	3973,3	187,6	1191,7	195,0
Разница средних	72,8	2,4	21,9	37,0
Среднее за 1981–2000 гг.	4159,3	193,8	1247,5	189,0
Разница средних	258,8	8,6	77,7	31,0
Среднее за 2001–2017 гг.	4213,2	195,6	1263,6	162,0
Разница средних	312,7	10,4	93,8	4,0

На основе климатических и энергетических показателей (таблица 2) определены естественные тепло- и влагообеспеченности территории водосборов бассейна реки Шу (таблица 3), которые позволяют установить влияние глобального изменения климата на естественную тепло- и влагообеспеченность почвенного и растительного покровов ландшафтных систем в пространственно-временном масштабе.

Таблица 3 – Изменение тепло- и влагообеспеченности на территории водосборов бассейна реки Шу

Показатели	Тепло- и влагообеспеченность почвенного и растительного покровов ландшафтов	
	$K_{yi} = O_c / E_o$	$\bar{R}_i = R_i / L \cdot O_{ci}$
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация) – метеостанция Того-Ашуу		
Среднее за 1941–1960 гг. (база)	1,823	0,548
Среднее за 1961–1980 гг.	1,968	0,508
Разница средних	0,145	-0,040
Среднее за 1981–2000 гг.	1,836	0,545
Разница средних	0,013	-0,003
Среднее за 2001–2017 гг.	2,248	0,445
Разница средних	0,425	-0,103
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация) – метеостанция Байтик		
Среднее за 1941–1960 гг. (база)	0,655	1,102
Среднее за 1961–1980 гг.	0,636	1,103
Разница средних	-0,019	0,001
Среднее за 1981–2000 гг.	0,500	1,438
Разница средних	-0,155	0,336
Среднее за 2001–2017 гг.	0,472	1,484
Разница средних	-0,183	0,382
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (трансаккумулятивная фация) – метеостанция Бишкек		
Среднее за 1941–1960 гг. (база)	0,378	1,786
Среднее за 1961–1980 гг.	0,410	1,646
Разница средних	-0,032	-0,140
Среднее за 1981–2000 гг.	0,388	1,722
Разница средних	-0,010	-0,064
Среднее за 2001–2017 гг.	0,408	1,614
Разница средних	-0,030	-0,172
Равнинный подкласс ландшафтов (супераккумулятивная фация) – метеостанция Толе би		
Среднее за 1941–1960 гг. (база)	0,341	1,970
Среднее за 1961–1980 гг.	0,237	2,804
Разница средних	-0,104	0,834
Среднее за 1981–2000 гг.	0,220	2,857
Разница средних	-0,121	0,887
Среднее за 2001–2017 гг.	0,264	2,352
Разница средних	-0,077	0,382
Равнинный подкласс ландшафтов (субаккумулятивная фация) – метеостанция Уланбель		
Среднее за 1941–1960 гг. (база)	0,135	4,689
Среднее за 1961–1980 гг.	0,163	3,846
Разница средних	0,028	-0,843
Среднее за 1981–2000 гг.	0,152	4,101
Разница средних	0,017	-0,588
Среднее за 2001–2017 гг.	0,128	4,830
Разница средних	-0,007	0,141

Оценка сезонных изменений проведена относительно базового периода (1941–1960 гг.) по данным метеостанции Тео-Ашуу, расположенной в горной зоне водосбора бассейна реки Шу. Она показала, что за рассматриваемый период с 1961 по 2017 год сумма активных биологических температур воздуха ($\sum t, ^\circ C$), фотосинтетически активная радиация R_i , испаряемость E_{oi} сокращаются соответственно до 113,5 $^\circ C$, 3,7 кДж/см² и 14,8 мм, а сумма атмосферных осадков o_{ci} увеличивается до 113,0 мм, что приводит к росту коэффициента увлажнения K_{yi} от 1,823 до 2,248 и снижению гидротермического показателя \bar{R}_i от 0,548 до 0,445.

При оценке изменения климатических и энергетических характеристик предгорной (трансэлювиальной) зоны водосбора бассейна реки Шу использовались многолетние информационно-аналитические материалы метеостанции Байтик, охватывающие 1941–2017 годы. Из сравнения базового периода (1941–1960 гг.) с периодом 1961–1980 гг. видно, что сумма активных биологических температур воздуха ($\sum t, ^\circ C$) увеличилась от 2673,4 до 2870,4 $^\circ C$, затем в 1981–2000 гг. уменьшалась до 2699,2 $^\circ C$, а в 2001–2017 гг. возросла до 2878,9 $^\circ C$. При этом наблюдалась такая же закономерность по фотосинтетически активным радиациям R_i и испаряемости E_{oi} , то есть в последние годы энергетические ресурсы предгорной (трансэлювиальной) зоны водосбора бассейна реки Шу повышаются, а атмосферные осадки o_{ci} за рассматриваемый период уменьшилась с 525,0 до 408,0 мм, что привело к уменьшению коэффициента увлажнения K_{yi} от 0,655 до 0,472 и увеличению гидротермического показателя \bar{R}_i от 1,102 до 1,484.

Климатическая характеристика зоны предгорной равнины (трансаккумулятивной) водосбора бассейна рек Шу, которая проходит через Кочкарскую и Ортогайскую впадины и через Боомское ущелье, входит в Шуйскую впадину, характеризуется многолетними метеорологическими данными метеостанции Бишкек, расположенной на высоте 756 м. Они показывают, что за рассматриваемый период в сравнении с базовым периодом (1941–1960 гг.) сумма активных биологических температур воздуха ($\sum t, ^\circ C$) увеличилась от 3809,5 до 4132,9 $^\circ C$, фотосинтетически активная радиация R_i повысилась от 182,2 до 192,9 кДж/см² и испаряемость E_{oi} возросла от 1079,3 до 1170,9 мм. При этом атмосферные осадки o_{ci} в сравнении с базовым периодом (1941–1960 гг.) повысилась от 408,0 до 478,0 мм, что сказалось на формировании тепло- и влагообеспеченности почвенного и растительного покровов ландшафтов – коэффициент увлажнения K_{yi} увеличился от 0,378 до 0,408, а гидротермический показатель \bar{R}_i уменьшился от 1,786 до 1,614.

Изменения тепло- и влагообеспеченности равнинной (супераквальной) зоны водосбора бассейна реки Шу представлены метеостанцией Толе би, расположенной на высоте 456 м, где за рассматриваемый период, в сравнении с базовым периодом (1941–1960 гг.), сумма активных биологических температур воздуха ($\sum t, ^\circ C$) увеличилась от 3868,3 до 4133,0 $^\circ C$, фотосинтетически активная радиация R_i повысилась от 184,2 до 192,9 кДж/см² и испаряемость E_{oi} возросла от 1096,0 до 1239,3 мм, атмосферные осадки o_{ci} уменьшились от 374,0 до 328,0 мм, что привело к снижению коэффициента увлажнения K_{yi} от 0,341 до 0,264 и увеличению гидротермического показателя \bar{R}_i от 1,970 до 2,352.

Климатическая характеристика равнинной (субаквальной) зоны водосбора бассейна реки Шу, включая внутриконтинентальную дельту, представлена многолетними архивными материалами метеостанции Уланбель, расположенной на отметке 266,0 м. За рассматриваемый период в сравнении с базовым (1941–1960 гг.) сумма активных биологических температур воздуха ($\sum t, ^\circ C$) увеличилась от 3900,5 до 4213,2 $^\circ C$, фотосинтетически активная радиация R_i повысилась от 185,2 до 195,2 кДж/см² и испаряемость E_{oi} возросла от 1169,8 до 1263,6 мм, атмосферные осадки o_{ci} – от 158,0 до 162,0 мм, что привело к снижению коэффициента увлажнения K_{yi} от 0,135 до 0,128 и увеличению гидротермического показателя \bar{R}_i от 4,689 до 4,830.

Выводы. На основе системного анализа многолетних информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет» и «Кыргызгидромет», охватывающих 1941–2017 годы и характеризующих климатические условия водосбора бассейна реки Шу в пространственно-временном масштабе

табе, показано, что в горной зоне водосбора бассейна реки Шу влагообеспеченность почвенного и растительного покровов естественных ландшафтов увеличивается, а теплообеспеченность снижается. При этом в предгорных (трансэлювиальной), предгорных равнинах (трансаккумулятивной), равнинных (супераккумулятивной) и равнинных (субаккумулятивной) зонах водосборов бассейна рек Шу влагообеспеченность почвенного и растительного покровов естественных ландшафтов уменьшается, а теплообеспеченность увеличивается, что приводит к усилению аридизации климата и увеличению норм водопотребности сельскохозяйственных угодий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 13: Многолетние данные. Ч. 1-6, вып. 18: КазССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – Кн. 2. – 656 с.
- [2] Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 13: Многолетние данные. Ч. 1-6, вып. 32: Киргизская ССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 589 с.
- [3] Mustafayev Zh.S., Kozykeyeva A.T., Kamaliyev A.M. Climatic changes in the basin of the transboundary Shu river // News of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of agricultural sciences. – 2019. – Vol. 5, N 53. – P. 104-112.
- [4] Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Камалиев А.М. Изменение климата бассейна трансграничной реки Шу // Актуальные проблемы наук о Земле. Исследования трансграничных регионов. – Брест: БрГУ им. А. С. Пушкина, 2019. – Ч. 1. – С. 226-229.
- [5] Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара // Изв. АН СССР. Серия география и геофизика. – 1941. – № 3. – С. 15-32.
- [6] Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 470 с.
- [7] Докучаев В.В. Избранные труды / Под ред. акад. Б. Б. Польнова. – М.: Издательство АН СССР, 1949. – 643 с.
- [8] Высоцкий Г.Н. Степи Европейской России // Полная энциклопедия русского сельского хозяйства. – М., 1905. – Т. 9. – С. 356-379.
- [9] Григорьева А.А. Закономерности строения и развития географической среды. – М., 1966.
- [10] Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. Комплексное обустройство реки Шу. – Saarbrucken, 2016. – 140 с.
- [11] Никольский Ю.Н., Шабанов В.В. Расчет проектной урожайности в зависимости от водного режима мелиорируемых земель // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 9. – С. 52-56.

REFERENCES

- [1] Scientific-applied reference on the climate of the USSR. Series 13: Perennial Data. Part 1-6, issue 18: KazSSR. L.: Gidrometeoizdat, 1989. Book. 2. 656 p. (in Russ.).
- [2] Scientific and applied reference to the climate of the USSR. Series 13: Perennial Data. Part 1-6, issue 32: Kyrgyz SSR. L.: Gidrometeoizdat, 1989. 589 p. (in Russ.).
- [3] Mustafayev Zh.S., Kozykeyeva A.T., Kamaliyev A.M. Climate changes in the basin of the transboundary Shu river // News of the National Academy of sciences of the republic of Kazakhstan series of agricultural sciences. 2019. Vol. 5, N 53. P. 104-112.
- [4] Mustafayev Zh.S., Kozykeyeva A.T., Kamaliyev A.M. Climate change in the basin of the transboundary river Shu // Actual problems of Earth. Science research cross-border regions. Brest: BrSU named after A.S. Pushkin, 2019. Part 1. P. 226-229 (in Russ.).
- [5] Ivanov N.N. Humidification zones of the globe // Izv. USSR Academy of Sciences. Series geography and geophysics. 1941. N 3. P. 15-32 (in Russ.).
- [6] Budyko M.I. Climate and Life. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 470 p. (in Russ.).
- [7] Dokuchaev V.V. Selected Works / Edited by Academician B. B. Polyynov. M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1949. 643 p. (in Russ.).
- [8] Vysotsky G.N. Steppes of European Russia // Complete Encyclopedia of Russian Agriculture. M., 1905. Vol. 9. P. 356-379 (in Russ.).
- [9] Grigoryeva A.A. Patterns of the structure and development of the geographical environment. M., 1966 (in Russ.).
- [10] Kireicheva L.V., Kozykееva A.T., Daulletbay S.D. Complex arrangement of the Shu River. Saarbrucken, 2016. 140 p. (in Russ.).
- [11] Nikolsky Yu.N., Shabanov V.V. Calculation of design productivity depending on the water regime of reclaimed land // Hydrotechnics and Land Reclamation. 1986. N 9. P. 52-56 (in Russ.).

Ж. С. Мұстафаев¹, Ә. Т. Қозыкеева², А. М. Камалиев³

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

²Техника ғылымдарының докторы, доцент, «Су ресурстары және мелиорация» кафедрасының профессоры (Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан)

⁴Магистр, «Су ресурстары және мелиорация» кафедрасының PhD докторанты (Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан)

ШУ ӨЗЕННІҢ СУЖИНАУ АЛАБЫНЫҢ АЙМАҒЫНЫҢ ЖЫЛУ ЖӘНЕ ЫЛҒАЛМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТІЛУІН БАҒАЛАУ

Аннотация. «Қырғызгидромет» (Қырғызстан Республикасы) және «Қазақгидромет» (Республика Қазақстан) мекемелерінің Шу өзенінің сужинау алабына орналасқан метеорологиялық бекеттердің 1930–2017 жылдар аралығын қамтитын, құрамына биологиялық белсенді ауа жылуы ($\sum t, ^\circ C$), белсенді фотосинтетикалық радиация (R_i), булану (E_{oi}) және атмосфералық жауын-шашынның (O_{ci}) көпжылдық ақпараттық-талдау мәліметтерінің негізіне баға берілді. Олардың негізінде табиғи ылғалдану көрсеткіші (K_y) және гидротермикалық көрсеткіш («құрғақшылық белгісі») (\bar{R}_i) анықтау көрсеткедей, кеңістік-уақыт масштабында таулы аймақтан жазықтық аймаққа қарай табиғи ылғалдану көрсеткіші (K_y) кішірейеді және гидротермикалық көрсеткіш («құрғақшылық белгісі») (\bar{R}_i) өсіп отырады.

Түйін сөздер: климат, сужинау, өзен, аймақ, өзеру, бағалау, ауа жылуы, атмосфералық жауын-шашын, табиғи ылғалдану көрсеткіші, гидротермикалық көрсеткіш.

Zh. S. Mustafayev¹, A. T. Kozykeyeva², A. M. Kamaliev³

¹Doctor of technical sciences, professor, professor of the department «Water Resources and Land Reclamation» (Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan)

²Doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department «Water Resources and Land Reclamation» (Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan)

³Master, PhD doctoral candidate «Water Resources and Land Reclamation» (Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan)

EVALUATION OF HEAT- AND WATER SECURITY OF THE TERRITORY OF THE SHU RIVER BASIN

Abstract. Based on the long-term information and analytical materials «Kyrgyzhydromet» (the Kyrgyz Republic) and «Kazhydromet» (the Republic of Kazakhstan), covering 1930-2017, the energy resources of the catchment area of the transboundary Shu river were estimated, including biologically active air temperatures ($\sum t, ^\circ C$), photosynthetically active radiation (R_i), volatility (E_{oi}) and the amount of precipitation (O_{ci}). Based on their coefficient of natural moisture (K_y) and hydrothermal indicator («dryness index») (\bar{R}_i) taking into account climate change, which showed that the coefficient of natural moisture (K_y) decreases, the hydrothermal index («dryness index») (\bar{R}_i) decreases in the spatio-temporal scale, away from the mountain to the flat territory.

Keywords: climate, catchment, river, basin, change, estimation, air temperature, precipitation, coefficient of natural moisture, hydrothermal indicator.