

2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 гг.): Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан, Верхний Иртыш, Верхний Ишим, Верхний Тобол. – Л. : Гидрометеиздат, 1959. – Т. 15. Вып. 2. – 384 с.

3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 гг.): бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. – Л. : Гидрометеиздат, 1959. – Т. 15. Вып. 2. – 294 с.

4. Водные Ресурсы Казахстан. Оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. Книга 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 Иртыша, Ишима, Тобола. – Л. : Гидрометеиздат, 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. : Гидрометеиздат, 1989. – 445 с.

7. Козыкеева, А. Т. Оценка влияния климата на формирования гидрологического режима водосбора бассейна реки Тобыл / А. Т. Козыкеева, Ж. С. Мустафаев, Б. Е. Тастемирова // Чистая вода России : сб. материалов XV Междунар. науч.-практ. симпозиума и выставки. – Екатеринбург, 2019. – С. 91-95.

УДК 556.512 (286.254)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ ВОДОСБОРОВ БАСЕЙНА РЕКИ ИЛИ С УЧЁТОМ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

*Рыскулбекова Л. Б., докторант PhD¹,
Мустафаев Ж. С., д-р техн. наук, профессор¹,
Жатканбаева А. О., доктор PhD²,*

¹*Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан,*
²*Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан*

Аннотация. На основе геоморфологической схематизации сформированы экологическая и экономическая функции верхних, средних и нижних водохозяйственных участков водосборов речных бассейнов, разработана модель экологического показателя удельной водобеспеченности, учитывающая располагаемые водные ресурсы водохозяйственного участка и экологического стока, которая является одной из модификации показателя удельной водобеспеченности, предложенного И.А. Шикломановым, и реализована для оценки водобеспеченности водосбора бассейна реки Или в пространственно-временном масштабе, позволяющая рационально использовать его природные ресурсы с учётом водоохранной деятельности.

Ключевые слова: функция речных бассейнов, геоморфологическая схематизация, водосбор речного бассейна, водохозяйственный участок, экологический сток, располагаемые водные ресурсы.

IMPROVEMENT OF METHODOLOGY FOR ASSESSING WATER SECURITY OF WATER DRAINAGE OF RIVER BASINS OR TAKING INTO ACCOUNT THE GEOECOLOGICAL LIMITATIONS

*Ryskulbekova L. B., Doctoral Candidate PhD¹,
Mustafayev J. S., Doctor of Technical Sciences, Professor¹,
Zhatkanbaeva A. O., Doctor of PhD²,*

¹*Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan*
²*Taraz State University named after M.Kh.Dulati, Taraz, Kazakhstan*

Abstract. Based on geomorphological schematization, the ecological and economic functions of the upper, middle and lower water management areas of the river basin catchment have been formed, a model has been developed for the environmental indicator of specific water availability, taking into account the available water resources of the water sector and ecological runoff, which is one of the modifications of the specific water availability indicator proposed by I.A. . Shiklomanov and implemented to assess the water availability of the catchment area of the Ili River basin in spatio-temporal scales, allowing rational use of their natural resources in the light of water protection activities.

Key words: function of river basins, geomorphological schematization, catchment of river basins, water sector, ecological flow, available water resources.

Введение. Водные ресурсы и водообеспечение как средообразующие системы речных бассейнов являются одними из основных источников существования. Регулирование и управление их рациональным использованием с учётом потребности общества и охраны объектов гидроэкосистемы необходимо. Поэтому определение уровня водообеспеченности речных бассейнов, выполняющих экономические и экологические функции, которые изменяются под воздействием активных (климат) и адаптивных (подстилающая поверхность) факторов в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на водные экосистемы, является одной из актуальных проблем в области водного хозяйства.

Цель исследований – совершенствование методологии оценки водообеспеченности водосбора речных бассейнов с учётом геоэкологических ограничений, обеспечивающих экологические и экономические устойчивости водохозяйственных систем.

Объекты исследования. Водосбор бассейна реки Или как единая средообразующая среда расположен на территории Казахстана и Китайской Народной Республики. При этом 65 % речного стока озера формируется на сопредельной территории Синьцзян-Уйгурского автономного района (СУАР) Китайской Народной Республики [1, 2].

Водосбор бассейна реки Или берёт начало на ледниках Музарт в Центральном Таниртау (Казахстан) истоком реки Текес и затем течёт по территории Китайской Народной Республики (КНР), где сливается с реками Кунес и Каш, на 250-ом км от слияния снова входит в пределы Республики Казахстан, на 1001-ом км впадает в озеро Балхаш [1, 2].

Общая длина реки Или – 1439 км, в пределах Республики Казахстан – 815 км. Общая площадь бассейна реки Или – 140 тыс. км², то есть примерно 75 % водосборной площади озера Балхаш, из них 77400 км² – на территории Республики Казахстан.

Материалы и методика исследований. При исследованиях использованы 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 объёму водопотребления отрасли экономики Илийского водохозяйственного бассейна. Территория водосбора бассейна реки Или подразделяется на два участка: верховье и низовье, которые выделены на основе геоморфологической схематизации с административным

делением в разрезе районов Алматинской области.

На основе многолетних информационно-аналитических материалов Балхаш-Алакольской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, охватывающих 2002-2017 гг., сделан анализ использования водных ресурсов в отраслях экономики на территориях водосбора бассейна реки Или в разрезе водохозяйственных участков и административных районов Алматинской области, включающих жилищно-коммунальное хозяйство, промышленность и сельское хозяйство.

В непосредственно водосборных территориях бассейна реки Или расположены 7 административных районов (Енбекшиказахский, Талгарский, Уйгурский, Кербулакский, Панфиловский, Балхашский и Илийский районы Алматинской области) и город Капшагай, где численность населения с 2002 по 2017 гг. увеличилась с 809252 до 1048566 человек, что необходимо учитывать при оценке водообеспеченности в разрезе водохозяйственных участков [3].

Результаты исследований. Предельно-допустимый уровень использования водных ресурсов водосбора речных бассейнов основан на следующих геоэкологических принципах: обеспечение устойчивого использования водных ресурсов; учёт физико-географических и социально-экономических условий, влияющих на их формирование; обеспечение экологического стока, обеспечивающего устойчивость водных экосистем, особенно в низовьях, испытывающих чрезмерные техногенные нагрузки.

При этом в зависимости от стокообразующихся функций водосбора речные бассейны разделяются на три средообразующихся участка, то есть верхний, средний и нижний [3].

Верхний участок водосбора речных бассейнов по геоморфологической схематизации относится к горной (элювиальной) природной зоне и в гидрологическом плане это основная стокоформирующая зона бассейна.

Средний участок водосбора речных бассейнов по геоморфологической схематизации относится к предгорной (трансэлювиальной) и предгорной равнине (трансаккумулятивной), а в гидрологическом плане является зоной транзитной трансформации речного стока, в экономическом плане – зоной интенсивного использования речного стока и в геоэкологическом плане – менеджеров производительных водоохранных комплексов к режиму стоку возвратных вод.

Нижний участок водосбора речных бассейнов по геоморфологической схематизации относится к равнинам супераквальной и субаквальной, которые в гидрологическом плане являются зоной magazинирования речного стока, формирующегося в верхних и средних участках речного бассейна, в экономическом плане – зоной остаточного использования речного стока и в геоэкологическом плане является водоприёмниками возвратных вод водохозяйственных и промышленных объектов, функционирующих в верхних и средних течениях реки.

Ограничения водопользования на территориях водосбора бассейна ре-

ки Или, связанные с наличием водных ресурсов, 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. человека), который определяет не только дефицит водных ресурсов, а также позволяет судить в целом о состоянии водных ресурсов в естественных условиях их формирования и функционирования [4].

При этом показатель удельной водообеспеченности (PB) на водосборных территориях речных бассейнов определяется по формуле [4]:

$$PB = (W_{op} - W_{бвв}) / N,$$

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

По классификации И.А. Шикломанова, показатели удельной водообеспеченности: $PB < 1.0$ – катастрофически низкая водообеспеченность; $PB = -1.10 - 2,00$ – очень низкая водообеспеченность; $PB = -2.10 - 5,00$ – низкая водообеспеченность; $PB = -5.10 - 10,00$ – средняя водообеспеченность; $PB = -10.10 - 20,00$ – высокая водообеспеченность; $PB > -$ очень высокая водообеспеченность [2].

Анализ работы по охране и сохранению природного комплекса водосборных территорий и водных объектов показывает, что водные ресурсы водотоков и водоёмов 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, озёрных систем и околоводных млекопитающих [5-8]. В результате возникает острая необходимость в количественной оценке резервируемых в реках водных ресурсов по экологическим критериям, и тогда экологический показатель удельной водообеспеченности ($ЭPB$) водосборных территорий речных бассейнов определяется по формуле:

$$ЭPB = \{ [W_{op} \cdot (1 - \alpha_э) - W_{бвв}] \} / N,$$

где W_{op} – реальные располагаемые водные ресурсы водохозяйственных участках речных бассейнов, км³/год; $W_{бвв}$ – безвозвратное водопотребление водохозяйственных участках, км³/год; $\alpha_э$ – коэффициент, характеризующий экологический сток в речных системах, который определяют в пространственно-временном масштабе.

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 [5]. Для горных и предгорных рек юго-восточного Казахстана, на примере водосбора бассейна реки Шу, на основе многоцелевых прогнозных расчётов установле-

ны их количественные значения в пределах 0,35, которые использованы для определения экологических показателей удельных водообеспеченностей в водосборных территориях бассейна реки Или, то есть каждый водохозяйственный участок должен предусмотреть экологический сток в пределах 0,35 от располагаемых водных ресурсов, которые выделяются для использования в развитии отраслей экономики.

На основе данных, характеризующих уровень водопользования в отраслях экономики и охватывающих 2002-2017 годы, определены экологические показатели удельной водообеспеченности в водосборных территориях бассейна реки Или по водохозяйственным участкам (таблица 1). Данные показали, что в верховьях водосбора реки Или они колеблются от 4,579 до 15,627, что соответствуют значениям от низкой водообеспеченности до высокой водообеспеченности в зависимости от водности реки, а в низовьях водосбора реки Или, их количественные значения колеблются от 29,541 до 84,619, что показывают очень высокую водообеспеченность.

Таблица 1 – Экологические показатели удельной водообеспеченности Илийского водохозяйственного бассейна

Годы	Илийский водохозяйственный бассейн					
	Верховья водосбора реки Или			Низовья водосбора реки Или		
	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
2017	14,819	–	–	18,114	–	–

При этом следует отметить, что очень высокая водообеспеченность в низовьях водосбора бассейна реки Или обеспеченные, с одной стороны, наличием ГЭС в Капшагайском водохранилище, обеспечивающем гарантированный попуск стока и, с другой стороны, очень низкая численность населения, связанная с неблагоприятными природно-климатическими условиями, отрицательно воздействующими на условия жизни человека.

Выводы. Расположение в аридной и полуаридной зоне, а также особенности формирования гидрологического стока в водосборных территориях бассейна реки Или, определяющего средообразующей системы с социально-экономическими условиями и природно-техногенными объектами, которые определяют уровень водобеспеченности водохозяйственных участков, требуют необходимости координации водохозяйственной деятельности, чтобы не допустить возможных негативных изменений в водотоках и водоёмах, выполняющих важные экологические функции в Или-Балхашском бассейне, то есть для обеспечения природно-экологической устойчивости и безопасности функционирования озера Балхаш, как географического водного объекта.

Список использованных источников

1. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана / М. Ж. Бурлибаев [и др.]. – Алматы: Канагат, 2014. – Т. 1. – 742 с.
2. Мустафаев, Ж. С. Геоэкологическая оценка водных систем бассейна трансграничной реки Или / Ж. С. Мустафаев, А. Т. Козыкеева, Л. Рыскулбекова // Чистая вода России : сб. материалов XV Междунар. науч.-практ. симпозиум и выставка. – Екатеринбург, 2019. – С. 196-199.
3. Мустафаев, Ж. С. Геоморфологическая схематизация водосбора бассейна реки Или / Ж. С. Мустафаев, А. Т. Козыкеева, Л. Н. Рыскулбекова // Исследования, Результаты. – 2020. – № 1 (85). – С. 221-331.
4. Водные ресурсы России и их использование / [под ред. И.А. Шикломанова]. – СПб. : Гос. гидролог. ин-т, 2008. – 600 с.
5. Мустафаев, Ж. С. Методологические основы оценки предельно-допустимого использования природных ресурсов (аналит. обзор) / Ж. С. Мустафаев, К. Ж. Мустафаев. – Тараз, 2011. – 45 с.
6. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана / М.Ж. Бурлибаев [и др.]. – Алматы: Канагат, 2014. – 408 с.
7. Мустафаев, К. Ж. Методологические основы экологической оценки ёмкости природных систем. – Тараз: Формат-Принт, 2014. – 316 с.
8. Мустафаев, К. Ж. Экологические услуги в речных бассейнах / К. Ж. Мустафаев, З. К. Маймеков. – Тараз : Формат-Принт, 2015. – 146 с.

УДК 627.41

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

*Ткачев А. А., д-р техн. наук, профессор¹,
Карельская Е. В., студент магистратуры¹,*

¹*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», г. Новочеркасск, Россия*

Аннотация. Выполнен анализ береговых процессов и факторов, влияющих на них. Рассматривается взаимодействие различных конструкций берегоукрепительных сооружений с водным потоком и их эффективность при различных исходных гидрологических данных и морфологии участка. В результате предложен алгоритм при выборе конструкции берегоукрепительных сооружений

Ключевые слова: береговое природопользование, береговые укрепительные работы, жёсткие и гибкие системы, габионные конструкции, современные методы берегозащиты.