

Средняя антропогенная нагрузка (5 баллов) наблюдается на территории Кербулакского района, где $K_{тн}$ находится в пределах 0,127-0,253, что связано со сравнительно небольшой территорией и плотностью населения, промышленности и животноводства.

Повышенная антропогенная нагрузка (6 баллов) наблюдается на территории Ескельдинского района, где $K_{тн}$ находится в пределах 0,368-0,461, что связано со сравнительно небольшой территорией и плотностью населения и животноводства.

Заключение. Проведенная комплексная оценка на основе многолетних информационно-аналитических (статистических) материалов водного и сельского хозяйств Алматинской области Республики Казахстан с использованием шкалы основных показателей для зонирования территории по степени антропогенной нагрузки А.Г. Исаченко позволила определить интенсивность техногенных нагрузок на бассейн трансграничной реки Каратал. При этом следует отметить, что в наибольшей степени хозяйственному освоению подвержены верховья и средняя часть водосбора бассейна реки Каратал, вследствие этого территория характеризуется максимальными уровнями промышленной и сельскохозяйственной нагрузок.

Список используемых источников

1. Исаченко А.Г. Экологическая география России. – СПб. Издательский дом СПбГУ, 2001. – 328 с.
2. Щедрин В.Н., Гузыкин Д.С. Эколого-экономические аспекты обоснования мелиорации // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – №2. – С. 9-11.
3. Джени К. Средние величины. – М.: Статистика, 1990. – 341 с.
4. Статистический ежегодник Алматинской области (2011 год): Реальный сектор экономики. – Алматы, 2012. – С. 199-332.
5. Турсынбаев Н.А., Мустафаев Ж.С., Кирейчева Л.В. Методика оценки техногенной нагрузки на водосборную территорию бассейна реки на основе интегральных показателей антропогенной деятельности // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК. Материалы международной научно-практической конференции. – М.: Изд. ВНИИГиМ, 2017. – С. 155-158.

УДК 628. 515

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОСБОРА БАСЕЙНА РЕКИ ЕСИЛЬ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, А.Н. Калмашова

НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан

Актуальность. В конце XX и в начале XXI-ого века появляется все больше свидетельств и доказательств возникновения и усиления роли антропогенного фактора в результате функционирования климатической системы и, в первую очередь, глобального изменения климата. Со времени проведения в 1972 году

Конференции ООН по вопросам охраны окружающей среды в Стокгольме прошло более тридцати лет, которые привели к изменению представления о происходящих в окружающей среде процессах. От понятия «ущерб», возникающего от природно-техногенной деятельности, перешли к понятию «естественного» природного капитала, определяющего уровень соответствия потребности человека и потенциальных возможностей природной системы.

Объект исследования. Река Есиль берет начало в невысоком горном массиве Нияз Казахского мелкосопочника и на протяжении 775 км течет с востока на запад, принимая ряд крупных притоков, стекающих с Кокшетауской возвышенности с отрогов гор Улытау. В верховьях течет преимущественно на северо-запад и запад, в основном в узкой долине в скалистых берегах [1, 2].

Площадь водосборного бассейна реки Есиль составляет 177 000 км², из них на территорию России приходится около 20% площади, в пределах которых формируется около 30% стока. Основные притоки (на территории Казахстана): правые – Калкутан, Жабай, Акканбурлык, Иманбурлык, левые – Терисаккан. Основные притоки Есиль (на территории России): правые – Карасуль (впадает в Есиль недалеко от села Буровое), Ик, левый – Барсук [1, 2].

Цель и задачи исследований заключаются в проведении комплексного анализа и оценки формирования гидрологического режима стока водосбора бассейна реки Есиль с учетом климатических условий Северного Казахстана, то есть уровень синхронности формирования стока с атмосферными осадками и температурой воздуха.

Материалы и методы исследования. При решении поставленных в работе задач использовались многочисленные информационно-аналитические материалы РГП «Казгидромет», сеть метеорологических станций и гидрологических постов, расположенных в водосборе бассейна реки Есиль [3]. Методы исследования основаны на систематизации, системном анализе и обобщении результатов мониторинга.

Для характеристики климатических условий водосбора бассейна реки использованы многолетние данные метеорологических станций Астана, Атбасар, Есиль, Рузаевка, Явленка и Петропавловск (таблица 1)

Для оценки формирования гидрологического режима водосбора бассейна реки Есиль использованы многолетние данные гидрологических постов городов Астана, Державинск и Петропавловск (таблица 2); притоков Калкутан (гидрологический пост – село Калкутан), Жабай (гидрологический пост – город Атбасар), Акканбулак (гидрологический пост – село Григорьевка) и Иманбулак (гидрологический пост – село Соколовка) (таблица 3).

Как видно из таблицы 1, внутригодовой ход температуры воздуха характеризуется устойчивыми сильными морозами в зимний период, интенсивным нарастанием тепла в короткий весенний сезон и жарким летом, то есть наиболее холодный месяц январь, наиболее теплый – июль. При этом распределение осадков в течение года неравномерное, то есть в теплый период года выпадает 70-72% годовой суммы осадков, при направленном изменении в северном направлении от 300 мм до 400 мм. В среднем наибольшее количество осадков за месяц выпадает в июле, а наименьшее – в феврале [3].

Таблица 1– Климатические характеристики водосбора бассейна реки Есиль

Месяцы	Метеорологические станции					
	Астана		Атбасар		Есиль	
	$t_i^{\circ C}$	$O_{ci}, мм$	$t_i^{\circ C}$	$O_{ci}, мм$	$t_i^{\circ C}$	$O_{ci}, мм$
I	-15,0	18,0	-18,9	30,0	-18,7	29,0
II	-15,2	14,0	-17,9	21,0	-16,4	22,0
III	-8,8	14,0	-11,4	32,0	-10,7	31,0
IV	5,1	22,0	0,8	24,0	1,9	22,0
V	13,3	34,0	12,5	34,0	12,7	32,0
VI	19,3	36,0	18,0	43,0	18,1	42,0
VII	20,9	49,0	20,6	44,0	21,0	43,0
VIII	18,1	29,0	18,4	36,0	18,1	35,0
IX	12,1	22,0	11,3	29,0	11,6	29,0
X	3,7	26,0	2,7	29,0	2,4	28,0
XI	-6,3	23,0	-7,6	32,0	-6,9	30,0
XII	-12,0	20,0	-15,8	32,0	-15,0	29,0
Годовой	3,1	307,0	1,1	386,0	1,5	372,0
Месяцы	Метеорологические станции					
	Рузаевка		Явленка		Петропавловск	
	$t_i^{\circ C}$	$O_{ci}, мм$	$t_i^{\circ C}$	$O_{ci}, мм$	$t_i^{\circ C}$	$O_{ci}, мм$
I	-17,0	14,0	-18,6	15,0	-19,2	25,0
II	-17,2	9,0	-17,1	14,0	-17,5	18,0
III	-10,7	13,0	-11,8	16,0	-11,7	19,0
IV	1,3	20,0	1,4	23,0	0,9	24,0
V	12,3	28,0	11,8	35,0	11,2	34,0
VI	17,9	28,0	17,3	54,0	16,9	55,0
VII	20,2	52,0	19,7	66,0	19,3	62,0
VIII	17,9	36,0	17,0	53,0	16,8	53,0
IX	11,0	28,0	10,8	32,0	10,7	34,0
X	2,6	28,0	2,1	33,0	2,1	15,0
XI	-6,6	20,0	-7,4	22,0	-7,9	18,0
XII	-14,8	15,0	-15,6	24,0	-16,4	17,0
Годовой	1,4	301,0	0,8	387,0	0,4	374,0

Изучение закономерности внутригодового распределения стока в водосборах бассейна реки Есиль показывает, что изменение внутригодового распределения стока в году зависит не только от способов анализа и сравнения месячного стока и его распределения в многолетнем разрезе с динамикой хозяйственной деятельности на водосборе, но и в определенной степени от сравнения естественного и нарушенного распределения стока [1, 2].

Таблица 2 – Внутригодовое распределение стока реки Есиль в пространственно-временном масштабе (м³/с)

Месяцы	Есиль - город Астана			Есиль - город Державинск			Есиль - город Петропавловск		
	Водность года, %								
	25	50	75	25	50	75	25	50	75
I	0,21	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	5,15	2,83	1,86
II	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	4,42	2,45	1,07
III	0,10	0,01	0,00	0,18	0,00	0,00	3,98	2,08	1,14
IV	87,0	44,0	21,1	38,6	22,5	10,0	184,0	111,0	35,9
V	8,71	7,96	4,29	49,0	29,2	22,7	610,0	182,0	65,2
VI	2,31	1,10	0,54	1,02	0,06	0,03	56,3	49,8	17,9
VII	1,14	0,48	0,21	0,08	0,04	0,01	34,1	16,8	9,24
VIII	0,50	0,20	0,06	0,05	0,03	0,01	15,2	9,57	5,31
IX	0,41	0,28	0,10	0,04	0,02	0,01	11,0	7,09	3,68
X	0,79	0,36	0,15	0,03	0,03	0,00	10,2	6,40	2,97
XI	1,31	0,43	0,11	0,01	0,02	0,00	9,28	5,70	3,12
XII	0,43	0,14	0,03	0,01	0,05	0,00	6,68	4,44	2,15

Результаты исследований. Для оценки степени синхронности внутригодового расхода воды реки Есиль и атмосферных осадков водосборной территории использованы отношения максимального значения расхода воды реки в месяцах (Q_i^{\max}) к месячному значению расхода воды в реках (Q_i), а также максимального значения атмосферных осадков в месяцах (O_{ci}^{\max}) к месячному значению атмосферных осадков (O_{ci})[4-6]:

$$K_{qi} = Q_i / Q_i^{\max}; K_{oci} = O_{ci} / O_{ci}^{\max},$$

где: K_{qi} - внутригодовые изменчивости расходов воды в реках; K_{oci} - внутригодовые изменчивости атмосферных осадков.

Для определения степени синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки можно использовать следующее выражение: $K_{ci} = K_{qi} / K_{oci}$, где K_{ci} – показатель синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки.

На основе информационно-аналитических материалов, приведенных в таблице 1, характеризующих внутригодовое распределение атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль, определена внутригодовая изменчивость атмосферных осадков (таблица 4).

Таблица 4 – Оценка внутригодовой изменчивости атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль

Месяцы	Метеорологические станции					
	Астана		Атбасар		Есиль	
	$O_{ci}, мм$	K_{oci}	$O_{ci}, мм$	K_{oci}	$O_{ci}, мм$	K_{oci}
I	18,0	0,37	30,0	0,68	29,0	0,67
II	14,0	0,29	21,0	0,48	22,0	0,51
III	14,0	0,29	32,0	0,72	31,0	0,72
IV	22,0	0,45	24,0	0,54	22,0	0,51
V	34,0	0,59	34,0	0,77	32,0	0,74
VI	36,0	0,73	43,0	0,98	42,0	0,97
VII	49,0	1,00	44,0	1,00	43,0	1,00
VIII	29,0	0,59	36,0	0,81	35,0	0,81
IX	22,0	0,45	29,0	0,66	29,0	0,67
X	26,0	0,53	29,0	0,66	28,0	0,65
XI	23,0	0,47	32,0	0,72	30,0	0,70
XII	20,0	0,41	32,0	0,72	29,0	0,67
Месяцы	Метеорологические станции					
	Рузаевка		Явленка		Петропавловск	
	$O_{ci}, мм$	K_{oci}	$O_{ci}, мм$	K_{oci}	$O_{ci}, мм$	K_{oci}
I	14,0	0,30	15,0	0,23	25,0	0,40
II	9,0	0,17	14,0	0,21	18,0	0,29
III	13,0	0,25	16,0	0,24	19,0	0,31
IV	20,0	0,38	23,0	0,35	24,0	0,39
V	28,0	0,54	35,0	0,53	34,0	0,55
VI	28,0	0,54	54,0	0,82	55,0	0,89
VII	52,0	1,00	66,0	1,00	62,0	1,00
VIII	36,0	0,69	53,0	0,80	53,0	0,85
IX	28,0	0,54	32,0	0,48	34,0	0,55
X	28,0	0,54	33,0	0,50	15,0	0,24
XI	20,0	0,38	22,0	0,33	18,0	0,29
XII	15,0	0,29	24,0	0,36	17,0	0,27

Как видно из таблицы 4, внутригодовая изменчивость атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль четко выражена, как характерно для северной части Казахстана, максимальное количество атмосферных осадков выпадает в летнее время, которое в определенной степени оказывает влияние на формирование гидрологического режима реки Есиль и его притоков. При этом твердые атмосферные осадки, в виде снега, которые выпадают во второй половине осени и в первых месяцах весной, будут лежать до потепления, то есть до середины весны, в результате чего во всех притоках и самой реки Есиль максимальный расход воды формируется в апреле месяце.

Для проведения сравнительного анализа внутригодовой изменчивости атмосферных осадков и расхода воды в водосборной территории бассейна реки Есиль определен их коэффициент внутригодовой изменчивости (таблица 5).

Таблица 5 – Оценка внутригодовой изменчивости среднемноголетних расходов воды в бассейне реки Есиль

Месяцы	Гидрологические посты в бассейне реки Есиль					
	Есиль - город Астана		Есиль - город Державинск		Есиль - город Перопавловск	
	$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	K_{qi}	$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	K_{qi}	$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	K_{qi}
I	0,04	0.001	0,00	0.000	2,83	0.016
II	0,01	0.000	0,00	0.000	2,45	0.013
III	0,01	0.000	0,00	0.000	2,08	0.011
IV	44,0	1.000	22,5	0.771	111,0	0.609
V	7,96	0.174	29,2	1.000	182,0	1.000
VI	1,10	0.025	0,06	0.002	49,8	0.274
VII	0,48	0.011	0,04	0.001	16,8	0.092
VIII	0,20	0.005	0,03	0.001	9,57	0.052
IX	0,28	0.006	0,02	0.000	7,09	0.039
X	0,36	0.008	0,03	0.000	6,40	0.035
XI	0,43	0.010	0,02	0.000	5,70	0.031
XII	0,14	0.003	0,05	0.002	4,44	0.024

Как видно из таблицы 5, в основном формирование стока в водосборе бассейна реки Есиль по продолжительности достаточно ограничено, так как длительность формирования максимального стока 50-60 дней, а в остальное время года его величина резко снижается и в некоторых месяцах равна нулю.

Для количественной оценки степени синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль выполнен сравнительный анализ (таблица 6).

Как видно из таблицы 6, степень синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль достаточно низкая, то есть в начале и конце года равна нулю, только в середине весны достигает максимального значения, что характеризуется особенностями формирования гидрологического режима реки в степных зонах Казахстана, который относится к снегово-дождевому питанию [4].

В связи с этим, для повышения водообеспеченности водосбора бассейна реки Есиль с середины 60-х годов XX столетия по настоящее время сооружено 45 водохранилищ с общим объемом 1583,52 млн. м³ и полезным объемом 1446,36 млн. м³.

В верхнем течении реки Есиль сооружено Ишимское водохранилище сезонного регулирования стока с общим объемом 9,2 млн. м³ и полезным объемом 8,2 млн. м³. Малая полезная емкость Ишимского водохранилища весьма незначительно трансформирует сток в нижнем течении реки. Основным

регулятором стока Верхнего Есиля является Астанинское (Вячеславское) водохранилище многолетнего регулирования с общим объемом 411 млн. м³ и полезным объемом 375 млн. м³. Основным регулятором Нижнего Есиля является Сергеевское водохранилище с полным объемом 693 млн. м³ и полезным 635 млн. м³.

Таблица 6 – Оценка степени синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль

Мес- яцы	Гидрологические посты и метеорологические станции в бассейне реки Есиль								
	Есиль - город Астана			Есиль - город Державинск			Есиль - город Перопавловск		
	K_{qi}	K_{oci}	K_{ci}	K_{qi}	K_{oci}	K_{ci}	K_{qi}	K_{oci}	K_{ci}
I	0.001	0,37	0.003	0.000	0,68	0.000	0.016	0,40	0.040
II	0.000	0,29	0.000	0.000	0,48	0.000	0.013	0,29	0.045
III	0.000	0,29	0.000	0.000	0,72	0.000	0.011	0,31	0.035
IV	1.000	0,45	4.500	0.771	0,54	1.428	0.609	0,39	1.561
V	0.174	0,59	0.294	1.000	0,77	1.298	1.000	0,55	1.818
VI	0.025	0,73	0.342	0.002	0,98	0.002	0.274	0,89	0.308
VII	0.011	1,00	0.011	0.001	1,00	0.001	0.092	1,00	0.092
VIII	0.005	0,59	0.008	0.001	0,81	0.001	0.052	0,85	0.061
IX	0.006	0,45	0.013	0.000	0,66	0.000	0.039	0,55	0.071
X	0.008	0,53	0.015	0.000	0,66	0.000	0.035	0,24	0.146
XI	0.010	0,47	0.021	0.000	0,72	0.000	0.031	0,29	0.107
XII	0.003	0,41	0.007	0.002	0,72	0.003	0.024	0,27	0.089

Замыкающим водохранилищем Есильского каскада на территории Республики Казахстан является Петропавловское с общим объемом 19,2 млн. м³ и полезным 16,1 млн. м³, осуществляющее сезонное регулирование стока [2].

Выводы. Таким образом, водосбор бассейна реки Есиль формируется в условиях резко континентального и засушливого климата, который по характеру водного режима в естественных условиях большинства рек бассейна реки Есиль относится к казахстанскому типу снегово-дождевого питания, характеризующегося низкой степенью синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков, что определяет возможность управления и регулирования стока речных бассейнов с помощью комплекса гидротехнических сооружений, предназначенных для magazинирования поверхностного стока в ранний весенний период и распределения его водопотребителям в течение года.

Список используемых источников

1. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: в 21 томе. - Алматы, 2012. Т. V: Климат Казахстана – основа формирования водных ресурсов / Под науч. ред. Сальникова В. Г. – 430 с.
2. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: в 21 томе. - Алматы, 2012. Т.VII: Ресурсы речного стока Казахстана. Кн.1: Возобновляемые ресурсы поверхностных вод

Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / Под науч. Ред. Р.И.Гальперина. – 684 с.

3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – Книга 1. – №18. – 514 с.

4. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Калмашова А.Н. Особенности формирования гидрологического режима стока бассейна река Есиль // Гидрометеорология и экология. – 2018. – №1. – С. 66-74.

УДК 551.583

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ВОДОСБОРАХ БАСЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ШУ

Ж.С. Мустафаев, А.Т.Козыкеева, А.М. Камалиев

НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан

Актуальность. Климат является важнейшим непрерывно действующим средообразующим фактором в природной системе, влияющим на условия формирования среды обитания и жизнедеятельность человека. Климатические условия природной системы постоянно меняются, то есть непрерывно изменяются, подчиняясь сложным законам эволюции климатической системы.

Главными климатообразующими факторами водосбора речных бассейнов являются природные зоны, которые выражаются метеорологическими показателями, то есть в основном температурой воздуха и атмосферными осадками, являющимися одними из важнейших географических характеристик природной системы, строго подчиняющихся закону географии - закону географической зональности [1, 2].

Цель исследования является оценка современного изменения климата водосбора бассейна реки Шу и его зависимости от многолетних изменений средних годовых температур воздуха и атмосферных осадков, как средообразующих факторов.

Объект исследований – река Шу, берущая начало в ледниках Тескей-Ала-Тоо и Кыргызского хребта. Река Шу протекает по территориям Киргизии и Казахстана. Длина реки – 1186 км, из них в пределах Казахстана – 800 км. Площадь водосборного бассейна – 67500 км². Основные притоки: справа – Чонг-Кемин, Ыргайты, Какпатас; слева – Аламедин, Аксу, Курагаты. В нижнем течении река течет по казахстанской территории, образуя северную границу пустыни Мойын-кум, пересыхает в песках, лишь во время паводка впадая в бессточное соленое озеро Акжайкын среди обширных солончаков Ащыкольской впадины.

Материалы и методы исследования. В работе использованы многолетние информационно-аналитические материалы «Кыргызгидромет» Кыргызской Республики и «Казгидромет» Республики Казахстан о температуре воздуха и атмосферных осадках, то есть климатические характеристики определялись по данным 5 метеорологических станций, расположенных в водосборе бассейна реки Шу, охватывающих зоны формирования и магазинирования гидрологического стока [3, 4]. Анализ климатических характеристик произведен с использованием