

Ж. С. Мустафаев¹, А. Т. Козыкеева², Б. Е. Тастемирова³

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

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

³ Магистр, докторант PhD кафедры «водные ресурсы и мелиорация»
(Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан)

ПРОБЛЕМЫ ГАРАНТИРОВАННОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СТОКА В БАССЕЙНЕ РЕКИ ТОБЫЛ

Аннотация. На основе многолетних информационно-аналитических материалов РГУ «Тобыл-Торгайская бассейновая инспекция по регулированию использования и охране водных ресурсов» Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства РК, характеризующих использование водных ресурсов в отраслях экономики административных районов и городов Костанайской области, определены условия формирования поверхностного стока и региональные особенности водопользования в водосборах бассейна реки Тобыл. Для оценки изменения среднегодового расхода в водосборах бассейна реки Тобыл под влиянием природных и антропогенных факторов установлены интегральные кривые среднесреднеголетних расходов по гидрологическим постам Аккарга, Гришенка, Костанай и Милютинка, которые показали, что с 1996 до 2005 г. наблюдалось некоторое увеличение среднегодовых расходов воды по всем рассматриваемым гидрологическим постам, а с 2006 до 2017 г. – постоянное их снижение, что является тревожным сигналом для будущей безопасности хозяйственной деятельности региона. Для оценки особенностей водопользования в водосборах бассейна реки Тобыл использованы объемы водопотребления жилищно-коммунального хозяйства (услуги), промышленности и сельского хозяйства, которые за 1996–2016 гг. постепенно уменьшались, так как промышленность в основном расположена в городах Лисаковске, Костане и Рудном, а сельское хозяйство – в Камыстинском, Житикаринском, Денисовском, Тарановском, Костанайском, Карабалыкском, Федоровском и Мендикаринском районах развивается в рамках богарного земледелия. Это определяет вид линейного тренда, который характеризуется полиномиальным уравнением третьего порядка.

Ключевые слова: река, бассейн, сток, расход, вода, ресурсы, водопользование, анализ, оценка, метод, тренд.

Актуальность. Водосборы речных бассейнов степной зоны Северного Казахстана, как своеобразный компонент географических объектов, в определенной степени выполняют средообразующие функции, являясь регулятором водного режима ландшафтов, поддерживая экологическое равновесие природных систем. Одна из основных особенностей речных бассейнов степной зоны, формирующихся за счет таяния снежного покрова и атмосферных осадков, определяет их гидрологическую и гидрохимическую специфику, то есть тесную связь формирования стока с ландшафтными системами водосбора речных бассейнов. При этом главной функцией водосбора речных бассейнов степной зоны, относящихся к системе малых рек, является природная возможность стокообразования. Она обеспечивает формирование экологических, экономических и социальных сред, представляющих собой пространственные базисы природопользования и природообустройства. В связи с этим особую актуальность приобретает проблема водной безопасности для удовлетворения потребностей в водных ресурсах всех категорий водопользователей, в том числе за счет повышения рациональности и обеспечения комплексности использования воды.

Цель исследований – анализ и оценка природных условий формирования водных ресурсов в водосборных бассейнах реки Тобыл с целью выявить пространственные особенности организации водопользования для оптимизации управленческих решений в сфере водопользования.

Объект исследования. Река Тобыл является одной из главных водных артерий Северного Казахстана, где зона формирования стока расположена на восточных отрогах Южного Урала в 10 км к юго-западу от села Саржан и впадает в р. Ертис с левого берега у города Тобыльска. Водосборный бассейн реки Тобыл составляет 395 тыс. км², из них часть ее водосбора площадью

121 тыс. км² расположена в Костанайской области. Общая длина реки – 1591 км, из них 682 км приходится на верхнее ее течение.

Тобыл берет начало в Оренбургской области, далее с запада в него вливается приток Джелкуар, образующийся из двух рек – Синташты и Берсуат, на территории Челябинской области. Следующим крупным притоком являются реки Аят и Уй. Их верховья находятся в Челябинской области, а низовья принадлежат Казахстану. По рекам Уй, Тугузаки, Тобыл проходит часть границы между Россией и Казахстаном. Река Убаган протекает по Костанайской области, берет начало от небольшого пресного озера Коктал и впадает в реку Тобыл справа на 902 км от его устья и в 10 км выше села Звериноголовское. Река является единственным правобережным притоком реки Тобыл и второй по длине рекой, протекающей по северной половине Костанайской области [2].

Материалы и методы исследований. Для решения поставленных задач применялись бассейновый подход, метод комплексного изучения географических объектов, математической статистики и гидрологических расчетов на основе линейного тренда с помощью программного обеспечения Microsoft Excel.

В работе использованы многолетние информационно-аналитические материалы РГУ «Тобыл-Торгайская бассейновая инспекция по регулированию использования и охране водных ресурсов» Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства РК, характеризующих формирование поверхностного стока и их использование в отраслях экономики административных районов Костанайской области, расположенных на территориях водосборов бассейна реки Тобыл, охватывающих 1996–2017 годы.

Для изучения гидрологического режима стока в водосборных бассейнах реки Тобыл по гидрологическим постам Аккарга, Гришенка, Костанай и Милютинка использованы многолетние информационно-аналитические материалы этой РГУ и данные восстановления среднегодового стока в отдельных гидрологических постах на основе среднегодового стока гидрологического поста Гришенка, имеющего постоянные наблюдения за рассматриваемый период (рисунок 1).

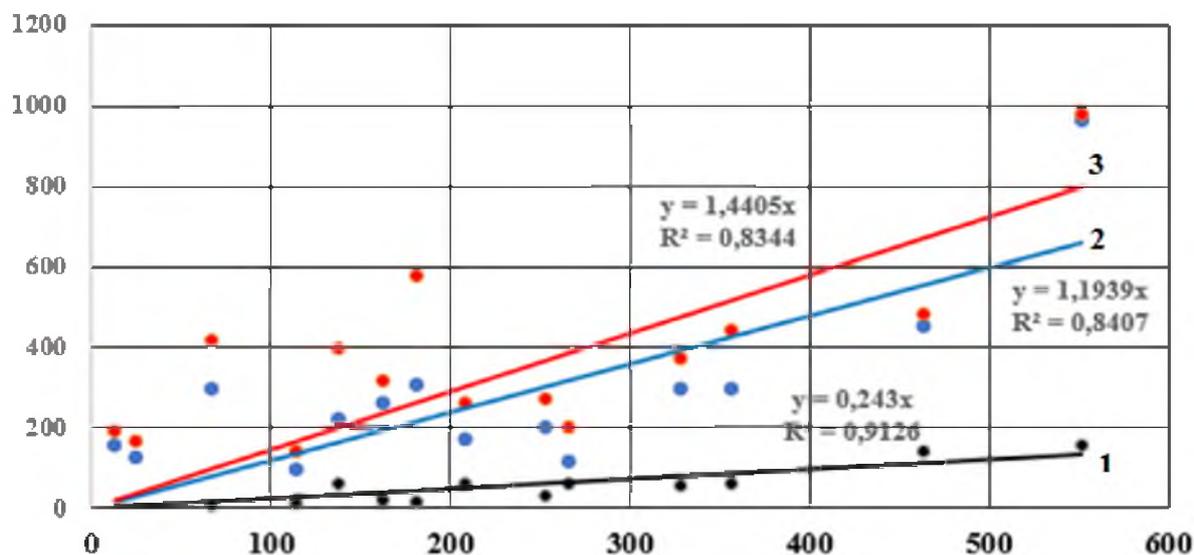


Рисунок 1 – Зависимость годовых объемов стока по контрольным постам: Аккарга (1), Костанай (2) и Милютинка (3) от годовых стоков гидрологического поста Гришенка; ордината – годовые объемы стока (млн м³) по гидрологическим постам Аккарга, Костанай и Милютинка; абсцисса – годовые объемы стока (млн м³) гидрологического поста Гришенка

Как видно из таблицы 1 и рисунка 2, динамика многолетнего хода гидрологического стока в водосборах бассейна реки Тобыл по гидрологическим постами Аккарга, Гришенка, Костанай и Милютинка за рассматриваемый период показывает, что в пространственно-временном масштабе наблюдается уменьшение годового стока под влиянием природных и антропогенных факторов.

Таблица 1 – Годовой сток в водосборах бассейна реки Тобыл за 1996–2016 гг.

Год	Аккарга		Гришенка		Костанай		Милотинка	
	м³/с	млн м³	м³/с	млн м³	м³/с	млн м³	м³/с	млн м³
1996	0,86	26,98	3,52	111,00	2,30	72,54	5,07	159,90
1997	0,40	12,64	1,65	52,00	1,85	58,35	2,38	74,91
1998	2,36	74,35	9,70	306,0	11,58	365,3	13,98	440,79
1999	5,90	186,10	2,77	87,37	3,52	111,02	3,99	125,86
2000	5,08	160,18	20,90	659,19	37,14	1171,20	30,11	949,56
2001	1,87	58,88	6,64	209,40	14,50	457,30	9,56	301,64
2002	4,03	126,94	18,90	596,00	24,30	766,40	27,22	858,53
2003	0,76	23,98	3,13	98,70	9,97	314,5	45,08	142,18
2004	4,53	143,00	14,70	463,6	14,33	454,20	15,30	482,56
2005	5,04	159,00	17,60	552,00	30,50	962,00	31,00	977,74
2006	0,34	5,82	0,76	23,97	4,03	127,00	52,21	164,64
2007	1,81	57,09	10,40	328,02	9,45	298,00	11,80	372,17
2008	0,63	19,87	5,16	162,75	8,37	264,00	10,10	318,55
2009	0,10	3,07	0,40	12,62	4,91	155,00	6,09	192,08
2010	0,36	10,41	3,62	114,17	3,01	95,00	4,48	141,30
2011	1,98	62,45	8,44	266,20	3,77	119,00	6,48	204,38
2012	1,00	31,54	0,82	252,95	6,34	200,0	8,63	272,19
2013	0,16	5,05	2,12	66,86	9,48	299,0	13,30	419,48
2014	2,00	63,08	11,30	356,40	9,42	297,00	14,00	441,56
2015	2,04	64,34	6,59	207,85	5,45	172,00	8,24	259,89
2016	0,62	19,40	5,74	181,00	9,67	305,00	18,30	577,20
2017	1,90	60,00	4,38	138,00	7,10	224,00	12,59	397,00

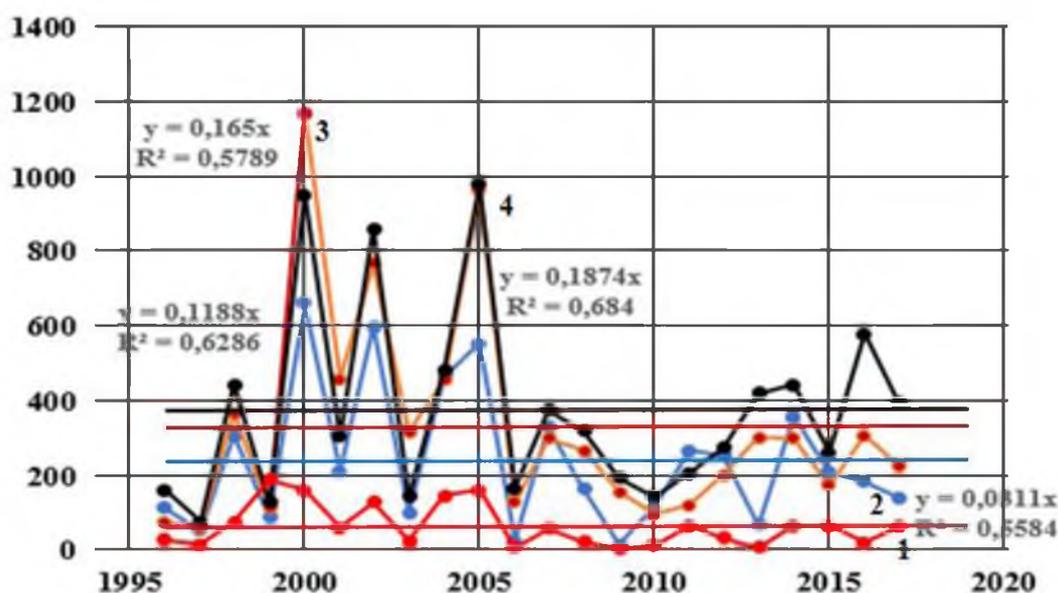


Рисунок 2 – Многолетний ход гидрологического стока в водосборах бассейна реки Тобыл: ордината – годовой объем стока (млн м³); абсцисса – годы, гидрологические посты: 1 – Аккарга; 2 – Гришенка; 3 – Костанай; 4 – Милотинка

Для выявления особенностей водопользования в водосборах бассейна реки Тобыл использованы многолетние информационно-аналитические материалы РГУ «Тобыл-Торгайская бассейновая инспекция по регулированию использования и охране водных ресурсов», характеризующие использование водных ресурсов в отраслях экономики административных районов и городов Костанайской области, непосредственно расположенных в бассейне реки, то есть для жилищно-коммунального хозяйства (услуги), промышленности и сельского хозяйства Камыстинского, Житикаринского, Денисовского, Тарановского, Костанайского, Карабалыкского, Федоровского и Мендикаринского районов, а также городов Лисаковск, Костанай и Рудный (таблица 2).

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

Административный район	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	2	3	4	5	6	7	8
Жилищно-коммунальное хозяйство (услуги), млн м ³							
Камыстинский	0,11	0,35	0,01	0,05	0,08	0,09	0,10
Житикаринский	3,96	4,63	4,57	3,76	3,68	3,55	3,44
Денисовский	0,34	0,30	0,14	0,11	0,10	0,10	0,03
Тарановский	0,97	0,98	0,46	0,51	0,75	0,72	0,60
Г. Лисаковск	4,03	4,27	3,34	3,15	3,26	2,67	2,59
Костанайский	0,88	0,69	0,47	0,31	0,26	0,45	0,38
Г. Костанай	44,59	40,59	33,85	31,50	30,87	24,32	22,94
Г. Рудный	40,74	38,17	37,75	33,10	28,87	25,98	21,80
Карабалыкский	0,99	0,81	0,58	0,31	0,19	0,23	0,15
Федоровский	0,63	0,51	0,04	0,06	0,10	0,15	0,14
Мендикаринский	0,18	0,18	0,18	0,10	0,04	0,03	0,03
Промышленность, млн м ³							
Камыстинский	0,02	0,09	0,00	0,05	0,02	0,02	0,00
Житикаринский	1,00	0,61	1,15	1,21	0,52	0,51	0,51
Денисовский	0,31	0,13	0,07	0,06	0,01	0,01	0,00
Тарановский	1,00	0,25	0,52	0,32	0,15	0,11	0,15
Г. Лисаковск	11,09	11,48	7,32	7,35	7,44	6,45	5,35
Костанайский	0,58	0,11	0,43	0,22	0,15	0,07	0,17
Г. Костанай	5,52	5,13	2,60	2,10	1,93	1,95	1,55
Г. Рудный	10,26	17,19	9,59	9,61	8,76	6,62	11,50
Карабалыкский	0,23	0,46	0,60	0,35	0,08	0,09	0,13
Федоровский	0,25	0,78	0,06	0,04	0,03	0,03	0,05
Мендикаринский	0,13	0,11	0,10	0,10	0,06	0,04	0,06
Сельское хозяйство, млн м ³							
Камыстинский	3,13	2,43	1,57	1,08	1,02	1,28	1,08
Житикаринский	6,93	6,07	3,68	1,50	2,63	1,89	1,56
Денисовский	2,99	2,50	1,89	1,20	1,24	1,24	1,54
Тарановский	9,05	4,96	2,48	1,70	1,70	1,74	1,26
Г. Лисаковск	3,36	2,08	2,32	1,20	1,62	1,36	1,37
Костанайский	26,28	12,90	7,16	4,61	6,05	6,56	3,58
Г. Костанай	0,28	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,43
Г. Рудный	8,72	9,16	4,37	1,75	2,13	1,76	1,71
Карабалыкский	3,34	2,70	1,73	1,10	1,28	1,02	0,83
Федоровский	2,72	1,74	1,38	1,25	0,86	1,10	1,08
Мендикаринский	3,75	3,44	1,96	1,03	1,46	1,05	1,23

Продолжение таблицы 2

Административный район	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	9	10	11	12	13	14	15
Жилищно-коммунальное хозяйство (услуги), млн м ³							
Камыстинский	0,10	0,10	0,03	0,13	0,15	0,16	0,17
Житикаринский	3,36	0,62	0,31	0,59	2,15	2,74	2,45
Денисовский	0,07	0,07	0,03	0,04	0,08	0,07	0,03
Тарановский	0,67	0,47	0,49	0,48	0,40	0,50	0,54
Г. Лисаковск	2,48	2,47	2,41	3,07	3,09	2,95	2,76
Костанайский	0,34	0,20	0,18	0,14	0,42	0,33	0,36
Г. Костанай	22,68	20,23	22,06	19,15	18,10	17,05	15,17
Г. Рудный	24,08	22,84	21,87	25,11	22,31	21,99	21,06
Карабалыкский	0,15	0,17	0,17	0,17	0,28	0,27	0,32
Федоровский	0,17	0,13	0,11	0,13	0,14	0,16	0,19
Мендикаринский	0,04	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06
Промышленность, млн м ³							
Камыстинский	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Житикаринский	0,53	2,69	0,95	0,95	1,34	0,42	0,65
Денисовский	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Тарановский	0,16	0,30	0,09	0,37	0,89	2,84	2,76
Г. Лисаковск	5,79	3,09	3,24	5,11	5,11	4,08	5,00
Костанайский	0,27	0,19	0,30	0,46	0,03	0,25	0,13
Г. Костанай	1,68	1,55	1,44	2,64	2,64	3,40	2,31
Г. Рудный	10,60	26,40	11,40	14,30	14,30	18,60	19,10
Карабалыкский	0,19	0,21	0,05	0,19	0,23	0,22	0,17
Федоровский	0,01	0,03	0,06	0,10	0,09	0,06	0,00
Мендикаринский	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
Сельское хозяйство, млн м ³							
Камыстинский	1,08	0,41	0,44	0,39	0,00	0,00	0,00
Житикаринский	1,43	2,33	2,05	1,62	1,22	1,29	1,16
Денисовский	1,23	0,95	1,07	0,96	0,55	0,49	0,59
Тарановский	1,71	1,44	1,55	1,62	0,76	0,64	0,73
Г. Лисаковск	1,18	1,11	1,18	1,18	1,17	1,17	1,19
Костанайский	3,89	3,68	3,53	3,90	2,57	2,62	2,59
Г. Костанай	1,36	1,45	1,49	1,64	1,58	1,45	1,73
Г. Рудный	1,82	1,51	1,56	1,45	1,72	1,56	1,67
Карабалыкский	1,04	0,11	0,91	0,84	0,09	0,11	0,13
Федоровский	1,37	1,43	1,02	0,94	0,12	0,11	0,11
Мендикаринский	1,10	0,97	1,07	1,06	0,21	0,20	0,19

Административный район	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	16	17	18	19	20	21	22
Жилищно-коммунальное хозяйство (услуги), млн м ³							
Камыстинский	0,27	0,16	0,16	0,14	0,17	0,15	0,14
Житикаринский	2,87	3,28	2,38	2,36	2,30	2,45	1,88
Денисовский	0,15	0,16	0,15	0,20	0,20	0,20	0,23
Тарановский	0,51	0,48	0,52	0,65	0,68	0,62	0,63
Г. Лисаковск	2,67	2,96	2,96	2,87	2,62	1,96	2,70
Костанайский	0,37	0,45	0,51	0,56	0,69	0,74	0,82
Г. Костанай	12,27	12,01	11,98	12,74	12,88	12,50	11,41
Г. Рудный	20,48	21,69	21,18	20,50	21,90	19,35	18,22
Карабалыкский	0,35	0,49	0,42	0,37	0,47	0,43	0,43
Федоровский	0,22	0,21	0,22	0,16	0,19	0,27	0,26
Мендикаринский	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10
Промышленность, млн м ³							
Камыстинский	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Житикаринский	0,20	0,68	0,75	0,51	0,46	0,36	0,48
Денисовский	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Тарановский	2,28	3,10	2,78	1,94	3,28	3,60	3,20
Г. Лисаковск	0,45	0,20	0,18	0,48	0,45	0,26	0,41
Костанайский	0,14	0,18	0,17	0,22	0,17	0,18	0,23
Г. Костанай	5,20	5,20	5,92	3,68	3,64	3,87	4,77
Г. Рудный	19,40	17,80	17,28	28,12	29,20	23,90	23,93
Карабалыкский	0,26	0,24	0,22	0,16	0,16	0,04	0,08
Федоровский	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07	0,08	0,04
Мендикаринский	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
Сельское хозяйство, млн м ³							
Камыстинский	0,02	0,00	0,23	0,01	0,20	0,31	0,27
Житикаринский	1,32	1,20	1,29	1,14	0,95	0,73	0,74
Денисовский	0,46	0,47	0,89	1,73	2,00	1,71	1,11
Тарановский	0,60	0,80	1,21	0,86	0,99	1,66	1,74
Г. Лисаковск	1,20	1,51	1,56	1,06	1,22	1,45	1,40
Костанайский	2,54	2,51	4,51	4,37	4,85	5,13	5,24
Г. Костанай	1,47	1,35	1,88	1,75	2,00	2,17	1,90
Г. Рудный	1,56	1,43	1,68	1,47	1,47	1,40	1,56
Карабалыкский	0,05	0,03	0,05	0,04	0,02	0,15	0,20
Федоровский	0,10	0,09	0,16	0,18	0,16	0,17	0,23
Мендикаринский	0,15	0,21	0,24	0,31	0,24	0,26	0,33

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 о состоянии водных ресурсов в естественных условиях их формирования и функционирования [2].

При этом показатель водообеспеченности (PB) на водосборных территориях речных бассейнов определяется по формуле [2] $BP = [1 - (W_{бвв} / W_{оп})]$, где $W_{оп}$ – реальные водные ресурсы речных бассейнов, км³/год; $W_{бвв}$ – безвозвратное водопотребление, км³/год.

На основе классификации И. А. Шикломанова [2] по удельной влагообеспеченности разработана шкала показателя водообеспеченности: $PB > 0,0$ – катастрофически низкая водообеспеченность; $PB = 0,0-0,20$ – очень низкая водообеспеченность; $PB = 0,20-0,40$ – низкая водообеспеченность; $PB = 0,40-0,60$ – средняя водообеспеченность; $PB = 0,60-0,80$ – высокая водообеспеченность; $PB > 0,80$ – очень высокая водообеспеченность.

Модуль расхода воды речных бассейнов определялся по формуле $K_i = Q_i / Q_{cr}$, где Q_i – средний годовой расход воды реки i -го года; Q_{cr} – среднемноголетний годовой расход реки.

Расчетная обеспеченность расхода воды речных бассейнов находится по следующему выражению: $p = [m/(n+1)] \cdot 100$, где m – порядковый номер ряда; n – количество рядов.

Результаты исследований. На основе многолетних информационно-аналитических материалов РГУ «Тобыл-Торгайская бассейновая инспекция по регулированию использования и охране водных ресурсов» и использования методики гидрологических расчетов определены гидрологические характеристики стока водосборов бассейна реки Тобыл по гидрологическим постам Аккарга, Гришенка, Костанай и Милютинка для выявления в пространственно-временном масштабе их территориальных различий (таблица 3).

Таблица 3 – Гидрологическая характеристика стока водосборов бассейна реки Тобыл

№ п/п	Год	Гидрологическая характеристика стока					
		Q_i , м ³ /с	$K_i = \frac{Q_i}{Q_{оп}}$	$(K_i - 1)$	$\sum_{i=1}^n (K_{cr} - 1)$	Q_i^{y6} , м ³ /с	p , %
1	2	3	4	5	6	7	8
Гидрологический пост – село Аккарга							
1	1996	0,86	0,432	-0,568	0,568	5,90	4,35
2	1997	0,40	0,201	-0,799	-1,367	5,08	8,70
3	1998	2,36	1,186	0,186	-1,181	5,04	13,05
4	1999	5,90	2,965	1,965	0,784	4,53	17,40
5	2000	5,08	2,553	1,553	2,337	4,03	21,75
6	2001	1,87	0,940	-0,060	2,277	2,36	26,10
7	2002	4,03	2,025	1,025	3,302	2,04	30,45
8	2003	0,76	0,382	-0,618	2,684	2,00	34,80
9	2004	4,53	2,276	1,276	3,960	1,98	39,15
10	2005	5,04	2,532	1,532	5,492	1,90	43,90
11	2006	0,34	0,171	-0,829	4,663	1,87	47,85
12	2007	1,81	0,910	-0,090	4,573	1,81	52,20
13	2008	0,63	0,316	-0,684	3,889	1,00	56,55
14	2009	0,10	0,050	-0,950	2,939	0,86	60,90
15	2010	0,36	0,181	-0,819	2,120	0,76	95,25
16	2011	1,98	0,994	-0,006	2,114	0,63	69,60
17	2012	1,00	0,502	-0,498	1,616	0,62	73,95
18	2013	0,16	0,050	-0,950	0,666	0,40	78,30
19	2014	2,00	1,005	0,005	0,671	0,36	82,65
20	2015	2,04	1,025	0,025	0,696	0,34	87,00
21	2016	0,62	0,311	-0,689	0,007	0,16	91,35
22	2017	1,90	0,955	-0,045	-0,038	0,10	95,70

<i>Продолжение таблицы 3</i>							
1	2	3	4	5	6	7	8
Гидрологический пост – село Гришенка							
1	1996	3,52	0,465	-0,535	-0,535	20,90	4,35
2	1997	1,65	0,218	-0,782	-1,317	18,90	8,70
3	1998	9,70	1,283	0,283	-1,034	17,60	13,05
4	1999	2,77	0,366	-0,634	-1,668	14,70	17,40
5	2000	20,90	2,764	1,764	0,096	11,30	21,75
6	2001	6,64	0,878	-0,122	-0,028	10,40	26,10
7	2002	18,90	2,500	1,500	1,472	9,70	30,45
8	2003	3,13	0,414	-0,586	0,866	8,44	34,80
9	2004	14,70	1,944	0,944	1,830	8,02	39,15
10	2005	17,60	2,328	1,328	3,158	6,64	43,90
11	2006	0,76	0,100	-0,900	2,258	6,59	47,85
12	2007	10,40	0,375	0,375	2,633	5,74	52,20
13	2008	5,16	0,682	-0,318	2,315	5,16	56,55
14	2009	0,40	0,143	-0,857	1,458	4,38	60,90
15	2010	3,62	0,498	-0,502	0,956	3,62	95,25
16	2011	8,44	1,116	0,116	1,017	3,52	69,60
17	2012	0,82	1,061	0,061	1,078	3,13	73,95
18	2013	2,12	0,280	-0,720	0,358	2,77	78,30
19	2014	11,30	1,495	0,495	0,853	2,12	82,65
20	2015	6,59	0,876	-0,124	0,729	1,65	87,00
21	2016	5,74	0,759	-0,241	0,488	0,76	91,35
22	2017	4,38	0,579	-0,421	0,067	0,40	95,70
Гидрологический пост – город Костанай							
1	1996	2,30	0,219	-0,781	-0,781	37,14	4,35
2	1997	1,85	0,176	-0,824	-1,605	30,50	8,70
3	1998	11,58	1,100	0,100	1,505	24,30	13,05
4	1999	3,52	0,334	-0,666	-2,171	14,50	17,40
5	2000	37,14	3,530	2,530	0,359	14,33	21,75
6	2001	14,50	1,376	0,378	0,737	11,58	26,10
7	2002	24,30	2,310	1,310	2,047	9,97	30,45
8	2003	9,97	0,948	-0,052	1,999	9,67	34,80
9	2004	14,33	1,362	0,362	2,357	9,48	39,15
10	2005	30,50	2,900	1,900	4,257	9,45	43,90
11	2006	4,03	0,383	-0,167	3,640	9,42	47,85
12	2007	9,45	0,898	-0,102	3,538	8,37	52,20
13	2008	8,37	0,795	-0,205	3,333	7,10	56,55
14	2009	4,91	0,466	-0,534	2,799	6,34	60,90
15	2010	3,01	0,286	-0,714	2,085	5,45	95,25
16	2011	3,77	0,358	-0,642	1,443	4,91	69,60
17	2012	6,34	0,602	-0,398	1,045	4,03	73,95
18	2013	9,48	0,901	-0,089	0,958	3,77	78,30
19	2014	9,42	0,895	-0,105	0,851	3,52	82,65
20	2015	5,45	0,518	-0,482	0,364	3,01	87,00
21	2016	9,67	0,919	-0,081	-0,288	2,30	91,35
22	2017	7,10	0,674	-0,326	-0,038	1,85	95,70

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Гидрологический пост – село Милютинка							
1	1996	5,07	0,318	-0,682	-0,682	52,21	4,35
2	1997	2,38	0,149	-0,851	-1,533	45,08	8,70
3	1998	13,98	0,879	-0,121	-1,654	31,00	13,05
4	1999	3,99	0,251	-0,749	-2,403	30,11	17,40
5	2000	30,11	1,892	0,892	-1,511	27,22	21,75
6	2001	9,56	0,600	-0,400	-1,911	18,30	26,10
7	2002	27,22	1,711	0,711	-1,200	15,30	30,45
8	2003	45,08	2,833	1,833	0,633	14,00	34,80
9	2004	15,30	0,961	-0,039	0,594	13,98	39,15
10	2005	31,00	1,948	0,948	1,542	13,30	43,90
11	2006	52,21	3,281	2,281	3,833	12,59	47,85
12	2007	11,80	0,741	-0,259	3,564	11,80	52,20
13	2008	10,10	0,635	-0,365	3,199	10,10	56,55
14	2009	6,09	0,383	-0,617	2,582	9,56	60,90
15	2010	4,48	0,281	-0,719	1,863	8,63	95,25
16	2011	6,48	0,407	-0,593	1,270	8,24	69,60
17	2012	8,63	0,542	-0,458	0,812	6,48	73,95
18	2013	13,30	0,836	-0,164	0,648	6,09	78,30
19	2014	14,00	0,880	-0,120	0,528	5,07	82,65
20	2015	8,24	0,518	-0,482	0,046	4,48	87,00
21	2016	18,30	1,150	0,150	0,196	3,99	91,35
22	2017	12,59	0,791	0,209	-0,013	2,38	95,70

Для оценки изменения среднегодового расхода в водосборах бассейна реки Тобыл под влиянием природных и антропогенных факторов определены интегральные кривые среднемноголетнего расхода по гидрологическим постам Аккарга, Гришенка, Костанай и Милютинка (рисунок 3).

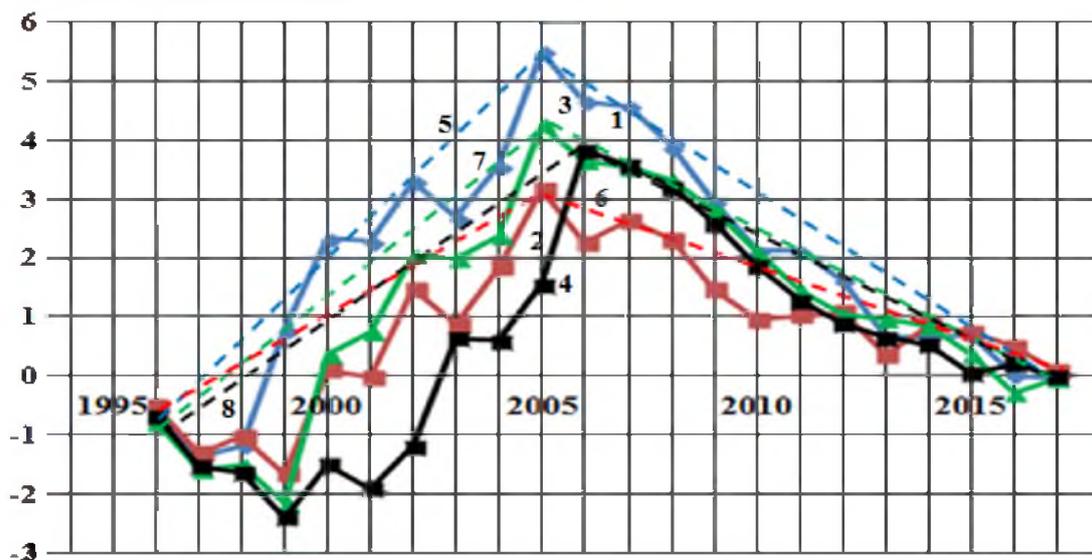


Рисунок 3 – Интегральные разностные кривые среднемноголетнего расхода в водосборах бассейна реки Тобыл: ордината – интегральная разностная кривая; абсцисса – годы; гидрологические посты: 1 – Аккарга; 2 – Гришенка; 3 – Костанай; 4 – Милютинка; тренд на участке максимального расхода по гидрологическим постам: 5 – Аккарга; 6 – Гришенка; 7 – Костанай; 8 – Милютинка

Как видно из рисунка 3, приведенные разностные интегральные кривые среднегодовых расходов воды реки Тобыл, построенные по этим гидрологическим постам, описывающие ход накоп-

ленной разности $\sum_{i=1}^n (K_{cp} - 1)$ во времени, показывают, что коэффициент наклона линии тренда

при положительном значении соответствует увеличению среднегодового расхода реки в этом промежутке времени, а при отрицательном значении – уменьшению среднегодового расхода.

Уравнение линии тренда по гидрологическим постам имеет следующий вид:

по гидрологическому посту Аккарга: положительный наклон $(Kp - 1) = 0,0009 \cdot t$ ($R^2 = 0,4525$) и отрицательный наклон $(Kp - 1) = 0,0014 \cdot t$ ($R^2 = 0,7564$);

по гидрологическому посту Гришенка: положительный наклон $(Kp - 1) = 0,0001 \cdot t$ ($R^2 = 0,0369$) и отрицательный наклон $(Kp - 1) = 0,0008 \cdot t$ ($R^2 = 0,7721$);

по гидрологическому посту Костанай: положительный наклон $(Kp - 1) = 0,0004 \cdot t$ ($R^2 = 0,7955$) и отрицательный наклон $(Kp - 1) = 0,0012 \cdot t$ ($R^2 = 0,4525$);

по гидрологическому посту Милютинка: положительный наклон $(Kp - 1) = 0,0004 \cdot t$ ($R^2 = 0,3005$) и отрицательный наклон $(Kp - 1) = 0,0011 \cdot t$ ($R^2 = 0,7814$).

Таким образом, в водосборных бассейнах реки Тобыл до 2005 года наблюдалось некоторое увеличение среднегодового расхода воды по всем рассматриваемым гидрологическим постам, а с 2006 года – постоянное их снижение, что является сигналом тревоги для тех, кто обеспечивает безопасность хозяйственной деятельности в регионе.

В качестве мероприятий, обеспечивающих стратегическую государственную безопасность, выступают не только прогнозы состояния водных ресурсов, а также водообеспеченность и тенденции развития этого процесса.

Под понятием «водообеспеченность» понимается не только обеспечение питьевого режима населения, а также обеспечение водными ресурсами природных компонентов ландшафтной системы и отраслей экономики региона. Для более точной оценки водообеспеченности водосбора бассейна реки Тобыл он условно разделен на два водохозяйственных участка, то есть верховье (от зоны формирования стока до гидрологического поста Костанай), и среднее течение (от гидрологического поста Костанай до поста Милютинка). В их рамках определены уровни использования водных ресурсов в отраслях экономики региона (таблица 4).

Таблица 4 – Динамика водопользования в разрезе водохозяйственных участков в водосборах бассейна реки Тобыл, млн м³

Водохозяйственный участок	Годы						
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	2	3	4	5	6	7	8
Верхнее течение	48,31	41,13	29,54	23,25	24,22	21,74	19,58
Среднее течение	171,62	135,46	103,05	85,54	83,12	71,45	68,56
Всего	219,93	176,53	132,59	108,79	107,34	93,19	88,14

Продолжение таблицы 4

Водохозяйственный участок	Годы						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	9	10	11	12	13	14	15
Верхнее течение	19,81	16,06	13,85	16,52	16,91	17,35	18,07
Среднее течение	70,85	81,26	67,35	73,53	65,92	69,68	66,54
Всего	90,66	97,32	81,20	90,05	82,83	87,03	84,61

Окончание таблицы 4

Водохозяйственный участок	Годы						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	16	17	18	19	20	21	22
Верхнее течение	13,33	15,00	15,07	13,95	15,5	15,46	14,93
Среднее течение	69,98	64,06	66,59	74,83	78,27	70,80	69,81
Всего	83,31	79,06	81,66	88,78	93,79	86,26	84,74

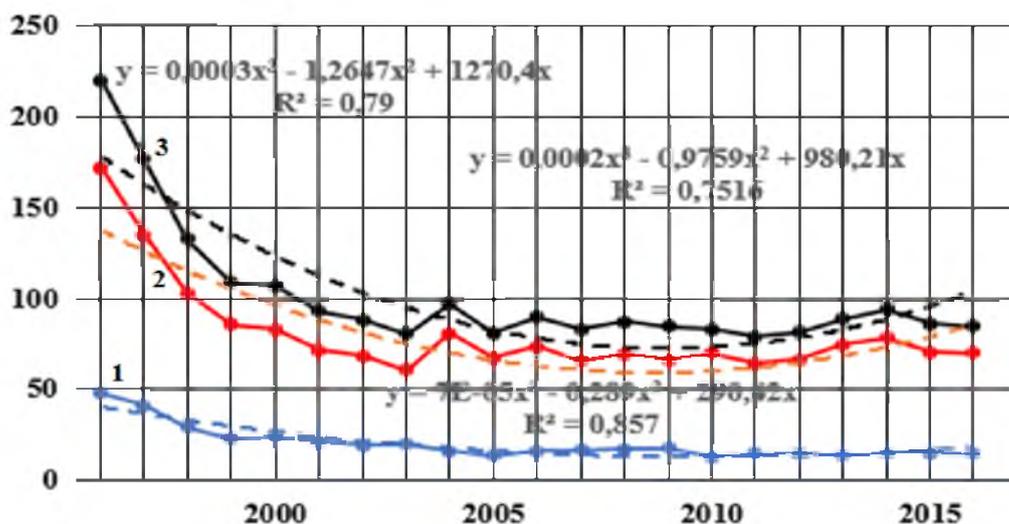


Рисунок 4 – Динамика водопользования в разрезе водохозяйственных участков в водосборах бассейна реки Тобыл (млн м³) с линейными трендами: 1 – верхнее течение; 2 – среднее течение; 3 – водосбор бассейна реки; ордината – объем водопотребления в отраслях экономики; абсцисса – годы

Особенности водопользования в водосборах бассейна реки Тобыл определяются объемом водопотребления жилищно-коммунальным хозяйством (услуги), промышленностью и сельским хозяйством, которое за 1996–2016 годы постепенно уменьшалось, так как промышленность в основном расположена в городах Лисаковске, Костанаяе и Рудном, а сельское хозяйство в Камыстинском, Житикаринском, Денисовском, Тарановском, Костанайском, Карабалыкском, Федоровском и Мендикаринском районах развивается в рамках богарного земледелия, что определяет вид линейного тренда, который описывается полиномиальным уравнением третьего порядка:

$$\text{для верхнего течения реки: } W_{\text{бвв}} = 7E - 0,5 \cdot t^3 - 0,289 \cdot t^2 + 290,42 \cdot t;$$

$$\text{для среднего течения реки: } W_{\text{бвв}} = 0,0002 \cdot t^3 - 0,9759 \cdot t^2 + 980,21 \cdot t;$$

$$\text{для водосбора бассейна реки: } W_{\text{бвв}} = 0,0003 \cdot t^3 - 1,2647 \cdot t^2 + 1270,4 \cdot t.$$

На основе информационно-аналитических материалов, приведенных в таблицах 1 и 4, выполнены прогнозные расчеты для определения водообеспеченности по водохозяйственным участкам водосборов бассейна реки Тобыл (таблица 5). Как видно из таблицы 5, характеризующей водообеспеченность в водосборах бассейна реки Тобыл по водохозяйственным участкам, в верхнем течении показатель водообеспеченности колеблется от 0,209 до 0,967, что соответствует значениям от низкой до высокой водообеспеченности в зависимости от водности реки, а в среднем течении их количественные значения варьируют от -1,336 до 0,929, что показывают очень высокую водообеспеченность.

Таким образом, обобщая выполнение комплексного исследования по оценке условий формирования поверхностного стока в водосборах бассейна реки Тобыл и особенностей их использования в отраслях экономики региона, определенных на основе расчета показателя водообеспеченности, мы установили современное состояние водопользования и определили наиболее проблемные водохозяйственные участки, требующие принятия мер по управлению природными ресурсами для их устойчивого развития.

Таблица 5 – Экологические показатели удельной водообеспеченности водосбора бассейна реки Тобыл по водохозяйственным участкам

Год	Верховья водосбора реки Тобыл			Среднее течение водосбора реки Тобыл		
	Реальные водные ресурсы W_{op} , млн м ³	Безвозвратное водопотребление $W_{бвв}$, млн м ³	Показатели водообеспеченности $PВ$	Реальные водные ресурсы W_{op} , млн м ³	Безвозвратное водопотребление $W_{бвв}$, млн м ³	Показатели водообеспеченности $PВ$
1996	111,00	48,31	0,565	72,54	171,62	-1,366
1997	52,00	41,13	0,209	58,35	135,46	-1,321
1998	306,0	29,54	0,903	365,3	103,05	0,718
1999	87,37	23,25	0,734	111,02	85,54	0,230
2000	659,19	24,22	0,963	1171,20	83,12	0,929
2001	209,40	21,74	0,896	457,30	71,45	0,843
2002	596,00	19,58	0,967	766,40	68,56	0,910
2003	98,70	19,81	0,799	314,50	70,85	0,774
2004	463,6	16,06	0,965	454,20	81,26	0,821
2005	552,00	13,85	0,975	962,00	67,35	0,929
2006	23,97	16,52	0,311	127,00	73,53	0,421
2007	328,02	16,91	0,948	298,00	65,92	0,779
2008	162,75	17,35	0,893	264,00	69,68	0,736
2009	12,62	18,07	-0,432	155,00	66,54	0,571
2010	114,17	13,33	0,883	95,00	69,98	0,263
2011	266,20	15,00	0,943	119,00	64,06	0,461
2012	252,95	15,07	0,940	200,00	66,59	0,667
2013	66,86	13,95	0,791	299,00	74,83	0,749
2014	356,40	15,52	0,956	297,00	78,27	0,736
2015	207,85	15,46	0,926	172,00	70,80	0,588
2016	181,00	14,93	0,918	305,00	69,81	0,771

Выводы. Практическая значимость оценки условий формирования поверхностного стока в водосборах бассейна реки Тобыл и особенностей их использования в отраслях экономики региона заключается в том, что результаты исследований ориентированы на решение прикладных задач для повышения эффективности и качества принимаемых управленческих решений в области использования и охраны водных ресурсов. Полученная в ходе исследования база данных о структуре и динамике водопользования и показателей водообеспеченности в водосборах бассейна реки Тобыл в пространственно-временном масштабе может стать базовой составляющей для дальнейших исследований в области повышения эффективности и рациональности использования водных ресурсов, обеспечения нормативного качества питьевых вод и очистки сточных, охраны водных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель: Кустанайская область. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 615 с.
- [2] Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963–1970 гг.): Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан, Верхний Ертис, Верхний Ишим, Верхний Тобыл. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – Т. 15, вып. 2. – 384 с.
- [3] Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1971–1975 гг.): бассейны Ертиса, Ишима, Тобыла. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – Т. 15, вып. 2. – 294 с.

- [4] Водные Ресурсы Казахстана. Оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. Кн. 1: Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстан. – Алматы, 2012. – Т. VII. – 684 с.
- [5] Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши (1976–1980 гг.). Казахская ССР. Бассейны Ертыса, Ишима, Тобыла. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – Т. 5, вып. 1. – 468 с.
- [6] Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 13. Многолетние данные. Ч. 1-6, вып. 18. КазССР. Кн. 2. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 445 с.
- [7] Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С., Тастемірова Б.Е. Оценка влияния климата на формирования гидрологического режима водосбора бассейна реки Тобыл // XV Международный научно-практический симпозиум и выставка «чистая вода России»: Сборник материалов. – Екатеринбург, 2019. – С. 91-95.

REFERENCES

- [1] Surface water resources of virgin and fallow lands development areas: Kostanay region. L.: Gidrometeoizdat, 1959. 615 p. (in Russ.).
- [2] Surface water resources of the USSR. Main hydrological characteristics (for 1963–1970): Altai, Western Siberia and Northern Kazakhstan, Upper Irtysh, Upper Ishim, Upper Tobol. L.: Gidrometeoizdat, 1959. Vol. 15, N 2. 384 p. (in Russ.).
- [3] Surface water resources of the USSR. Main hydrological characteristics (for 1971–1975): the Irtysh, Ishim, Tobol basins. L.: Gidrometeoizdat, 1959. Vol. 15, N 2. 294 p. (in Russ.).
- [4] Water Resources Kazakhstan. Assessment, forecast, management. River flow resources of Kazakhstan. Book 1: Renewable surface water resources of West, North, Central and East Kazakhstan. Almaty, 2012. Vol. VII. 684 p. (in Russ.).
- [5] State water cadastre. Long-term data on the regime and resources of land surface waters (1976–1980). Kazakh SSR. The Irtysh, Ishim, Tobol basins. L.: Gidrometeoizdat, 1987. Vol. 5, issue 1. 468 p. (in Russ.).
- [6] Applied Scientific Handbook on the Climate of the USSR, Series 13, Long-term data. Ch. 1-6, N 18. KazSSR. Book 2. L.: Gidrometeoizdat, 1989. 445 p. (in Russ.).
- [7] Kozykeyeva A.T., Mustafayev Zh.S., Tastemirova B.E. Assessment of the climate impact on the formation of the hydrological regime of the catchment area of the Tobyl river basin // XV International scientific-practical symposium and exhibition «pure water of Russia»: Collection of materials. Yekaterinburg, 2019. P. 91-95 (in Russ.).

Ж. С. Мұстафаев¹, Ә. Т. Қозыкеева², Б. Е. Тастемірова³

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

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

³ Магистр, докторант PhD, «су ресурстары және мелиорация» кафедрасы (Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан)

ТОБЫЛ ӨЗЕНІНҢ АЛАБЫНДАҒЫ СУ АҒЫНЫНЫҢ КЕҢІСТІК-УАҚЫТ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ӨЗГЕРУ КЕЗІНДЕГІ КЕПІЛДІКТІ СУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Аннотация. Қазақстан Республикасының Ауылшаруашылық министрлігінің Су ресурстары комитетінің «Тобыл-Торғай алабының суды реттеп пайдалану және қорғау инспекциясының», Қостанай облысының әкімшілік аудандарының және қалаларының экономика саласына су ресурстарын пайдалануын сипаттайтын көпжылдық ақпараттық-талдау мәліметерінің негізінде, Тобыл өзенінің сужинау алабының жер беті су ағынының қалыптасу жағдайы және суды пайдаланудың аймақтық ерекшеліктері анықталған. Тобыл өзенінің сужинау алабының орташа жылдық су ағынының мөлшерінің табиғи және техногендік қызметтің әсерінен өзгеруін бағалау үшін, Аққарға, Гришенка, Қостанай және Милютинка гидрологиялық бекеттерінің көпжылдық орташа су ағынының мөлшерінің интегралдық қисығының сызбасы тұрғызылған және оның нәтижесі көрсеткендей, қарастырылып отырған жылдар кезеңінің 1996-дан 2005-ші жылдар аралығында, барлық гидрологиялық бекеттер бойынша орташа жылдық су ағынының мөлшерінің өскенін, ал 2006-шы 2017-ші жылдар аралығында, оның тұрақты түрде төмендегенін байқауға болады, бұл аймақтың шаруашылық қызметінің қауіпсіздігін қамтамасыз етудің белгісі болып табылады.

Тобыл өзенінің сужинау алабының су пайдалану ерекшелігін бағалау үшін 1996–2017 жылдар аралығындағы тұрмыстық қажеттілікке, өндіріске және ауылшаруашылық саласына пайдаланылған судың көлемі туралы мәліметтер пайдаланылды, олардың шамасының уақыт кезеңінде біртіндеп төмендегенін байқалады, өйткені өндіріс саласы негізінен Лисаковск, Қостанай және Рудный қалаларында орналасқан, ал ауылшаруашылық саласы Қамысты, Жетіқарын, Денисовка, Тарановка, Қостанай, Қарабалық, Федровка және Мендіқара аудандарында құрғақ егіншілік аясында дамитындықтан, олардың сызықтық трендінің түрі үшінші ретті полиномдық теңдеумен сипатталады.

Түйін сөздер: өзен, алабы, ағын, мөлшері, су, ресурстары, суды пайдалану, талдау, бағалау, әдіс, тренд.

Zh. S. Mustafayev¹, A. T. Kozykeyeva², B. Ye. Tastemirova³

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

² Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department
of «Water resources and melioration» (Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan)

³ Master, PhD doctoral student of the Department of «Water resources and melioration»
(Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan)

PROBLEMS OF GUARANTEED WATER SUPPLY UNDER CONDITIONS OF SPATIAL-TIME VARIABILITY OF RUNOFF IN THE TOBYL RIVER BASIN

Abstract. On the basis of long-term information and analytical materials of the RSU «Tobyl-Torgai Basin Inspection for Regulation of the Use and Protection of Water Resources» of the Committee for Water Resources of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, characterizing the use of water resources in the economic sectors of administrative districts and cities of the Kostanay region, the conditions for the formation of surface runoff were determined and regional features of water use in the catchments of the Tobyl river basin. To assess the change in the average annual discharge in the catchments of the Tobyl River basin under the influence of natural and anthropogenic activities, integral curves of average annual discharge were determined for the hydrological stations of Akkarga, Grishenka, Kostanay and Milyutinka, which showed that in the period under consideration, from 1996 to 2005, there was a slight increase in the average annual discharge for all considered hydrological posts, and from 2006 to 2017 – their constant decline, which is a signal to ensure the safety of economic activities in the region. To assess the peculiarities of water use in the catchments of the Tobyl River basin, the volumes of water consumption of housing and communal services (services), industry and agriculture were used, which gradually decrease over the period 1996–2016, since the industry is mainly located in the cities of Lisakovsk, Kostanay and Rudny. and agriculture in Kamystinsky, Zhitikarinsky, Denisovsky, Taranovsky, Kostanaysky, Karabalyksky, Fedorovsky and Mendikarinsky districts is developing within the framework of dry farming, which determines the type of linear trend, which is characterized by a third-order polynomial equation.

Keywords: river, basin, runoff, discharge, water, resources, water use, analysis, assessment, method, trend.