

ISSN 2957-9856 (Online)

ISSN 2957-8280 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІНІҢ ҒЫЛЫМ КОМИТЕТІ
«ГЕОГРАФИЯ ЖӘНЕ СУ ҚАУІПСІЗДІГІ ИНСТИТУТЫ» АҚ

КОМИТЕТ НАУКИ
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
АО «ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ
И ВОДНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»

SCIENCE COMMITTEE
OF THE MINISTRY OF SCIENCE AND
HIGHER EDUCATION
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
JSC « INSTITUTE OF GEOGRAPHY
AND WATER SECURITY»

**ГЕОГРАФИЯ ЖӘНЕ
СУ РЕСУРСТАРЫ**
◆
**ГЕОГРАФИЯ
И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ**
◆
**GEOGRAPHY
AND WATER RESOURCES**

2

СӘУІР – МАУСЫМ 2024 ж.

АПРЕЛЬ – ИЮНЬ 2024 г.

APRIL – JUNE 2024

ЖУРНАЛ 2007 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 2007 ГОДА

THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 2007

**ЖЫЛЫНА 4 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR**

АЛМАТЫ

АЛМАТЫ

ALMATY

Бас редакторы
география ғылымының докторы, ҚР ҰҒА академигі **А. Р. Медеу**

Бас редактордың орынбасары:
география ғылымының кандидаты **С. К. Алимкулов**, география ғылымының докторы **И. Б. Скоринцева**,
география ғылымының докторы **С. А. Тарихазер** (Әзірбайжан)

Редакция алқасы:

ҚР ҰҒА академигі, география ғылымының докторы **И. В. Северский**; PhD докторы, климатологияның қауымдастырылған профессоры **М. Шахгеданова** (Ұлыбритания); Еуропа мен Азиядағы Халықаралық ғылым академиясының академигі (IASEA), техника ғылымдарының докторы **Цун Вэйхун** (Қытай Халық Республикасы); география ғылымының докторы **О. Б. Мазбаев**; география ғылымының докторы, профессоры **Б. А. Красноярова** (Ресей); география ғылымының докторы **Д. Т. Чонтоев** (Қырғызстан); география ғылымының докторы **Н. Ә. Әміргалиұлы**; геология-минералогия ғылымдарының докторы **М. К. Әбсаметов**; география ғылымының кандидаты **А. Л. Кокарев**; PhD докторы **А. С. Мадібеков**; геология-минералогия ғылымдарының кандидаты **Е. Ж. Мұртазин**; география ғылымының докторы **А. В. Чередниченко**; география ғылымының кандидаты **А. А. Турсунова**; география ғылымының кандидаты **М. М. Молдахметов**; география ғылымының кандидаты **Л. К. Махмудова**; география ғылымының кандидаты **А. С. Нысанбаева**

Главный редактор
академик НАН РК, доктор географических наук **А. Р. Медеу**

Заместители главного редактора:
кандидат географических наук **С. К. Алимкулов**, доктор географических наук **И. Б. Скоринцева**,
доктор географических наук **С. А. Тарихазер** (Азербайджан)

Редакционная коллегия:

академик НАН РК, доктор географических наук **И. В. Северский**; доктор PhD, ассоциированный профессор климатологии **М. Шахгеданова** (Великобритания); академик Международной академии наук Европы и Азии (IASEA), доктор технических наук **Цун Вэйхун** (Китайская Народная Республика); доктор географических наук **О. Б. Мазбаев**; доктор географических наук **Б. А. Красноярова** (Россия); доктор географических наук **Д. Т. Чонтоев** (Қырғызстан); доктор географических наук **Н. А. Амиргалиев**; доктор геолого-минералогических наук **М. К. Абсаметов**; кандидат географических наук **А. Л. Кокарев**; доктор PhD **А. С. Мадібеков**; кандидат геолого-минералогических наук **Е. Ж. Муртазин**; доктор географических наук **А. В. Чередниченко**; кандидат географических наук **А. А. Турсунова**; кандидат географических наук **М. М. Молдахметов**; кандидат географических наук **Л. К. Махмудова**; кандидат географических наук **А. С. Нысанбаева**

Editor-in-Chief
Academician of the NAS of the RK, Doctor of Geographical Sciences **A. R. Medeu**

Deputy Editor-in-chief:
Candidate of Geographical Sciences **S. K. Alimkulov**, Doctor of Geographical Sciences **I. B. Skorintseva**,
Doctor of Geographical Sciences **S. A. Tarikhazer** (Azerbaijan)

Editorial Board:

Academician of the NAS of the RK, Doctor of Geographical Sciences **I. V. Severskiy**; PhD, Associate Professor in Climate Science **M. Shahgedanova** (UK); Academician of the International Academy of Sciences for Europe and Asia (IASEA), Doctor of Technical Sciences **Cui Weihong** (People's Republic of China); Doctor of Geographical Sciences **O. B. Mazbayev**; Doctor of Geographical Sciences **B. A. Krasnoyarova** (Russia); Doctor of Geographical Sciences **D. T. Chontoev** (Kyrgyzstan); Doctor of Geographical Sciences **N. A. Amirgaliyev**; Doctor of Geological and Mineralogical Sciences **M. K. Absametov**; Candidate of Geographical Sciences **A. L. Kokarev**; Doctor PhD **A. S. Madibekov**; Candidate of Geological and Mineralogical Sciences **Ye. Zh. Murtazin**; Doctor of Geographical Sciences **A. V. Cherednichenko**; Candidate of Geographical Sciences **A. A. Tursunova**; Candidate of Geographical Sciences **M. M. Moldakhmetov**; Candidate of Geographical Sciences **L. K. Makhmudova**; Candidate of Geographical Sciences **A. S. Nysanbayeva**

География и водные ресурсы
ISSN 2957-9856 (Online), ISSN 2957-8280 (Print)

Собственник АО «Институт географии и водной безопасности»

Подписной индекс для юридических лиц: **24155**

Свидетельство о регистрации издания № 8243-Ж от 5 апреля 2007 г. и перерегистрации № KZ48VPY00036995 от 23 июня 2021 г. выдано Комитетом информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан.

Включен в Перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности, согласно приказу №288 от 29 февраля 2024 года.

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Пушкина, 99.*
Тел.: +7(727)291-81-29, факс: +7(727)291-81-02

E-mail: journal.ingeo@gmail.com
Сайт: <https://ojs.ingeo.kz>

Гидрология и водное хозяйство
Гидрология және су шаруашылығы
Hydrology and water management

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-3-14.8>

УДК 631.675:631.672
МРНТИ 68.31.21

Ж. С. Мустафаев¹, А. А. Кудерин², А. Н. Омаров³, А. Б. Тулетаев^{*4}

¹ Д. т. н., главный научный сотрудник
(АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; z-mustafa@rambler.ru)
² PhD доктор, старший научный сотрудник
(АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; kuderin@list.ru)
³ Научный сотрудник
(АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; omaraidos@inbox.ru)
^{4*} PhD докторант (КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; hat_0512@mail.ru)

**НОРМИРОВАНИЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ И КУЛЬТУР
С УЧЕТОМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ
ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

Аннотация. Представлена разработанная методика расчета экологического нормирования водопотребления сельскохозяйственных угодий и культур с учетом пространственно-временной изменчивости климатических, гидрологических, почвенных и биологических показателей природной системы. Отмечается, что антропогенная нагрузка в виде дефицита водопотребления сельскохозяйственных угодий и культур должна основываться на принципах энергетической сбалансированности тепла, влаги и питательных веществ с учетом природных условий, обеспечивающих целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами в гидроагроландшафтах. Разработанная модель и алгоритм оценки водопотребления сельским хозяйством построены с использованием двух моделей нормирования водопотребления – сельскохозяйственных угодий и культур, что позволяет определить наиболее важные критерии природопользования в условиях орошаемого земледелия и имеет большое значение в обеспечении продовольственной безопасности населения.

Ключевые слова: агроландшафт, биология, водопотребление, климат, почва, почвообразование, сельскохозяйственные угодья и культуры.

Введение. В мире разработаны различные типы математических моделей с использованием гидрометеорологических показателей для нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий и культур. Методология нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий и культур базируется на оперативной и достоверной информации показателей природной среды – климатических, гидрогеологических, почвенных и биологических.

На основе научного анализа по нормированию водопотребности сельскохозяйственных угодий и культур сформированы рабочие гипотезы по совершенствованию естественно-научного представления о современных экологических механизмах определения суммарного испарения и нормирования орошения, которые базируются на законе сохранения энергии, так как рассмотрение процесса влагообмена между деятельной поверхностью участка суши и воздухом немислимо без связи с процессом теплообмена.

Материалы и методы исследования. Нормирование объемов водопотребления и водоотведения отраслями сельского хозяйства, которые являются одними из основных потребителей среди видов экономической деятельности, входит в состав балансовой оценки водных ресурсов при разработке комплексных программ их рационального использования и охраны.

Основа расчета норм водопотребления сельскохозяйственных угодий – дефицит суммарного водопотребления растительного и почвенного покрова, являющийся функцией температуры и относительной влажности воздуха и скорректированный с учетом атмосферных осадков, изменения, которые связаны с изменчивостью дефицита водопотребления сельскохозяйственных угодий [1]. Количественные значения норм водопотребности сельскохозяйственных угодий научно обоснованы и подтверждены на практике, для расчета используются компьютерные программы «Расчет динамики агроклиматических ресурсов и их регулирование» [2] и «Расчет параметров режимов орошения сельскохозяйственных культур» [3].

Для полноценной оценки природного потенциала тепла и влаги на сельскохозяйственных угодьях рекомендуются комплексные показатели [4]: испаряемость (потенциальная эвапотранспирация) (E_{oi} , мм); атмосферные осадки (AP_i , мм); активные запасы почвы ($ASMR_i$, мм) от наименьшей влагоемкости (LMC_i) до влажности разрыва капиллярной связи; коэффициент природного увлажнения (C_{nmi}), равный соотношению элементов водного и теплового балансов.

Месячная испаряемость (E_{oi} , мм) рассчитывается по модифицированной формуле, разработанной Н. Н. Ивановым:

$$E_{oi} = EEF_i \times LAH_i \times F(W)_i, \quad (1)$$

где EEF_i – энергетический фактор испарения, мм/мб, учитывающий нелинейность связи при изменении температуры воздуха; LAH_i – дефицит влажности воздуха, мб; $F(W)_i$ – ветровая функция, учитывающая влияние скорости ветра на интенсивность испарения.

Энергетический фактор испарения определяется как

$$EEF = 0,0018 \times (25 + MAAT_i)^2 / SVP_i, \quad (2)$$

где $MAAT_i$ – среднемесячная температура воздуха за расчетный интервал, °С; SVP_i – упругость насыщенного пара при этой температуре, мб.

Дефицит влажности воздуха (LAH_i , мб) равен

$$LAH_i = SVP_i \times (1 - 0,01 \times RAH_i), \quad (3)$$

где RAH_i – относительная влажность воздуха, %.

Динамическая часть процесса испаряемости $F(W)_i$ устанавливается следующим образом:

$$F(W)_i = 0,64 \times (1 + 0,19 \times WS_i), \quad (4)$$

где WS_i – скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли, м/с.

Для выполнения расчетов выбираются репрезентативные в регионе метеостанции с наблюдениями метеоданных не менее чем за 35-60 лет.

Показатель тепло-влагообеспеченности – коэффициент природного увлажнения (C_{nmi}) определяется как

$$C_{nmi} = (SAP_i + ASMR_i) / SE_{oi}, \quad (5)$$

где C_{nmi} – коэффициент природного увлажнения за период, в течение которого среднесуточная температура воздуха 5° С; $ASMR_i$ – активные запасы влаги в метровом слое почвы на начало расчетного периода (дата перехода среднесуточной температуры воздуха через +5°С), мм; SAP_i – сумма атмосферных осадков за расчетный период, мм; SE_{oi} – испаряемость (потенциальная эвапотранспирация) за расчетный период, мм.

Эвапотранспирацию (суммарное испарение) сельскохозяйственных культур (EAC_{vi} , мм) как исходную величину водно-балансовых расчетов при определении дефицита водопотребления (оросительных норм) рассчитывают следующим образом:

$$EAC_{vi} = BCAC_i \times MCAL_i \times E_{oi}, \quad (6)$$

где E_{oi} – испаряемость, мм; $BCAC_i$ – биологический коэффициент, характеризующий роль растений в расходовании влаги сельскохозяйственным полем; $MCAL_i$ – микроклиматический коэффициент, учитывающий изменение микроклимата сельскохозяйственного поля под влиянием орошения.

Дефицит водопотребления (WCD_{ni} , мм) или оросительная норма (IN_{ni} , мм) (нетто) сельскохозяйственной культуры находится по зависимости

$$WCD_{ni} = IN_{ni} = EAC_{vi} - (ASMR_i + AP_i + CUGW_i) - OMOIF_i, \quad (7)$$

где WCD_{ni} – дефицит водопотребления культуры за расчетный интервал (декада, месяц), мм; EAC_{vi} – оптимальное водопотребление культуры за расчетный период, мм; $ASMR_i$ – активные влагозапасы в деятельном слое почвы к началу расчетного периода, мм; AP_i – атмосферные осадки за расчетный период, мм; $CUGW_i$ – капиллярное использование грунтовых вод при их близком залегании (не более 3 м), мм; $OMOIF_i$ – отток влаги за пределы орошаемого поля, в том числе поверхностный и глубинный, мм.

Нормы (дефицит) водопотребности или оросительная норма (брутто) сельскохозяйственных культур определяются по формуле

$$WCD_{gi} = WCD_{ni} \times \eta_{si} \quad \text{или} \quad IN_{gi} = IN_{ni} \times \eta_{si}, \quad (8)$$

где WCD_{gi} и IN_{gi} – дефицит водопотребности или оросительная норма брутто сельскохозяйственных культур; η_{si} – суммарный коэффициент, учитывающий потери воды на поле в процессе полива ($\eta_{si} = 1 + \sum_{i=1}^n \eta_i/100$, где η_i – один из видов потерь).

Средневзвешенный дефицит водопотребности сельскохозяйственных культур ($WANWD_{gfi}$) определяется на структурный поливной гектар, то есть на фиктивную единичную площадь орошения, на которой условно выращиваются все характерные для данного района сельскохозяйственные культуры в соотношениях, соответствующих принятым севообороту и структуре поля, и рассчитывается по формуле

$$WANWD_{gfi} = (INC_{gf1} \times C_1 + INC_{gf2} \times C_2 + INC_{gfi} \times C_i) / (C_1 + C_2 + C_i), \quad (9)$$

где $WANWD_{gfi}$ – средневзвешенный дефицит водопотребности (брутто-поле), отнесенный к структурному гектару; INC_{gf1} , INC_{gf2} , INC_{gfi} – оросительная норма брутто-поле i -й сельскохозяйственной культуры, м³/га; C_1 , C_2 , C_i – коэффициент, учитывающий долю i -й сельскохозяйственной культуры в структуре орошаемых земель расчетной территории, административной области, %.

Казахским научно-исследовательским институтом водного хозяйства [5] предложена формула для определения почвенно-мелиоративной нормы орошения сельскохозяйственных культур:

$$SRNIAC_i = (IN_{ni} - EAC_{vi} \times CGU_i \times CS_i) / RC_i, \quad (10)$$

где $SRNIAC_i$ – оросительная норма, обеспечивающая мелиоративное благополучие орошаемых земель, м³/га; IN_{ni} – оросительная норма (нетто) сельскохозяйственных культур при благоприятных почвенно-мелиоративных условиях, м³/га; EAC_{vi} – суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур, м³/га; CGU_i – коэффициент, учитывающий долю возможного использования грунтовых вод в водопотреблении сельскохозяйственных культур; CS_i – коэффициент, учитывающий размеры допустимого участия грунтовых вод в субиригации при изменении их минерализации; RC_i – мелиоративный коэффициент, учитывающий степень засоления и солеотдачи почв зоны аэрации.

Большая часть современных методов нормирования водопотребления сельскохозяйственных культур построена на основе решения известного уравнения водного баланса, где основной расходный элемент – суммарное испарение. Теоретической их основой является связь между водным балансом и энергетическими ресурсами орошаемого поля, которые оцениваются и определяются такими комплексными показателями, как испаряемость и эвапотранспирация, имеющие эмпирические связи с температурой и дефицитом влажности воздуха:

– при нормировании водопотребности агроэкосистем на Северном Кавказе для определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур (EAC_{oi}) используется формула А. М. Алпатьева [6], основанная на упрощенной формуле Н. Н. Иванова [7]:

$$EAC_{oi} = CP_i \times SAHD_i, \quad (11)$$

где CP_i – коэффициент пропорциональности между испаряемостью и дефицитом влажности воздуха, равный 0,61; $SAHD_i$ – сумма дефицитов влажности воздуха за расчетный период [8];

– в Республике Беларусь (ТКП 45-3.04-178-2009) водопотребление сельскохозяйственными культурами (WCC_i , мм) определяется следующим образом [9]:

$$WCC_i = BCWC_i \times \sum_{i=1}^n CADHD_i, \quad (12)$$

где $BCWC_i$ – биофизический коэффициент водопотребления сельскохозяйственных культур, мм/мб; $CADHD_i$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за рассматриваемый промежуток времени, мб;

– в Республике Казахстан водопотребление сельскохозяйственных культур ($WCAC_i$) рассчитывается с применением формулы Н. Н. Иванова, где используется месячная испаряемость ($E_{oi} = 0,0018 \times (25 + МААТ_i)^2 \cdot (100 - RAH_i)$, мм/месяц) с корректировкой биоклиматического коэффициента сельскохозяйственных культур ($BCAC_i$) и микроклиматического коэффициента ($MCAL_i$) [5]:

$$EAC_{vi} = \sum_{i=1}^n BCAC_i \times MCAL_i \cdot E_{oi}, \quad (13)$$

где EAC_{vi} – суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур за рассматриваемый промежуток времени; i – количество месяцев за рассматриваемый промежуток времени;

– в Республике Узбекистан суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур (EAC_{oi}) рассчитывается как произведение эталонной эвапотранспирации сельскохозяйственной культуры (CE_{oi}) на коэффициент культуры CC_i [10]:

$$EAC_{vi} = \sum_{i=1}^n CC_i \times CE_{oi}, \quad (14)$$

где CE_{oi} – месячная эвапотранспирация культуры (мм/месяц), которая определяется по формуле Н. Н. Иванова: $E_{oi} = 0,0018 \times (25 + МААТ_i)^2 \cdot (100 - RAH_i)$; CC_i – коэффициент культуры, равный 0,80 в условиях Центральной Азии;

– в Кыргызской Республике суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур (EAC_{oi}) находится как произведение месячной испаряемости (E_{oi}) на биоклиматический коэффициент культуры (BCC_i) и коэффициент атмосферного давления ($APC_i = RAP_i/APA_i$), где RAP_i – эталонное атмосферное давление, равное 902 мб, на высоте 1000 м; APA_i – атмосферное давление в рассматриваемой зоне [11]:

$$EAC_{vi} = \sum_{i=1}^n BCC_i \times APC_i \times E_{oi}, \quad (15)$$

– в Украине суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур (EAC_{oi}) определяется по методике В. П. Остапчика, представляющей собой дальнейшее развитие методики А. М. и С. М. Алпатьевых, где вместо суммы дефицита влажности воздуха ($SAHD_i$) используется испарение с водной поверхности (E_{oi}) [12]:

$$EAC_{oi} = BCC(E_o)_i \times \sum_{i=1}^n E_{oi}, \quad (16)$$

где $BCC(E_o)_i$ – биоклиматический коэффициент, характеризующий среднее для данного состояния развития данного вида (сорта) отношения суммарного испарения (E_{vi}) к испарению с водной поверхности (E_{oi}), измеренного ГПИ-3000; E_{oi} – испарение с водной поверхности, которое рассчитывается как

$$E_{oi} = \alpha \times SAHD_i^{b \times ADAT_i}, \quad (17)$$

где $SAHD_i$ – среднесуточный дефицит влажности, мб; $ADAT_i$ – среднесуточная температура воздуха, °C; α и b – показатели испаряемости, определяемые эмпирическим путем;

– в США суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур ($EAC_{oi} = \sum_{i=1}^n MWCR_i$) определяется с учетом климатических факторов по формуле Блейни-Криделла [13]:

$$MWCR_i = 25,4 \times [BCC_i \times DDH_i \times (1,8 \times МААТ_i + 32)]/100, \quad (18)$$

где $MWCR_i$ – месячная норма водопотребления, мм; DDH_i – продолжительность часов дневного времени, % от годовой их суммы (принимают в зависимости от широты местности и месяца); BCC_i – биоклиматический коэффициент водопотребления данной культуры за месяц; $MAAT_i$ – среднемесячная температура воздуха, °C;

– во Франции суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур ($EAC_{vi} = \sum_{i=1}^n MWC_i$) находится по формуле [13]:

$$MWC_i = 16 \times (10 \times AMT_i / SMHI_i)^\alpha, \quad (19)$$

где MWC_i – месячное водопотребление; MT_i – средняя месячная температура, °C; $SMHI_i$ – сумма месячных индексов тепла за год, определяемых по формуле $SMHI_i = (MT_i/5)^{1,514}$, где α – эмпирический коэффициент, рассчитываемый по формуле $\alpha = 0,000000675 \times SMHI_i^3 - 0,0000771 \times SMHI_i^2 + 0,01792 \times SMHI_i + 0,49239$;

– в Англии, частично в Австралии и США суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур (EAC_{vi}) определяют по формуле [14, 15]:

$$\begin{aligned} ME_i &= (VPS_i \times I_i + AD_i \times HCA_i \times VPD_i \times ASCI_i) / [HCA_i \times ((VPS_i + PC_i))]; \\ ME_i &= [RCS_i \times (I_i - SHFD_i) + AD_i \times HCA_i \times VPD_i \times ASCI_i] / ERI_i; \\ ERI_i &= \{RCS_i + PC_i \times [1 + (ASCI_i / REWM_i)]\} / HCA_i, \end{aligned} \quad (20)$$

где ME_i – месячное суммарное испарение, мм/мес; VPS_i – наклон кривой насыщения давления паров, Па/К; I_i – освещенность, Вт/м²; AD_i – плотность воздуха, кг/м³; HCA_i – теплоемкость воздуха, Дж/(кг × К); VPD_i – дефицит давления паров, Па; $ASCI_i$ – импульс аэродинамической поверхностной проводимости, м/с; HCA_i – скрытая теплота парообразования, Дж/кг; PC_i – психрометрическая постоянная, Па/К; RCS_i – скорость изменения насыщения удельной влажности с температурой воздуха, Па/К; $SHFD_i$ – плотность почвенного теплового потока, Вт/м²; $REWM_i$ – скорость испарения водных масс, г × с/м²; ERI_i – показатель энергетических ресурсов.

Как показывает анализ, в мировой практике нормирование водопотребности сельскохозяйственных угодий осуществляется на основе уравнения водного баланса орошаемых земель, и только при определении количественного значения основного элемента расходной части – суммарного водопотребления применяются различные модификации энергетического уравнения, построенные с использованием температуры и дефицита влажности воздуха и радиационного баланса поверхностного слоя растительного и почвенного покрова, которые определяют физическую и математическую значимость, надежность и достоверность решаемых задач.

Результаты исследования. В прошлом и в настоящее время при нормировании водопотребности на сельскохозяйственные нужды использовалось понятие средневзвешенных биологически оптимальных оросительных норм сельскохозяйственных культур, удовлетворяющих потребности растений на различных типах почв, а также учитывались укрупненные нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур по агроклиматическим зонам [16].

Опыт мелиорации сельскохозяйственных земель показывает, что человечество для создания оптимальных условий культурным растениям, несмотря на ограниченность водных ресурсов в зонах орошаемого земледелия, с целью получения рекордных и потенциальных урожаев постоянно повышало нормы водопотребности орошаемых земель, тем самым снижая экологическую эффективность гидроагроландшафтных систем [17]. Отсюда стали появляться понятия не только «биологическая водопотребность культур», но и «почвенно-мелиоративная водопотребность агроландшафтов», обеспечивающая регулирование мелиоративного режима почв, экологическую водопотребность сельскохозяйственных угодий. Эти водопотребности определялись через расчеты экологически благоприятных оросительных норм для почв и ландшафтов [18-20], почвенно-экологические оросительные нормы, обеспечивающие оптимальный почвообразовательный процесс на орошаемых землях [17]. При этом антропогенная нагрузка рассматриваемых процессов должна сопоставляться с биологическим потенциалом природного объекта и основываться на принципах обеспечения экологической стабильности его на всех иерархических уровнях, выраженных в экологических пределах. Для решения этой проблемы требуется создание технологий орошения, максимально исключаящих потери оросительной воды на фильтрацию, поддержани-

вающих систему автоморфного режима почвообразующих факторов, предусматривающих цикличность биологических процессов, базирующихся на учете геоэкологических ограничений при территориальном планировании оросительной мелиорации [17, 21].

С этих позиций более четко представлено понятие «экологическая норма водопотребности (увлажнения) почв», разработанное Ж. С. Мустафаевым [16], которое обеспечивает полный учет геоэкологических (климатических) ограничений при территориальном планировании оросительных мелиораций [22] по следующим параметрам:

- нижний порог предельно допустимого уровня нормы водопотребности (WRS_{mpl}^{lt});
- транспирация растений (PT_i), обеспечивающая формирование биологических масс и верхнего предельно допустимого уровня нормы водопотребности (WRS_{mpl}^{ut});
- экологические нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий ($ESWRAL_i$), обеспечивающих целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых землях [17].

При разработке методики экологического нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий использован принцип энергетической сбалансированности тепла, влаги и питательных веществ с учетом природных факторов, позволяющий обеспечить сохранение экологически благоприятного энергетического режима в почве, зонах аэрации и насыщение грунтовыми водами агроландшафтов, который определяется по формуле [23]:

$$ESWRAL_i = ASRB_i / HCA_i, \quad (21)$$

где $ASRB_i$ – радиационный баланс деятельной поверхности, ккал/(см²/год); HCA_i – скрытая теплота парообразования, величина постоянная [0,6 ккал/см³, или 2,51 кДж/см² (1 ккал = 4,19 кДж)].

Географическая особенность радиационного баланса ($ASRB_i$) деятельной поверхности приземного слоя воздуха и почвы характеризуется суммой активных температур воздуха ($\sum SAAT_i > 10^\circ C$). Для расчета радиационного баланса по сумме активных температур Ю. Н. Никольским и В. В. Шабановым [24] установлена зависимость

$$ASRB_i = 4,19 \times [13,39 + 0,0079 \times \sum SAAT_i > 10^\circ C]. \quad (22)$$

Дефицит экологической нормы водопотребления ($DEWC_{ni}$, мм) или экологической оросительной нормы (IN_{ni} , мм) (нетто) сельскохозяйственных угодий рассчитывают по зависимости [25, 26]:

$$DEWC_{ni} = [ASRB_i / (HDL_{il} \times HCA_i)] - (HDL_{il} \times HCA_i) \times (ASMR_i + AP_i + BSG_i), \quad (23)$$

где HDL_{il} – гидротермический индекс сухости орошаемых земель; $ASMR_i$ – изменение почвенных влагозапасов, мм; BSG_i – влагообмен между почвенными и грунтовыми водами.

При этом для расчета экологически безопасной нормы орошения взят $HDL_{il} = 1,0$, при котором наблюдаются благоприятные условия формирования почвообразовательного процесса, тогда дефицит экологической нормы водопотребления ($DEWC_{ni}$, мм) сельскохозяйственной угодий определяется по выражению:

$$DEWC_{ni} = [ASRB_i / HCA_i] - HCA_i \times (ASMR_i + AP_i + BSG_i). \quad (24)$$

Дефицит водопотребления (DWC_{aci}) или оросительная норма (IN_{aci}) сельскохозяйственных культур (нетто) рассчитывается на основе уравнения водного баланса орошаемых земель

$$\begin{aligned} DWC_{acni} = IN_{acni} &= EAC_{vi} - (ASMR_i + AP_i + BSG_i) = \\ &= BCAC_i \times MCAL_i \times E_{oi} - (ASMR_i + AP_i + BSG_i). \end{aligned} \quad (25)$$

Дефицит водопотребления (DWC_{aci}) или оросительная норма (IN_{aci}) сельскохозяйственных культур (брутто) определяется как

$$DWC_{acgi} = DWC_{acni} \times \eta_{si} \text{ или } IN_{acgi} = IN_{acni} \times \eta_{si}, \quad (26)$$

где η_{si} – коэффициент полезного действия техники и технологии орошения.

Дополнительная норма водопотребления сельскохозяйственных угодий, необходимая в вегетационный период, обеспечивающая мелиоративное благополучие орошаемых земель, находится по следующей формуле [27] и является одной из модификаций классической формулы В. Р. Волобуева [28]:

$$WR_i = 10000 \times (SRC_i/SRAC_i) \times \lg(SCBW_i/SCAW_i), \quad (27)$$

где WR_i – промываемая норма, обеспечивающая мелиоративное благополучие орошаемых земель, м или м³/га; SRC_i – коэффициент солеотдачи; $SRAC_i$ – коэффициент ускорения солеотдачи: $SRAC_i = 2,02 \times \exp(-9,57 \times RWAIS_i)$; $RWAIS_i$ – скорость впитывания воды в почву; $SCBW_i$ – содержание солей в промываемом слое почвы в начале технологического процесса; $SCAW_i$ – содержание солей в промываемом слое почвы в конце технологического процесса.

Для решения водохозяйственных проблем в условиях дефицита водных ресурсов при глобальном изменении климата, прежде всего, необходимо теоретическое обоснование нормативных показателей для долгосрочного прогнозирования и планирования деятельности в сфере сельскохозяйственного природопользования [25]:

– суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур (E_{vi}) или дефицит суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур (ΔE_{vi}) – количество воды, требуемое для пополнения физического испарения с поверхности почвы и транспирации с листовой поверхности культуры, является функцией климатических показателей природной системы и биологических особенностей сельскохозяйственных культур, которые необходимы для оптимизации состава и структуры адаптивно-ландшафтных систем земледелия с учетом геоэкологических ограничений при территориальном планировании оросительных мелиораций, то есть средневзвешенный дефицит водопотребления сельскохозяйственных культур в структуре гидроагроландшафтов не должен быть больше, чем дефицит водопотребления сельскохозяйственных угодий:

$$WANWD_{gfi} = \sum_{i=1}^n WCD_{ni} \times \alpha_i \leq DEWC_{ni}, \quad (28)$$

где WCD_{ni} – дефицит водопотребления i -й сельскохозяйственной культуры в гидроагроландшафте, м³/га; n – количество сельскохозяйственных культур, входящих в структуру гидроагроландшафта; α_i – доля сельскохозяйственных культур в структуре гидроагроландшафта; $DEWC_{ni}$ – дефицит водопотребления сельскохозяйственных угодий, м³/га; $WANWD_{gfi}$ – средневзвешенный дефицит водопотребления сельскохозяйственных культур в структуре гидроагроландшафта;

– суммарное водопотребление сельскохозяйственных угодий ($ESWRAL_i$) или дефицит водопотребления сельскохозяйственных угодий ($DEWC_{ni}$) – количество воды, требуемое для пополнения физического испарения с поверхности почвенного покрова и транспирации с поверхности растительного покрова, является функцией климатических показателей природной системы и затрат энергии на почвообразование, которое необходимо для нормирования забора воды из природных источников ($VWIFNS_i$), водоподачи для сельскохозяйственных угодий и мощности водохозяйственных систем.

При этом объем водоподачи для сельскохозяйственных угодий ($VWSAL_i$) можно представить как функцию дефицита суммарного водопотребления сельскохозяйственных угодий ($DEWC_{ni}$), мощности адаптивно-ландшафтных систем земледелия ($CALFS_i$) и надежности техники и технологии водоподачи ($REWST_i$), то есть $VWSAL_i = f(DEWC_{ni}, CALFS_i, REWST_i)$. Объем забора воды из природных источников в свою очередь является технологической функцией объема водоподачи для сельскохозяйственных угодий ($VWIFNS_i$) и надежности водохозяйственных систем ($RWMS_i$), то есть $VWIFNS_i = f(VWSAL_i, RWMS_i)$ [46].

Дефицит суммарного водопотребления сельскохозяйственных угодий ($DEWC_{ni}$) и сельскохозяйственных культур (WCD_{ni}) в основном существенно изменяется по годам в зависимости от условий тепло- и влагообеспеченности территории. Отсюда при решении водохозяйственных задач необходимо прогнозировать оросительную норму на 5, 25, 50, 75 и 95 % водообеспеченности, показывающих вероятность превышения расчетной величины в ряде одноименных переменных.

Дефициты суммарного водопотребления сельскохозяйственных угодий ($DEWC_{ni}$) и водопотребления сельскохозяйственных культур (WCD_{ni}) для расчетной обеспеченности к фиктивному году можно определить по выражению [29]:

$$\begin{aligned} DEWC_{ni} &= DEWC_{alti} \times (0,010 \times EE_i + 0,484); \\ WCD_{ni} &= WCD_{alti} \times (0,010 \times EE_i + 0,484), \end{aligned} \quad (29)$$

где $DEWC_{alti}$ – среднееголетний дефицит суммарного водопотребления сельскохозяйственных угодий; WCD_{ni} – среднееголетний дефицит суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур; EE_i – расчетная обеспеченность, %.

В условиях глобального изменения климата наблюдается постоянный рост температуры воздуха, что приводит к повышению норм суммарного водопотребления сельскохозяйственных угодий, а снижение годовых атмосферных осадков способствует увеличению дефицита суммарного водопотребления сельскохозяйственных угодий, что необходимо учитывать при долгосрочном прогнозировании водоресурсного потенциала водосбора речных бассейнов [30, 31, 32].

На основе многолетних климатических показателей, включающих температуру и влажность воздуха, годовые атмосферные осадки, формируется база исследования в ретроспективе не менее чем за 80 лет, позволяющая с использованием энергетических моделей определить сумму температур воздуха, испаряемости и радиационного баланса дневной поверхности растительного и почвенного покрова в биологически активный период года, в рамках которой создается многолетний временной ряд для изучения картины изменения климатических и энергетических характеристик за исследуемой временной интервал.

Для определения закономерностей изменения среднегодовых температур воздуха и годовых атмосферных осадков, сумм температур воздуха, испаряемости и радиационного баланса дневной поверхности растительного и почвенного покрова во времени можно использовать метод линейного тренда, то есть метод статистической математики, который широко применяется для оценки тенденций роста и имеет вид линейной регрессии: $Y_i = \alpha \times X_i + b$, где Y – расчетное значение показателя наблюдений; X – порядковый номер наблюдаемой величины; α и b – регрессионные коэффициенты.

Линейно-корреляционная модель климатических и энергетических показателей возникла из логического предположения о возможности получения некоторых математических выражений для оценки темпа роста и прироста, которые рассчитываются как разность или отношения двух сравнительных периодов временного статистического ряда:

– абсолютный прирост характеризует увеличение или уменьшение климатических показателей за определенный промежуток времени ($\Delta\bar{Y}$), то есть показывает количественное значение любого климатического показателя (Y_i) в конце рассматриваемого периода (X_i) к его начальному значению (Y_o) в начале рассматриваемого периода (X_o), где $X_o = 1 = \text{const}$, и рассчитывается по формуле

$$\begin{aligned} \Delta\bar{Y} &= Y_i - Y_o = [(\alpha \times X_i + b) - (\alpha \times X_o + b)] = \\ &= (\alpha \times X_i + b - \alpha \times X_o - b) = (\alpha \times X_i - \alpha \times X_o) = \alpha \times (X_i - X_o) = \alpha \times (X_i - 1); \end{aligned} \quad (30)$$

– темп прироста показывает относительную величину абсолютного прироста климатических показателей (\bar{Y}) за промежуток рассматриваемого периода и определяется по выражению

$$\bar{Y} = [\alpha \times (X_i - 1)]/X_i; \quad (31)$$

– коэффициент роста представляет собой отношение количественного значения любого климатического показателя (Y_i) в конце рассматриваемого периода (X_i) к его начальному значению (Y_o) в начале рассматриваемого периода (X_o) и находится по формуле:

$$K_p = Y_i/Y_o = (\alpha \times X_i + b)/(\alpha \times X_o + b) = (\alpha \times X_i + b)/(\alpha + b). \quad (32)$$

В зависимости от многолетнего режима климатических показателей – среднегодовых температур воздуха (AT_{aai} , °C) и годовых атмосферных осадков (AP_i), которые в природе встречаются в виде роста или спада линейного тренда, характеризующих тенденцию изменения климатических показателей:

– положительный: $AT_{aai} = a_i \times N_i + a_o$ и $AP_i = a_i \times N_i + a_o$;

– отрицательный: $AT_{aai} = -a_i \times N_i + a_o$ и $AP_i = -a_i \times N_i + a_o$ или $AT_{aai} = a_i \times N - a_o$ и $AP_i = a_i \times N_i - a_o$, N – порядковый номер наблюдаемой величины; a_o и a_i – регрессионные коэффициенты или свободный численный показатель.

Если при оценке изменения климатических показателей наблюдается положительный тренд среднегодовых температур воздуха (AT_{aai} , °C) и связанных с ними сумм температур воздуха

($\sum SAAT_i > 10^\circ C$), радиационного баланса дневной поверхности растительного и почвенного покрова ($ASRB_i$), испаряемости водной поверхности (E_{oi}) и отрицательный тренд годовых атмосферных осадков (AP_i), которые в совокупности выполняют важные средообразующие функции, то эта ситуация может привести к различным экологическим последствиям:

– положительный темп прироста испаряемости с водной поверхности ($\bar{Y}E_{oi}$) и атмосферных осадков ($\bar{Y}AP_i$), последний не может компенсировать темп прироста испаряемости, который больше в 2-4 раза, способствует умеренному темпу роста дефицита водопотребления сельскохозяйственных угодий ($\bar{Y}DEWC_{ni} = \bar{Y}E_{oi} - \bar{Y}AP_i$);

– положительный темп прироста испаряемости с водной поверхности ($\bar{Y}E_{oi}$) и отрицательный темп прироста атмосферных осадков ($\bar{Y}AP_i$) способствуют интенсивному темпу прироста дефицита водопотребления сельскохозяйственных угодий ($\bar{Y}DEWC_{ni} = \bar{Y}E_{oi} - (-\bar{Y}AP_i)$).

На основе анализа структурного образования темпа прироста климатических показателей можно с большой достоверностью определить тенденцию изменения дефицита водопотребления сельскохозяйственных угодий ($DEWC_{ni}$) и сельскохозяйственных культур (WCD_{ni}):

– интенсивность прироста дефицита водопотребления сельскохозяйственных угодий ($DEWC_{ni}$) и сельскохозяйственных культур (WCD_{ni}) за промежутки рассматриваемого периода (PUR_i) определяется по формуле

$$\begin{aligned} GRDEWC_{ni} &= GRWCD_{ni} = \bar{Y}DEWC_{ni}/PUR_i = (\bar{Y}E_{oi} - \bar{Y}AP_i)/PUR_i, \\ GRDEWC_{ni} &= GRWCD_{ni} = \bar{Y}DEWC_{ni}/PUR_i = [\bar{Y}E_{oi} - (-\bar{Y}AP_i)]/PUR_i; \end{aligned} \quad (33)$$

– перспективный дефицит водопотребления сельскохозяйственных угодий ($DEWC_{ni}$) и сельскохозяйственных культур (WCD_{ni}) за прогнозируемый период (ΔFR_i) находится по выражению

$$\begin{aligned} PDEWC_{ni} &= BDEWC_{ni} + GRDEWC_{ni} \times \Delta FR_i; \\ PWCD_{ni} &= BWCD_{ni} + GRWCD_{ni} \times \Delta FR_i, \end{aligned} \quad (34)$$

где $BDEWC_{ni}$ и $BWCD_{ni}$ – базовый дефицит водопотребления сельскохозяйственных угодий ($DEWC_{ni}$) и сельскохозяйственных культур (WCD_{ni}).

Предложенная авторами статьи методика нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий и культур в пространственных и временных аспектах с учетом изменчивости климата при различном сочетании уровня агресурсного потенциала ландшафтов сельскохозяйственного использования позволяет достоверно оценить взаимосвязь единого комплекса «растение – климат – вода – почва».

Выводы. Прогноз перспективного водопотребления сельскохозяйственных угодий и культур представляет собой действия по сбору, обобщению и анализу исходной информации, выполнению статистических расчетов оценки их изменений в условиях меняющегося климата, разработку методических приемов и имеет природообусловленный характер, который может реагировать на тот или иной сценарий потепления климата.

Особо следует отметить, что разработанные модель и алгоритм оценки водопотребления сельским хозяйством построены с использованием двух моделей нормирования водопотребления – сельскохозяйственных угодий и культур. Это позволило определить наиболее важные критерии природопользования в условиях орошаемого земледелия и имеет большое значение в обеспечении продовольственной безопасности населения и экологического баланса на водосборах речных бассейнов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 58331.3–2019. Системы и сооружения мелиоративные. Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур. Общие требования ГОСТ от 15 марта 2019 г. – № 58331.3 – 2019.

[2] Компьютерная программа «Расчет параметров режимов орошения сельскохозяйственных культур» (ROCK.xls). Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ за № 2004610996. – 22 апреля 2004.

- [3] Программа для ЭВМ «Расчет динамики агроклиматических ресурсов и их регулирование». Свидетельство о государственной регистрации № 2009610137, дата регистрации 11 января 2009 г.
- [4] Методические указания по нормированию орошения с учетом корректировки биологических коэффициентов, дифференциации почвенно-климатических условий и пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических факторов: метод. указ. – М., 2022. – 80 с.
- [5] Ибатуллин С. Р., Кван Р. А., Парамонов А. И., Балгабаев Н. Н. Нормирование орошения в водохозяйственных бассейнах Казахстана. – Тараз, 2008. – 122 с.
- [6] Алпатьев А. М. Влагообороты в природе и их преобразования. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 323 с.
- [7] Иванов Н. Н. Об определении величин испаряемости // Известия ВГО. – 1954. – Т. 86, № 2. – С. 189-196.
- [8] Ильинская И. Н. Нормирование водопотребления для орошения сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. – 164 с.
- [9] ТКП 45-3.04-178-2009 (02250) – Оросительные системы. Нормы проектирования: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. Введены в действие с 29.12.2009 г. – Минск, 2010. – 74 с.
- [10] Стулина Г. В., Солодкий Г. Ф. Использование усовершенствованной методики ФАО для оценки водопотребления сельскохозяйственных культур в процессе орошения в Центральной Азии. – Ташкент, 2020. – 127 с.
- [11] Саипов Б. Природно-мелиоративное районирование горной территории и оптимизация режимов орошения сельскохозяйственных культур в Кыргызстане: Автореферат дис. ... докт. с/х. – Бишкек, 1998. – 50 с.
- [12] Остапчик В. П. Информационно-советующая система управления орошением. – Киев: Урожай, 1989. – 248 с.
- [13] Черемисинов А. А., Черемисинов А. Ю. Обзор расчетных методов определения суммарного испарения орошаемых сельскохозяйственных полей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2016. – № 1 (21). – С. 113-133.
- [14] Penman H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass // Proc. R. Soc. – London, 1948. – Vol. 193. – P. 120-145.
- [15] Пенман Х. Л. Растение и влага. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 161 с.
- [16] Щедрин В. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. К обоснованию экологических норм водопотребности различных типов почв для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 1 (29). – С. 105-121.
- [17] Мустафаев Ж. С., Рябцев А. Д., Козыкеева А. Т., Кененбаев Т. С., Сабденалиев А. М. Основные принципы нормирования водопотребности агроландшафтов // Водное хозяйство Казахстана. – 2009. – № 2. – С. 3-12.
- [18] Парфенова Н. И. Энергетические основы формирования плодородия почв // Вопросы мелиорации. – 2002. – № 2. – С. 64-70.
- [19] Кирейчева Л. И. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. – 2015. – № 5. – С. 587-596.
- [20] Манукьян Д. А. Оценка экологической безопасности функционирования гидромелиоративных систем с использованием термодинамических показателей // Природообустройство. – 2008. – № 2. – С. 45-50.
- [21] Мустафаев Ж. С. Экологический профиль мелиорации сельскохозяйственных земель // Природообустройство. – 2022. – № 2. – С. 13-22.
- [22] Орлова И. В. Учет геоэкологических ограничений при территориальном планировании оросительных мелиораций // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2014. – № 1 (13). – С. 147-157.
- [23] Будыко М. И. Тепловой баланс земной поверхности. – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 255 с.
- [24] Никольский Ю. Н., Шабанов В. В. Расчет проектной урожайности в зависимости от водного режима мелиорируемых земель // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 9. – С. 52-56.
- [25] Мустафаев Ж. С. Влияние изменения климата на водообеспеченность сельскохозяйственных угодий в зонах недостаточного увлажнения Казахстана // Природообустройство. – 2022. – № 5. – С. 105-113.
- [26] Мустафаев Ж. С. О генетической (гносеологической) теории мелиорации сельскохозяйственных земель // Природообустройство. – 2023. – № 2. – С. 23-27.
- [27] Мустафаев Ж. С. Физико-математическое моделирование процесса выщелачивания солей из почвы // Плодородие почв Казахстана. – Алматы: Наука, 1986. – С. 64-72.
- [28] Волобуев В. Р. Расчет промывки засоленных почв. – М.: Колос, 1975. – 203 с.
- [29] Мустафаев Ж. С., Рябцев А. Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз: BIG NEO Service, 2012. – 528 с.
- [30] Mustafayev Z., Skorintseva I., Toletayev A., Bassova T., Aldazhanova G. Assessment of climate change in natural areas of the Turkestan region of the republic of Kazakhstan for the purposes of sustainable agricultural and recreational nature management // GeoJournal of Tourism and Geosites. – 2023. – Vol. 46 (1). – P. 70-77.
- [31] Mustafayev Zh., Tuletayev A., Kuderin A. Assessment of thermal and natural moisture provision in territory of Turkestan region of the republic of Kazakhstan in changing climate conditions // Bulletin of KazNU, geographical series. – 2023. – No. 1 (68). – P. 74-84.
- [32] Mustafayev Z., Toletayev A., Skorintseva I., Aldazhanova G. // Indonesian Journal of Geography. – 2023. – Vol. 55, No. 2. – P. 352-360.

REFERENCES

- [1] The national standard of the Russian Federation. GOST R 58331.3–2019. Reclamation systems and structures. Water demand for irrigation of agricultural crops. General requirements of GOST dated March 15, 2019. – № 58331.3 – 2019 (in Russ.).
- [2] Computer program «Calculation of parameters of crop irrigation regimes» (ROCK.xls). Certificate of official registration of a computer program for No. 2004610996. – April 22, 2004 (in Russ.).

- [3] Computer program «Calculation of the dynamics of agroclimatic resources and their regulation» State registration certificate No. 2009610137, registration date January 11, 2009 (in Russ.).
- [4] Guidelines for rationing irrigation taking into account the adjustment of biological coefficients, differentiation of soil and climatic conditions and spatiotemporal variability of hydrometeorological factors: method. guidelines. M., 2022. 80 p. (in Russ.).
- [5] Ibatullin S. R., Kwan R. A., Paramonov A. I., Balgabayev N. N. Rationing of irrigation in water basins of Kazakhstan. Taraz, 2008. 122 p. (in Russ.).
- [6] Alpatiev A. M. Moisture cycles in nature and their transformations. L.: Gidrometeoizdat, 1969. 323 p. (in Russ.).
- [7] Ivanov N. N. On the determination of evaporation values // News of the Russian Geographical Society. 1954. Vol. 86, No. 2. P. 189-196 (in Russ.).
- [8] Ilyinskaya I. N. Rationing of water consumption for irrigation of agricultural crops in the North Caucasus. Novochoerkassk: SRSPU, 2001. 164 p. (in Russ.).
- [9] TKP 45-3.04-178-2009 (02250) – Irrigation systems. Design standards: Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus. Entered into force on December 29, 2009. Minsk, 2010. 74 p. (in Russ.).
- [10] Stulina G.V., Solodky G. F. Using improved FAO methodology to estimate crop water use during irrigation in Central Asia. Tashkent, 2020. 127 p. (in Russ.).
- [11] Saipov B. Natural reclamation zoning of mountainous areas and optimization of irrigation regimes for agricultural crops in Kyrgyzstan: Abstract of a dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. Bishkek, 1998. 50 p. (in Russ.).
- [12] Ostapchik V. P. Information and advisory irrigation management system. Kyiv: Urozhay, 1989. 248 p. (in Russ.).
- [13] Cheremisinov A. A., Cheremisinov A. Yu. Review of calculation methods for determining evapotranspiration of irrigated agricultural fields // Scientific journal of the Russian Research Institute for Land Reclamation Problems. 2016. No. 1 (21). P. 113-133 (in Russ.).
- [14] Penman H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass // Proc. R. Soc., London, 1948. Vol. 193. P. 120-145 (in Russ.).
- [15] Penman X. L. Plant and moisture. L.: Gidrometeoizdat, 1968. 161 p. (in Russ.).
- [16] Shchedrin V. N., Dokuchaeva L. M., Yurkova R. E. On the substantiation of environmental standards for water requirements of various types of soils to optimize the reclamation state and soil fertility // Scientific journal of the Russian Research Institute for Reclamation Problems. 2018. No. 1 (29). P. 105-121 (in Russ.).
- [17] Mustafayev Zh. S., Ryabtsev A. D., Kozykееva A. T., Kenenbaev T. S., Sabdenaliev A. M. Basic principles for rationing water demand in agricultural landscapes // Water Management of Kazakhstan. 2009. No. 2. P. 3-12 (in Russ.).
- [18] Parfenova N. I. Energy basis for the formation of soil fertility // Issues of land reclamation. 2002. No. 2. P. 64-70 (in Russ.).
- [19] Kireycheva L. I. Assessment of the effectiveness of irrigation reclamation in the zonal series of soils // Soil Science. 2015. No. 5. P. 587-596 (in Russ.).
- [20] Manukyan D. A. Assessing the environmental safety of the functioning of irrigation and drainage systems using thermodynamic indicators // Nature Management. 2008. No. 2. P. 45-50 (in Russ.).
- [21] Mustafayev Zh. S. Ecological profile of agricultural land reclamation // Nature Management. 2022. No. 2. P. 13-22 (in Russ.).
- [22] Orlova I. V. Taking into account geo-ecological restrictions in the territorial planning of irrigation reclamation // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2014. No. 1 (13). P. 147-157 (in Russ.).
- [23] Budyko M. I. Heat balance of the earth's surface. L.: Gidrometeoizdat, 1956. 255 p. (in Russ.).
- [24] Nikolsky Yu. N., Shabanov V. V. Calculation of design yield depending on the water regime of reclaimed lands // Hydrotechnics and land reclamation. 1986. No. 9. P. 52-56 (in Russ.).
- [25] Mustafayev Zh. S. Impact of climate change on water supply of agricultural land in zones of insufficient moisture in Kazakhstan // Nature Management. 2022. No. 5. P. 105-113 (in Russ.).
- [26] Mustafayev Zh. S. On the genetic (gnoseological) theory of agricultural land reclamation // Nature Management. 2023. No. 2. P. 23-27 (in Russ.).
- [27] Mustafayev Zh. S. Physico-mathematical modeling of the process of leaching salts from soil // Soil Fertility of Kazakhstan. Almaty: Science, 1986. P. 64-72 (in Russ.).
- [28] Volobuev V. R. Calculation of leaching of saline soils. M.: Kolos, 1975. 203 p. (in Russ.).
- [29] Mustafayev Zh. S., Ryabtsev A. D. Adaptive landscape land reclamation in Kazakhstan. Taraz: BIG NEO Service, 2012. 528 p. (in Russ.).
- [30] Mustafayev Z., Skorintseva I., Toletayev A., Bassova T., Aldazhanova G. Assessment of climate change in natural areas of the Turkestan region of the Republic of Kazakhstan for the purposes of sustainable agricultural and recreational nature management // GeoJournal of Tourism and Geosites. 2023. No. 46 (1). P. 70-77.
- [31] Mustafayev Zh., Tuletayev A., Kuderin A. Assessment of thermal and natural moisture provision in territory of Turkestan region of the republic of Kazakhstan in changing climate conditions // Bulletin of KazNU, geographical series. 2023. No. 1 (68). P. 74-84.
- [32] Mustafayev Z., Toletayev A., Skorintseva I., Aldazhanova G. // Indonesian Journal of Geography. 2023. Vol. 55, No. 2. P. 352-360.

Ж. С. Мустафаев¹, А. А. Кудерин², А. Н. Омаров³, А. Б. Түлетаяев*⁴

¹ Т. ғ. д., бас ғылыми қызметкер

(«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; z-mustafa@rambler.ru)

² PhD доктор, аға ғылыми қызметкер

(«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; kuderin@list.ru)

³ Ғылыми қызметкер

(«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; omaraidos@inbox.ru)

^{4*} PhD докторант (Әл-Фараби ат. ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан; hat_0512@mail.ru)

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАРДЫҢ КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ ӨЗГЕРГІШТІГІН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ АЛҚАПТАРЫ МЕН ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ СУ ТҰТЫНУЫН НОРМАЛАУ

Аннотация. Мақалада табиғи жүйенің климаттық, гидрологиялық, топырақ және биологиялық көрсеткіштерінің кеңістіктік-уақыттық өзгергіштігін ескере отырып, ауыл шаруашылығы алқаптары мен дақылдарының су тұтынуын экологиялық нормалау бойынша әзірленген есептеу әдістемесі келтірілген. Ауыл шаруашылығы алқаптары мен дақылдарының су тұтыну тапшылығы түріндегі антропогендік жүктеме гидроагрolandшафттарындағы топырақ түзілу процестерін мақсатты реттеу мен басқаруды қамтамасыз ететін табиғи жағдайларды ескере отырып, жылудың, ылғалдың және қоректік заттардың энергетикалық теңгерімділігі қағидаттарына негізделуі тиіс. Ауыл шаруашылығының су тұтынуын бағалаудың әзірленген моделі мен алгоритмі су тұтынуды нормалаудың екі моделін пайдаланумен құрылған – ауыл шаруашылығы алқаптары мен дақылдары үшін, яғни бұл суармалы егіншілік жағдайында табиғатты пайдаланудың ең маңызды өлшемдерін анықтауға мүмкіндік береді және халықтың азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуде үлкен маңызға ие.

Түйін сөздер: агроландшафт, ауыл шаруашылығы алқаптары мен дақылдары, биология, климат, су тұтыну, топырақ, топырақ түзілуі.

Zh. S. Mustafayev¹, A. A. Kuderin², A. N. Omarov³, A. B. Tuletayev*⁴

¹ Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher

(JSC «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan; z-mustafa@rambler.ru)

² PhD, Senior researcher (JSC «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan; kuderin@list.ru)

³ Researcher (JSC «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan; omaraidos@inbox.ru)

^{4*} PhD doctoral (Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan; hat_0512@mail.ru)

RATING OF WATER CONSUMPTION OF AGRICULTURAL LANDS AND CROPS TAKEN INTO ACCOUNT OF SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF HYDROMETEOROLOGICAL FACTORS

Abstract. The article presents the developed calculation methodology for environmental regulation of water consumption of agricultural land and crops, taking into account the spatiotemporal variability of climatic, hydrological, soil and biological indicators of the natural system. It is noted that the human pressure in the form of a deficit in water consumption of agricultural land and crops should be based on the principles of energy balance of heat, moisture and nutrients, taking into account natural conditions that ensure targeted regulation and management of soil-forming processes in hydro-agrolandscapes. The developed model and algorithm for assessing water consumption in agriculture are built using two models for rationing water consumption - agricultural land and crops, which makes it possible to determine the most important criteria for environmental management in irrigated agriculture and is of great importance in ensuring food security of the population.

Keywords: agricultural landscape, agricultural land and crops, biology, climate, soil, soil formation, water consumption.

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-15-26.9>

УДК 556.5.04
МРНТИ 87.35.29

А. Р. Загидуллина¹, Ж. Ж. Смагулов², Л. М. Биримбаева³, А. М. Сайлаубек^{*4}

¹Научный сотрудник лаборатории водных ресурсов, магистр естественных наук
(АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; zagidullina_a_88@mail.ru)

²Старший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов, магистр естественных наук
(АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; zh.zh.smagulov@mail.ru)

³Научный сотрудник лаборатории Водных ресурсов, магистр естественных наук
(АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан),
PhD студент кафедры метеорологии и гидрологии (Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Алматы, Казахстан; birimbayeva_l@mail.ru)

^{4*}Младший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов, магистр естественных наук (АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан), PhD студент кафедры метеорологии и гидрологии (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; gulima97life@gmail.com)

ТЕНДЕНЦИИ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ СТОКА ОСНОВНЫХ РЕК, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В ЖАЙЫК-КАСПИЙСКОМ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ

Аннотация. Исследованы временные тенденции стока основных рек, формирующихся в Жайык-Каспийском водохозяйственном бассейне. Построены графики временного хода среднегодового речного стока за многолетний период, 5-летние скользящие их осреднения, совмещенные графики хода речного стока с температурой воздуха и атмосферными осадками, а также многолетняя динамика характерных расходов воды (наибольших, наименьших открытого русла и наименьших зимних). Выделены два периода: с 1940 по 1973 г. (условно-естественный) и с 1974 по 2020 г. (современный). За два периода отмечается тенденция сокращения стока на фоне увеличения температуры воздуха; тенденции осадков имеют разнонаправленный характер. С 1970-х годов отмечается уменьшение амплитуды колебаний годового стока, с 2000-х годов – сокращение как амплитуды колебаний, так и максимальных расходов воды. В наименьших летне-осенних и зимних расходах воды, напротив, прослеживается тенденция к увеличению, начало которой приходится на конец 1980-х – начало 1990-х годов. Для малых рек и временных водотоков летне-осенний и зимний периоды являются периодами максимального истощения стока, во время которых характерны явления пересыхания и промерзания (нулевой сток).

Ключевые слова: тенденция, изменения речного стока, климатические изменения, Жайык-Каспийский бассейн, линейный тренд, многолетняя динамика, характерные расходы воды.

Введение. Современная теория о тенденциях обусловлена направленными изменениями климатической системы, которые проявляются как систематическое увеличение средней температуры воздуха на планете (глобальное потепление), постепенное поднятие уровня Мирового океана в результате таяния ледовых покровов, долгосрочные изменения в количестве и распределении осадков, включая региональные тенденции к засухам или увлажнению, повышение частоты и/или силы экстремальных природных явлений, таких, как ураганы, наводнения, засухи и пр. [1, 2].

Направленные изменения климата большинство ученых связывают с антропогенным воздействием, а именно с изменением газового и аэрозольного состава атмосферы в результате хозяйственной деятельности (сжигание угля, газа и нефтепродуктов, производство цемента, металлургия, животноводство и др.), а также изменением характера землепользования (вырубка лесов, осушение болот, рост урбанизированных территорий и т.п.) [3-5].

Речной сток как часть гидроклиматической системы подвержен влиянию направленных климатических изменений (увеличение температуры воздуха, изменение количества атмосферных осадков) и антропогенной деятельности (многолетнее и сезонное регулирование стока водохранилищем, безвозвратное изъятие воды и др.). Тенденции речного стока связаны с количественным сокращением воды и качественным изменением ее состава, с изменениями в водном

режиме рек, в том числе с сезонными изменениями внутри года, с изменениями продолжительности и интенсивности половодья и/или межени, смещением дат наступления и окончания фаз водного режима, учащением паводков, наводнений, гидрологических засух.

Тенденции речного стока показывают направление (увеличение или сокращение) и скорость происходящих изменений водности, указывают на нестационарность гидрологических характеристик, следовательно, изучение длительных тенденций необходимо для правильной оценки изменчивости колебаний стока и его нормы, а также для разработки методов долгосрочных гидрологических прогнозов [6]. Наблюдения за современными тенденциями речного стока позволяют ученым и специалистам в области водных ресурсов определять влияние различных факторов на водные системы, что, в свою очередь, помогает в планировании и управлении водными ресурсами.

Объект исследования. Для изучения тенденций речного стока выбраны основные водотоки Жайык-Каспийского водохозяйственного бассейна (ВХБ), охватывающего западный регион Казахстана – крупнейший по занимаемой площади и один из важнейших для экономики страны ввиду добычи минерально-сырьевых ресурсов, в первую очередь нефти и газа. В рассматриваемом бассейне проблема водообеспечения осложнена трансграничным характером основных рек (Жайык, Елек, Ор, Караозен, Сарыозен), а также рядом природных особенностей, таких, как засушливость и маловодность территории, включая высокую межгодовую и внутригодовую изменчивость стока. Резко выраженное преобладание стока в весенний период снеготаяния, доля которого в различных районах колеблется от 55 до 100 % от годового стока, часто приводит к наводнениям и затоплениям больших территорий. Несмотря на это, в многолетнем ходе стока рек Жайык-Каспийского бассейна встречается большая повторяемость лет с низкой водностью, нередко следующих один за другим и образующих маловодные периоды [7, 8].

Материалы и методы. Использованы данные гидрологического мониторинга за годовыми и характерными (наибольшими, наименьшими открытого русла и наименьшими зимними) расходами воды, опубликованные в архивных справочных изданиях (Гидрологический ежегодник, 1948-1982; Ресурсы поверхностных вод СССР, 1970; Государственный водный кадастр, 1980-1990; Государственный водный кадастр РК, 1991-2020).

Для определения тенденций многолетних изменений стока основных рек, формирующихся в Жайык-Каспийском ВХБ, выбраны опорные гидрологические посты в каждом гидрологически однородном районе (за исключением бессточных районов) с наиболее продолжительными рядами наблюдений с начала инструментальных наблюдений по 2020 год. При наличии пропусков в наблюдениях и в случаях нарушения естественного стока антропогенной деятельностью проводилась реконструкция расходов воды классическим методом гидрологической аналогии.

Тенденции речного стока Жайык-Каспийского ВХБ представлены в графическом виде как линейные тренды временного хода среднегодовых и характерных расходов воды за многолетний период. Во избежание воздействия отдельных краткосрочных колебаний, которые могут повлиять на определение общей динамики колебаний стока, построены 5-летние скользящие их осреднения. По разностным интегральным кривым определены многоводные и маловодные периоды водности различной продолжительности.

Для анализа взаимосвязи тенденций водности рек и климатических характеристик построены совмещенные графики многолетних колебаний расходов воды на выбранных гидрологических постах, атмосферных осадков и температуры воздуха вблизи расположенных метеорологических станций. Климатические данные взяты с официального сайта РГП «Казгидромет» [13].

Оценка линейных трендов произведена по методу наименьших квадратов при помощи коэффициентов линейного тренда, характеризующих скорость изменения исследуемой величины, а также коэффициентов детерминации, характеризующих относительный вклад линейного тренда в общую дисперсию. Более подробно методическая сторона оценивания линейных трендов изложена в работах Поляка И. И. [14, 15] и других авторов [16, 17].

Результаты и их обсуждение. Анализ разностных интегральных кривых стока по основным рекам, выбранным в каждом гидрологическом однородном районе (рисунок 1), показал, что годовые колебания стока по всем рассматриваемым рекам в целом можно определить как синфазные, т.е. сохраняются фазы цикла водности (многоводная или маловодная) со сдвигом начала и окончания на 3-10 лет. На рубеже 1970-1980-х годов на большинстве рек произошел

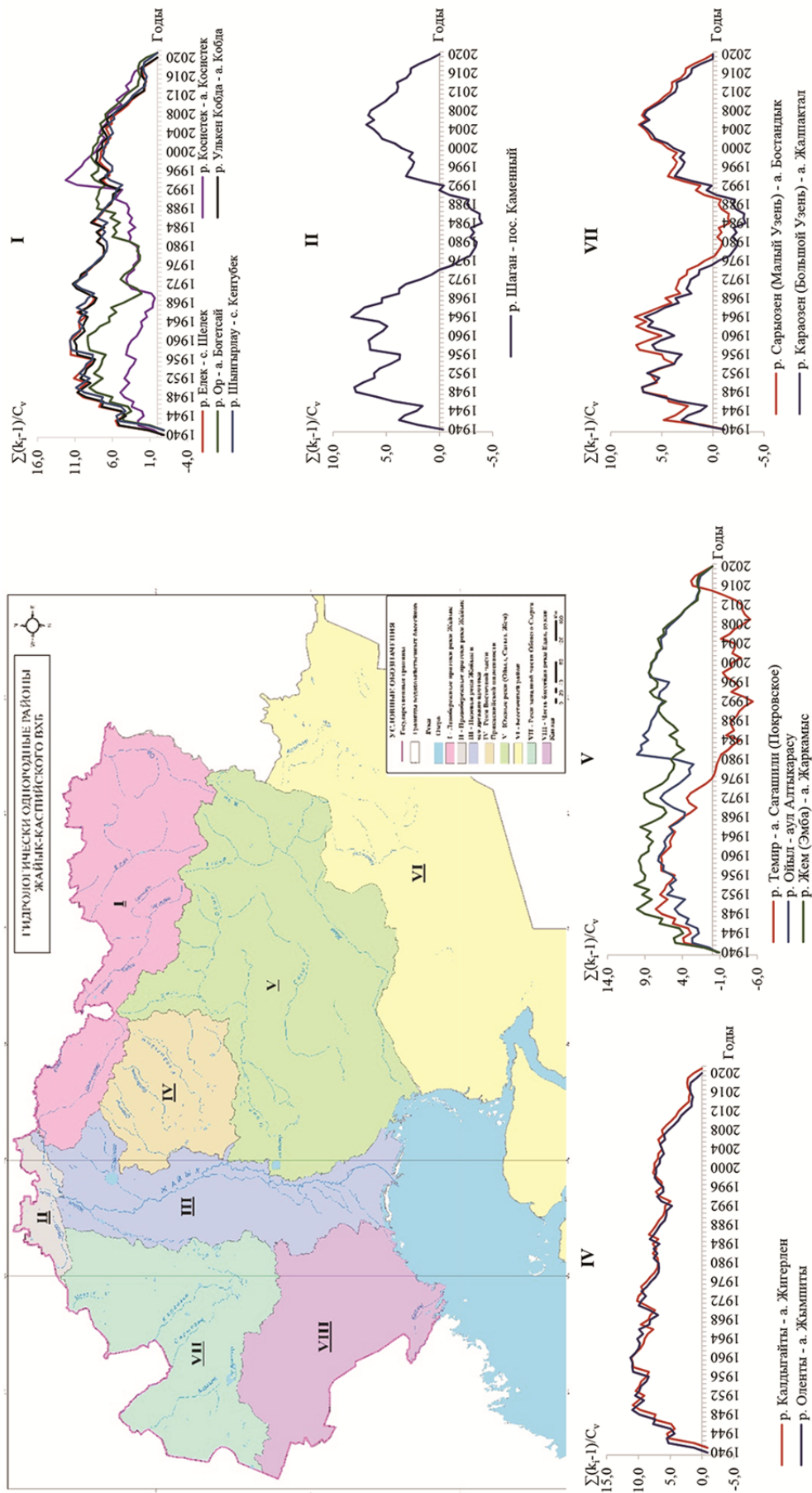


Рисунок 1 – Карта гидрологических однородных районов Жайык-Каспийского ВХБ и разностные интегральные кривые модульных коэффициентов основных рек за многолетний период

переход от маловодной фазы к многоводной, в 2000-х годах рост стока остановился и впоследствии на ряде рек сменился маловодным периодом. Немного отличается ход колебаний стока р. Темир, где маловодье затянулось до 1990-х годов, а в наступившей позднее многоводной фазе прослеживается чередование групп непродолжительных маловодных и многоводных лет.

Согласно графикам временного хода речного стока и скользящих 5-летних их осреднения (рисунок 2) колебания стока в рассматриваемых створах происходят синхронно, при этом отмечается уменьшение их амплитуды после 1950-х годов. Наблюдается чередование периодов различной водности, средняя продолжительность которых до 1970-х годов составляла 3-6 лет, после – 6-8 лет, а с 2000-х годов отмечается затяжной маловодный период (за исключением

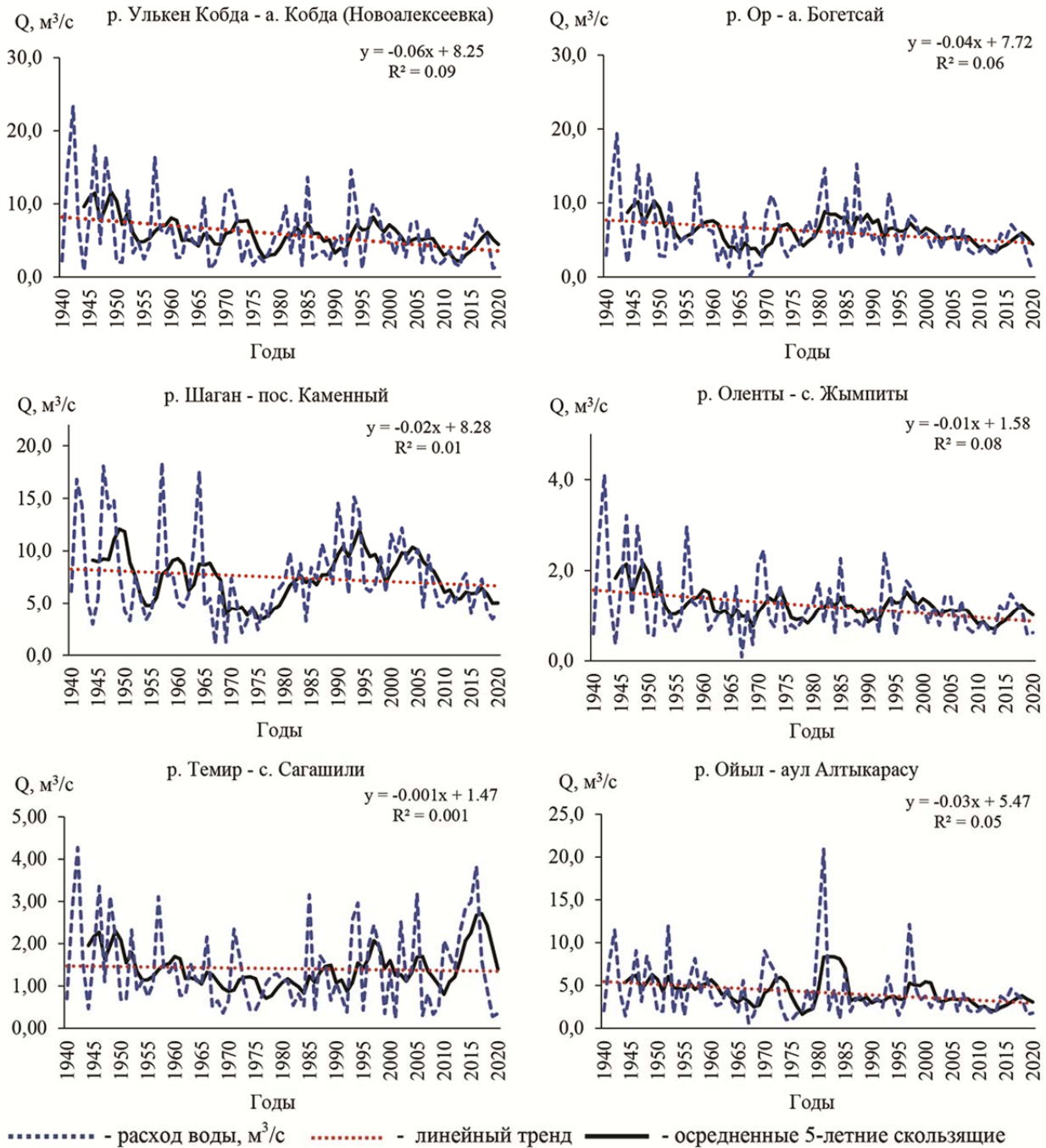
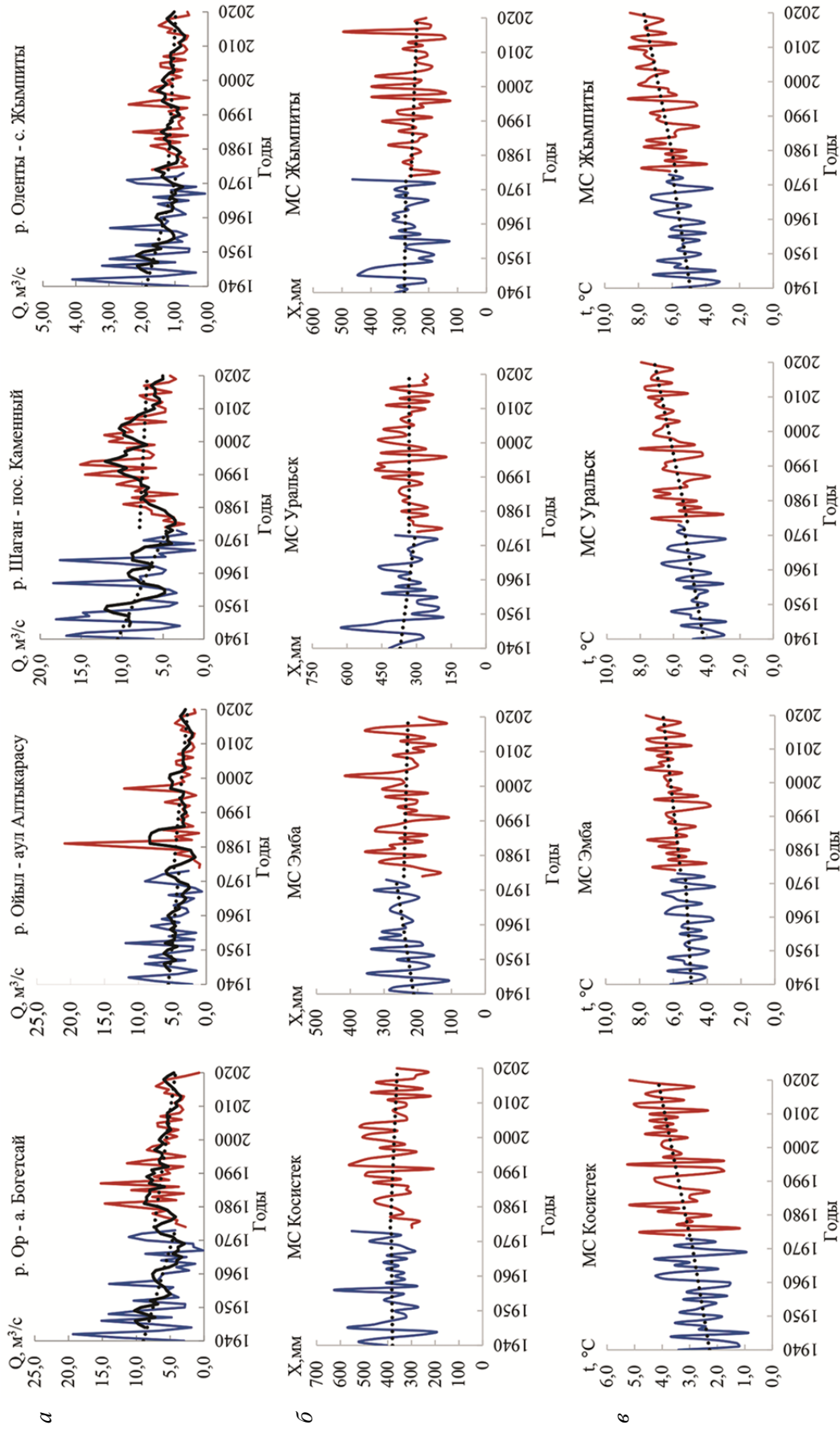


Рисунок 2 – Многолетний ход колебаний стока и скользящие 5-летние осреднения основных рек Жайык-Каспийского бассейна



(..... - линейный тренд; — значения за период 1940-1973 гг.; — значения за период 1974-2020 гг.)

Рисунок 3 – Сравнение изменчивости стока воды (а), атмосферных осадков (б) и температуры воздуха (с) в Жайык-Каспийском ВХБ

отдельных лет). Наиболее низкие среднегодовые расходы воды на большинстве рек исследуемого региона зафиксированы в 1967 г., наиболее высокие среднегодовые расходы воды – в 1942 г. Для р. Ойыл максимальный расход воды пришелся на 1981 г. Общая картина на большинстве рек в период 1940-2020 гг. говорит о тенденции сокращения стока. Для левобережных притоков р. Жайык (Ор, Елек, Улькен Кобда, Шынгырлау) и р. Оленты линейные тренды значимы на уровне 5 % вероятности, по остальным исследуемым рекам бассейна тренды не существенны.

Таким образом, на основании результатов исследований многолетних колебаний речного стока Жайык-Каспийского ВХБ (переход от маловодной фазы к многоводной на рубеже 1970-1980-х годов), а также с учетом потепления климата со второй половины XX века [18, 19] ряды речного стока можно разделить на два периода: условно-естественный – до 1973 г. и современный – после 1974 г. Первый период характеризуется стационарностью гидроклиматических процессов и минимальным антропогенным влиянием на речной сток, второй период характеризует текущую фазу климата (изменения природно-климатических условий формирования речного стока в исследуемом бассейне) и современный уровень антропогенного влияния на речной сток, что подтверждается предыдущими комплексными исследованиями по Казахстану [7].

Рассмотрим взаимосвязь водности рек с климатическими характеристиками путем сравнения изменчивости речного стока на рассматриваемых гидрологических постах, атмосферных осадков и температуры воздуха вблизи расположенных метеорологических станций (рисунок 3).

Сравнительный анализ водности рек и климатических характеристик показал, что общий ход годового стока рассматриваемых рек согласуется (синхронен) с ходом атмосферных осадков и температуры воздуха на близлежащих метеостанциях.

Для оценки интенсивности происходящих изменений проводился анализ линейного тренда исследуемых характеристик за многолетний период (1940-2020 гг.), за условно-естественный период (1940-1973 гг.), за современный период (1974-2020 гг.). Результаты расчетов даны в таблице.

Как показывают графики (см. рисунок 3), в период 1940-1973 гг. на всех рассматриваемых реках наблюдается тенденция сокращения стока, на ГП р. Улькен Кобда – с. Кобда и р. Ор – с. Богетсай – 1,48 и 1,43 м³/с за каждые 10 лет соответственно. По остальным исследуемым рекам сокращение стока колеблется от 0,040 до 0,47 м³/с/10 лет. Статистически значимыми на уровне 5 % обеспеченности для этого периода оказались лишь тренды рек Шаган и Темир, которые составили 1,81 и 0,33 м³/с за 10 лет.

Тенденции годовых сумм осадков за этот период имеют разнонаправленный характер в сторону как увеличения, так и уменьшения (см. рисунок 3). Темпы увеличения годового количества осадков колеблются от 1 до 16 мм/10 лет. Наибольший рост годовой суммы осадков отмечается в районе западного склона Мугалжар (МС Эмба) и составляет 16 мм/10 лет. Скорость уменьшения годового количества осадков у г. Орал (МС Уральск) равна – 20 мм/10 лет, в районе западной части Общего Сырта (МС Жалпактал) – 4 мм/10 лет. Однако доля трендовой составляющей в общей дисперсии по всем метеорологическим станциям не превышает 3 %, то есть выявленные изменения годового количества осадков по территории статистически не значимы. Тенденции температуры воздуха повсеместно имеют тенденцию к увеличению, но наибольшие и значимые темпы роста зафиксированы на МС Жалпактал и МС Уральск – 0,46 и 0,37 °С за каждые 10 лет соответственно.

За современный период (1974-2020 гг.) отмечается уменьшение размаха межгодовых колебаний стока по сравнению с предшествующим периодом. Тенденции этого периода показали сокращения стока по всем рассматриваемым рекам, за исключением р. Темир в створе с. Сагашили, тенденция которой имеет противоположную картину, то есть увеличение стока на 0,18 м³/с/10 лет. Для остальных рек бассейна сокращение составило от 0,04 до 1,07 м³/с/10 лет, из которых в большинстве случаев выявленные тренды в динамике речного стока статистически не значимы, значимым выявлен лишь тренд р. Ор в створе а. Богетсай.

Анализ хода атмосферных осадков по данным метеостанций в бассейне за современный период показал слабую тенденцию к уменьшению количества годовых осадков от 0,1 до 6 мм/10 лет. Исключение составила лишь МС Караулкелди, что согласуется с увеличением стока р. Темир в створе с. Сагашили в этот период, тенденция осадков является положительной с темпом роста на 15 мм/10 лет. Наибольшее повышение годовой суммы осадков отмечается для района левобе-

Характеристики линейного тренда расходов воды основных рек Жайык-Каспийского ВХБ за различные периоды

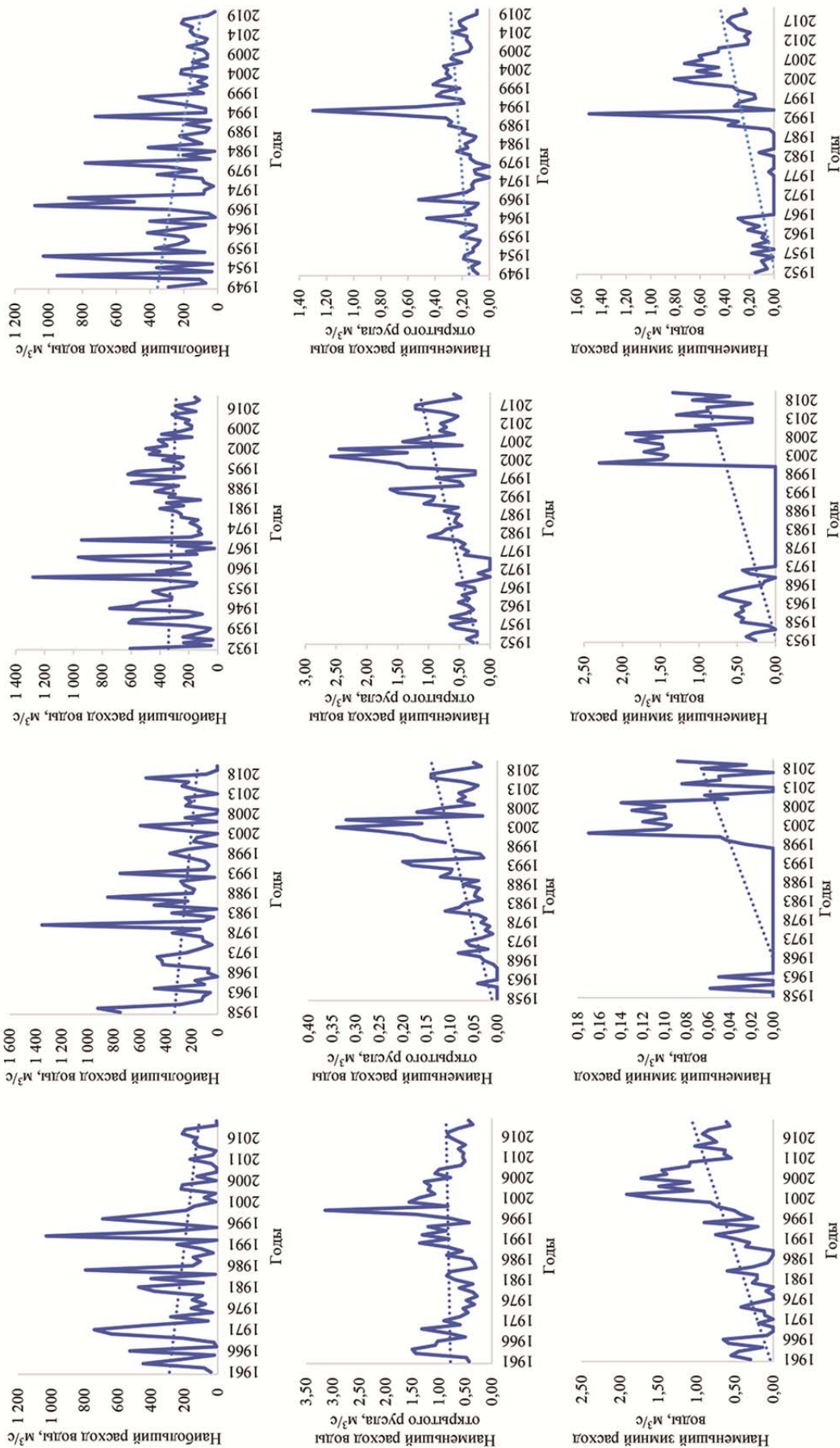
| Река-пункт | Период | a | R ² | Значимость тренда |
|--|-----------|-------|----------------|-------------------|
| Р. Елек - с. Шелек | 1940-2020 | -3,35 | 9,3 | + |
| | 1940-1973 | -9,39 | 7,7 | - |
| | 1974-2020 | -1,07 | 0,8 | - |
| Р. Улькен Кобда – а. Кобда (Новоалексеевка) | 1940-2020 | -0,58 | 9,2 | + |
| | 1940-1973 | -1,48 | 6,9 | - |
| | 1974-2020 | -0,24 | 1,0 | - |
| Р. Косистек - а. Косистек | 1940-2020 | -0,06 | 3,3 | - |
| | 1940-1973 | -0,04 | 0,5 | - |
| | 1974-2020 | -0,13 | 4,9 | - |
| Р. Ор - а. Богетсай | 1940-2020 | -0,39 | 6,0 | + |
| | 1940-1973 | -1,43 | 9,6 | - |
| | 1974-2020 | -0,68 | 9,9 | + |
| Р. Шынгырлау (Утва) – с. Лубенка | 1940-2020 | -0,05 | 13,6 | + |
| | 1940-1973 | -0,09 | 7,7 | - |
| | 1974-2020 | -0,04 | 4,4 | - |
| Р. Оленты - с. Жымпиты | 1940-2020 | -0,09 | 8,4 | + |
| | 1940-1973 | -0,28 | 8,9 | - |
| | 1974-2020 | -0,05 | 2,2 | - |
| Р. Темир - с. Сагашали | 1940-2020 | -0,02 | 0,1 | - |
| | 1940-1973 | -0,33 | 11,7 | + |
| | 1974-2020 | 0,18 | 6,4 | - |
| Р. Ойыл - аул Алтыкарасу | 1940-2020 | -0,31 | 5,1 | + |
| | 1940-1973 | -0,47 | 2,5 | - |
| | 1974-2020 | -0,44 | 3,2 | - |
| Р. Шаган - пос. Каменный | 1940-2020 | -0,20 | 1,4 | - |
| | 1940-1973 | -1,81 | 13,0 | + |
| | 1974-2020 | -0,20 | 0,8 | - |
| Р. Сарыозен (Малый Узень) - а. Бостандык | 1940-2020 | -0,03 | 2,2 | - |
| | 1940-1973 | -0,19 | 7,3 | - |
| | 1974-2020 | -0,04 | 1,8 | - |

Примечание. a – коэффициент линейного тренда, м³/с/10 лет; R² – коэффициент детерминации, %.

режных притоков р. Жайык, однако, как и в предыдущем периоде, направленные тенденции осадков практически отсутствуют.

Тенденции изменений температуры воздуха, полученные по всем рассматриваемым метеостанциям бассейна за современный период, показали статистически значимую ярко выраженную тенденцию к увеличению. Темп потепления в бассейне составляет 0,22-0,51 °С за каждые 10 лет.

Таким образом, в многолетней динамике на всех реках Жайык-Каспийского ВХБ за условно-естественный и современный периоды выявлена тенденция к сокращению речного стока, за исключением р. Темир в створе с. Сагашали, сток которой имеет тенденцию к росту в современный период. Однако в большинстве случаев выявленные тренды в динамике речного стока региона статистически не значимы. Значимое сокращение стока отмечается лишь на реках Темир и Шаган в период 1940-1973 гг., а для периода 1974-2020 гг. значимым оказалось сокращение стока р. Ор в створе а. Богетсай. Также можно отметить резкий спад водности на большинстве рек в последнее двадцатилетие, начиная с 2000-х годов. Тенденции годовых сумм осадков в оба периода имеют разнонаправленный характер и не всегда согласуются с тенденциями стока. Температура воздуха в бассейне имеет тенденцию к увеличению, причем наибольший темп и значимые тренды повышения температуры воздуха приходятся на современный период (1974-2020 гг.) – до 0,51 °С/10 лет.



р. Ойыл - аул Алты-Карасу

р. Шаган - пос. Каменный

р. Ор - с. Богетсай

р. Улькен Кобда - с. Кобда

Рисунок 4 – Многолетние колебания колебания наибольших, наименьших открытого русла и наименьших зимних расходов воды Жайык-Каспийского ВХБ

Согласно 8-му национальному сообщению и 5-му двухгодичному докладу Республики Казахстан Рамочной Конвенции ООН об изменении климата [20] и данным РГП «Казгидромет» [21] с 1970-х годов наблюдается статистически значимое потепление во все сезоны года. Сравнение средних многолетних значений температуры воздуха за два последовательных периода 1961-1990 и 1991-2020 гг. показывает, что в среднем по территории республики среднегодовая температура воздуха повысилась на 0,9 °С. Значительнее всего потеплели февраль и март – на 2,0 и 1,7 °С соответственно. Мало изменилась температура июля и декабря. Среднее по территории годовое количество осадков практически не изменилось, но в отдельные месяцы оно увеличилось максимально в феврале (на 15,6 %), при этом в сентябре и октябре количество осадков уменьшилось на 10,8 и 14,8 % соответственно [20]. Также прослеживается устойчивый рост количества летних дней с температурами выше 25 и 30 °С и ночей с температурами выше 20 °С, зимой сокращается количество суток с заморозками и с сильными морозами ниже минус 20 °С.

Рассмотрим динамику многолетнего хода наибольших расходов воды, наименьших расходов воды открытого русла и наименьших зимних расходов воды основных рек Жайык-Каспийского ВХБ за период с начала наблюдений по 2020 г. (рисунок 4).

В многолетнем ходе наибольших (максимальных) расходов воды на всех реках Жайык-Каспийского ВХБ прослеживается тенденция к уменьшению, при этом начиная с 2000-х годов значительно сокращается амплитуда колебаний. Статистически значимое сокращение наблюдается на левобережном притоке – р. Косистек (13,7 м³/с/10 лет) и на южной реке – р. Ойыл (42,6 м³/с/10 лет). По остальным рекам сокращение стока колеблется от 0,76 до 30,4 м³/с/10 лет.

В многолетней динамике наименьших расходов воды открытого русла (минимального стока летне-осенней межени) наблюдается тенденция к их увеличению для большинства рек бассейна. Значимые тренды выявлены для рек Шаган (0,14 м³/с/10 лет), Ор (0,02 м³/с/10 лет) и Темир (0,03 м³/с/10 лет).

В тенденция наименьших зимних расходов воды (минимального зимнего стока), являющихся, как правило, наименьшими в году, наблюдается статистически значимое увеличение на всех рассматриваемых реках (за исключением р. Шынгырлау): на левобережных притоках – р. Улькен Кобда (0,17 м³/с/10 лет), р. Ор (0,01 м³/с/10 лет), на реке южного района – р. Ойыл (0,07 м³/с/10 лет) и на правобережном притоке – р. Шаган (0,14 м³/с/10 лет).

Для малых рек и временных водотоков летне-осенний и зимний периоды являются периодами максимального истощения стока, во время которых характерны явления пересыхания и промерзания (нулевой сток).

Таким образом, анализ хронологического хода наибольших, наименьших открытого русла и наименьших зимних расходов воды Жайык-Каспийского ВХБ показал, что в многолетнем разрезе, начиная с 2000-х годов, прослеживается значительное сокращение как амплитуды колебаний максимальных расходов воды, так и их значений. В величинах наименьших летне-осенних и зимних расходов воды, напротив, прослеживается тенденция к росту, начало которой приходится на конец 1980-х – начало 1990-х годов.

Заключение. Анализ показал, что на рубеже 1970-1980-х годов на большинстве рек бассейна произошел переход от маловодного периода к многоводному, в 2000-х годах рост стока остановился и впоследствии на ряде рек сменился маловодным периодом. Аналогичные результаты получены в исследованиях [22, 23]. На основании данных ВМО и РГП «Казгидромет» [18, 19] потепление климата началось со второй половины XX века, в это же время интенсивно развивалась водохозяйственная деятельность в регионе. Таким образом, ряды речного стока Жайык-Каспийского ВХБ можно разделить на два периода: условно-естественный – до 1974 г. и современный – после 1974 г. Как за многолетний, так и за современный периоды отмечается тенденция к сокращению стока на фоне увеличения температуры воздуха (линейные тренды за многолетний период значимы на уровне 5 % вероятности), тенденция осадков имеет разнонаправленный характер. После 1970-х годов заметно уменьшился размах колебаний речного стока, также произошло перераспределение стока внутри года: за период половодья величина стока снизилась, сток зимней межени увеличился.

Исследование выполнено в рамках проекта программно-целевого финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии» (ИРН: BR21882122).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Piao S., Ciais P., Huang Y., Shen Z., Peng S., Li J., Zhou L., Liu H., Ma Y., Ding Y. et al. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China // *Nature*. – 2010. – No. 467. – P. 43-51.
- [2] Schneider C., Laize C. L. R., Acreman C., Florke V. How Will Climate Change Modify River Flow Regimes in Europe? // *Hydrol. Earth Syst. Sci.* – 2013. – Vol. 17, No. 1. – P. 325-339.
- [3] IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2013. – P. 78-409.
- [4] Yao J. Q., Yang Q., Mao W. Y., Xu X. B., Liu Z. H. Evaluation of the impacts of climate change and human activities on the hydrological environment in Central Asia // *J. Glaciol. Geocryol.* – 2016. – No. 38. – P. 222-230.
- [5] Kunkel K. E., Pielke R. A., Changon S. A. Temporal Fluctuations in Weather and Climate Extremes That Cause Economic and Human Health Impacts: a Review // *Bull. Am. Meteorol. Soc.* – 1999. – P. 1077-1098.
- [6] Бубин М. Н., Рассказова Н. С. Ритмичность многолетних колебаний стока рек как интегральный показатель изменчивости климата (на примере Урала). – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 279 с.
- [7] Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / Под науч. ред. Р. И. Гальперина. – Алматы, 2012. – Т. VII, кн. 1. – 684 с.
- [8] Давлетгалиев С. К., Медеу Н. Н. Сценарные прогнозы ресурсов стока рек Жайык-Каспийского бассейна по отдельным участкам // *Вестник КазНУ*. – 2017. – № 2(45). – С. 28-40.
- [9] Гидрологический ежегодник. – Л.: Гидрометеиздат, 1948-1982. – Т. 4, вып. 8-9.
- [10] Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Урало-Эмбинский район. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – Т. 12, вып. 2. – 511 с.
- [11] Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество: Ежегодное издание. – Л.; СПб.; М., 1981-2014.
- [12] Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Алматы, 2000-2016. – Ч. 1, вып. 4.
- [13] Метеорологическая и гидрологическая базы данных [Электронный ресурс]. – URL: https://www.kazhydromet.kz/meteo_db (дата обращения: 10.11.2023).
- [14] Поляк И. И. Численные методы анализа наблюдений. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 211 с.
- [15] Поляк И. И. Методы анализа случайных процессов и полей в климатологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 255 с.
- [16] Сикан А. В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.
- [17] Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике: для инженеров и учащихся вузов. Изд. 13-е, испр. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
- [18] Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2004 г. / ВМО. – Женева: Издательство ВМО, 2005. – №983. – 14 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://legacy-ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/wmo/983.pdf> (дата обращения: 20.11.2023).
- [19] Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2021 г. – Астана: НИЦ РГП «Казгидромет», 2022. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/klimat/ezhegodnyy-byulleten-monitoringa-sostoyaniya-i-izmeneniya-klimata-kazahstana> (дата обращения: 10.12.2023).
- [20] Восьмое национальное Сообщение и пятый двухгодичный Доклад Республики Казахстан Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. – Астана, 2022. – 491 с.
- [21] Обзор об особенностях климата на территории Казахстана за 2022 год. – Астана: РГП «Казгидромет», 2023. – 40 с.
- [22] Бажиева А. М., Турсунова А. А. Временные закономерности колебаний речного стока Западного Казахстана // *Гидрометеорология и экология*. – 2012. – № 3. – С. 116-124.
- [23] Магрицкий Д. В., Кенжебаева А. Ж., Сивохиц Ж. Т., Павлейчик В. М. Научно-прикладное изучение стока рек в бассейне Урала в XX в. – начале XXI в. Часть 2. Трансграничное водопользование и водный режим устья Урала // *Вопросы степеведения*. – 2023. – № 2. – С. 17-42.

REFERENCES

- [1] Piao S., Ciais P., Huang Y., Shen Z., Peng S., Li J., Zhou L., Liu H., Ma Y., Ding Y. et al. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China // *Nature*. 2010. No. 467. P. 43-51.
- [2] Schneider C., Laize C. L. R., Acreman C., Florke V. How Will Climate Change Modify River Flow Regimes in Europe? // *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2013. Vol. 17, No. 1. P. 325-339.
- [3] IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2013. P. 78-409.
- [4] Yao J. Q., Yang Q., Mao W. Y., Xu X. B., Liu Z. H. Evaluation of the impacts of climate change and human activities on the hydrological environment in Central Asia // *J. Glaciol. Geocryol.* 2016. No. 38. P. 222-230.
- [5] Kunkel K. E., Pielke R. A., Changon S. A. Temporal Fluctuations in Weather and Climate Extremes That Cause Economic and Human Health Impacts: a Review // *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 1999. P. 1077-1098.
- [6] Bubin M. N., Rasskazova N. S. The rhythmicity of long-term fluctuations in river flow as an integral indicator of climate variability (using the example of the Urals). Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2013. 279 p. (in Russ.).

- [7] Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management. The resources of the river flow of Kazakhstan. Renewable resources of surface waters of Western, Northern, Central and Eastern Kazakhstan / Edited by R. I. Galperin. Almaty, 2012. Vol. VII, book 1. 684 p. (in Russ.).
- [8] Davletgaliev S. K., Medeu N. N. Scenario forecasts of the flow resources of the rivers of the Zhaiyk-Caspian basin by individual sections // Bulletin of the KazNU. 2017. No. 2(45). P. 28-40 (in Russ.).
- [9] Hydrological Yearbook. L.: Hydrometeoizdat, 1948-1982. Vol. 4, issue 8-9 (in Russ.).
- [10] Surface water resources of the USSR. The Lower Volga region and Western Kazakhstan. Ural-Embinsky district. L.: Hydrometeoizdat, 1970. Vol. 12, issue 2. 511 p. (in Russ.).
- [11] The State Water Cadastre. Surface and groundwater resources, their use and quality. The annual edition. L.: St. Petersburg; M., 1981–2014 (in Russ.).
- [12] The State Water Cadastre. Annual data on the regime and resources of land surface waters. Almaty, 2000–2016. Part 1, issue 4. (in Russ.).
- [13] Meteorological and hydrological databases [Electronic resource]. – URL: https://www.kazhydromet.kz/meteo_db (date of access: 11/10/2023).
- [14] Polyak I. I. Numerical methods for the analysis of observations. L.: Hydrometeoizdat, 1975. 211 p. (in Russ.).
- [15] Polyak I. I. Methods of analysis of random processes and fields in climatology. L.: Hydrometeoizdat, 1979. 255 p. (in Russ.).
- [16] Sikan A.V. Methods of statistical processing of hydrometeorological information. St. Petersburg: Publishing house of RGGMU, 2007. 279 p. (in Russ.).
- [17] Bronstein I. N., Semendyaev K. A. Handbook of mathematics: for engineers and university students / Ed. 13th, ispr. M.: Nauka, 1986. 544 p. (in Russ.).
- [18] WMO Statement on the state of the global climate in 2004 / WMO. – Geneva: WMO Publishing House, 2005. No. 983. 14 p. [Electronic resource]. – URL: <http://legacy-ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/wmo/983.pdf> (date of access: 11/20/2023).
- [19] Annual bulletin of monitoring the state and climate change of Kazakhstan: 2021 – Astana: SIC RSE "Kazhydromet", 2022. [Electronic resource]. – URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/klimat/ezhegodnyy-byulleten-monitoringa-sostoyaniya-izmeneniya-klimata-kazahstana> (date of access: 12/10/2023).
- [20] The eighth national Communication and the fifth biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Astana, 2022. 491 p. (in Russ.).
- [21] Review of the climate features in Kazakhstan in 2022. Astana: RSE "Kazhydromet", 2023. 40 p. (in Russ.).
- [22] Bazhieva A.M., Tursunova A. A. Temporal patterns of fluctuations in river flow in Western Kazakhstan // Hydrometeorology and Ecology. 2012. No. 3. P. 116-124 (in Russ.).
- [23] Magritskiy D. V., Kenzhebaeva A. Zh., Sivohip Zh. T., Pavlechik V. M. Scientific and applied study of river flow in the Ural basin in the twentieth century - early 21st century. Part 2. Transboundary water use and the water regime of the Ural estuary // Questions of Steppe studies. 2023. No. 2. P. 17-42 (in Russ.).

А. Р. Загидуллина¹, Ж. Ж. Смагулов², Л. М. Биримбаева³, А. М. Сайлаубек^{4*}

¹Су ресурстары лабораториясының ғылыми қызметкері, жаратылыстану ғылымдарының магистрі («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; zagidullina_a_88@mail.ru)

²Су ресурстары лабораториясының аға ғылыми қызметкері, жаратылыстану ғылымдарының магистрі («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; zh.zh.smagulov@mail.ru)

³Су ресурстары лабораториясының ғылыми қызметкері, жаратылыстану ғылымдарының магистрі («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан), метеорология және гидрология кафедрасының PhD студенті (әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; birimbayeva_l@mail.ru)

^{4*}Су ресурстары лабораториясының кіші ғылыми қызметкері, жаратылыстану ғылымдарының магистрі («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан), метеорология және гидрология кафедрасының PhD студенті (әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; gulina97life@gmail.com)

ЖАЙЫҚ-КАСПИЙ СУ ШАРУАШЫЛЫҒЫ БАССЕЙІНІНДЕ (АЛАБЫНДА) ҚАЛЫПТАСАТЫН НЕГІЗГІ ӨЗЕНДЕР АҒЫНЫНЫҢ КӨПЖЫЛДЫҚ ӨЗГЕРУ ҮРДІСТЕРІ

Аннотация. Жайық-Каспий су шаруашылығы алабының негізгі өзендер ағындысының тенденциясына бағытталған зерттеулер жүргізілді. Көпжылдық кезеңдегі өзен ағындысының орташа жылдық динамикасы, олардың 5 жылдық жылжымалы орташалануы, ауа температурасы мен жауын-шашын мөңдерінің өзен ағындысымен бірлескен кестелері, сондай-ақ сипатты (ең жоғары, қысқы және ашық арна жағдайындағы ең төменгі) су өтімдерінің көпжылдық динамикасы қарастырылды. Зерттеудің нәтижесі бойынша екі кезең анықталды: 1940 жылдан 1973 жылға дейін (шартты-табиғи) және 1974 жылдан 2020 жылға дейін (заманауи). Екі кезеңде де ауа температурасының жоғарылау фонында ағындының азаю тенденциясы байқалады, жауын-

шашын тенденциялары әртүрлі сипатқа ие. 1970 жылдан бастап жылдық ағындының тербеліс амплитудасының төмендеуі, 2000 жылдардан бастап - тербеліс амплитудасы мен максималды су өтімдері мәндерінің төмендеуі қатар көрініс берді. Ең төменгі жазғы-күзгі және қысқы су өтімі мәндерінде, керісінше, 1980 ж. соңы – 1990 ж. басында өсу тенденциясы орын алды. Кіші өзендер мен уақытша тоғандарда жазғы-күзгі және қысқы кезеңдерде – ағындының максималды сарқылу кезеңі айқын байқалады, бұл кезеңге кеуіп кету және кату (нөлдік ағынды) құбылыстары тән.

Түйін сөздер: тенденция, өзен ағындысының өзгеруі, климаттық өзгерістер, Жайық-Каспий алабы, сызықтық тренд, көпжылдық динамика, сипатты су өтімдері.

A. R. Zagidullina¹, Zh. Zh. Smagulov², L. M. Birimbayeva³, A. M. Sailaubek^{4*}

¹Researcher of the Laboratory of water Resources, Master of Natural Sciences
(JSC "Institute of Geography and Water Security", Almaty, Kazakhstan; zagidullina_a_88@mail.ru)

²Senior Researcher at the Laboratory of water Resources, Master of Natural Sciences
(JSC "Institute of Geography and Water Security", Almaty, Kazakhstan; zh.zh.smagulov@mail.ru)

³Researcher at the Laboratory of water Resources, Master of Natural Sciences
(JSC "Institute of Geography and Water Security", Almaty, Kazakhstan), PhD student of the Department of Meteorology and Hydrology (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; birimbayeva_l@mail.ru)

^{4*}Junior Researcher at the Laboratory of water Resources, Master of Natural Sciences
(JSC "Institute of Geography and Water Security", Almaty, Kazakhstan), PhD student of the Department of Meteorology and Hydrology (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;
gulima97life@gmail.com)

TRENDS OF LONG-TERM CHANGES IN THE CHARACTERISTIC WATER FLOW RATES OF THE MAIN RIVERS OF THE ZHAIYK-CASPIAN WATER BASIN

Abstract. Studies were conducted aimed at the trends in the flow of the main rivers of the Zhaiyk-Caspian water basin. The average annual dynamics of river flow for a long period, their 5-year moving averages, joint tables of air temperature and precipitation values with river flow, as well as long-term dynamics of characteristic (highest, winter and lowest in open channel conditions) water flows were considered. According to the results of the research, two periods were distinguished: from 1940 to 1973 (conditionally natural) and from 1974 to 2020. (modern). In both periods, there is a tendency to reduce runoff against the background of an increase in air temperature, precipitation trends are multidirectional. Since the 1970s, there has been a decrease in the amplitude of fluctuations in annual runoff, since the 2000s there has been a decrease in both the amplitude of fluctuations and the values of maximum water flow. In the values of the lowest summer-autumn and winter water flow, on the contrary, there is a tendency to increase, which began in the late 1980s – early 1990s. For small rivers and temporary watercourses, the summer-autumn and winter periods are periods of maximum runoff depletion, during which drying and freezing phenomena (zero runoff) are characteristic.

Keywords: trend, changes in river flow, climatic changes, Zhaiyk-Caspian basin, linear trend, long-term dynamics, characteristic water flow.

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-27-39.10>

УДК 528.8 (556.3)

МРНТИ 37.27.29

П. И. Яковлев

Инженер-гидролог (Тверское отделение Русского географического общества, Тверь, Россия,
akva-petr.1947@mail.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ УЧАСТКОВ ПОВЫШЕННОГО ПОДЗЕМНОГО ПРИТОКА В РЕКИ, ОЗЕРА И ВОДОХРАНИЛИЩА (НА ПРИМЕРЕ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ)

Аннотация. Приводятся примеры использования тепловых космических снимков в гидрологических исследованиях по выявлению участков повышенного подземного стока на водных объектах Тверской области. Используются зарубежные космические снимки Landsat 5 и Landsat 8 в тепловом дальнем ИК-диапазоне. Дана характеристика гидрогеологических и гидрологических условий района. Особое внимание уделялось минимальному стоку рек Верхней Волги в меженный период, который характеризует подземный сток этого речного бассейна. Результаты научных изысканий могут быть полезными для гидрогеологов и гидрологов. Тепловая космосъемка не во всех случаях может быть эффективной при решении таких гидрологических задач.

Ключевые слова: тепловой космоснимок, подземный приток, температурные аномалии, визуальное дешифрирование, плотность фототона, реки, озера, водохранилища.

Введение. В России дистанционные методы при изучении водных ресурсов подземных вод активно стали использоваться в 1980-1990 годы, но преимущественно в аридной зоне СССР и реже в районах избыточного увлажнения (Садов А. И., Викторов А. С., ВСЕГИНГЕО, Обьедков Ю. Л., ИВПАН и т.д.). В эти же годы за рубежом также выполнялись подобные научные изыскания. Но таких работ в то время было незначительное количество. Следует отметить, что в институте ВНИГИК, Мингео СССР, в отделе минеральных ресурсов Тверской области (г. Тверь) в 1987-1990 гг. по инициативе и под научным руководством главного гидрогеолога МГРЭ ПГО «Центрогеология», к.г.-м.н. Просекова А. М. проводилась научно-техническая работа «Выявить очаги интенсивной разгрузки подземных вод дистанционными методами, на примере Калининской (Тверской) области». В те годы существовал ограниченный выбор материалов космической видеoinформации, но большие надежды возлагались на использование тепловых космических снимков. Однако из-за недостаточного финансирования эти научные изыскания не были завершены. Эта работа является продолжением предыдущих исследований. Основная ее задача – выявление зон температурных аномалий в акватории поверхностных водных объектов и в прибрежной их зоне с использованием тепловых ИК-космоснимков. Такие аномальные участки при благоприятных гидрогеологических условиях могут быть перспективны для организации здесь хозяйственного водоснабжения. Кроме этого, возможно использование результатов этих работ в других научных и экологических исследованиях в Тверской области.

Теоретические основы водных исследований. Возможности использования многозональной и тепловой космической съемки в географических исследованиях в других науках о Земле описаны в работах Грищенко М. С., Балдиной Е. А., Зимина М. Г., Кравцовой В. И. (кафедра картографии географического факультета МГУ) [3], а также в других отечественных и зарубежных публикациях [12-15]. В соответствии с прежними исследованиями инфракрасная съемка (ИК) в дальнем диапазоне позволяет определять интенсивность теплового излучения земных объектов, в том числе водоемов и речных водотоков. Как известно, эта физическая характеристика является довольно изменчивой и ее величина зависит от времени суток и календарного времени года, от прихода солнечной энергии и состояния самого исследуемого природного объекта, которое определяется его физическими и химическими свойствами в момент космосъемки. В этой работе основное

внимание уделялось определению температурных характеристик поверхностных слоев водных масс рек, озер и водохранилищ, а также температурному фону в их прибрежных зонах и на отдельных эрозионных врезках, где наблюдаются выходы родников, выклинивание и разгрузка подземных вод с характерными низкими температурами воды.

Из предыдущих исследований известно, что термический режим рек и водоемов отличается непостоянством и динамичностью в отдельные сезоны, в суточном и многолетнем разрезе. Наибольшая температурная изученность характерна для крупных озер и водохранилищ Тверской области: Верхневолжское вдхр., Ивановское вдхр. и Рыбинское вдхр., оз. Селигер и т.д. (рисунок 1). Вместе с тем их термический режим отличается некоторыми особенностями. В частности, Верхневолжское водохранилище в зимний период характеризуется прогревом придонных слоев в его озерах и слабым нагреванием воды в их протоках. В летний период, когда здесь устанавливается прямая температурная стратификация, разница температур между поверхностными и придонными слоями озерных вод составляет $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ с четко выраженным слоем скачка на глубине 3-5 м [4].

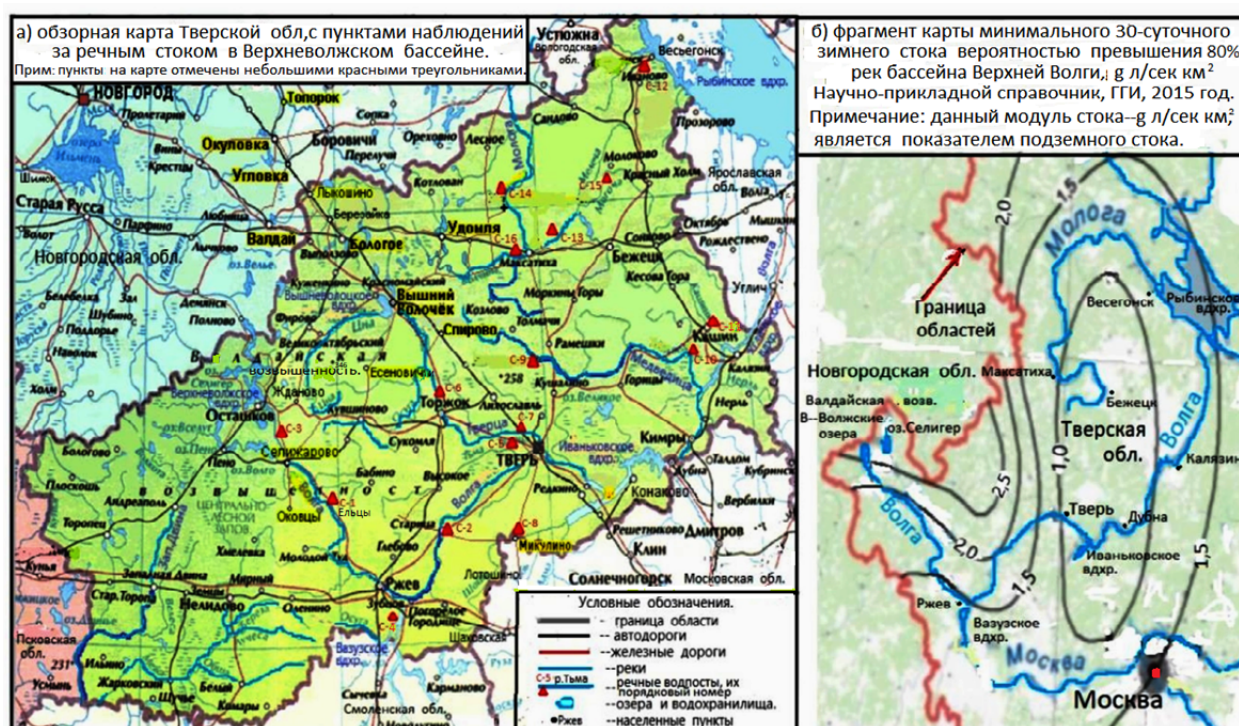


Рисунок 1 – Карта Тверской области с нанесенными пунктами наблюдений за речным стоком в бассейне Верхней Волги (а) и фрагмент карты среднееголетнего минимального 30-суточного зимнего речного стока Верхневолжского бассейна, ГГИ, 2015 г. [7] в Тверском регионе (б)

Другое крупное водохранилище Тверского региона – *Иваньковское* вследствие высокой проточности и малых глубин отличается слабо выраженным расслоением температуры по глубине. В декабре-январе при обратной стратификации температура воды его придонного слоя не превышает $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4]. Во время интенсивной предвесенней сработки наблюдается гомотермическое состояние водной массы. Летняя прямая стратиграфия на этом водохранилище начинает возникать по достижению температуры воды $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, и при этом отмечается почти повсеместно, но часто бывает непродолжительной. Причиной ее неустойчивости является усиление ветрового и волнового перемешивания озерных водных масс, которое приводит к установлению гомотермии. Причем она сначала наблюдается на Волжском и мелководном Шошинском ($H_{\text{г.л.}} = 2-3\text{ м}$) плёсах, а позднее в приплотинной части Ивановского вдхр. [4]. Наиболее четко процессы установления прямой и обратной температурной стратификации выражены в глубоководной части *Рыбинского вдхр.*

Наблюдения за термическим режимом рек также регулярно проводятся в нашем регионе [5]. Известно, что температура воды на всех реках Тверского региона в летний период в основном зависит от температуры воздуха, а также от интенсивности подземного притока, воды которого имеют низкую температуру, особенно из глубоких водоносных горизонтов. В то же время малым водотокам в летне-осеннюю межень свойственна более высокая зависимость температуры речных вод от температуры воздуха из-за лучшей их прогреваемости.

Температурный режим грунтовых и глубоких подземных вод отличается друг от друга. В первом случае для близко залегающих подземных вод от земной поверхности он сильно зависит от температуры воздуха, и колебания температуры грунтовых вод имеют здесь более сглаженный характер [9]. Во втором случае температура воздуха в летне-осенний период почти не влияет на температуру глубоких подземных вод. Температурная разница глубоких подземных вод в местах их выхода и речных и озерных вод составляет летом в нашем регионе 5-10 °С и более, увеличиваясь в жаркие сезоны. Как правило, в местах интенсивной и повышенной разгрузки глубоких подземных вод происходит их внедрение и проникновение в поверхностные воды (рисунок 2). При этом здесь может заметно понижаться температура речных и озерных вод [9, 10].

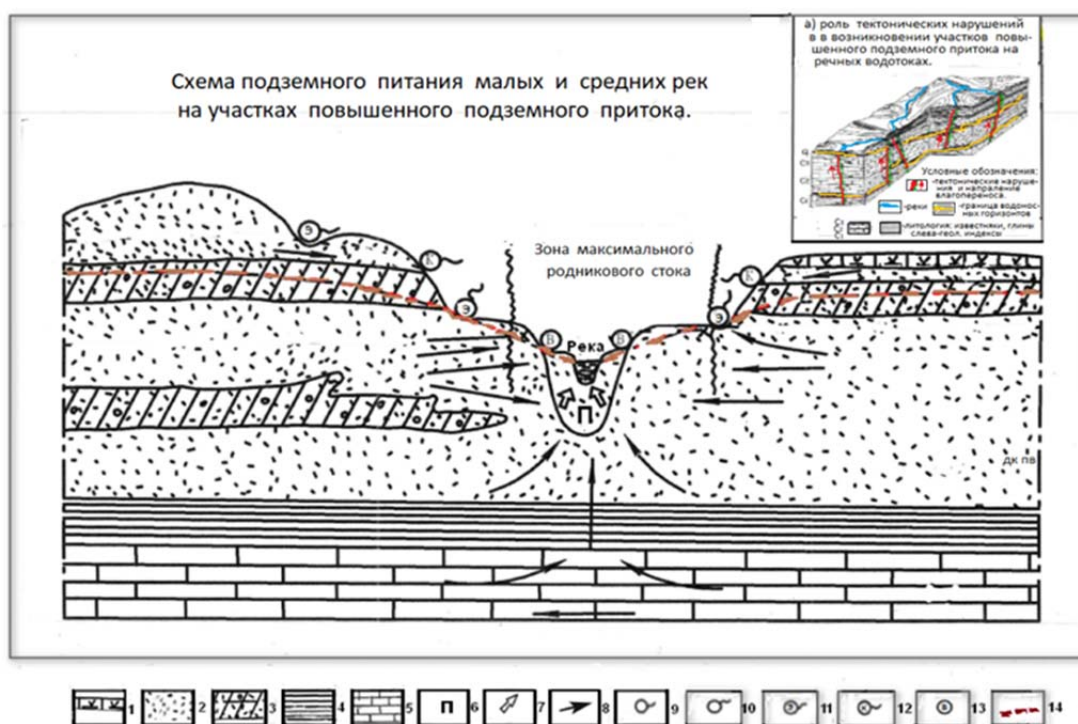


Рисунок 2 – Схема подземного питания малых и средних рек на участках повышенного подземного притока (автор к.г.-м.н. Просеков А. М., МГРЭ ПГО «Центрогеология», 1987 г.) и схематический рисунок-вставка – роль тектонических нарушений в возникновении участков повышенного подземного притока на речных водотоках.

1 – торф; 2 – пески; 3 – суглинки; 4 – глины; 5 – известняки; 6 – палеодолина; 7 – субаквальная разгрузка подземных вод; 8 – направление движения подземных вод; 9 – нисходящие родники; 10 – восходящие родники; 11 – эрозионные родники; 12 – контактные родники; 13 – склоновое высачивание; 14 – депрессионная кривая подземных вод

Такие аномальные участки на летних тепловых космоснимках в акваториях отдельных рек и водоемов выделяются более темным контрастным фототонном на черно-белых фотографиях или повышенной интенсивностью цвета до темных его оттенков на цветных однородных космоснимках. В то же время русла малых рек исследуемого района на летних черно-белых ИК-фотографиях из космоса отображаются преимущественно серым цветом или светлыми тонами на цветных однородных снимках, иногда не сплошной линией или вовсе отсутствуют.

Подрусловой сток крупных, средних и малых рек также может не выявляться при проведении ИК-космосъемки в теплый сезон, так как она фиксирует только температуру водной или земной поверхности. В зимний период крупные водоемы и реки на ИК-космоснимках уже характери-

зуются светлой тональностью, и малые реки могут быть совершенно незаметными. Как известно, на качество тепловых снимков часто влияют неблагоприятные погодные условия: высокая облачность, атмосферные осадки, туманы и т.д. При кратковременных похолоданиях или в период продолжительных дождей, которые иногда могут наблюдаться в нашей зоне в летний период, возникающие площадные температурные различия речных и озерных вод постепенно сглаживаются. При этом на черно-белых ИК-космоснимках, полученных в такую погоду, преобладают серые фототона, что не позволяет использовать эти фотографии в нашей работе.

Из предыдущих исследований известно, что температурные аномалии на летних ИК-космоснимках, относящиеся к водным объектам, графически могут выглядеть в виде концентрированного или размытого «пятна» разного по площади, тонкой или утолщенной линии и т.д. [9]. Как ранее установлено, многие выделенные температурные аномалии на малых, средних и больших реках часто приурочены к рельефным «депрессиям» – низинам, ложинам, впадинам, эрозионным врезам и т.д. Здесь же возможны глубинные геолого-структурные нарушения, которые создают благоприятные условия для вертикального влагопереноса, в том числе для возникновения «гидрогеологических окон» и повышенных аномалий подземного стока [9, 10]. Линеаментный анализ многозональных космоснимков в некоторых случаях позволяет выделить участки этих геологических структур.

Но на практике, на примере реки Тифины, неотектоническая активность в отдельном речном бассейне и частые выходы подземных вод на дневную поверхность не всегда приводят к формированию повышенного подземного стока. Согласно предыдущим исследованиям, кроме этого положительного геолого-структурного фактора, необходимо наличие благоприятных гидрогеологических условий на территории речного водосбора: высокая продуктивность и обводненность подземных водоносных горизонтов, дренируемых речной сетью, а также высокие фильтрационные характеристики водовмещающих пород и активный водообмен между рекой и подземными водоносными горизонтами (см. рисунок 2).

При анализе фотоматериалов космической ИК-съемки необходимо знание гидрометеорологических характеристик на момент ее проведения и в предшествующий период: наличие облачности, температура воздуха, атмосферные осадки, водность периода, уровни грунтовых вод, расходные величины попусков и сбросов воды из озер и водохранилищ. Кроме этого, на предварительном этапе необходимо ознакомиться с обзорными географическими, почвенными, геологическими, гидрологическими, геологическими, гидрогеологическими картами и разрезами и т.д. (рисунки 3-5), чтобы иметь представление о природных условиях изучаемого района. Как известно, минимальный сток в летнюю и зимнюю межень характеризует подземный сток исследуемого региона, поэтому особое внимание должно уделяться анализу гидрометрической информации на изучаемых реках для периода низкого стока (см. таблицу).

Общая характеристика подземного стока Верхневолжского бассейна в Тверской области и связь его параметров с геологическими условиями этого района. Подземный сток Верхневолжского гидрогеологического района формируется в основном на Валдайской возвышенности, которая располагается на западе Тверской и соседней Новгородской областях (см. рисунок 1). Здесь пресные воды приурочены к закарстованным известнякам и доломитам девонского и каменноугольного возрастов, залегающим близко от поверхности над относительно маломощными четвертичными отложениями (И. С. Зекцер, ИВПАН, 2015 г.) [7]. Благоприятные условия питания, хорошая проницаемость карбонатных отложений, густая и глубоко врезанная эрозионная сеть на указанной возвышенности определяют формирование значительного подземного стока с высокими его параметрами ($q^n = 2,5-3,0$ л/с·км²). Несколько меньшие показатели этого вида стока наблюдаются в бассейнах рек Тверцы, Вазузы и т.д.

В пределах Верхневолжской низины (по Волге начинается ниже г. Старицы), Молого-Шекснинской и Нерльской низменностей, Верхне- и Среднемоложской низин, расположенных в юго-восточной, северной и северо-восточной частях Тверской области, отложения четвертичного возраста и песчано-глинистые толщи юры, мела и перми характеризуются неравномерной и слабой обводненностью (см. рисунки 3-5). Наличие морены и незначительная глубина эрозионного вреза рек (25-30 м) снижают здесь интенсивность питания водоносных горизонтов и величину подземного стока ($q^n = 1-1,5$ л/с·км²), а в депрессиях (район Рыбинского водохранилища) она менее 1 л/с·км².

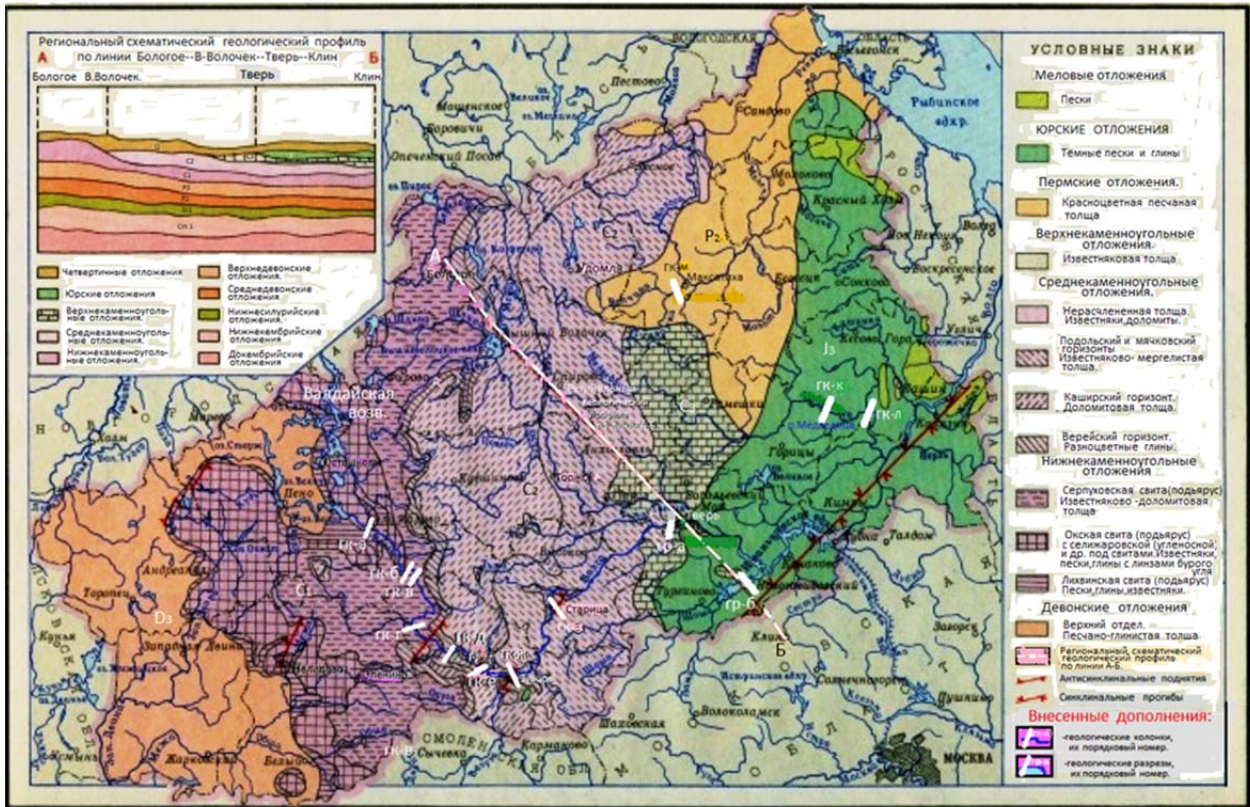


Рисунок 3 – Обзорная геологическая карта Тверской области из «Атласа Калининской (Тверской) области», ГУГК, 1964 г. [1] с нанесенными створами геологических разрезов и литологических колонок на отдельных крупных реках. Эти створы выделены белыми линиями

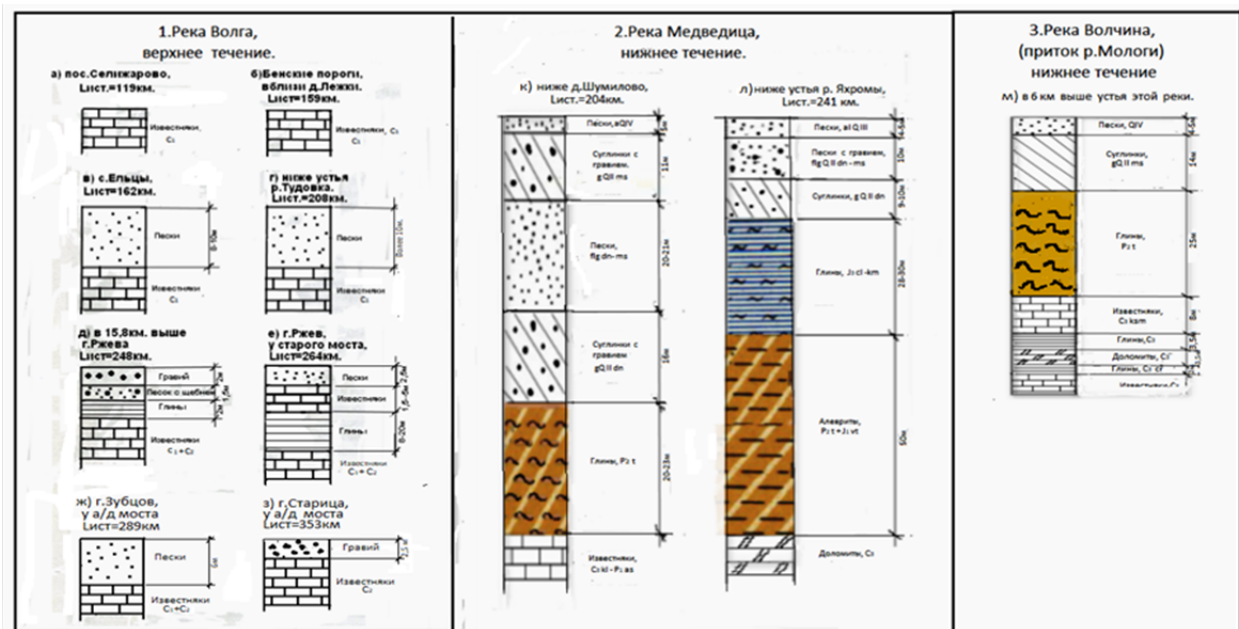


Рисунок 4 – Геологические колонки по отдельным створам крупных водотоков Тверской области: 1. Река Волга, верхнее течение; 2. Река Медведица, нижнее течение; 3. Река Волчина, нижнее течение. Составлены по данным ФА «Роснедра», 1970-1985 гг.; ПИ «Гипроспецгаз», Л., 1982 г.; ПИ «Гипродортранс», М., 1982 г.; ОАО «Синдус», Тверь, 2010 г.

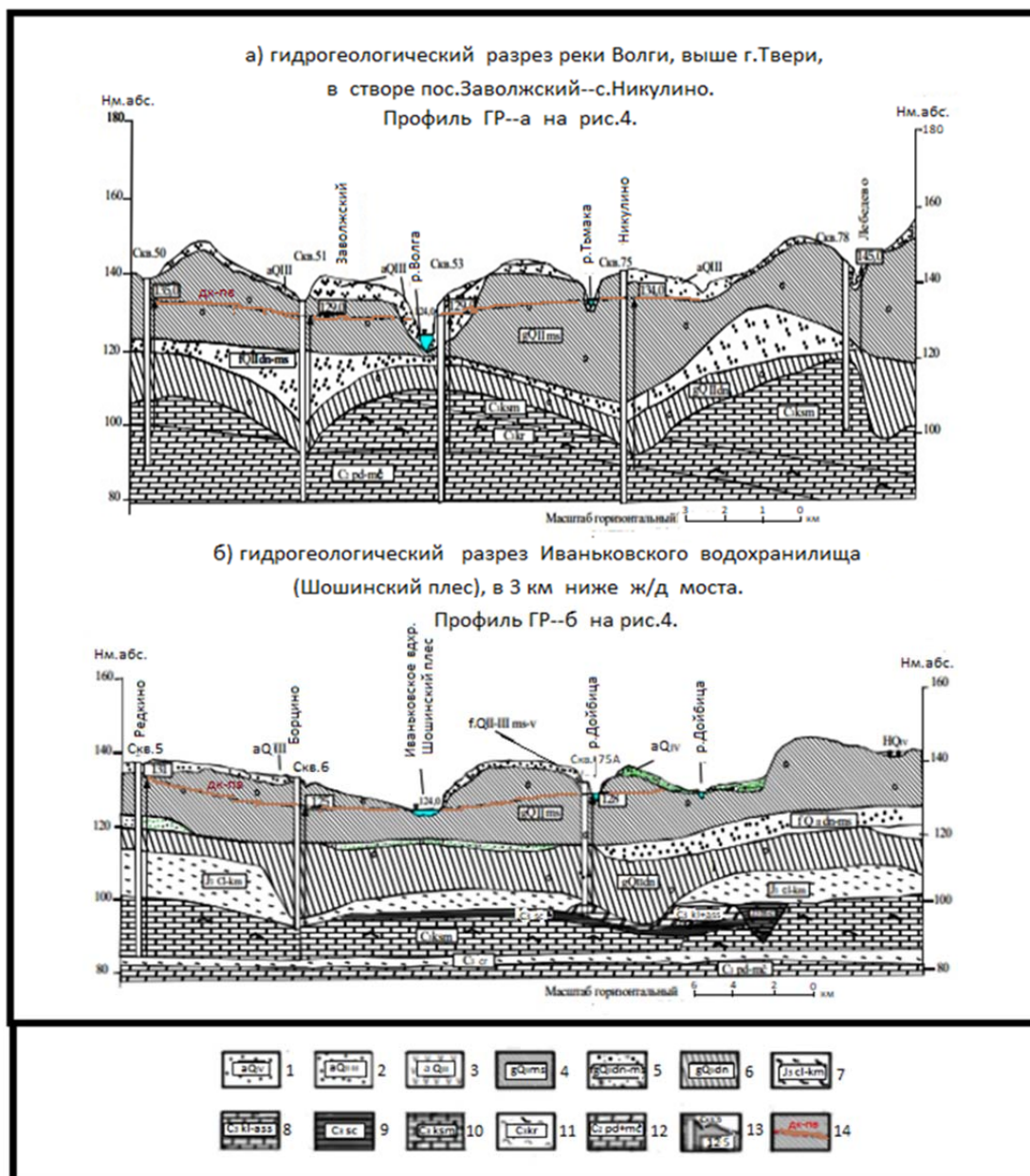


Рисунок 5 – Схематические гидрогеологические разрезы по р. Волга, выше г. Твери (а) и по Ивановскому водохранилищу в районе Шошинского плёса (б), по данным Ивановской НИС, ИВПАН, 2013 г. [2].
Водоносные горизонты и водоупоры: 1 – современные аллювиальные отложения, пески; 2 – верхнечетвертичные водоносные горизонты, пески; 3 – болотные отложения, торф; 4 – московский ледниковый слабоводоносный горизонт, моренные суглинки; 5 – днепровско-московский водно-ледниковый водоносный подгоризонт, пески, гравий; 6 – днепровская ледниковая толща, валунные суглинки; 7 – келловей-киммериджский водоупор, глины; 8 – клязьминско-ассельский водоносный горизонт, доломиты, реже известняки; 9 – щелковский водоупор, мергели, глины; 10 – касимовский водоносный горизонт, доломиты, известняки, мергели; 11 – кревкинский водоупор, глины; 12 – подольско-мячковский водоносный горизонт, известняки, доломиты; 13 – гидрогеологическая скважина, ее номер, абсолютная отметка пьезометрического уровня; 14 – пьезометрический уровень напорных вод (ПУ-НВ), м абс.

Ранее, до 80-х годов прошлого века, т.е. до наступления предполагаемого глобального потепления, эффективным показателем подземного притока в реки являлся среднеголетний минимальный зимний 30-дневный сток (см. таблицу). При этом его расчетные величины были близкими к характеристикам подземного стока, определяемых методом расчленения гидрографа [5, 8]. Если проследить распределение среднеголетних параметров зимнего стока рек ($F > 2000 \text{ км}^2$), то они уменьшаются в восточном направлении, от максимальных его значений в

Среднегодовое расчетное минимальное зимнее 30-дневное стока
по основным рекам Верхневолжского бассейна в Тверской области

| Номер створа (см. рисунок 1, а), река, водпост | Площадь водосбора, Гкм ² / рас- стояние до устья, Лкм | Расчетный период, ГГИ, 2015 год [7] | Минимальный зимний 30-дн. сток: расходы воды Q ^p м ³ /с, модуль стока q ^p л/с·км ² | | | |
|--|--|---|---|------------------------------------|--|------------------------------------|
| | | | Вычисления ГГИ, 2015 г., расчеты по 2010 г. и ранее по годам [7] | | Вычисления ГГИ, 1986 г., расчеты по 1980 г. и ранее по годам [5] | |
| | | | Q ^p , м ³ /с | q ^p л/с·км ² | Q ^p , м ³ /с | q ^p л/с·км ² |
| С-1, р. Волга, в/п с. Ельцы | 9130 3369 | 1936-1980 | – | – | (21,9)* | (2,4)** |
| С-2, р. Волга, в/п г. Старица | 21100 3178 | 1882-2010 | (49,9) | (2,36) | (42,1) | (2,0) |
| С-3, р. Селижаровка, в/п с. Яровинка | 2390 22 | 1932-1994 | (12,7) | (5,31) | (11,4) | (4,8) |
| С-4, р. Вазуза, в/п д. Золотилово | 5510 24 | 1948-1976 | 5,39 | 0,98 | 4,90 | 0,89 |
| С-5, р. Тьма, в/п с. Новинки | 1800 13 | 1937-1999 | 3,81 | 2,12 | 3,21 | 1,8 |
| С-6, р. Тверца, в/п д. Прутенка-б, р. Тверца, в/п д. Прутенка | 4240 96 | 1926-1972 | – | – | (9,7*) | (2,3*) |
| С-7, р. Тверца, в/п с. Медное | 5400 40 | 1939-1972 | – | – | (13,0*) | (2,4*) |
| С-8, р. Шоша, в/п с. Микулино | 1320 51 | 1970-2006 | 2,22 | 1,68 | 1,67 | 1,3 |
| С-9, р. Медведица, в/п с. Никольское | 1160 161 | 1956-1994 | 1,11 | 0,96 | 0,97 | 0,84 |
| С-10, р. Медведица, в/п с. Б. Сетки | 3900 71 | 1907-2010 | 5,27 | 1,35 | 3,88 | 0,99 |
| С-11, р. Кашинка, в/п г. Кашин | 514 18 | 1965-1980 | – | – | 0,65 | 1,3 |
| С-12, р. Кесьма, в/п д. Самша-2 | 388 23 | 1964-1994 | 0,27 | 0,69 | – | – |
| С-13, р. Молога, в/п д. Боровское | 5750 307 | 1955-1985 | 4,9 | 0,85 | 4,28 | 0,74 |
| С-14, р. Молога, в/п с. Спас-Забережье | 10200 238 | 1937-1992 | 12,6 | 1,24 | 10,9 | 1,1 |
| С-15, р. Могоча, в/п с. Борисосоглеб | 1230 33 | 1948-2000 | 1,39 | 1,13 | 1,11 | 0,9 |
| С-16, р. Волчина, в/п д. Волчинское лестничество | 2990 13 | 1954-1999 | 5,6 | 1,87 | 4,85 | 1,6 |

*Параметры зимнего стока приведены для зарегулированных рек.
**Для р. Тверцы вместо зимнего стока даны характеристики подземного стока ГГИ, 1974 г. [8], так как в зимний период здесь наблюдаются большие сбросы из Верхневолжского водохранилища.

верховьях Волги, на Валдайской возвышенности до минимальных в северо-восточной части Тверской области (см. рисунок 1, б). Как указывалось, это связано с изменением гидрогеологических условий дренирования водоносных горизонтов речной сетью (см. рисунок 3).

В отличие от малых и средних водотоков Тверского региона р. Волга, имея значительную глубину эрозионного вреза (около 100 м и более в зависимости от рельефа), дренирует верхние и глубокие водоносные горизонты девонских и каменноугольных отложений. В верхнем течении Волги – выше в/п с. Ельцы в подземном питании реки большую роль играют грунтовые воды, а ниже этого участка возрастает в нем доля глубоких подземных вод карбона. Об этом же свидетельствует химизм речных и подземных вод [10, 11].

Подрусловые отложения волжского водотока от истока до г. Старицы представлены известняками и доломитами верхнего девона или нижнего и среднего карбона, иногда сверху прикрытые небольшой толщей аллювиальных песков, гравия, реже глинами (см. рисунок 4). Ниже г. Старицы, когда Волга выходит на равнины Верхневолжской низины, в геологическом разрезе этой реки наблюдаются большие толщи глинистых пород разных геологических возрастов, которые препятствуют активному вертикальному водообмену (см. рисунок 5). Необходимо отметить, что на этих участках Волги происходит активная разгрузка подземных вод в результате неотектонических процессов и влияния других благоприятных геологических факторов согласно гидродинамическим и гидрохимическим данным Ивановской НИС ИВПАН [2].

Материалы и методы. Используются тепловые космоснимки, полученные ИСЗ Landsat 5 – 6 канал, длина волн $\lambda = 10,4-12,5$ мкм; и ИСЗ Landsat 8 – 10 канал, длина волн $\lambda = 10,6-11,19$ мкм, выполненные в черно-белом и красном изображении [6]. При этом представленные фотографии «скачивались» с известных сайтов без потери качества из первоисточников в электронном виде TIFF, IMG и т.д. [6]. Космоснимки красного цвета, относящиеся к ИСЗ Landsat 8 – 10 канал, были заимствованы с сайта: [https //apps.sentinel-hub.com](https://apps.sentinel-hub.com). Ранее для лучшей визуализации ИК-изображений они получены путем трансформации черно-белых космofотоснимков с сохранением интенсивности доминирующего красного цвета. Как известно, красный цвет по интенсивности варьирует от ярко-желтого или бледно-красного (в тени) оттенка до темно-красного бордового цвета, что соответствует на черно-белых космоснимках светлому и черному фототону.

Согласно предыдущим исследованиям при дешифрировании тепловых космоснимков применяются визуальные фотографические и компьютерные методы по отдельным программам: ERDAS, Imagine, ER Mapper, PCI, EASY/Pace, ENVI и т.д. [12-15]. В этой же работе по причине отсутствия электронных устройств для цифровой обработки космоснимков использовались только фотографические методы.

Результаты исследований. В процессе научных изысканий в 1987-1990, 2021-2023 гг. был получен значительный практический опыт использования тепловых ИК-космоснимков, который касается следующих научных тем:

1. Общие закономерности распределения плотности фотона и интенсивности цвета на реках, озерах и водохранилищах при дешифрировании тепловых космоснимков. При анализе многочисленных черно-белых и цветных тепловых космоснимков в летние периоды за разные годы водные акватории больших рек, озер и водохранилищ выделялись преимущественно темными оттенками и тональностью на общем фоне окружающего ландшафта (рисунки 6-9). Как известно, основная разгрузка подземных вод на нашей территории происходит в эти водные объекты: крупные реки – Волга, Молога, Тверца и т.д., волжские водохранилища и большие озера. Этот природный процесс менее интенсивно происходит и в засушливые годы. В это время на ИК-фотографиях из космоса крупные водоемы и реки выделяются более светлыми тонами, с сохранением их контуров. Об активной разгрузке подземных вод в эти водные объекты свидетельствуют гидрометрические и гидрохимические данные, а также карты гидроизопьез и напоров отдельных водоносных горизонтов, на которых движение глубоких подземных вод направлено к крупным водотокам и водоемам [9, 10].

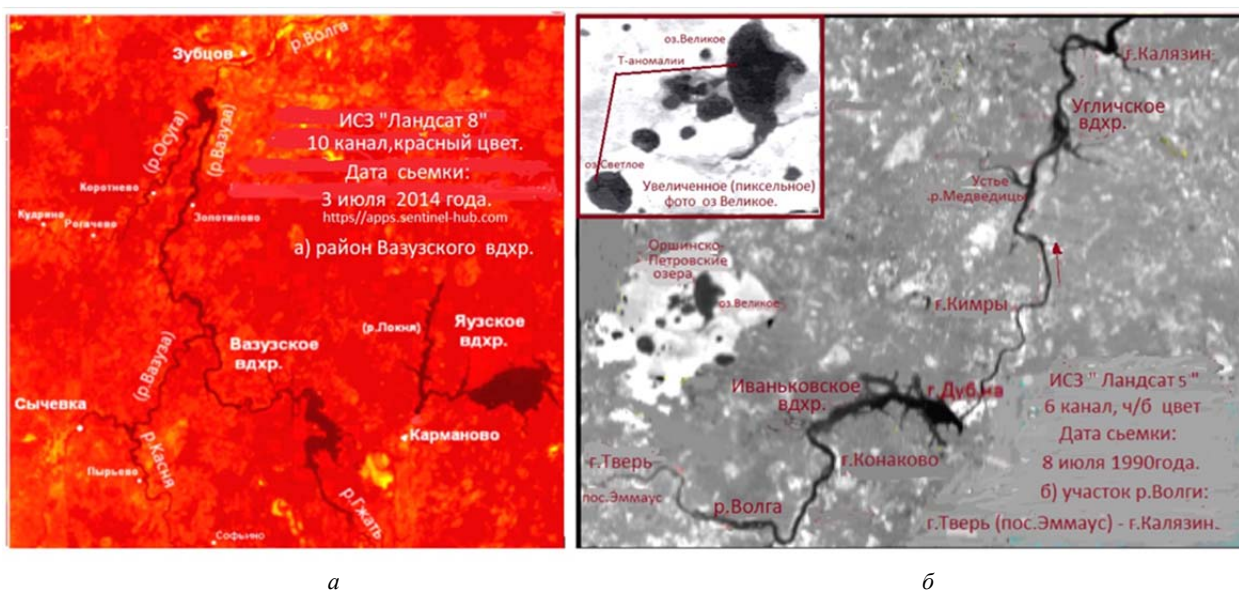


Рисунок 6 – Примеры использования качественной тепловой космической съемки, проведенной в разных частях Верхневолжского бассейна: а – район Вазузского вдхр. Снимок Landsat 8 в тепловом ИК-диапазоне (TIR1 = 10,60-11,19 мкм), 03.07.2014 г.; б – участок р. Волги – г. Тверь (пос. Эммаус) – г. Калязин. Снимок Landsat 5 в тепловом ИК-диапазоне ($\lambda = 10,4-12,5$ мкм), 08.07.1990 г. Фотовставка: увеличенное (пиксельное) фото оз. Великое

Необходимо заметить, что в начале идентификации зон повышенного подземного притока на ИК-космоснимках перед нами предстает *осредненная общая картина* повышенной разгрузки подземных вод на крупных реках, озерах и водохранилищах, если судить визуально по преобладающему здесь темному фототону или бордовым оттенкам красного цвета и не использовать технические средства. Причиной первого такого зрительного восприятия ИК-фотографий из космоса является сосредоточение на этих природных объектах большого количества водных масс с более низкой температурой, чем на окружающем ландшафте. Причем эти крупные водные потоки быстро или еле заметно перемещаются, медленно прогреваются и постоянно подпитываются грунтовыми водами в летний период. Кроме этого, на больших и средних реках происходит активное перемешивание русловых вод на мелководьях и перекатах. Выравниванию температуры воды по площади и глубине речных водных масс также способствуют значительные попуски и сбросы из верхних озер и водохранилищ на зарегулированных реках: Верхняя Волга, Тверца и т.д. Причем озерный сток и сбросные расходы воды в летний период могут превышать местный речной сток на Верхней Волге – выше г. Ржева в 2-3 раза и более.

Следует отметить, что активная открытая разгрузка подземных вод может проявляться в узкой прибрежной полосе многих больших рек. Но очень часто, из-за невысокого разрешения тепловой космосъемки ИСЗ Landsat 5 и 8 ($R_{5,8} = 120-100$ м), эти перспективные зоны в речных долинах, где возможны месторождения подземных вод, могут не фиксироваться на ИК-космоснимках. В данных исследованиях так было на Верхней Волге – выше г. Ржева, где в 1988 и 1993 гг. полевыми термометрическими методами в прибрежной зоне были выявлены температурные аномалии речных и грунтовых вод и активная родниковая разгрузка [9]. Однако все указанные отрицательные природные и технические факторы, которые препятствуют использованию ИК-космоснимков в нашей работе, присутствуют не всегда и не во всех случаях, о чем будет изложено далее.

2. Выявление участков температурных аномалий на крупных озерах и водохранилищах визуальным дешифрированием. При анализе большого количества ИК-космофотоснимков в водной акватории крупных волжских водохранилищ и озер иногда на фоне их темных тонов и оттенков визуально выделялись более контрастные зоны температурных аномалий, которые наиболее интересны в наших исследованиях. По нашим данным такие аномальные участки располагаются на следующих крупных водных объектах Тверской области: Угличское вдхр. – в районе г. Калязина, у устьев рек Медведица и Кашинка; на мелководных водоемах ($H_{пл} = 1-3$ м) – озера Великое и Светлое (см. рисунок 7) и в других местах. Там, где присутствуют «стоячие» воды или «медленно текущие» озерные воды (особенно на мелководьях), и становится возможным выделение зон контрастных температурных аномалий на ИК-космоснимках.

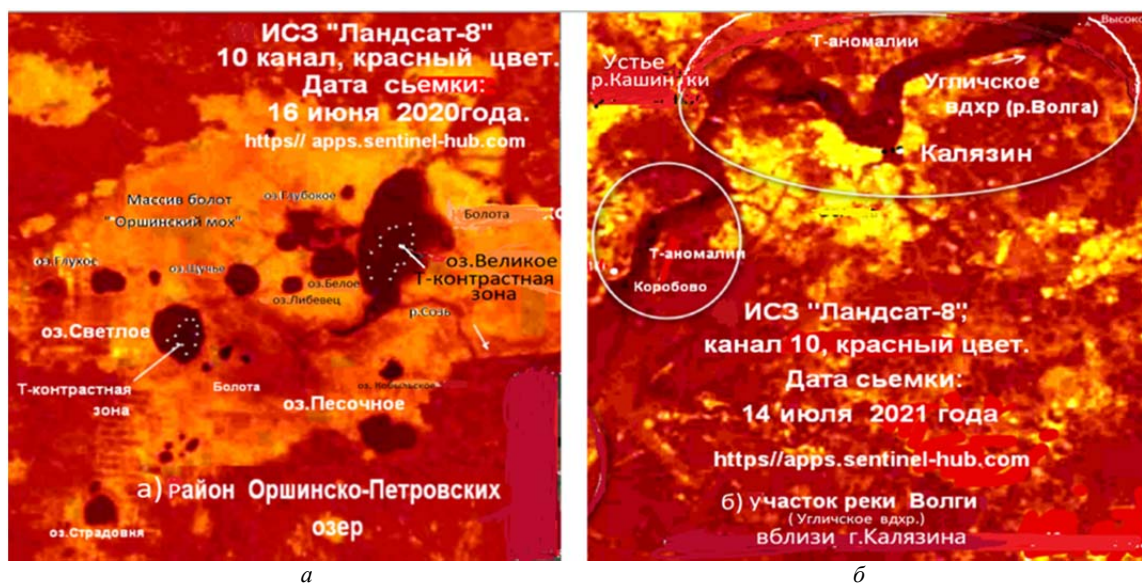


Рисунок 7 – Зоны контрастных температурных аномалий на летних тепловых космоснимках, выявленные визуальными методами в акватории следующих крупных водных объектов Тверской области: а – район Оршинско-Петровских озер. Снимок Landsat 8 в тепловом ИК-диапазоне ($TIR_1 = 10,60-11,19$ мкм), 16.06.2020 г.; б – участок реки Волга (Угличское водохранилище), вблизи г. Калязина. Снимок Landsat 8 в тепловом ИК-диапазоне ($TIR_1 = 10,60-11,19$ мкм), 14.07.2021 г.

3. Выявление участков температурных аномалий на малых и средних реках визуальным дешифрированием. На малых и средних реках нашего региона – реки Тифина и Медведица [$(q^p \sim 1,0)$ л/с·км²] также наблюдаются локальные Т-аномалии, разные по площади (см. рисунок 2). Эти речные участки контрастно выделяются на фоне светлых и серых фототонов на черно-белых космоснимках или при преобладающей доминирующей расцветке на цветных ИК-фотографиях (см. рисунок 8). При этом участки температурных аномалий на реках Тифина и Медведица можно квалифицировать как локальные зоны повышенного подземного притока на фоне его невысоких значений (см. таблицу). Необходимо отметить, что дренируемые водоносные горизонты этими двумя водотоками не столь водообильны (см. рисунок 3). При этом на реке Медведица, в районе с. Замытье, у д. Медведиха, у устья р. Дрезна и в других местах такие аномальные участки приурочены к депрессиям и крупным понижениям (см. рисунок 8, а, фотовставка). На тепловых фотографиях в районе реки Тифина отмечаются протяженные Т-аномалии (см. рисунок 8, б). В 1990 г. в ее бассейне на многозональных КС специалистами МОМКАГЭ ПГО «Аэрогеология» были выделены многочисленные линеаменты – зоны возможных тектонических нарушений [9]. По-видимому, эти геологические структуры повлияли на частые выходы подземных вод на этом водотоке.

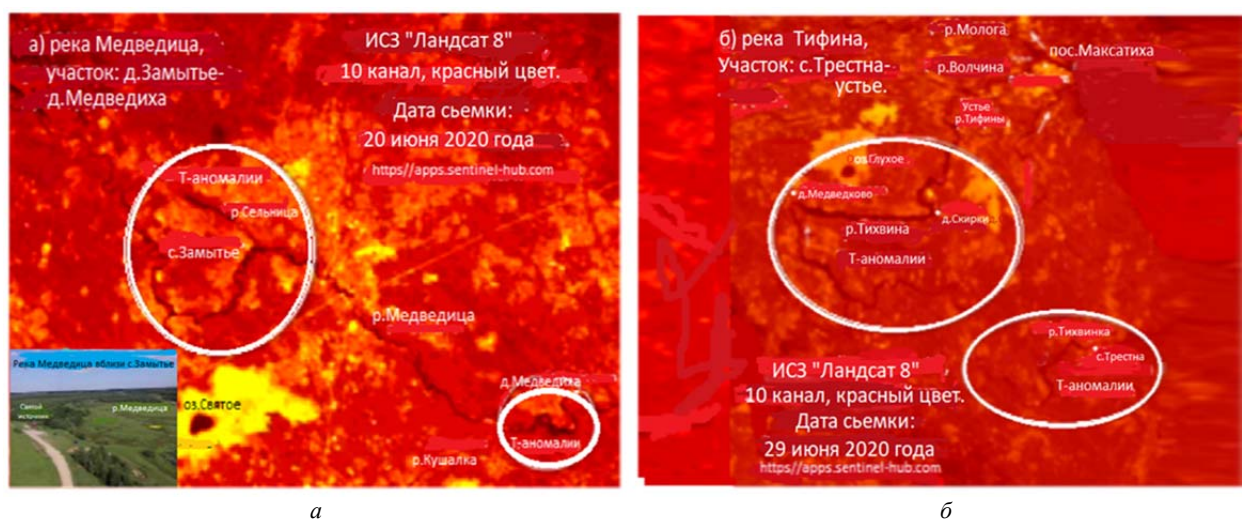


Рисунок 8 – Зоны контрастных температурных аномалий на летних тепловых космоснимках, выявленные визуальными методами на следующих средних и малых реках Тверской области: а – река Медведица, участок д. Замытье – д. Медведиха. Снимок Landsat 8 в тепловом ИК-диапазоне (TIR1 = 10,60-11,19 мкм), 20.06. 2020 г., фотовставка: р. Медведица вблизи с. Замытье, вид с самолета; б – река Тифина, участок с. Трестна – устье. Снимок Ландсат 8 в тепловом ИК-диапазоне (TIR1 = 10,60-11,19 мкм), 29.06. 2020 г.

4. Использование фотографических методов при дешифрировании участков температурных аномалий на тепловых космоснимках. Как известно, визуальное дешифрирование тепловых космоснимков не всегда позволяет выделить отдельные участки Т-аномалий из-за невосприимчивости нашего зрения отдельных перепадов тональности на ИК-фотографиях. По причине отсутствия ОЭК «СВИТ» из технических средств для этих целей нами использованы фотографические методы: усиление контрастности ИК-фотоснимка или перевод его в негатив или в разные цвета и т.д. В частности, чтобы выделить на ИК-фотоснимках участки с наибольшей плотностью фототона или с наибольшей интенсивностью цвета, вначале усиливали контрастность космоснимков до наибольших значений, исключая очень темные крайние тона и цвета, а затем увеличивали фотографию до пиксельного изображения. С использованием этих технических приемов начинаем различать наиболее темные фрагменты в водной акватории рек, озер или водохранилищ, которые выделяем разными контурами или линиями (см. рисунок 9).

Обсуждение. Широкому применению тепловых фотоснимков в наших исследованиях препятствовали следующие факторы: неблагоприятные погодные условия на дату проведения космосъемки, недостаточное ее разрешение, быстрое перемещение и перемешивание больших водных масс на крупных водотоках. Кроме этого, на зарегулированных реках региона – Верхняя Волга, Тверца и т.д. периодические большие сбросы вод из водохранилищ или попуски из верхних

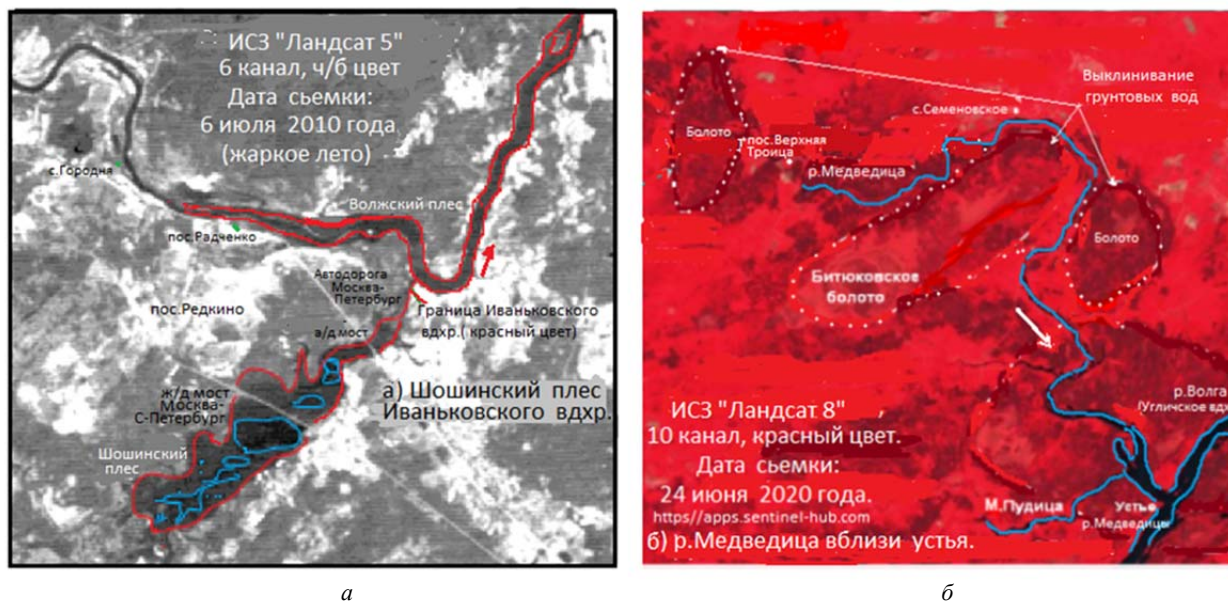


Рисунок 9 – Зоны контрастных температурных аномалий (синий цвет) на летних тепловых космоснимках, выявленные с помощью фотографических методов в бассейне Верхней Волги:
 а – Шошинский плес Ивановского вдхр. Снимок Landsat 5 в тепловом ИК-диапазоне ($\lambda = 10,4-12,5$ мкм), 06.07.2010 г.;
 б – р. Медведица вблизи устья. Снимок Landsat 8 в тепловом ИК-диапазоне (TIR1 = 10,60-11,19 мкм), 24.06.2020 г.

озер в летний период выравнивают на этих водотоках температуру речных вод. При этом на таких природных объектах осредняется плотность фототона или интенсивность цвета на ИК-космоснимках, которые по-прежнему остаются высокими на фоне окружающего ландшафта.

Особенно искажают естественный температурный режим этих водных объектов летние дождевые паводки и сработка водохранилищ в этот период. Установлено, что на некоторых летних ИК-космоснимках не были заметны отдельные участки крупных водотоков: река Волга – участок г. Ржев – г. Зубцов и ниже по течению, участок – пос. Селижарово – с. Ельцы; река Молога – участок – устье р. Осень – д. Боровское, расположенный в 20-40 км выше пос. Максатиха (см. рисунок 1, а), где ранее по литологическим, гидродинамическим и гидрохимическим данным был выявлен значительный подрусловый сток [11].

Можно утверждать, что на этих участках крупных рек разгрузка напорных подземных вод происходит преимущественно в подрусловые воды с понижением их температуры, которая не фиксируется при ИК-космосъемке, так как она определяет температуру только поверхностного слоя речных вод. На озерах и водохранилищах, когда здесь наблюдаются очень медленные водные течения или «стоячие воды» (особенно на мелководьях), использование материалов ИК-космосъемки при выявлении участков Т-аномалий может быть более эффективным, так же, как и на малых водотоках (см. рисунки 7-9). При этом крупные озера и водохранилища всегда выделяются на ИК-космоснимках темной тональностью почти по всей акватории. Но в отдельных местах значительный подземный приток глубоких вод с более низкой температурой создает более контрастные зоны на ИК-фотокосмоснимках.

Как упоминалось, на крупных реках Тверского региона наблюдается осредненная температура речных вод из-за больших расходов воды и скоростей течения в летний период. Но на прибрежных участках этих больших водотоков – в местах повышенной разгрузки подземных вод может сохраняться естественный низкий температурный фон, который не фиксируется ИСЗ Landsat 5, 8, если ширина этих зон менее 100 м. В таких случаях для выявления участков высокого подземного притока на этих объектах необходимо выполнить тепловую аэросъемку и традиционные гидрологические и гидрогеологические работы. Но вместе с тем в разные по продолжительности периоды отдельных лет может отсутствовать часть *указанных отрицательных факторов при тепловой космосъемке*. При этом становится возможным использовать часть этой космической информации в наших гидрологических исследованиях.

Заклучение. В научных исследованиях по выявлению участков повышенного подземного притока в реки, озера и водохранилища на предварительном этапе должен проводиться обязательный анализ тепловых разновременных космоснимков по исследуемому району. Также для лучшей визуализации изображений температурных аномалий на ИК-космоснимках необходимо использовать современные методы их компьютерной обработки. В конечном итоге результаты этих исследований с выделенными участками температурных аномалий речных и озерных вод на ИК-космоснимках могут быть использованы при проведении межвенной гидрометрической съемки, гидрохимического опробования, термометрии, кондуктометрии и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Атлас Калининской (Тверской) области ГУГК, 1964.
- [2] Ахметьева Н. П., Лапина Е. Е. Генетическая структура подземного стока в Иваньковское водохранилище // Водное хозяйство России. – 2013. – № 1. – С. 35-51.
- [3] Балдина Е. А., Грищенко М. Ю. Методика дешифрирования разновременных космических снимков в тепловом инфракрасном диапазоне // Вестник МГУ. Серия 5. География. – 2014. – № 3. – С. 35-42.
- [4] Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Водоохранилища Верхней Волги. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 291 с.
- [5] Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1. РСФСР. Вып. 23. Бассейн Волги (верхнее течение). – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 731 с.
- [6] Космические снимки. Сервисы: <https://gis-lab.infocom>; <https://apps.sentinel-hub.com>
- [7] Основные гидрологические характеристики рек бассейна Верхней Волги: Научно-прикладной справочник. – СПб.: ГГИ, 2015. – 129 с.
- [8] Оценка водных ресурсов на территории МАБ. – СПб.: ГГИ, 1974. – 109 с.
- [9] Просеков А. М., Яковлев П. И. Отчет по теме 057-87 «Выявить очаги интенсивной разгрузки подземных вод дистанционными методами (на примере Калининской области)». – Тверь.: ВНИГИК, 1990. – 145 с.
- [10] Яковлев П. И. Выявление участков интенсивной разгрузки подземных вод с использованием дистанционных и гидрологических методов // Разведка и охрана недр. – 2009. – № 7. – С. 43-49.
- [11] Яковлев П. И. Определение подземной составляющей речного стока по гидрохимическим данным на примере Верхней Волги на участке от истока до г. Старицы // Известия вузов. Поволжский регион. Естественные науки. – 2014. – № 1(5). – С. 92-109.
- [12] Degry M. Detection of Submarine Groundwater Discharge (SGD) signal by Stacking Landsat Thermal Infrared (TIR) Images in Jeju Island. Graduate School of Earth and Environmental Sciences Seoul National University February, 2018. 56 p.
- [13] Jensen J. Remote sensing of the environment and Earth resource respective University of South Carolina. 2009. 592 p.
- [14] Object oriented analysis of multi-temporal thermal infrared images // South-Eastern European journal of Earth observation and Geomatics. – 2014. – Vol. 3, No. 2. – P. 415-418.
- [15] Weng Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies methods, applications, and trend // ISPRS photogrammetry and Remote Sensing. – 2009. – Vol. 64. – P. 335-344.

REFERENCES

- [1] Atlas of the Kalinin (Tver region) GUGK, 1964 (in Russ.).
- [2] Akhmet'yeva N. P., Lapina E. E. Genetic structure of underground flow into the Ivankovskoye Reservoir // Water management of Russia. 2013. No. 1. P. 35-51 (in Russ.).
- [3] Baldina E. A., Grishchenko M. Yu. Methodology for deciphering multi-temporal space images in the thermal infrared range // Bulletin of Moscow State University. Series 5. Geography. 2014. No. 3. P. 35-42 (in Russ.).
- [4] Hydrometeorological regime of lakes and reservoirs of the USSR. Reservoirs of the Upper Volga. L.: Gidrometeoizdat, 1975. 291 p. (in Russ.).
- [5] State water cadastre. Long-term data on the regime and resources of land surface waters. Vol. 1. RSFSR. Vol. 23. Volga basin (upper reaches). L.: Gidrometeoizdat, 1986. 731 p. (in Russ.).
- [6] Space images. Services: <https://gis-lab.infocom>; <https://apps.sentinel-hub.com>
- [7] Basic hydrological characteristics of the rivers of the Upper Volga basin: Scientific and applied reference book. SPb.: GGI, 2015. 129 p. (in Russ.).
- [8] Assessment of water resources in the MAB territory. SPb.: GGI, 1974. 109 p. (in Russ.).
- [9] Prosekov A. M., Yakovlev P. I. Report on topic 057-87 "Identification of areas of intensive discharge of groundwater using remote methods (using the example of the Kalinin region)". Tver: VNIIGIK, 1990. 145 p. (in Russ.).
- [10] Yakovlev P. I. Identification of areas of intensive discharge of groundwater using remote and hydrological methods // Exploration and protection of subsoil. 2009. No. 7. P. 43-49 (in Russ.).
- [11] Yakovlev P. I. Determination of the underground component of river flow using hydrochemical data using the example of the Upper Volga in the area from the source to the city of Staritsa // News of Universities. Volga region. Natural Sciences. 2014. No. 1(5). P. 92-109 (in Russ.).
- [12] Degry M. Detection of Submarine Groundwater Discharge (SGD) signal by Stacking Landsat Thermal Infrared (TIR) Images in Jeju Island. Graduate School of Earth and Environmental Sciences Seoul National University February, 2018. 56 p.

[13] Jensen J. Remote sensing of the environment and Earth resource respective University of South Carolina. 2009. 592 p.

[14] Object oriented analysis of multi-temporal thermal infrared images // South-Eastern European journal of Earth observation and Geomatics. 2014. Vol. 3, No. 2. P. 415-418.

[15] Weng Q. Thermal infrared remote sensing for climate urban and environmental studies methods, applications, and trend // ISPRS photogrammetry and Remote Sensing. 2009. Vol. 64. P. 335-344.

П. И. Яковлев

Инженер-гидролог

(Орыс географиялық қоғамының Тверь филиалы, Тверь, Ресей; *akva-petr.1947@mail.ru*)

ТВЕР ОБЛЫСЫ МЫСАЛЫНДА ӨЗЕНДЕРГЕ, КӨЛДЕРГЕ ЖӘНЕ СУ ҚОЙМАЛАРЫНА ЖЕР АСТЫ АҒЫМЫНЫҢ КӨБЕЙГЕН АЙМАҚТАРЫН АНЫҚТАУДА ЖЫЛУЫҚ КЕҢІСТІК БЕЙНЕЛЕРДІ ПАЙДАЛАНУ ТӘЖІРИБЕСІ

Аннотация. Мақалада Тверь облысының су объектілерінде жер асты ағынының жоғарылауы аймақтарын анықтау үшін гидрологиялық зерттеулерде жылу спутниктік суреттерін пайдалану мысалдары келтірілген. Бұл жұмыста Landsat 5 және Landsat 8 термиялық алыс-IR диапазонындағы шетелдік ғарыштық суреттер пайдаланылды. Сонымен қатар зерттелетін аумақтың гидрогеологиялық және гидрологиялық жағдайларының сипаттамасын береді. Зерттелетін өзен бассейнінің жер асты ағынын сипаттайтын су аз кезеңдегі Жоғарғы Еділ өзендерінің минималды ағынына ерекше назар аударылды. Бұл ғылыми зерттеулердің нәтижелері ұқсас мәселелермен айналысатын гидрогеологтар мен гидрологтар үшін пайдалы болуы мүмкін. Жылулық кеңістікті бейнелеу барлық жағдайда мұндай гидрологиялық мәселелерді шешуде тиімді болмауы мүмкін.

Түйін сөздер: жылулық спутниктік сурет, жер асты ағыны, температура ауытқулары, визуалды интерпретация, фотондардың тығыздығы, өзендер, көлдер, су қоймалары.

P. I. Yakovlev

Engineer-hydrologist

(Tver branch of the Russian Geographical Society, Tver, Russia; *akva-petr.1947@mail.ru*)

USE OF THERMAL SPACE IMAGES IN IDENTIFYING AREAS OF INCREASED UNDERGROUND INFLOW INTO RIVERS, LAKES AND RESERVOIRS (BASED ON THE EXAMPLE OF THE TVER REGION)

Abstract. The article provides examples of the use of thermal space images in hydrological studies to identify areas of increased underground runoff on water regions of the Tver region. In this work, foreign satellite images Landsat 5 and Landsat 8 in the thermal far infrared range were used. The description of the hydrogeological and hydrological conditions of the studied area is also given here. Special attention was paid to the minimum flow of the Upper Volga rivers during the inter-war period, which characterizes the underground flow of the studied river basin. The results of these scientific surveys can be useful for hydrogeologists and hydrologists engaged in similar problems. Thermal space not in all cases may be effective in solving such hydrological problems.

Keywords: thermal space photograph, underground inflow, temperature anomalies, visual decryption, density of phototone, river, lake, reservoir.

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-40-51.11>

МРНТИ 37.27.19 (37.27.21)

УДК 556.166

А. А. Турсунова¹, А. Б. Мырзахметов², Г. Р. Баспакова^{*3},
А. М. Сайлаубек⁴, Ж. Т. Салаватова⁵

¹ К. г. н., ассоциированный профессор, руководитель лаборатории водных ресурсов
(АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; ais.tursun@bk.ru)

² PhD, старший научный сотрудник
(АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; ahan_myrzahmetov@mail.ru)

^{3*} PhD, старший научный сотрудник
(АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; sharafedenova@mail.ru)

⁴ Докторант, младший научный сотрудник
(КазНУ им. аль-Фараби, АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан;
akgulim_1997@mail.ru)

⁵ Младший научный сотрудник
(АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; salavatova.07@gmail.com)

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА О ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ НАВОДНЕНИЙ НА РЕКЕ ЖАЙЫК

Аннотация. В связи с катастрофическими наводнениями весной 2024 г. в Западном регионе Казахстана была поставлена цель провести анализ многолетней динамики максимальных значений расходов воды по данным гидрологических постов, расположенных по основному руслу р. Жайык, для ретроспективной оценки вероятностных повторений таких значений в 2024 г. Рассматриваются основные гидрологические характеристики наводнений на р. Жайык за многолетний период до 2021 г. Проведены гидрологические расчеты, статистический анализ многолетней динамики стока, а также выявлены катастрофические годы с высокими водами. Исследованы характерные уровни воды в годы при соответственно критических расходах воды, а также площади затопления территорий, определено время добегания волны половодья между гидрологическими постами, включая территорию России. В дальнейшем планируется провести анализ современной ситуации на 2024 г. при завершении половодья и паводков в Западном Казахстане.

Ключевые слова: речной сток, максимальные расходы воды, уровень воды, время добегания.

Введение. В настоящее время управлению трансграничными водными объектами и их бассейнами уделяется все больше внимания на внутригосударственном, региональном и международном уровне [1-4].

Острота проблемы определяется исключительной опасностью возникающих наводнений, половодий и паводков для народного хозяйства страны, потери (людские и экономические) показывают необходимость проведения научно обоснованных исследований по оценке возникновения катастрофических наводнений на реках Казахстана.

В гидрологическом режиме рек максимальные уровни воды представляют собой предмет первоочередных исследований, так как превышение их критических значений может иметь катастрофические последствия в виде затопления территорий. С другой стороны, если максимальные уровни недостаточно велики, возникает опасность иссушения плодородных пойменных земель.

Весной 2024 года начиная с марта по май в Северном, Западном и Восточном Казахстане наблюдались катастрофические паводки, нанесшие значительный экономический ущерб.

Для научного исследования предпринята попытка ретроспективного анализа гидрологического состояния в годы с повышенными половодьями по основному руслу р. Жайык.

Река Жайык является основным источником водного питания Прикаспийской низменности. Она обладает постоянным потоком и доносит свои воды до самого Каспийского моря. Река играет особо важную роль для засушливых регионов Атырауской области, поскольку 70 % потребляемой населением воды обеспечивает река, а остальные 30 % – протоки Кигаш (дельта р. Волги) и подземные источники. Иных значимых источников пресной воды в этом регионе Казахстана нет.

Сток р. Жайык формируется в верхней части бассейна до пос. Кошим, после которого река уже не имеет притоков [5].

В Западно-Казахстанской области Жайык принимает притоки рек Шаган, Деркул, Шынгырлау, Барбастау. Из других значительных притоков следует назвать Ор, Елек, Косистек (левобережные притоки р. Жайык), которые формируют свои стоки в Актюбинской области (рисунок 1).

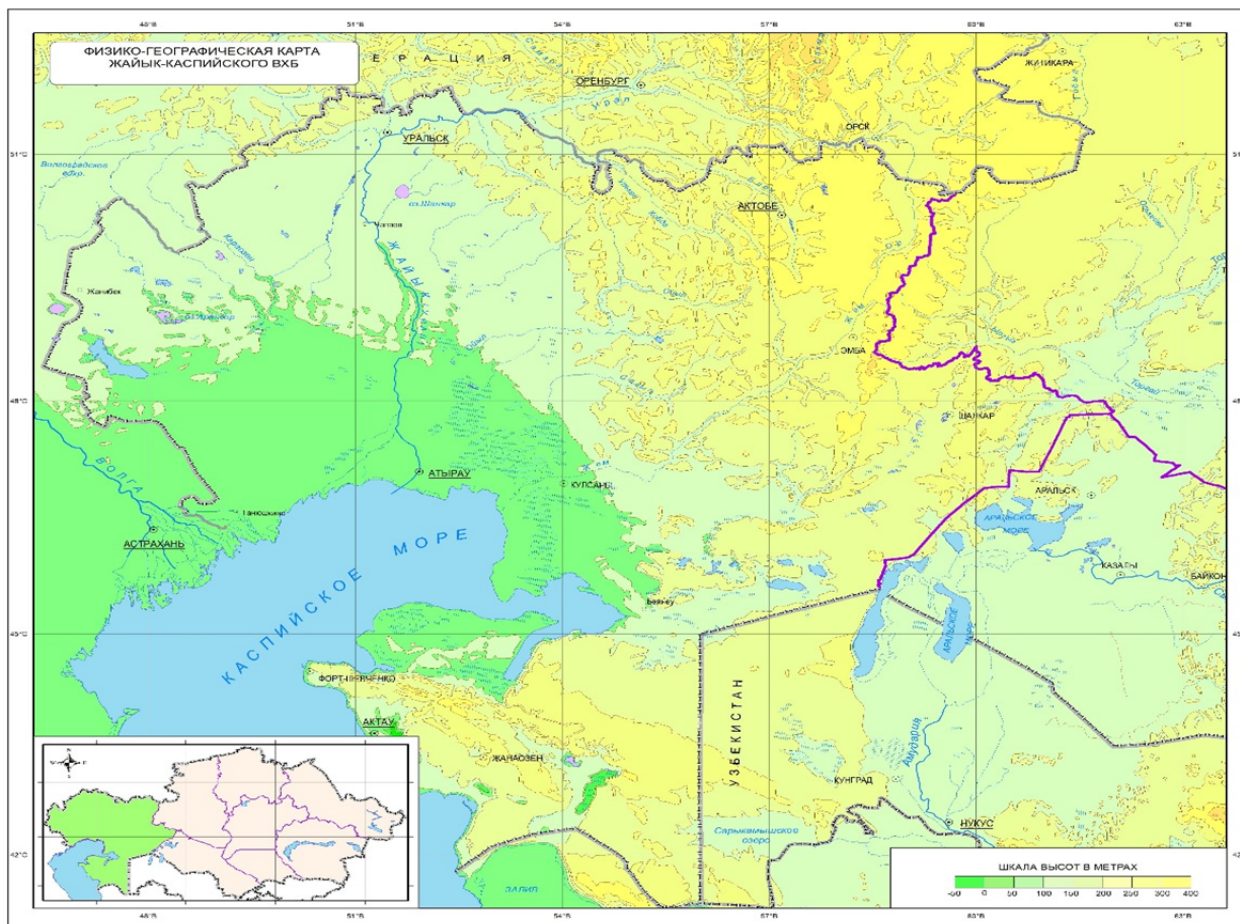


Рисунок 1 – Физико-географическая карта Жайык-Каспийского ВХБ [6]

Слабо расчлененный рельеф, засушливый климат, небольшой уклон в сторону моря являются отрицательными факторами для образования поверхностного стока. Все реки Прикаспийской низменности относятся к рекам снегового питания. Для них характерна одна волна высоких весенних вод, объем которых зависит от снегового запаса прошедшей зимы. За этот период проходит большая часть годового стока, после чего наступает быстрый спад водоносности и реки переходят на дождевое или грунтовое питание.

Материалы и методы. Гидрологические расчеты, статистический анализ многолетней динамики стока, а также выявление катастрофических лет с высокими водами были выполнены в соответствии с нормативными документами [7-9].

Уровень воды фиксируется на гидрологических постах. Были исследованы характерные уровни в годы при соответственно критических расходах воды, а также площади затопления территорий.

Определение времени добега волн половодья. Методы установления времени добега воды до определенной точки на реке:

1. Гидрологическое наблюдение. Оно включает наблюдение за уровнями воды на различных участках реки и отслеживание скорости и направления движения воды. Путем анализа этих данных

можно оценить время, требуемое для добегаания воды от мест ее образования (например, от точки таяния снега или начала дождевого стока) до точки наблюдения.

2. Использование гидрологических моделей. Математические модели гидрологических процессов могут применяться для прогнозирования времени добегаания воды. Эти модели, чтобы предсказать движение и распределение воды в речной системе, учитывают такие факторы, как топография, гидрологические характеристики бассейна реки, осадки и температура.

В общих случаях скорость и время добегаания талых вод для речных бассейнов являются основными факторами, определяющими трансформацию графика притока в гидрограф стока. Величина этого параметра многих расчетных формул зависит от шероховатости русла, его формы и уклона, а также морфометрических особенностей русла и поймы конкретной реки [10, 11].

Перемещение волны половодья по речным системам в целом и по каждой отдельной реке имеет сложную природу. Действие таких факторов, как разница в форме руслового сечения, наклон русла, его шероховатость, в различной степени влияют на скорость добегаания волн.

Время добегаания не всегда имеет постоянное значение. Его величина, кроме длины участка, зависит от количества проходящего паводка и уклона (он может быть различен для фаз спада и подъема паводка или половодья). Также некоторую неточность при определении времени добегаания вносит дискретность данных – как правило, измерения на постах имеют срочный характер и прохождение фактических максимумов и минимумов хода уровней может быть не зафиксировано ими. Поэтому обычно строится зависимость времени добегаания от уровней воды, либо, если такую зависимость выявить трудно, принимается его среднее значение [12].

Наиболее просто соответственные уровни (расходы) воды и время их добегаания могут быть определены путем сопоставления совмещенных графиков колебания уровня (расхода) воды в верхнем и нижнем створах. На графиках отмечают максимумы и минимумы в ходе уровня (расхода) воды и точки перегиба. Время добегаания находят как разность сроков наступления соответственных уровней (расходов) воды в верхнем и нижнем створах. При этом пики отдельных паводков являются наиболее показательными.

По полученным данным строят графики связи соответственных уровней (расходов) воды верхнего и нижнего постов и времени добегаания между ними в зависимости от уровней (расходов) верхнего створа. Если время добегаания меняется слабо и трудно установить закономерность его изменения от уровня (расхода) воды или фазы режима, то вычисляют его среднее значение, которое принимают постоянным для всех уровней (расходов) и которое определяет заблаговременность краткосрочных прогнозов [13].

Результаты и их обсуждение. В формировании ресурсов поверхностных вод в Жайык-Каспийском ВХБ весеннее половодье играет главную роль, так как объем стока на этот период повсеместно составляет более 60 % годового, возрастая до 98-100 % в зоне засушливых степей и полупустынь. Реки Жайык-Каспийского ВХБ по условиям водного режима относятся к казахстанскому типу с резко выраженным преобладанием стока в весенний период. Половодье на большей части региона является основной фазой гидрологического режима рек, однако благодаря разнообразию физико-географических условий его формирования удельный вес половодья в годовом стоке для отдельных частей бассейна Жайык-Каспийского ВХБ неодинаков. Весеннее половодье в верховьях реки Жайык составляет от 62 до 81 % годового стока, а на реках Западно-Казахстанской и северной части Атырауской областей – до 98 %. Многие малые водотоки имеют сток только весной, в период снеготаяния [14-17].

Весеннее половодье в южной части бассейна происходит во второй половине марта, на остальной части территории – в конце марта – начале апреля. Средняя продолжительность половодья от двух недель до 1-2 месяцев на больших реках.

На р. Жайык – с. Кошим средняя продолжительность половодья достигает 3-х месяцев. Пик половодья в среднем наступает в первой декаде апреля, на крупных реках – в начале мая.

Основным фактором формирования весеннего половодья на реках бассейна, как и в других районах равнинного Казахстана, являются снегозапасы бассейна реки.

В соответствии с закономерностью сокращения снегозапасов с севера на юг и с запада на восток уменьшаются питание основных рек области и средний слой весеннего стока.

Сход снега в Жайык-Каспийском бассейне происходит в разное время: на юге снег обычно начинает таять в середине марта, на севере – в первой декаде апреля. Фронт снеготаяния в бассейнах рек Жем, Сагыз и Ойыл продвигается вверх, а р. Ор – вниз по течению: в бассейне р. Елек снег стаивает по всему водосбору почти одновременно. В связи с этим на реках Жем, Сагыз, Ойыл половодье развивается с низовья, а на реках Ор и Елек, наоборот, с верховья.

Наибольшие годовые расходы воды чаще всего наблюдаются во второй половине апреля и изредка в начале мая. Половодья с наибольшими максимумами стока формируются в дружные весны при значительных снегозапасах и достаточном предвесеннем увлажнении почвы. Особый характер прохождения пиков половодий связан с тем, что их разброс велик: от 10 апреля в 1940 и 1965 гг., до 1-2 июня в 1987 г. Мы акцентируем на этом внимание потому, что распространено мнение, будто пики половодий на р. Жайык всегда проходят в первой декаде мая.

В отдельные годы весеннее половодье сопровождается катастрофическими последствиями – затоплением обширных участков поймы, разрушением и повреждением жилых построек, мостов, линий электропередач, изоляцией населенных пунктов и др. Так, с 1743 года (год образования г. Оренбурга) в бассейне р. Жайык отмечалось более 20 случаев крупных наводнений (1749, 1854, 1922, 1942, 1957, 1970, 1993, 1994 гг. и др.) [18].

Решающую роль в развитии высоких половодий играет комбинация действующих факторов – запас воды в снежном покрове, атмосферные осадки в период снеготаяния и половодья, увлажнение почвы, интенсивность снеготаяния, дружность половодья и др.

Максимальные расходы воды могут быть в десятки раз больше среднемесячных расходов воды в отдельные годы. Перепады уровней половодья на р. Жайык достигают внушительных величин: от 264 см над нулем графика г. Уральск в 1967 г. до 932 см в 1957 г. Во многом такие характеристики связаны с чрезвычайной изменчивостью стока. Среднегодовой сток р. Жайык колеблется от 3 км³ (1967 г.) до 24 км³ (1957 г.) и даже 27 км³.

В межень р. Жайык – с. Кошим проносит в секунду 30-50 м³/с воды. Но в том же пункте наблюдения его максимальный расход весной 1942 г. составил 18 400 м³/с.

В первой фазе половодья до г. Уральска доходит вода именно из р. Елек и р. Шынгырлау. Затем волна затухает, закрываются шандоры на р. Шаган и происходит временный спад воды. Позже, обычно в конце апреля – начале мая, до г. Уральска доходит сакмарская вода. Русло р. Жайык отличает высокая трансформация стока в период весеннего половодья.

Результаты гидрологических наблюдений за исторический период. На рисунках 2-7 представлены средние и максимальные значения многолетнего хода расходов воды на гидропостах по течению рек Жайык, Елек и Шынгырлау.

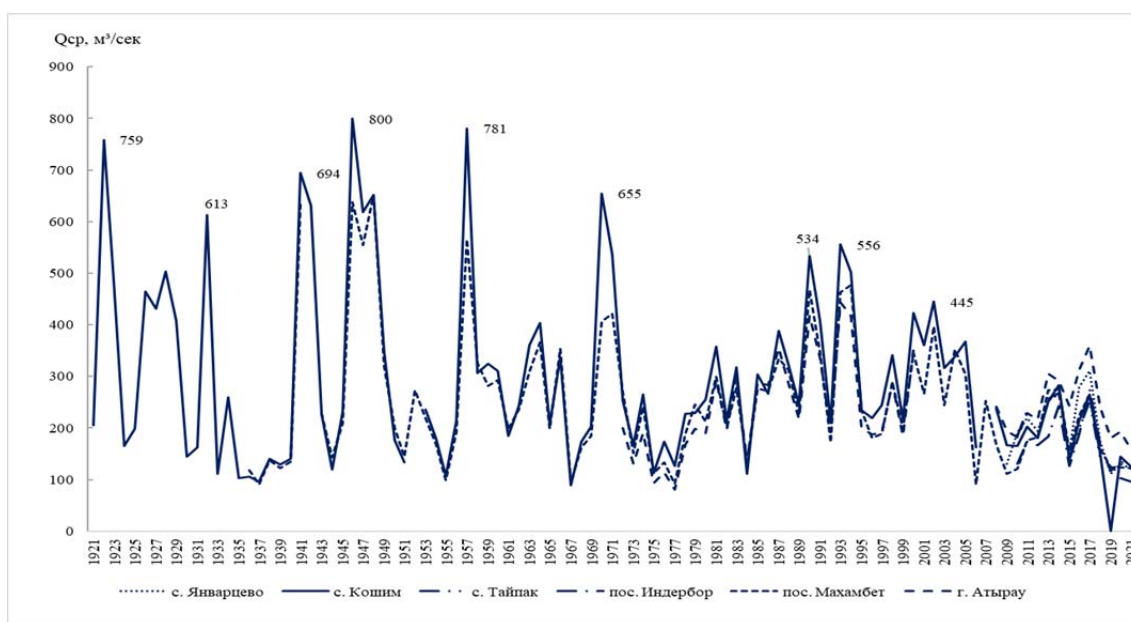


Рисунок 2 – Многолетний ход среднегодовых расходов воды на гидропостах по течению р. Жайык

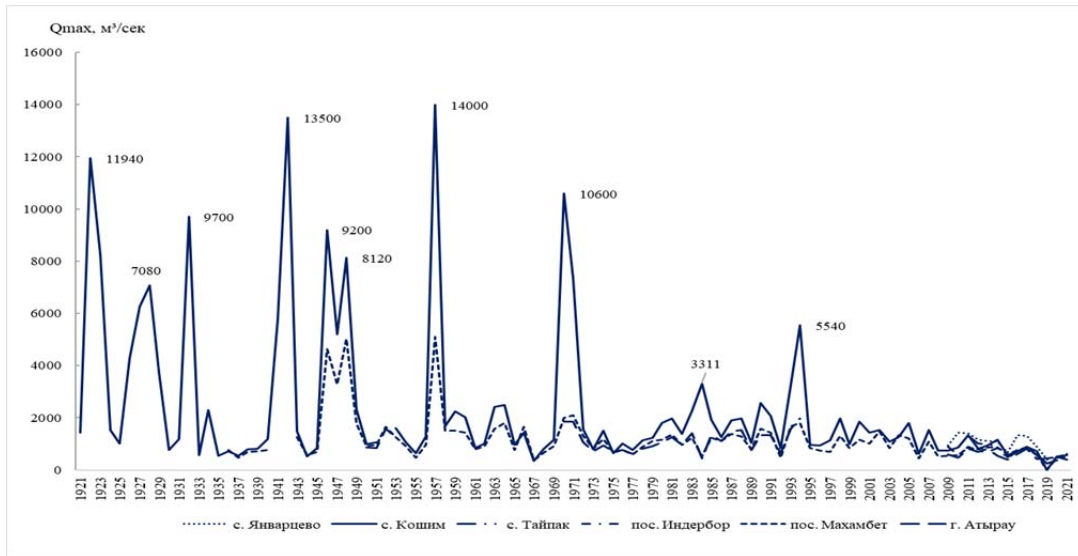


Рисунок 3 – Многолетний ход максимальных расходов воды на гидропостах по течению р. Жайык

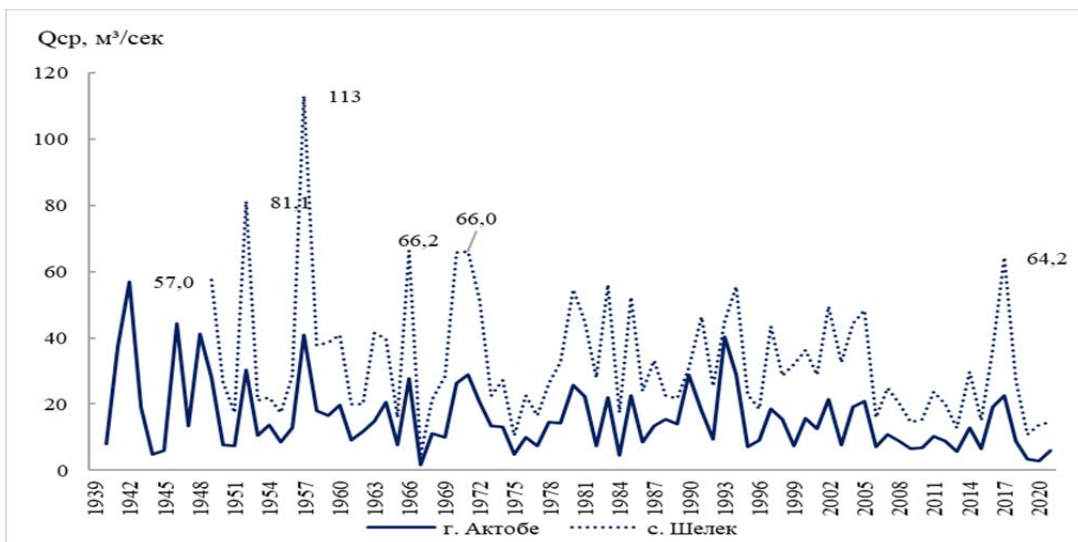


Рисунок 4 – Многолетний ход среднегодовых расходов воды на гидропостах по течению р. Елек

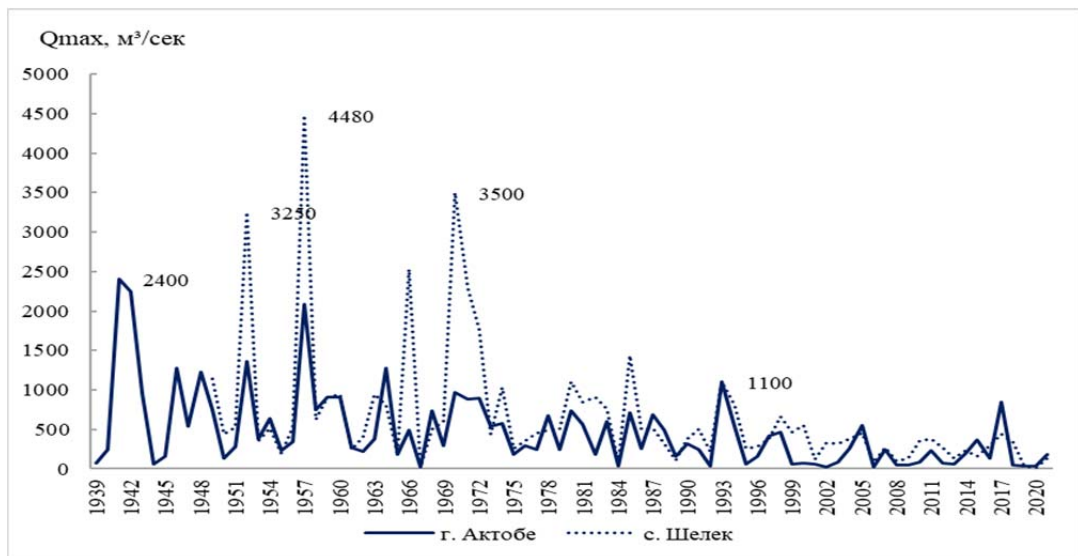


Рисунок 5 – Многолетний ход максимальных расходов воды на гидропостах по течению р. Елек

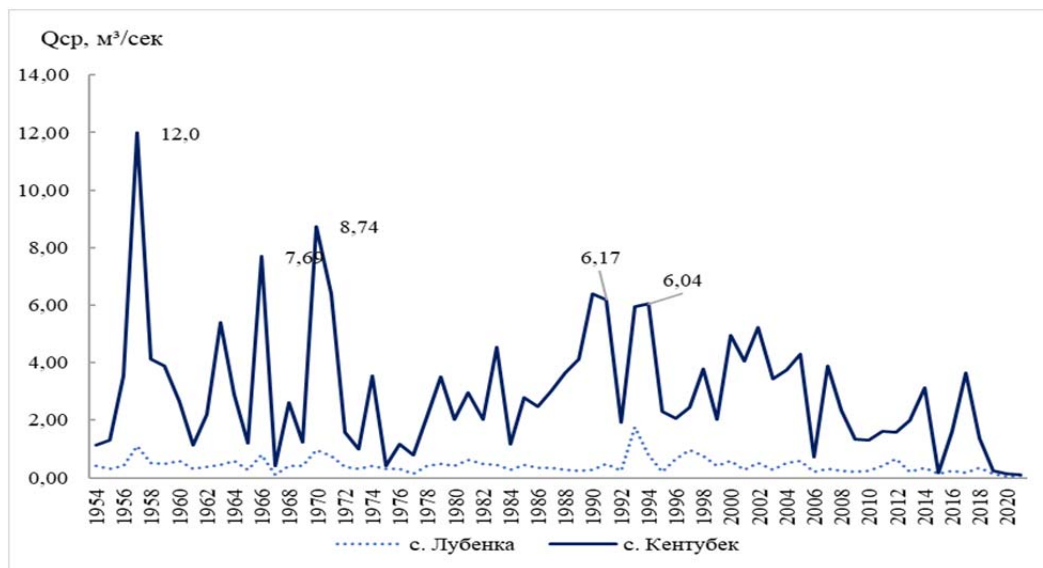


Рисунок 6 – Многолетний ход среднегодовых расходов воды на гидропостах по течению р. Шынгырлау

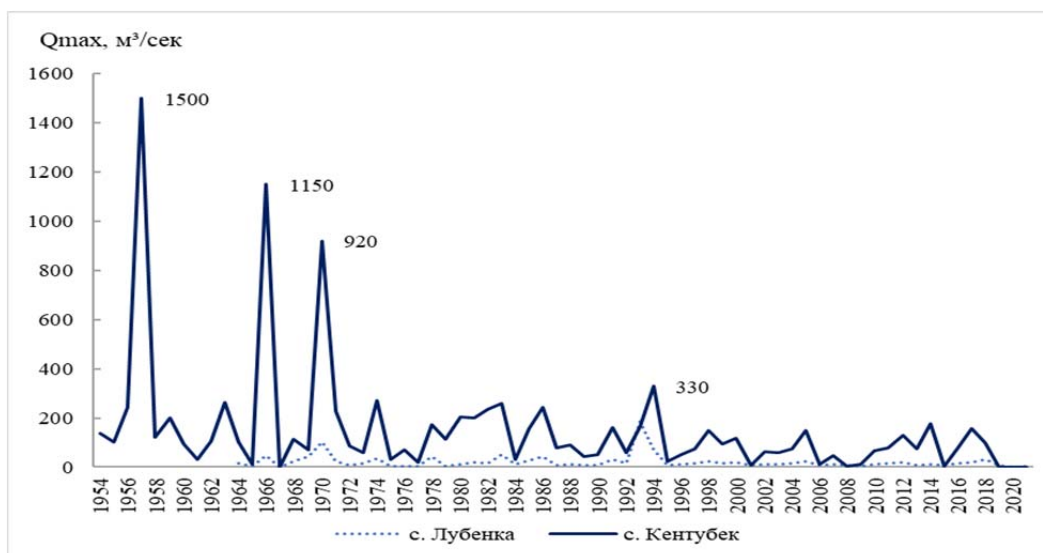


Рисунок 7 – Многолетний ход максимальных расходов воды на гидропостах по течению р. Шынгырлау

При анализе гидрологических наблюдений за весь период инструментальных наблюдений самые экстремальные значения наблюдались в 1942, 1957, 1970 и 1994 гг. Согласно многолетнему ходу среднегодовых значений расходов воды на реках заметен тренд в сторону уменьшения годовых величин стока за 2005-2020 гг. по сравнению с предыдущими периодами. Такая же тенденция наблюдается и по максимальному стоку за многолетний период.

На реке Жайык отмечается резкое уменьшение пиков срочных максимальных расходов воды к 60-м годам прошлого века, в это время в верховьях реки были построены многочисленные водохранилища многолетнего и сезонного регулирования. Также наблюдается увеличение безвозвратных водозаборов как из этих водохранилищ, так и непосредственно из водотока. Следует отметить, что водохранилища как сезонного, так и многолетнего регулирования являются источниками потерь воды на испарение и фильтрацию. На реке Елек после 1975 года отмечается уменьшение срочных максимальных расходов воды в связи с созданием водохранилищ на его притоках. С помощью водохранилищ в корне преобразованы внутригодовые распределения стоков рек. Таким образом, выбраны годы, в которые наблюдались критические расходы (наибольшие среди максимальных) и уровни воды, при которых были наводнения в стране. На гидрологических постах Уральск, Кошим, Тайпак, Махамбет высшие уровни воды – это уровни 1942 г. На гидрологическом посту Январцево высший уровень воды за многолетний период наблюдался в 1994 г.

Таблица 1 – Характерные расходы воды в основном русле р. Жайык в экстремальные годы

| Река – пост | 1941 г. | | 1942 г. | | 1957 г. | | 1970 г. | | 1994 г. | |
|-------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} |
| Оренбург | 290 | 4140 | 269 | 10100 | 271 | 9800 | 193 | 2820 | – | – |
| Кошим | 694 | 5780 | 631 | 13500 | 781 | 14000 | 655 | 10600 | 502 | 5540 |
| Махамбет | – | – | – | – | 566 | 5100 | 406 | 2000 | 477 | 1810 |
| Атырау | – | – | – | – | – | – | 375 | 1850 | 417 | 1980 |

Таблица 2 – Характерные расходы воды в основном русле р. Елек в экстремальные годы

| Река – пост | 1941 г. | | 1942 г. | | 1957 г. | | 1970 г. | | 1993 г. | | 1994 г. | |
|-------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} |
| Актобе | 37,3 | 2400 | 76,5 | 4460 | 41,0 | 2090 | 26,2 | 968 | 40,2 | 1110 | 28,8 | 540 |
| Шелек | – | – | 61,4 | 1440 | 98,0 | 5480 | 65,7 | 3500 | 44,7 | 1100 | 55,6 | 810 |

Таблица 3 – Характерные расходы воды в основном русле р. Шынгырлау в экстремальные годы

| Река – пост | 1957 г. | | 1966 г. | | 1970 г. | | 1993 г. | | 1994 г. | |
|-------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} | Q _{ср} | Q _{max} |
| Лубенка | 1,11 | – | 0,78 | 48,7 | 0,98 | 102 | 1,76 | 183 | 0,78 | 68,5 |
| Кентубек | 12 | 1010 | 7,69 | 1150 | 8,74 | 920 | 5,93 | 163 | 6,04 | 330 |

Характерные уровни воды, при которых происходит выход воды на пойму:

1. Река Жайык – пос. Январцево при Н = 540 см над 0 поста затопляется правый берег на ширину до 1,0-1,6 км, при Н = 650 см над 0 поста затопляется левый берег на ширину до 4 км. Участок гидрологического поста находится в зоне влияния переменного подпора р. Сакмара, впадающей в р. Жайык в 9,7 км ниже поста.

2. Река Жайык – г. Уральск при Н = 620 см над 0 поста затопляется левый берег на ширину до 10-12 км, при Н = 700 см затопляются оба берега.

3. Река Жайык – с. Кошим при Н = 510 см над 0 поста затопляется 5-6 км с глубиной 2-4,5 км.

4. Река Жайык – с. Тайпак (Калмыково) при Н = 960 см над 0 поста затопляется на 6-8 км.

5. Река Жайык – пос. Махамбет (Тополи) при Н = 300 см над 0 поста затопляется до 10 км.

Таблица 4 – Характерные уровни воды в основном русле р. Жайык

| Река – пост | Расстояние от устья, км | Отметка нуля поста, м БС | Экстремальные значения 1941 г. | | Экстремальные значения 1942 г. | | Экстремальные значения 1957 г. | | Экстремальные значения 1970 г. | | Экстремальные значения 1994 г. | |
|-------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| | | | Н _{макс} | Дата | Н _{макс} | Дата | Н _{макс} | Дата | Н _{макс} | Дата | Н _{макс} | Дата |
| Оренбург | 1378 | 84,00 | 770 | 20/04 | 966 | 03/05 | 976 | 19/04 | 727 | 05/04 | – | – |
| Январцево | 940 | 34,56 | – | – | – | – | – | – | – | – | 885 | 28/04 |
| Уральск | 799 | 22,46 | 795 | 28/04 | 942 | 08/05 | 895 | 24/04 | 808 | 16/04 | 853 | 30/04 |
| Кошим | 732 | 15,79 | 830 | 28/04 | 953 | 09/05 | 931 | 28/04 | 830 | 17/04 | 844 | 01/05 |
| Тайпак | 385 | -13,92 | 971 | 13/05 | 1140 | 16/05 | – | – | – | – | 859 | 14/05 |
| Махамбет | 145 | -28,00 | 892 | 20/05 | 986 | 20/05 | 943 | 10/05 | 748 | 20/04 | 986 | 24/05 |
| Атырау | 27 | -30,00 | – | – | – | – | 345 | 16/05 | 313 | 21/05 | 601 | 26/05 |

Таблица 5 – Характерные уровни воды в основном русле р. Елек

| Река – пост | Расстояние от устья, км | Отметка нуля поста, м БС | Экстремальные значения 1941 г. | | Экстремальные значения 1942 г. | | Экстремальные значения 1957 г. | | Экстремальные значения 1970 г. | | Экстремальные значения 1993 г. | | Экстремальные значения 1994 г. | |
|-------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| | | | H _{макс} | Дата | H _{макс} | Дата | H _{макс} | Дата | H _{макс} | Дата | H _{макс} | Дата | H _{макс} | Дата |
| Актобе | 501 | 201,25 | 741 | 13/04 | 722 | 29/04 | 713 | 14/04 | 585 | 31/03 | 582 | 13/04 | 446 | 20/04 |
| Шелек | 112 | 70,43 | – | – | – | – | 795 | 16/04 | 779 | 02/04 | 771 | 15/04 | 643 | 20/04 |

Таблица 6 – Характерные уровни воды в основном русле р. Шынгырлау

| Река – пост | Расстояние от устья, км | Отметка нуля поста, м БС | Экстремальные значения 1941 г. | | Экстремальные значения 1942 г. | | Экстремальные значения 1957 г. | | Экстремальные значения 1970 г. | | Экстремальные значения 1993 г. | |
|-------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| | | | H _{макс} | Дата | H _{макс} | Дата | H _{макс} | Дата | H _{макс} | Дата | H _{макс} | Дата |
| Лубенка | 240 | 124,64 | – | – | 440 | 13/03 | 505 | 31/03 | 533 | 10/04 | 536 | 13/04 |
| Кентубек | 87 | 54,52 | 809 | 14/04 | 778 | 16/03 | 768 | 31/03 | 746 | 10/04 | 744 | 13/04 |

Определение времени добега волн половодья. Для всех исследуемых участков р. Жайык (казахстанская часть) времена добега волн половодья до расчётных створов необходимо устанавливать отдельно для фаз подъема и спада. Связано это с различными условиями прохождения волны половодья на фазах подъема и спада и с разным временем добега соответственных уровней воды от верхнего поста до нижнего.

На рисунках 8-10 продемонстрированы даты прохождения максимальных уровней воды по гидрологическим постам по течению основного русла р. Жайык (Урал), без привязки к 0 поста. Представленные расчеты на р. Жайык на исследуемых участках на территории Казахстана в годы с критическими паводками отчетливо показывают, что продолжительность наводнения или пик паводка приходится на начало апреля по конец апреля, иногда мая.

Как правило, подъем уровня воды на р. Жайык в период половодья проходит более интенсивно, чем спад, и соответственные уровни добегают до нижнего поста за меньшее время (таблица 7).

Таблица 7 – Время добега воды по р. Жайык, сут

| Река – пункт | H _{макс} | Дата | τ, сут | τ, сут |
|----------------------|-------------------|-------|--------|--------|
| 1942 г. | | | | |
| Урал – Оренбург | 966 | 03/05 | | 17 |
| Урал – Илек | 919 | 05/05 | 2 | |
| Жайык – Уральск | 942 | 08/05 | 3 | |
| Жайык – Кошим | 952 | 09/05 | 1 | |
| Жайык – Мергеновский | 1217 | 12/05 | 3 | |
| Жайык – Тайпак | 1137 | 16/05 | 4 | |
| Жайык – Махамбет | 986 | 20/05 | 4 | |
| 1957 г. | | | | |
| Урал – Оренбург | 900 | 21/04 | | 25 |
| Урал – Илек | 895 | 24/04 | 3 | |
| Жайык – Уральск | 932 | 27/04 | 3 | |
| Жайык – Кошим | 931 | 28/04 | 1 | |
| Жайык – Махамбет | 943 | 10/05 | 12 | |
| Жайык – Атырау | 345 | 16/05 | 6 | |
| 1994 г. | | | | |
| Жайык – Январцево | 885 | 28/04 | | 28 |
| Жайык – Уральск | 853 | 01/05 | 3 | |
| Жайык – Кошим | 844 | 01/05 | 0 | |
| Жайык – Махамбет | 985 | 24/05 | 23 | |
| Жайык – Атырау | 600 | 26/05 | 2 | |

Определение времени добега волн половодья для расчетных створов методом соответственных уровней по основному руслу – руслу реки Урал на российской территории и р. Жайык на казахстанской территории на гидрологических постах нижнего течения р. Жайык за 1942, 1957 и 1994 гг. выявило следующее:

1. Среднее время добега по р. Жайык между постами за 1942 г. от г. Оренбурга до пос. Махамбет составляет 20 сут.
2. В 1957 г от г. Оренбурга до г. Атырау вода дошла за 25 сут.
3. В 1994 г. от пос. Январцево до г. Атырау вода достигла за 28 сут (после построения Ириклинского водохранилища в 1958 г.).

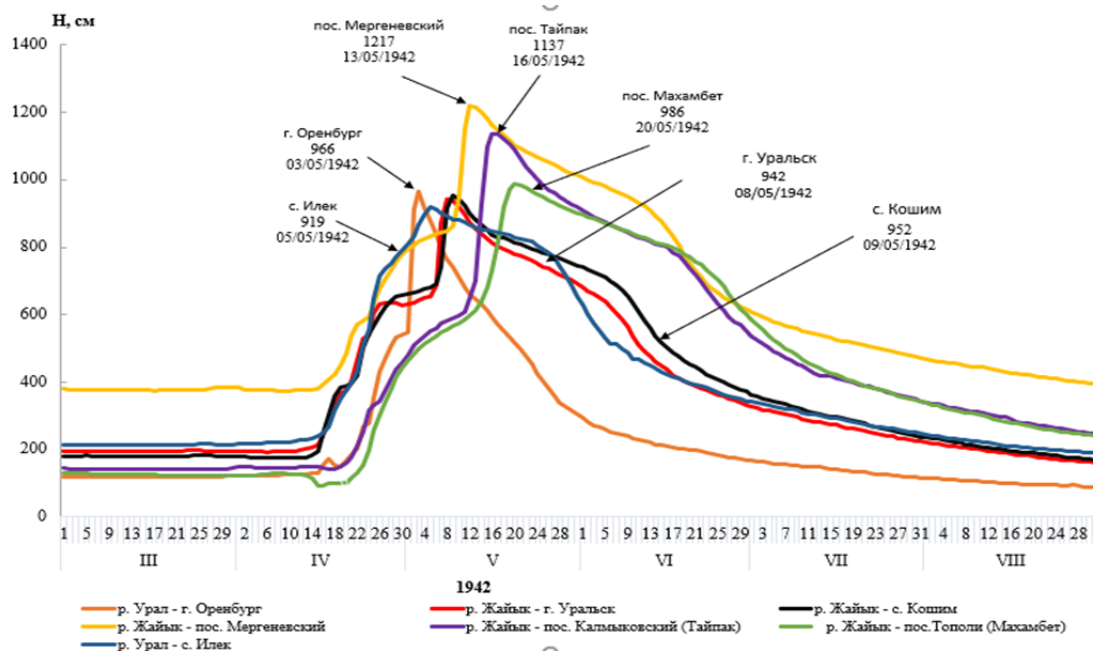


Рисунок 8 –Даты прохождения максимальных уровней воды по гидропостам по течению основного русла р. Жайык (Урал), без привязки к 0 поста за 1942 г.

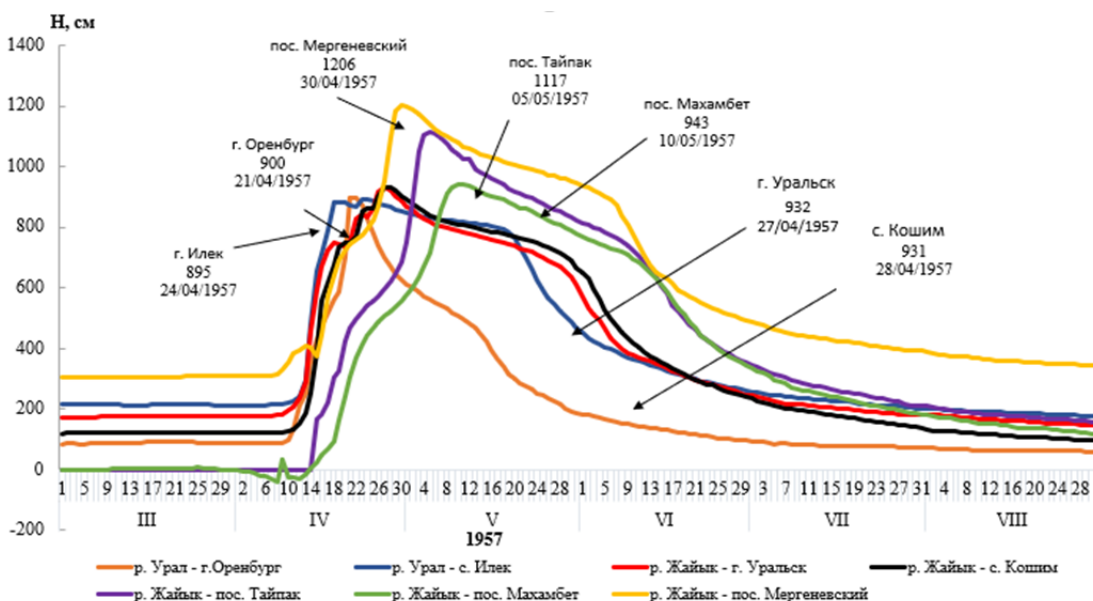


Рисунок 9 – Даты прохождения максимальных уровней воды по гидропостам по течению основного русла р. Жайык (Урал), без привязки к 0 поста за 1957 г.

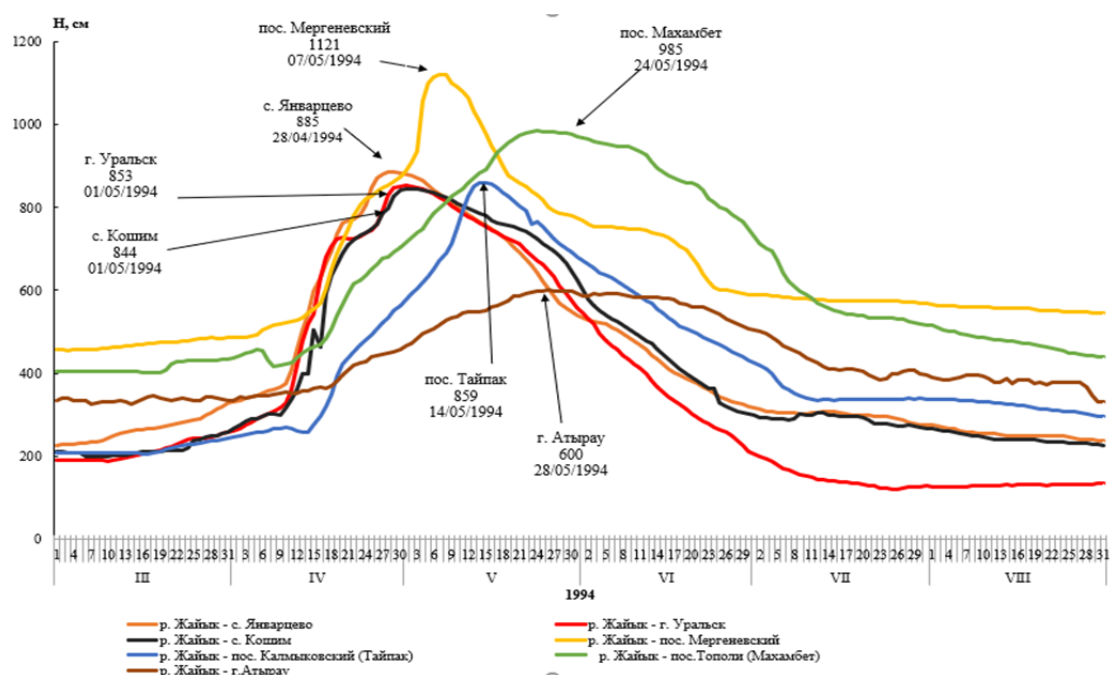


Рисунок 10 – Даты прохождения максимальных уровней воды по гидропостам по течению основного русла р. Жайык (Урал), без привязки к 0 посту за 1994 г.

Заключение. В начале половодья по основному руслу р. Жайык, когда река течет еще в пределах русла, подъем уровней воды максимален, а время добегаия соответственных уровней от верхнего поста до нижнего минимально.

С началом выхода воды на пойму интенсивность подъема уровней уменьшается, время добегаия увеличивается, пик половодья в большинстве случаев не выражен (плавное изменение хода уровней воды) и на спаде происходит также плавное уменьшение уровней со значительным возрастанием времени добегаия соответственных уровней воды. По возвращении основной массы вод половодья в русло реки интенсивность падения уровней воды возрастает.

Временя добегаия волны половодья для расчетных створов методом соответственных уровней по основному руслу – руслу реки Урал на российской территории и р. Жайык на казахстанской территории на гидрологических постах нижнего течения р. Жайык за годы с критически-высокими половодьями (1942, 1957 и 1994 гг.) составляет от 20 до 35сут.

При долгосрочном прогнозировании экстремальных явлений необходимо проведение комплексных научных исследований опасных гидрологических явлений для разработки соответствующих рекомендаций.

Исследование проводилось в рамках программы BR21882122 «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии» по подпрограмме «Оценка ресурсов поверхностных вод как основной фактор развития природно-хозяйственных систем Западно-Казахстанского региона».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бейсембаева М. А., Дубровская Л. И., Земцов В. А. Антропогенные изменения водных ресурсов и максимальных уровней реки Иртыш в равнинной части бассейна в Республике Казахстан // Известия Томского политехнического университета. – 2018. – Т. 329, № 3. – С. 6-15.
- [2] Moore S. M. The dilemma of autonomy: decentralization and water politics at the subnational level // Water International. – 2017. – Vol. 42, No. 2. – P. 222-239. DOI: 10.1080/02508060.2017.1276038
- [3] Ho S. Introduction to «Transboundary River Cooperation: Actors, Strategies and Impact» // Water International. – 2017. – Vol. 42, No. 2. – P. 97-104. DOI: 10.1080/02508060.2017.1279042
- [4] Petersen Perlman J. D., Veilleux J. C., Wolf A. T. International water conflict and cooperation: challenges and opportunities // Water International. – 2017. – Vol. 42, No. 2. – P. 105-120. DOI:10.1080/02508060.2017.1276041

- [5] Отчет о деятельности Жайык-Каспийской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов за 2010-2020 гг.
- [6] Разработка паспортов рек Казахстана: отчет о НИР (промежуточный) / АО «Институт географии и водной безопасности» / Рук. А. Р. Медеу. – Алматы, 2019. – 730 с.
- [7] СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1983. – 36 с.
- [8] СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой, 2004. – 73 с.
- [9] МСН 3.04-101-2005 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – Астана, 2006. – 87 с.
- [10] Бирюков А.В. Исследование скорости руслового добегающего весеннего стока на реках подольской возвышенности // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. – 2008. – С. 133-138.
- [11] Нежиховский Р. А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока. – Л.: Гидрометеоздат, 1961. – Вып. 24. – С. 52-59.
- [12] Юмина Н. М., Магрицкий Д. В. Прогнозирование уровней воды в нижнем течении реки Урал // Евразийский союз ученых. Географические науки. – 2019. – № 6(63). – С. 4-9.
- [13] Руководство по гидрологическим прогнозам. Вып. 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 358 с.
- [14] Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. – Т. 12, вып. II. Урало-Эмбинский район. – Л.: Гидрометеоздат, 1970 – 512 с.
- [15] Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. – Т. 12, вып. III. Актюбинская область. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 515 с.
- [16] Давлетгалиев С. К. Поверхностные водные ресурсы рек Жайык-Каспийского бассейна в границах Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. – 2011. – № 1. – С. 56-64.
- [17] Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана: Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / Под науч. ред. Р. И. Гальперина. – Алматы, 2012. – Т. 7, кн. 1. – 684 с.
- [18] Сивохип Ж. Т., Падалко Ю. А. Географо-гидрологические факторы опасных гидрологических явлений в бассейне реки Урал // Известия РАН. Серия географическая. – 2014. – № 6. – С. 53-61.

REFERENCES

- [1] Beisembayeva M. A., Dubrovskaya L. I., Zemtsov V. A. Anthropogenic changes in water resources and maximum levels of the Irtysh River in the flat part of the basin in the Republic of Kazakhstan // News of Tomsk Polytechnic University. 2018. Vol. 329, No. 3. P. 6-15 (in Russ.).
- [2] Moore S. M. The dilemma of autonomy: decentralization and water politics at the subnational level // Water International. 2017. Vol. 42, No. 2. P. 222-239. DOI: 10.1080/02508060.2017.1276038
- [3] Ho S. Introduction to “Transboundary River Cooperation: Actors, Strategies and Impact” // Water International. 2017. Vol. 42, No. 2. P. 97-104. DOI: 10.1080/02508060.2017.1279042
- [4] Petersen Perlman J. D., Veilleux J. C., Wolf A. T. International water conflict and cooperation: challenges and opportunities // Water International. 2017. Vol. 42, No. 2. P. 105-120. DOI:10.1080/02508060.2017.1276041
- [5] Report on the activities of the Zhaiyk-Caspian Basin Inspectorate for regulating the use and protection of water resources for 2010-2020 (in Russ.).
- [6] Development of passports for the rivers of Kazakhstan: research report (intermediate) / JSC "Institute of Geography and Water Security" / Director A. R. Medeu. Almaty, 2019. 730 p. (in Russ.).
- [7] SNiP 2.01.14-83 Determination of calculated hydrological characteristics. M.: Stroyizdat, 1983. 36 p. (in Russ.).
- [8] SP 33-101-2003 Determination of the main calculated hydrological characteristics. M.: Gosstroy, 2004. 73 p. (in Russ.).
- [9] MSN 3.04-101-2005 Determination of the main calculated hydrological characteristics. Astana, 2006. 87 p. (in Russ.).
- [10] Biryukov A.V. Study of the speed of channel runoff of spring runoff on the rivers of the Podolsk Upland // Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Geography. Geology. 2008. P. 133-138 (in Russ.).
- [11] Nezhikhovskiy R. A. River channel network of the basin and the process of runoff formation. L.: Gidrometeoizdat, 1961. Issue. 24. P. 52-59 (in Russ.).
- [12] Yumina N. M., Magritsky D. V. Forecasting water levels in the lower reaches of the Ural River // Eurasian Union of Scientists. Geographical Sciences. 2019. No. 6(63). P. 4-9 (in Russ.).
- [13] Guide to Hydrological Forecasts. I. 1. Long-term forecasts of elements of the water regime of rivers and reservoirs. L.: Gidrometeoizdat, 1989. 358 p. (in Russ.).
- [14] Surface water resources of the USSR. Lower Volga region and Western Kazakhstan. Vol. 12, issue. II. Ural-Embinsky district. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 512 p. (in Russ.).
- [15] Surface water resources of the USSR. Lower Volga region and Western Kazakhstan. Vol. 12, issue. III. Aktobe region. L.: Gidrometeoizdat, 1966. 515 p. (in Russ.).
- [16] Davletgaliev S.K. Surface water resources of the rivers of the Zhaiyk-Caspian basin within the borders of the Republic of Kazakhstan // Hydrometeorology and Ecology. 2011. No. 1. P. 56-64 (in Russ.).
- [17] Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management. River flow resources of Kazakhstan: Renewable resources of surface waters of Western, Northern, Central and Eastern Kazakhstan / Under scientific. Ed. R. I. Galperin. Almaty, 2012. Vol. 7, book 1. 684 p. (in Russ.).
- [18] Sivokhip Zh. T., Padalko Yu. A. Geographical and hydrological factors of hazardous hydrological phenomena in the Ural River basin // Izvestia RAS. Geographical series. 2014. No. 6. P. 53-61 (in Russ.).

А. А. Тұрсынова¹, А. Б. Мырзахметов², Г. Р. Баспақова^{*3},
А. М. Сайлаубек⁴, Ж. Т. Салаватова⁵

¹Г. ф. к., қауымдастырылған профессор, Су ресурстары зертханасының жетекшісі
(«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; *ais.tursun@bk.ru*)
² PhD, аға ғылыми қызметкер
(«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан, *ahan_myrzahmetov@mail.ru*)
^{3*} PhD, аға ғылыми қызметкер
(«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; *sharafedenova@mail.ru*)
⁴ Докторант, кіші ғылыми қызметкер (Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ,
(«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; *akgulim_1997@mail.ru*)
⁵ Кіші ғылыми қызметкер
(«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; *salavatova.07@gmail.com*)

ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІНДЕГІ СУ ТАСҚЫНЫНЫҢ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ ТУРАЛЫ ТАРИХИ АНЫҚТАМА

Аннотация. 2024 жылдың көктемінде Қазақстанның батыс өңірінде болған апатты су тасқынына байланысты 2024 жылы осындай мәндердің қайталану ықтималдығын ретроспективті бағалау үшін Жайық өзенінің негізгі арнасы бойынша орналасқан гидрологиялық бекеттердің деректері бойынша су өтімдерінің ең жоғары мәндерінің көпжылдық тербелісіне сыни талдау жүргізу мақсаты қойылды. 2021 жылға дейін гидрологиялық есептеулер, өзен ағындысының көпжылдық тербелісіне статистикалық талдау жүргізілді, сондай-ақ нормативтік құжаттарға сәйкес жоғары сулы апатты жылдар анықталды. Жылдардағы судың тән деңгейлері, сәйкесінше судың жоғарғы өтімдері, сондай-ақ аумақтардың су басу аймақтары зерттелді, гидрологиялық бекеттер арасында, соның ішінде Ресей аумағында су тасқыны толқынының жету уақыты анықталды. Алдағы уақытта Батыс Қазақстан аумағында су тасқыны кезеңі аяқталған кезде 2024 жылға арналған қазіргі жағдайға талдау жүргізу жоспарлануда.

Түйін сөздер: өзен ағындысы, жоғарғы су өтімдері, су деңгейі, судың жету уақыты.

А. А. Tursynova¹, А. В. Myrzakhmetov², G. R. Baspakova^{*3},
А. М. Sailaubek⁴, Zh. T. Salavatova⁵

¹ Candidate of Geographical Sciences, associate Professor, Head of the Water Resources Laboratory
JSC «Institute of Geography and water security», Almaty, Kazakhstan; *ais.tursun@bk.ru*)
² PhD, Senior Researcher
(JSC «Institute of Geography and water security», Almaty, Kazakhstan; *ahan_myrzahmetov@mail.ru*)
^{3*} PhD, Senior Researcher
(JSC «Institute of Geography and water security», Almaty, Kazakhstan; *sharafedenova@mail.ru*)
⁴ Doctoral student, junior researcher (Al-Farabi Kazakh National University,
JSC «Institute of Geography and water security», Almaty, Kazakhstan; *akgulim_1997@mail.ru*)
⁵ Junior researcher
(JSC «Institute of Geography and water security», Almaty, Kazakhstan; *salavatova.07@gmail.com*)

HISTORICAL INFORMATION ON THE HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF FLOODS ON THE ZHAIYK RIVER

Abstract. In connection with the catastrophic floods in the spring of 2024 in the Western region of Kazakhstan, the goal was to conduct a critical analysis of the long-term dynamics of maximum water flow rates according to hydrological posts located along the main channel of the Zhaiyk River, for a retrospective assessment of the probabilistic recurrence of such values in 2024. The article discusses the main hydrological characteristics of floods on the Zhaiyk River for a long-term period up to 2021. Hydrological calculations, statistical analysis of long-term flow dynamics were carried out, and catastrophic years with high waters were identified in accordance with regulatory documents. The characteristic water levels in the years with correspondingly critical water consumption, as well as the area of flooding of territories, were studied, the time of the flood wave between hydrological posts, including the territory of Russia, was determined. In the future, it is planned to analyze the current situation for 2024, at the end of the flood and flood process in Western Kazakhstan.

Keywords: river flow, maximum water consumption, water level, running time.

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-52-63.12>

GTAMP 39.15.15

ӨЖ 911

Ш. У. Лайсханов*¹, К. Д. Каймулдинова², Д. Т. Алиаскаров³

¹ PhD, қауымдастырылған профессор (Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан; laiskhanov@gmail.com)

² Г. ф. д., профессор (Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан; kulash_kaymuldin@mail.ru)

³ PhD, аға оқытушы (Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан; duman_06@mail.ru)

ТАРИХИ КАРТАЛАРДАҒЫ АРАЛ ТЕҢІЗІ АКВАТОРИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫ

Аннотация. Арал теңізінің экологиялық мәселесінің ғаламдық сипат алуы соңғы онжылдықтарда көптеген зерттеушілердің назарына ілініп, акваториясының өзгеру динамикасын және оның қоршаған ортаға әсерін зерттеу жұмыстары көбейді. Әдетте зерттеушілер Арал теңізі акваториясының динамикалық өзгерісін талдағанда, оның соңғы жарты ғасырдағы өзгерістерін негізге алады. Ал оның карта бетінде пайда болғаннан бастап, экологиялық апат аймағына айналғанға дейінгі уақыт аралықтағы акваториясындағы сандық өзгерістер туралы мәліметтер аз. Сондықтан, тарихи карталардың көмегімен әртүрлі жылдардағы Арал теңізінің акваториясының ауданын есептеуді және оның Арал экологиялық апаты орын алғанға дейінгі көпжылдық динамикасын жасауды зерттеу мақсаты етіп қойдық. Ол үшін алдымен халықаралық іздестіру жүйелері мен электрондық ресурс көздері арқылы табылған ғылыми еңбектерге және тарихи карталарға негізделі отырып, Арал теңізі акваториясы туралы алғашқы деректердің пайда болуына және даму тарихына шолу жасалды. Келесі кезеңде ArcGIS 10.4.1 ГАЗ бағдарламасында тарихи карталарды кеңістіктік байлау арқылы олардағы Арал теңізінің акваториясының ауданы есептелді. Осы сандық мәліметтер негізінде 1716-1967 жылдар аралығындағы динамикасы жасалды. Арал теңізінің әлем картографиясында өз атауымен пайда болған кезеңде оның ауданы кіші болғандығы (10 320 км²) 1716 жылғы карта бойынша анықталды. Ал бұл көрсеткіш 1742 жылы 20 538 км²-ге, 1827 жылғы 48 680 км²-ге өзгерген. Теңіз өзінің максимум деңгейіне 1848-1849 жылдары (71 009 км²) жеткенін, 1907 жылға қарай біршама кішірейіп (63691 км²), ал 1967 жылға қарай қайта біршама ұлғайғаны (66 836 км²) анықталды. Дегенмен, Арал теңізі туралы терең зерттеулер жасалған 1848-1849 жылдарға дейін Арал туралы ғылыми ақпараттардың аз болуы және картографиялау әдіс-тәсілдерінің жеткілікті дамымауы салдарынан біз қолданған карталарда бұрмаланудың көп болуы мүмкін екенін жоққа шығармаймыз.

Түйін сөздер: Арал теңізі, тарихи карталар, Арал теңізі акваториясының динамикасы, геоақпараттық жүйе (ГАЗ), Арал проблемасы.

Кіріспе. Соңғы жарты ғасырдан астам уақыттағы Арал теңізінің тартылуы әлем тарихындағы ең ірі экологиялық апаттардың бірі болып табылады. Бұл биоәртүрліліктің жойылуына және аймақтың экожүйесінің бұзылуына әкеліп, теңіздің маңында қоныстанған халықтың өміріне тікелей әсер ету арқылы аймақтық әлеуметтік-экономикалық проблемалардың шиеленісе түсуіне себеп болды [1]. Сондықтан, Арал мәселесі соңғы онжылдықтарда көптеген зерттеушілердің назарына ілініп, зерттеу нысанына айналды. Арал мәселесі туындамас бұрын да, оның тұйық алап ретіндегі көлемі мен табиғаты көптеген зерттеушілердің таңданысын тудырған. Түрлі ғасырларда өмір сүрген ғалымдардың зерттеулеріне арқау болып, олар жасаған тарихи карталарда көрініс тапты.

Арал теңізін аспаптық бақылаулар 1911 жылы басталса [2], тарихи карталарда жеке су айдыны ретінде бейнелене бастағанына бірнеше ғасыр өтті. Дегенмен, көптеген ғалымдар [1-3] Арал теңізі ежелгі және ортағасырлардағы тарихи жазбаларда тұспалдаулар арқылы және әртүрлі атаулар арқылы көрсетілгенін алға тартады. Ежелгі өркениеттерге бұл су айдыны аз белгілі болды [4, 5].

1697 жылы С. У. Ремезовтың [6] еңбегінде «Арал теңізі» атауы алғаш рет қолданылды және картасында көрініс тапты. Одан кейін Еуропа карталарында бұл атау 1723 жылы пайда болды. 1847-1848 жылдары А. Бутаков бастаған экспедиция [7] нәтижесінде Арал теңізінің алғашқы

ғылыми сипаттамасы мен картасы жасалды. Теңіздің өзгеріп жатқан жағалау сызықтарын бақылау көлдің тарихи ауданы туралы көптеген пікірталастарды тудырды. Орыс ғалымдарының деректерінде Арал теңізіндегі су деңгейінің жоғарылағандығы жазылды. Бұл Парсы және Түркістан сияқты шалғай елдердегі жылдам құрғақшылық туралы бұрыннан бар теорияларға қайшы келді [8].

XX-ғасырдың басында Л. Берг [5] Арал теңізін терең зерттеген ғалым ретінде тарихта қалды. Ол алғаш рет Арал теңізі туралы монография жазды. Ол бұл еңбегінде теңіздің тарихы мен географиялық ерекшеліктерін зерттеді және Арал теңізінің өткені мен қазіргі жағдайы туралы түсініктерді жүйеледі.

Ал 1960 жылдан бастап, суармалы егіншілік алқаптарының тұрақсыз кеңеюі нәтижесінде оған құятын екі өзен суының азаюына байланысты Арал теңізі тез құрғап, тұздануға ұшырады [1, 2, 4]. Осы процестің нәтижесінде теңіздің акваториясы едәуір кішірейіп, оның жағалау сызығы ондаған шақырымға шегінді.

Арал теңізінің көпжылдық өзгерісі көптеген ғалымдардың зерттеу тақырыбына айналған. «Геологиялық және тарихи кезеңдерде Арал теңізінің динамикасы» [9], Арал теңізі акваториясының динамикасы [10] «Арал теңізінің құрғау тарихы» [4], «Арал және Арал маңы» [11], «Арал теңізінің энциклопедиясы» [11] «Арал теңізінің өткені, бүгінгі және болашағы» [2], «Арал теңізінің су-тұз балансының динамикалық моделі» [12], «Арал теңізі су ресурстарының динамикалық өзгерістері және оның бассейнінде су ресурстарын пайдалану тиімділігін кешенді бағалау, Орталық Азия» [13], «Арал теңізінің экожүйелеріндегі 1960-1990 жылдардағы өзгерістер» [14] және басқа да еңбектерде Арал теңізі акваториясының өзгерістер туралы жан-жақты ақпараттар келтірілген. Көптеген ғалымдар Арал теңізі акваториясының динамикасын зерттегенде оның соңғы 50-60 жылдағы өзгерісін назарға алады. Олар Аралдың экологиялық проблемасын осы уақыт аралығындағы өзгерістерді анықтау арқылы көрсету жеткілікті деп санаған болар. Ал Арал апаты пайда болғанға дейінгі көпжылдық немесе ғасырларды қамтыған динамикасын зерттеу жұмыстары тиісті деңгейде жүргізілмеген. Әсіресе әртүрлі кезеңдерде оның өзгерісі туралы жалпылама ақпараттар болғанымен, оның акваториясының көпжылдық динамикасы туралы сандық ақпараттар кездеспейді.

Осы зерттеудің мақсаты – тарихтың әртүрлі кезеңдерінде әзірленген карталардағы Арал теңізі акваториясының ауданын есептеу және оның Арал экологиялық апаты орын алғанға дейінгі көпжылдық динамикасын жасау арқылы өзгерістерге талдау.

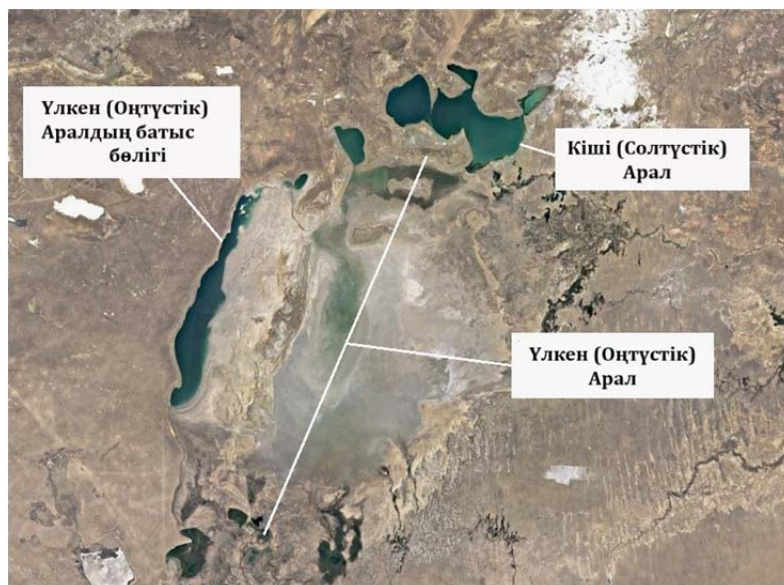
Тарихи карталарды қолдана отырып, Арал теңізі акваториясының көпжылдық динамикасын жасау және орын алған өзгерістерге талдау өте маңызды. Бұл жұмыстар оның табиғатын жете түсінуге және Арал мәселесінің себептеріне талдау жасап, тиісті қорытындылар шығаруға септігін тигізеді.

Зерттеу нысаны. Арал теңізі Еуразия материгінің орталығында орналасқан және мұхиттардан алыс жатқан ірі су алабы. Оны көлемінің үлкендігіне қарай «теңіз» деп атайды. Арал теңізі тартылғанға дейін Орта Азиядағы Каспийден дейінгі ең ірі көл саналатын. Оның су жинау бассейні жеті елдің (Өзбекстан, Түрікменстан, Қазақстан, Ауғанстан, Тәжікстан, Иран) аумағында 2 миллион км² астам ауданды алып жатса, акваториясы Қазақстан мен Өзбекстан жерінде қалыптасқан [2, 4]. Сондықтан оның осы ерекшелігі әртүрлі тарихи кезеңдерде көптеген зерттеушілердің назарын аударуына себеп болды. Әсіресе соңғы жарты ғасырдағы өзгерістер тек қана ғалымдардың ғана емес, әлем жұртшылығын алаңдатып отыр.

Соңғы бес онжылдықта Арал теңізінің апатты құрғауы негізінен Орталық Азияның көптеген бөліктеріндегі ауқымды суару жобаларының салдарынан туындады. Қазіргі кезде оның акваториясы негізгі 3 бөліктен тұрады. Олар: Үлкен (Оңтүстік) Арал, Үлкен (Оңтүстік) Аралдың батыс бөлігі және Кіші (Солтүстік) Арал. Олардың ішіндегі ірісі – Кіші (Солтүстік) Арал (1-сурет).

1960 жылмен салыстырғанда 2014 жылы Арал суының жалпы ауданы (Үлкен Арал + Кіші Арал) сегіз есе азайса [10], 2018 жылға қарай 10 есеге жуық кішірейіп, 6,9 км² құраған. Ал жалпы су көлемі 1960 жылмен (1083 км³) салыстырғанда 2018 жылы 15,6 есе қысқарып, 69,31 км³ деңгейді құраған [15].

Арал теңізінің құрғаған табаны жаңа жер бедерін қалыптастырған. Ол экологиялық апат ошағына және Арал теңізінің өзіне ғана емес, осы аймаққа күшті экологиялық әсер ететін шөлге айналған. Бұрынғы теңіз табанында Аралқұм деп аталатын Арал теңізінің құрғақ түбінің ауданы ұлғаюда [9].



1-сурет – Арал теңізінің қазіргі акваториясы

Зерттеу материалдары мен әдістері. Scopus және Web of Science ғылыми еңбектердің реферативті базалары және Google Scholar, e-library халықаралық іздестіру жүйелерін пайдалану арқылы Арал теңізінің акваториясы және оның динамикасына қатысты отандық және шетелдік ғалымдардың еңбектеріне шолу жасалды. Ал Арал теңізі бейнеленген тарихи карталардың электрондық нұсқаларына төмендегі электрондық ресурс көздері арқылы шолу жасалды, іріктелді және көшіріліп алынды:

– «OldMapsOnline» әлемдік тарихи карталардың онлайн платформасы (<https://www.oldmapsonline.org>). 2013 жылдың қаңтарынан бастап жобаны еріктілер мен Klookan Technologies GmbH командасы бос уақытында жетілдіріп, толықтырып отырады. Платформа арқылы дүниежүзі және оның аймақтарының және жергілікті жерлердің бірнеше мыңдаған карталарын табуға болады.

– «GeoPortOst» Шығыс және Оңтүстік-Шығыс Еуропаның тақырыптық және құпия карталар порталы (<http://geoportost.ios-regensburg.de>). Порталда 3000-нан астам Шығыс және Оңтүстік-Шығыс Еуропаның карталары бар. Мұнда аймақтың тарихы, этнографиясы, экономикалық және әлеуметтік жағдайларын бейнелейтін карталарды көруге болады.

– «Этоместо» Ресейдің аймақтары мен қалаларының және шетелдік тарихи карталар сайты (<http://www.etomesto.ru>). Сайтта ежелгі ғасыр, ортағасыр және қазіргі заманғы бейнесін көрсететін тарихи карталар, пландар, топографиялық карталар, атластар, аэротүсірілімдер және схемалар бар.

– Чехияның Карлов университетінің (Charles University) цифрлық ресурстар платформасы (<http://digitool.is.cuni.cz>). Әдетте мұндай жүйелер университеттің ғылыми мақалаларын, электронды кітаптарын, презентацияларын, мұрағаттық материалдарын және т. б. сандық ресурстарын сақтау, басқару және қол жеткізу үшін құрылады.

– Дэвид Рамсейдің тарихи карталар коллекциясы (<https://www.davidrumsey.com>). Дэвид Рамсейдің карталар коллекциясы 35 жыл бұрын құрылған және 200 000-нан астам картадан тұрады. Коллекцияда XVI-XXI ғасырлардағы сирек кездесетін Солтүстік және Оңтүстік Америка карталары, сондай-ақ Әлем, Азия, Африка, Еуропа және Океания карталары бар. Интернет арқылы коллекциядан атластар, глобустар, қабырға карталары, мектеп географиялары, қалта карталары, зерттеу кітаптары, теңіз карталары және қалта, қабырға, балалар және қолжазба карталарын қоса алғанда, әртүрлі картографиялық материалдарды қарауға және жүктеп алуға болады.

Тарихи карталарлы іріктеуде картаның сапасына (әсіресе Арал теңізінің жағалау сызығының айқын көрінетін) және картаның масштабына қарай жүзеге асырылды. Осылайша, масштабы 1: 1:6 500 000 ұсақ емес, 1716-1967 жылдар аралығында құрастырылған 10 карта таңдап алынды. Арал теңізі бейнеленген карталарды пайдалана отырып, оның сол уақыттағы акваториясының ауданын анықтау ArGIS 10.4.1 бағдарламасында мынадай операцияларды орындау арқылы жүзеге асырылды:

1. Тарихи карталарды кеңістіктік байлау.
2. Зерттеу нысанын сандау және шейф файлын құру.
3. Зерттеу нысанының акваториясын анықтау.

Тарихи карталар негізінде зерттеу нысанының бірнеше жылдар бойынша акваториясының ауданын анықтау жұмыстары Арал теңізі акваториясы ауданының көпжылдық динамикасын жасауға мүмкіндік берді. Тарихи өзгерістерге талдау жасау арқылы су айдынының табиғатын жете түсініп, себеп-салдарлық байланыстарды анықтауға септігін тигізді.

Зерттеу нәтижелері мен оларды талқылау.

Арал теңізі акваториясы туралы алғашқы деректердің пайда болуы және картада бейнеленуі. Антик дәуірінің ғалымдары өз жазбаларында және карталарында Каспий теңізін көрсеткенімен, Арал теңізі туралы ақпарат келтірмеген. Геродоттың V-ғасырдың 40-жылдарының аяғында, 30-жылдардың басында жазған «Тарих» атты қолжазбасында Каспий (Гиркан) теңізінің шығысында асқар таулар мен жазық жатқандығын көрсеткен [3]. Ал Страбон Каспий теңізін Солтүстік мұхиттың шығанағы деп есептеген. Ол мұхиттың континетке кіріп жатқан 4 шығанағы бар екенін алға тартып, Гиркан (Каспий) теңізін солтүстік шығанаққа жатқызады. Бұл Каспий теңізі мен Арал теңізі жалғасып жатқандығы туралы болжамды нақтылай түсетін сияқты. Ал Рим географиясының көрнекті өкілі Птоломейдің картасы бойынша Гиркан батыстан шығысқа созылып жатыр. Оған Яксарт (Сырдария) пен Окс (Амудария) құятынын көрсетеді. Птоломей Сырдария өзенінің қайда құятыны туралы қателескенімен, Окс (Амудария) өзені Гиркан теңізіне құятынын дұрыс көрсете алды. Ол кезде Амудария екі бағытта, екі түрлі теңіз бассейніне ағып жатты. Арақса Арал теңізіне, ал Окс Өзбекстанға шығып Каспий теңізіне құяды [16].

Арал теңізіне сілтемелерді Орталық Азиядағы Меотид туралы қарама-қайшы есептерден табуға болады және бұл Азов теңізімен ықтимал байланысты көрсетеді. Сонымен қатар, "Орыс батпағы" туралы және ежелгі қытай дереккөздеріндегі "Солтүстік теңіз" немесе "Батыс теңіз" деген сілтемелер бұл аймақ туралы ежелгі білімді меңзейді [4]. "Арал теңізі" атауы Византия елшісі Земархтың б.з. 568 жылы "Лимне" деп аталатын көл туралы айтқан сөзінен шыққан болуы мүмкін деген болжамдар бар [17].

Араб географтары Арал теңізі туралы толығырақ ақпарат берді. Мысалы, Ибн Хордадбех өз жазбаларында Күрдер көлі (Бухайра) деп көрсетеді. Тарихи мәліметтер Арал теңізінің Сарықамыспен байланысы жоқ және өзіндік ерекшеліктері мен географиялық маңызы бар екенін көрсетеді. Ал Ибн Хордадбежа және Ибн Русте сияқты араб географтары Амудария мен Сырдария өзендері туралы мәліметтерінде Арал теңізін де сипаттап жазған. Олар Аралды Күрдер көлі деп атап, оның диаметрі айтарлықтай ауқымды екендігін жазған. Ибн Русте жазған Амудария құятын көлдің сипаттамасы Арал теңізінің сипаттамаларына сәйкес келеді. IV-X-ғасырларда осы көлдің өзендерінің сағаларына жақын жағалау сызықтары қазіргі жағалау сызықтарына ұқсас болды. Яғни, Арал теңізі Сарықамыспен байланысы болмаған [4, 17]. Ал VII-ші ғасырдан XVI-шы ғасырға дейінгі тарихи мәліметтерде Арал теңізіне құятын өзендер туралы әртүрлі түсініктер болды [17].

Орыс дереккөздерінде Арал теңізі алғаш рет XVII-ғасырдың басында "Қою көк теңіз" атымен көрініс тапқан. Орыс зерттеушілерінің геологиялық зерттеулері бойынша плиоценнен кейінгі дәуірде Үстірт шыңы, Мургаб пен Тедженнің сағалары мен Копетдаг тауалды жазығы аралығындағы Қарақұм шөлі аймағын су басып, біріккен Арал-Каспий теңізі қалыптасқан. Екі теңіз Үлкен Балх және Кіші Балх бұғаздары, кейіннен Узбой бұғазы жалғап жатқан [4, 9, 11]. Неоген кезеңінде Орталық Азия аумағында орын алған қуатты тектоникалық қозғалыстардың нәтижесінде Тұран жазығының орталығында үш терең ойпат: Арал, Хорезм және Сарықамыс қалыптасты. Ерте және орта плейстоценде бұл депрессиялардың барлығы субаэральды жағдайда дамыды. Осы уақытта Амудария Қарақұмның орталығы арқылы батысқа қарай Каспий (Хвалын) теңізіне құйып жатты. Кеш плейстоценде солтүстікте Амударияның арнасы өзгеріп, Арал-Сарықамыс ойпатына құя бастады. Бұл шамамен 70 мың жыл бұрын бастапқы Арал теңізінің қалыптасуына себеп болды түсіндіреді [11]. Дегенмен, Арал теңізі туралы ғылыми зерттеулерге негізделген деректер XVII мен соңы мен XVIII ғасырдың басына сәйкес келеді. Алғаш рет «Арал теңізі» атауы (қырғыздың Арал-Денгиз, яғни Арал теңізі атауынан) 1697 жылы С. У. Ремезовтың Сібірдің сурет кітабындағы «Бүкіл сусыз және өтпейтін тас даланың жер сызбасы» картасында пайда болды [6].



2-сурет – Ремезовтың картасы, 1697 ж.

Каспий және Арал теңіздеріндегі кейінгі өзгерістерді барлық зерттеушілер оларға құятын өзендердің суының азаюымен түсіндіреді [11].

Батыс Европа картографиясы Арал теңізі туралы нақты ақпараттарға XVIII ғасырдың 20-30 жылдары ие болды. Л. С. Берг өз еңбегінде [5] «ол үшін біз Петр I-ге алғыс айтуымыз керек» деп жазады. Оның ақпараты бойынша 1714 жылы түрікмен Ходжа-Нефесь Аму (Амудария) маңындағы халықтар алтын өндірумен айналысатынын және өзбектер орыстардан қорғану үшін Каспийге құятын өзенді Арал теңізіне бұрғанын Петр I-ге жеткізеді. 1714 жылы Петр I Александр Бекович-Черкасскийді басшы ете отырып, Хиуаға экспедиция жібереді. Осылайша Каспийдің шығыс жағалауы мен Амударияның құрғаған арнасы туралы ақпараттар жиналды. Кейіннен Петр I бұл ақпаратты батыс картографы Делилямен бөліскеннен кейін, батыс елдерінің картографиясында географиялық нысан ретінде бейнелене бастаған.

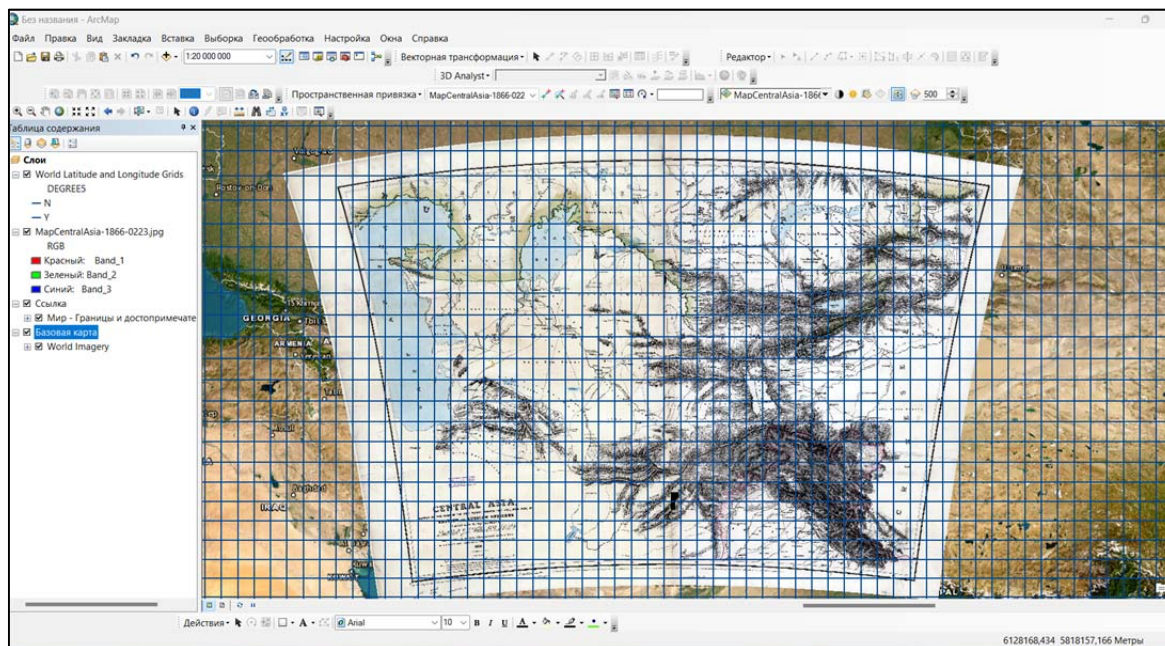
Тарихи карталар негізінде Арал теңізінің акваториясын анықтау.

Карталарды кеңістіктік байлау. ArcGIS 10.4.1 ГАЗ бағдарламасында тарихи карталарды қолдану арқылы оның әртүрлі жылдардағы акваториясын анықтау тарихи карталарды кеңістіктік байлаудан басталды. Барлық карталарға ортақ координаталық жүйе ретінде «WGS_1984_Web_Mercator_Auxiliary_Sphere» таңдалды және теңіз акваториясының ауданын нақтырақ анықтау үшін «WGS_1984_UTM_Zone_40N» координаталық жүйесіне ауыстырылды.

Карталардың координаталық бұрмаланушылығын түзету мақсатында картадағы 20-ға жуық тарихи және географиялық нысанның координаталары анықталып, тіреу нүктелерінің қойылды және олар карталарды кеңістіктік байлау кезінде қолданылды. Сонымен қатар, кеңістіктік байлауда әлемдік ендік пен бойлық торлары және ArcGIS бағдарламасының базалық карталары мен ғарыштық түсірілімдері және қабаттары пайдаланылды (3-сурет).

Тарихи карталарды кеңістіктік байлау кезінде ГАЗ бағдарламасындағы «overlay» және координаталар бойынша «ығыстыру» тәсілдері қолданылды.

Тарихи карталарға метрикалық және семантикалық сипаттамаларына байланысты қарапайым әдіс арқылы байлау өте қиын. Өйткені, олар көбінесе метрикалық емес, топографиялық ақпаратты қамтиды және оларды белгілі бір координаталық жүйеге енгізбей, ГАЗ-да қолдану мүмкін емес. Сонымен қатар, тарихи карталардың (портуландар, изолярлар, орта және ерте ғасырдағы қалалар мен мемлекеттердің карталары) метрикалық мазмұнын қалпына келтіру үшін түрлендіру жұмыстары жүргізіледі [18, 19]. Lafreniere және Rivet бойынша [20] нақты кеңістіктік сипаттамаларды қамтамасыз ету үшін тарихи карталарды гео-бағдарлау бойынша ауқымды далалық жұмыстар жүргізіп, ArcGIS-те карталарды түзету үшін Garmin GPS құралының көмегімен жердегі бақылау нүктелерінің немесе тіреу нүктелерінің (шіркеулер мен қамалдар сияқты тұрақты тарихи нысандардың) координаталарын анықтау және сол координаталар арқылы кеңістіктік байлау өте маңызды. Біздің жағдайымызда далалық жұмыстарды жүргізіп, тарихи нысандардың координатасын анықтауға қажеттілік болмады. Олардың координаталарын ArcGIS бағдарламасының базалық карталарын қолдану арқылы анықтай алдық.



3-сурет – ArgGIS бағдарламасында картаны кеңістіктік байлау

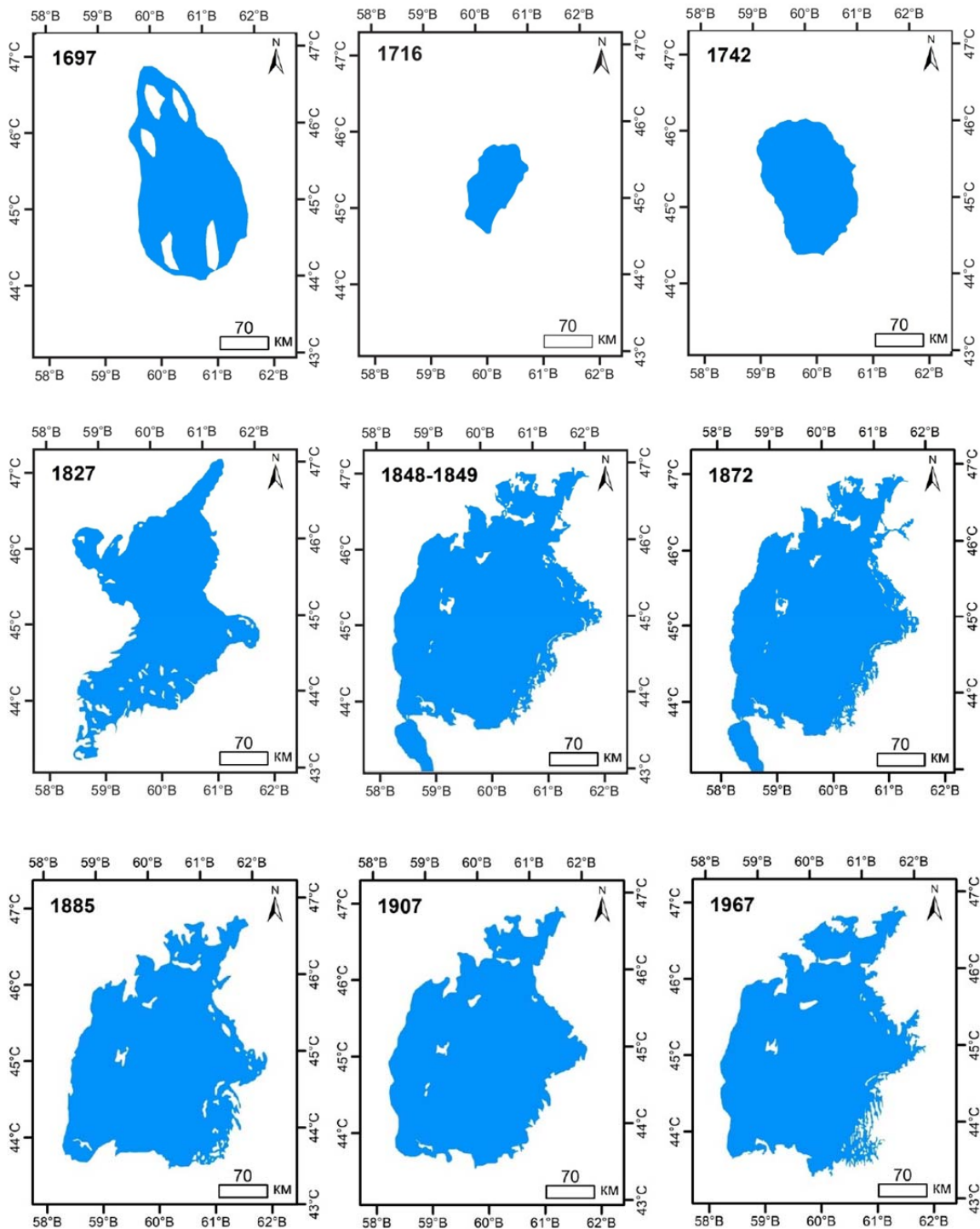
Зерттеу нысанын сандау және шейф файлын құру. Бұл жұмыстар Арал теңізін тарихи картадан цифрлау арқылы жүзеге асырылды. Ежелгі карталарды және ондағы нысандарды сандау - оларда жазылған тарихи ақпаратты түсінуге және пайдалануға жаңа мүмкіндіктер берудің қызықты тәсілі екені белгілі [21]. George және басқалар [22] көрсеткендей, бұл жұмыстар ГАЖ бағдарламасында деректер базасын құруға, тарихи, әлеуметтік және табиғи нысандарды қазіргі жағдаймен салыстырып, сандық және сапалық өзгерістерін анықтауға мүмкіндік береді [20, 23].

Арал теңізі акваториясы және оның динамикасы. Зерттеу нысанын сандау және шейф файлын құру бізге әртүрлі жылдар бойынша Арал теңізінің акваториясы туралы сандық мәліметтерді анықтауға және оның динамикасын жасауға мүмкіндік берді. Ол туралы ақпараттар төмендегі кестеде көрсетілді (кесте).

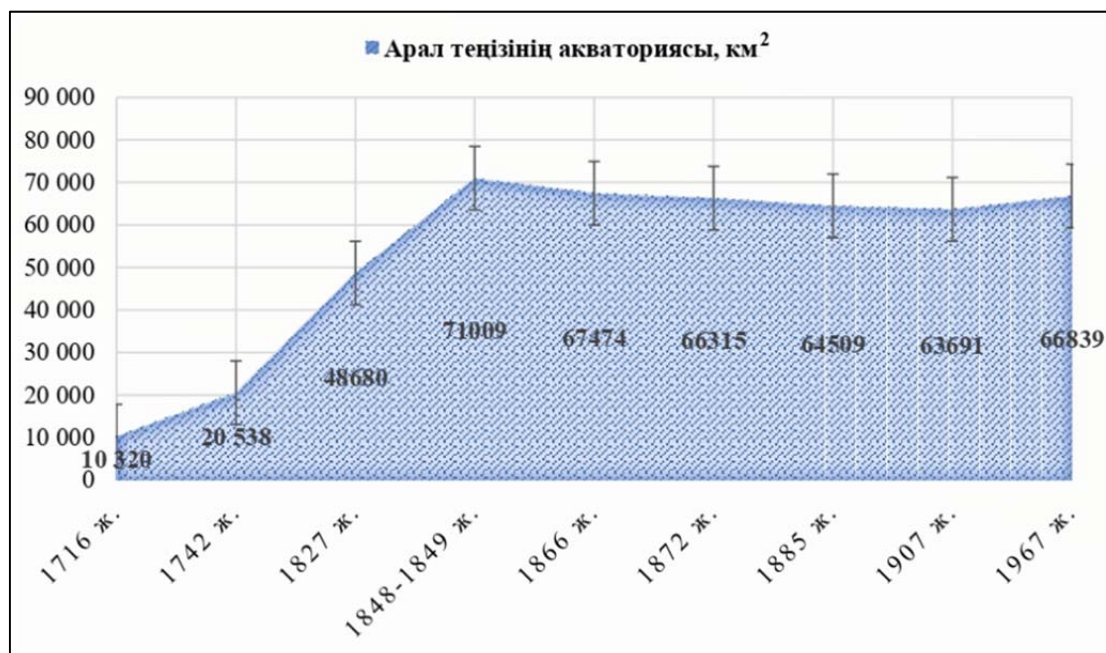
1716-1967 жылдар аралығындағы Арал теңізінің акваториясы

| Жыл | Картографиялық материал | Акваториясының ауданы (аралдарсыз), км ² |
|-----------|--|---|
| 1697 | Бүкіл суыз және өтпейтін тас даланың жер сызбасы картасы (Сібірдің сурет кітабынан). Масштаб көрсетілмеген. Автор С. У. Ремезов | — |
| 1716 | Парсының барлық бағыттар бойынша күші... Масштаб 1: 1:6 500 000. Авторлар: Хоманн Иоганн Баптист, Олеарий Адам, Тавернье Жан-Батист, Релант Адриан https://doi.org/10.3931/e-rara-32630 | 10 320 |
| 1742 | Дэвид Рамсидің тарихи карталар коллекциясы атласы: Парсы картасы. Масштаб: 1: 5 300 000. Автор L'Isle Guillaume de | 20 538 |
| 1827 | Евфрат, Тигр және Инд өзендері арасындағы аймақтар. Масштаб: 1:4 500 000. Авторлар: Райхард Кристиан Готлиб, Кампе Фридрих https://doi.org/10.3931/e-rara-35909 | 48 680 |
| 1848-1849 | Арал теңізінің картасы. Масштаб 1: 3000 000. Авторлар: Императорлық Ресей флоты, А. Бутаков жасаған | 71 009 |
| 1866 | Орталық Азия картасы (Дж. Т. Уокер, басшылығымен британдық және ресейлік офицерлер әзірлеген, масштаб 1: 3 000 000) | 67 474 |
| 1872 | Российская империя в Восточной и Западной Азии. Масштаб 1: 3 000 000). Авторлар: Фуллартон, А. и Ко. | 66 315 |
| 1885 | Каспий теңізінен Құлжаға дейінгі Ресей Азиясының картасы Масштаб 1: 6 500 000. Автор D. F. Henry Lansdell | 64 509 |
| 1907 | Аральское море. Масштаб 1: 3 000 000. Автор Л. С. Берг | 63 691 |
| 1967 | Өзбек КСРО және Түрікмен КСРО картасы. (Әлемдік Атластан). Масштаб 1: 3 000 000. Автор КСРО | 66 836 |

1697 жылғы С. У. Ремезовтың картасында Арал теңізі алғаш рет Каспий теңізінен толығымен бөлінген ішкі көл ретінде бейнеленді және Арал теңізі атауымен беріледі. Сондықтан, Арал теңізінің акваториясын есептеу жұмыстарын осы картадан бастау анағұрлық объективті болады деп есептейміз. Бір қызығы ЮНЕСКО-ның Ташкенттегі Бюросының аналитикалық жинағында [11], осы уақытқа дейінгі Аралдың арнасы Узбоймен жалғасып, Каспий теңізімен байланыста дамыған. Дегенмен, Арал теңізінің айдыны тарихтың әртүрлі кезеңдерінде суға толып, тартылып, қайта толысып отырған. Бұл процессті тарихи карталар негізінде жасаған Арал теңізінің әртүрлі жылдардағы акваториясынан көруге болады (4, 5-суреттер).



4-сурет – Арал теңізінің әртүрлі жылдардағы акваториясы



5-сурет – Арал теңізі акваториясының динамикасы

Арал теңізі әлем картографиясында өз атауымен пайда болған кезеңде (XVII-ғасырдың соңы мен XVIII-ғасырдың басында) оның деңгейі төмен болған. Дегенмен, С. У. Ремезовтың 1697 жылы құрастырылған картасында масштаб қолданылмауы, тарихи нысандардың орналасу орны нақты көрсетілмеуі (символдарды қолдануына байланысты) және картаның теріс бейнеленуі Арал теңізінің ауданын есептеп шығуға кедергі келтірді. Одан кейін бір жарым ғасыр бойы Арал теңізі акваториясы ауданында өсу динамикасы байқалады. 1716 жылғы карта бойынша 10320 км², 1742 жылғы карта бойынша 20538 км² және 1827 жылғы карта бойынша 48680 км² болғандығын анықтадық. Дегенмен, бұл кезеңде Арал туралы ғылыми ақпараттардың аз болуы және картографиялау әдіс-тәсілдерінің дами қоймауы – Арал теңізін картаға түсіруде қиындық туғызып, бұрмаланудың көп болуына себеп болуы мүмкін. Дегенмен, бұл уақыт аралығында Арал теңізінің акваториясының ұлғая түсуі - Каспий теңізіне құятын Амударияның солтүстік тармағын Аралға бұру уақиғасымен [5] тікелей байланысты екендігі анағұрлым шындыққа жанасады. Өйткені, тарихтың қай кезеңінде болса да, Арал теңізінің деңгейі оған құятын өзен суларының деңгейімен тікелей байланысты болған [11].

Кейбір дереккөздер бойынша [7] Арал теңізі туралы алғашқы сенімді карта 1848-1849 жылдары А. И. Бутаковтың басшылығымен жүргізілген ғылыми экспедиция нәтижесінде құрастырылған. Экспедиция барысында тереңдікті өлшеу жүргізілді, белгілі аралдар зерттелді және сипатталды және жаңа ашылулар жасалды, топырақ сынамалары алынды, судың тұздылығы, бағыты және жылдамдығы анықталды, жағалаулардың геологиялық ерекшеліктері зерттелді, өсімдіктер мен пайдалы қазбалардың үлгілері жиналды және магниттік ауытқудың анықтамалары жасалды. Осы карта арқылы біз Арал теңізі жеке нысан ретінде бейнеле бастағаннан бері, оның акваториясының ауданы максимум деңгейге 1848-1849 жылдары жеткенін көруге болады. Бұл кездегі Арал теңізінің акваториясының ауданы 71009 км² құрады. Дегенмен, кей дереккөздерде [7] сол кезеңде Аралдың біртіндеп тартыла бастағандығы айтылған.

1848-1849 жылдардан бастап, Арал теңізі акваториясында үлкен өзгерістер орын алмаған. Тарихи карталар негізінде оның акваториясы 1866 жылы 67474 км² құраса, 1907 жылға қарай біршама төмендеп (1872 жылы – 66315 км², 1885 жылы – 64509 км², 1907 жылы – 63691 км²), 1967 жылға қарай қайта біршама ұлғайған (66836 км²).

ЮНЕСКО-ның Ташкент Бюросының аналитикалық жинағында [11] 1845 және 1860 жылдардан кейін Арал теңізінің деңгейі жоғарылауы байқалғанын, ал 1880-жылдардың басында біршама төмендеп, кейін қайта жоғарылағандығын көрсетеді. Бұл деректер біздің есептеулермен сәйкес келеді. Дегенмен кей деректерде [24] 1960 жылдардың басына дейінгі кезеңдерде Арал

теңізінің су балансы таңқаларлықтай тұрақты болды, жыл сайынғы ағын мен таза булану ешқашан бір-бірінен ерекшеленбеді деп көрсетілген. Бұл туралы Д. А. Сорокин [10] анағұрлым шындыққа жанасатын ақпарат келтіреді. Ол 1850 жылдардан бастап, 1860 жылдарға дейін Арал теңізі деңгейінің ауытқуы үш метрден аспады және тек табиғи факторларға байланысты болғанын айтып, Арал теңізінің акваториясында кішігірім өзгерістер болғандығын көрсеткен.

Арал экологиялық апаты орын алғанға дейін 45 градус параллельдегі теңіз ені 265 км, жағалау сызығының ұзындығы 4430 км-ден асты. XX ғасырдың 60-жылдарында Арал теңізінің су айнасының ауданы 69,79 мың км², теңіздің максималды тереңдігі 69 м, ал су массасының көлемі шамамен 1083 км³ болған [11].

Біздің зерттеу нәтижелеріміз және жоғарыдағы талқылауда келтірілген мәліметтер Арал теңізі акваториясының әртүрлі тарихи кезеңдерде түрліше болғандығына дәлел бола алады. Демек, Арал теңізі акваториясының кішіреюі бұрын да орын алған. Мысалы, географиялық карталарда Арал теңізінің көрініс таба бастаған ғасырында, яғни, XVIII-ғасырда айтарлықтай кіші (20 мың км² айналасында) болды. Дегенмен, дәл қазіргідей апатты минимум деңгейге жеткен жок. Кейбір деректер бойынша 2018 жылғы теңіздің деңгейі 6,99 мың км² құрады.

Қорытынды. Арал теңізі тартылғанға дейін Орта Азиядағы Каспийден дейінгі ең ірі тұйық көл саналатын. Теңіз табиғатының және оның кеңістікте орналасу ерекшелігіне байланысты тарихтың әртүрлі кезеңдерінде әртүрлі атаумен аталуына себеп болған болуы мүмкін. Алайда, Арал теңізі туралы туралы ғылыми зерттеулерге негізделген деректер XVII мен соңы мен XVIII ғасырдың басына сәйкес келеді. Алғаш рет «Арал теңізі» атауы (қырғыздың Арал-Денгиз, яғни Арал теңізі атауынан) 1697 жылы С. У. Ремезовтың Сібірдің сурет кітабындағы «Бүкіл сусыз және өтпейтін тас даланың жер сызбасы» картасында пайда болды. Бұл зерттеулер Арал теңізінің әлем картографиясында жеке су нысаны ретінде қалыптасуына септігін тигізді. 1847-1848 жылдары А. Бутаков бастаған экспедиция Арал теңізінің алғашқы ғылыми сипаттамасын картасын жасауға себеп болды. XX-ғасырдың басында Л. Берг Арал теңізін терең зерттеп, Арал теңізі туралы монография жазған алғашқы ғалым ретінде тарихта қалды. Бұдан кейінгі кезеңдерде де Арал теңізі көптеген тақырыптық карталарда көрініс тауып, зерттеу тақырыбына айналды.

Арал теңізі бейнеленген карталарды пайдалана отырып, оның сол уақыттағы акваториясын есептеу жұмыстары ArcGIS 10.4.1 бағдарламасында мынадай операцияларды орындау арқылы жүзеге асырылды:

1. Тарихи карталарды кеңістіктік байлау.
2. Зерттеу нысанын сандау және шейф файлын құру.
3. Зерттеу нысанының акваториясын анықтау.

Тарихи карталар негізінде зерттеу нысанының бірнеше жылдар бойынша акваториясының көлемін анықтау жұмыстары Арал теңізі акваториясының көпжылдық динамикасын жасауға мүмкіндік берді.

Арал теңізінің әлем картографиясында өз атауымен пайда болған кезеңде (XVII-ғасырдың соңы мен XVIII-ғасырдың басында) оның деңгейі төмен болған. С. У. Ремезовтың 1697 жылы құрастырылған картасында масштаб қолданылмауы және тарихи нысандардың орналасу орны нақты көрсетілмеуі (символдарды қолдануына байланысты) Арал теңізінің ауданын есептеп шығуға кедергі келтірді. Одан кейінгі жылдардағы көлемі: 1716 жылғы карта бойынша 10 320 км², 1742 жылғы карта бойынша 20 538 км² және 1827 жылғы карта бойынша 48 680 км² болғандығын анықтадық. Дегенмен, бұл кезеңде Арал туралы ғылыми ақпараттардың аз болуы және картографиялау әдіс-тәсілдерінің жеткілікті дамымауы салдарынан біз қолданған карталарда бұрмалану болуы мүмкін екендігін жоққа шығармаймыз. Арал теңізінің максимум деңгейге жетуі 1848-1849 жылдары орын алғандығын (71 009 км²), 1907 жылға қарай біршама кішірейіп (63 691 км²), ал 1967 жылға қарай қайта біршама ұлғайғаны (66 836 км²) анықталды. Бұл мәліметтер Арал теңізі акваториясының тарихтың әртүрлі кезеңінде әртүрлі болғандығына дәлел бола алады. Дегенмен, дәл қазіргідей апатты минимум деңгейге жетпегенін айта кету керек.

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыратын BR21882416 «Орталық Азияның тарихи географиясы» бағдарламалық-нысаналы жобаның аясында орындалды.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Zonn I. S., Glantz M., Kosarev A. N., Kostianoy A. G. The Aral Sea Encyclopedia. – Springer Science & Business Media, 2009. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-85088-5>
- [2] Micklin P. The past, present, and future Aral Sea // *Lakes & Reservoirs: Research & Management*. – 2010. – Vol. 15, No. 3. – P. 193-213.
- [3] Бейсенова Ә. С. Қазақстанның физикалық географиясы: оқулық. – Алматы: «Ұлағат» баспасы, 2013. – 328 б.
- [4] Ashirbekov U. A., Zonn I. S. Aral: The History of Dying Sea. – Dushanbe, 2003. – 86 p.
- [5] Берг Л. С. Аральское море. – 1908. URL: <https://www.openrepository.ru/article?id=223836> (дата обращения: 31.03.2024).
- [6] Ремезов С. У. Чертежная книга Сибири. – Тобольск, 1701. – 48 с.
- [7] Книжные памятники. Топ 100. Карта Аральского моря, составленная с описей капитан-лейтенанта А. И. Бутакова. – 1850. – URL: https://nlr.ru/nlr_visit/RA6290/karta-aralskogo-morya (дата обращения: 31.03.2024).
- [8] Shnitkov A. V. Destin of the big lakes of Central Asia and Western Siberia // *Rep. On annual Readings of memory of L. S. Berg*. – L.: Hydrometeoedit, 1976. – P. 48-53.
- [9] Breckle S. W., Geldyeva G. V. Dynamics of the Aral Sea in geological and historical times // *Aralkum-a Man-Made Desert: The Desiccated Floor of the Aral Sea (Central Asia)*. – 2012. – P. 13-35.
- [10] Сорокин Д. А. Remote Sensing based Dynamics of the Aral Sea Water Area. – URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2015/08/09/dynamics-of-the-aral-sea-water-area/> (дата обращения: 31.03.2024).
- [11] ЮНЕСКО-ның Ташкент Бюросы Aral Sea and the Aral Region. Tashkent: Baktria Press. – 2017. – URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374223> (дата обращения: 31.03.2024).
- [12] Benduhn F., Renard P. A dynamic model of the Aral Sea water and salt balance // *Journal of Marine Systems*. – 2004. – Vol. 47, No. 1-4. – P. 35-50.
- [13] Wang X., Cui B., Chen Y., Feng T., Li Z., Fang G. Dynamic changes in water resources and comprehensive assessment of water resource utilization efficiency in the Aral Sea basin, Central Asia // *Journal of Environmental Management*. – 2024. – Vol. 353. – P. 120198.
- [14] Aladin N. V., Potts W. T. W. Changes in the Aral Sea ecosystems during the period 1960–1990 // *Hydrobiologia*. – 1992. – Vol. 237. – P. 67-79.
- [15] Маджидов О. Ш. Куда впадала река Амударья: палеогеографическое исследование // *Центрально-Азиатский журнал географических исследований*. – 2021. – Т. 3. – С. 45-54.
- [16] Mamedov E. D., Trofimov G. N. Hydrological phase of Dasht and climate chronology of holocene of Central Asia // *Uzb. geol. mag.* – 1992. – No. 1. – P. 54-57.
- [17] База данных по Аральскому морю // Основные морфометрические характеристики Аральского моря (отметка уровня воды, площадь зеркала, объем) [Электрон. ресурс]. – URL: <http://cawater-info.net/aral/data/index.htm> (дата обращения: 27.04.2024).
- [18] Balletti C. Analytical and quantitative methods for the analysis of the geometrical content of historical cartography // *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2000. – Vol. XXXIII, part B5. – P. 30-35.
- [19] Affek A. Georeferencing of historical maps using GIS, as exemplified by the Austrian military surveys of Galicia // *Geographia Polonica*. – 2013. – Vol. 86(4). – P. 375-390. <https://doi.org/10.7163/gpol.2013.30>
- [20] Lafreniere D., Rivet D. Rescaling the past through mosaic historical cartography // *Journal of Maps*. – 2010. – Vol. 6(1). – P. 417-422. <https://doi.org/10.4113/jom.2010.1120>
- [21] Bitelli G., Cremonini S., Gatta G. Cartographic heritage: Toward unconventional methods for quantitative analysis of pre-geodetic maps // *Journal of Cultural Heritage*. – 2014. – Vol. 15(2). – P. 183-195. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.04.003>
- [22] George M., Grethe R., Zacharias N. Depicting the past: The value of old maps and topographic diagrams in cultural heritage through GIS // *Journal of Archaeological Science: Reports*. – 2023. – Vol. 52. – P. 104276. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104276>
- [23] Baeten J., Lave R. Retracing Rivers and drawing swamps: Using a drawing tablet to reconstruct an historical hydroscape from army corps survey maps // *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*. – 2020. – Vol. 53(3). – P. 182-198. <https://doi.org/10.1080/01615440.2020.1748151>
- [24] Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект «Моря СССР». Т. VII: Аральское море / Под ред. В. Н. Бортника, С. П. Чистяевой. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 196 с.

REFERENCES

- [1] Zonn I. S., Glantz M., Kosarev A. N., Kostianoy A. G. The Aral Sea Encyclopedia. Berlin: Springer Science & Business Media, 2009. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-85088-5>
- [2] Micklin P. The past, present, and future Aral Sea // *Lakes & Reservoirs: Research & Management*. 2010. Vol. 15, No. 3. P. 193-213.
- [3] Beisenova A. S. Physical geography of Kazakhstan: textbook. Almaty: Publishing House "Ulagat", 2013. 328 p. (in Kazakh).
- [4] Ashirbekov U. A., Zonn I. S. Aral: The History of Dying Sea. Dushanbe, 2003. 86 p.
- [5] Berg L. S. The Aral Sea. 1908. URL: <https://www.openrepository.ru/article?id=223836> (date of reference: 03/31/2024) (in Russ.).
- [6] Remezov S. U. The drawing book of Siberia. Tobolsk, 1701. 48 p. (in Russ.).
- [7] Book monuments. Top 100. The map of the Aral Sea, compiled with the inventory of Lieutenant Commander A. I. Butakov. 1850 URL: https://nlr.ru/nlr_visit/RA6290/karta-aralskogo-morya (date of access: 03/31/2024) (in Russ.).

- [8] Shnitkov A. V. Destin of the big lakes of Central Asia and Western Siberia // Rep. On annual Readings of memory of L. S. Berg. L.: Hydrometeoedit, 1976. P. 48-53. (in Russ.).
- [9] Breckle S. W., Geldyeva G. V. Dynamics of the Aral Sea in geological and historical times // Aralkum-a Man-Made Desert: The Desiccated Floor of the Aral Sea (Central Asia). 2012. P. 13-35.
- [10] Sorokin D.A. Remote Sensing based Dynamics of the Aral Sea Water Area. URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2015/08/09/dynamics-of-the-aral-sea-water-area/> (date of reference: 03/31/2024).
- [11] UNESCO Tashkent Bureaucrats of the Aral Sea and the Aral Region. Tashkent: Baktaria Press, 2017 URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374223> (date of application: 03/31/2024).
- [12] Benduhn F., Renard P. A dynamic model of the Aral Sea water and salt balance // Journal of Marine Systems. 2004. Vol. 47, No. 1-4. P. 35-50.
- [13] Wang X., Cui B., Chen Y., Feng T., Li Z., Fang G. Dynamic changes in water resources and comprehensive assessment of water resource utilization efficiency in the Aral Sea basin, Central Asia // Journal of Environmental Management. 2024. Vol. 353. P. 120198.
- [14] Aladin N. V., Potts W. T. W. Changes in the Aral Sea ecosystems during the period 1960-1990 // Hydrobiologia. 1992. Vol. 237. P. 67-79.
- [15] Majidov O. S. Where the Amu Darya River flowed into: Paleogeographic research // Central Asian Journal of Geographical Research. 2021. Vol. 37. P. 44-54.
- [16] Mamedov E.D., Trofimov G.N. Hydrological phase of Dasht and climate chronology of holocene of Central Asia // Uzb. geol. mag. 1992. No. 1. P. 54-57.
- [17] Database on the Aral Sea / Basic morphometric characteristics of the Aral Sea (water level mark, mirror area, volume) [Electron. resource] URL: <http://cawater-info.net/aral/data/index.htm> (accessed: 04/27/2024) (in Russ.).
- [18] Ballelli C. Analytical and quantitative methods for the analysis of the geometric content of historical cartography // International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. 2000. Vol. XXXIII, part B5. P. 30-35.
- [19] Affek A. Georeferencing of historical maps using GIS, as exemplified by the Austrian military surveys of Galicia // Geographia Polonica. 2013. Vol. 86(4). P. 375-390. <https://doi.org/10.7163/gpol.2013.30>
- [20] Lafreniere D., Rivet D. Rescaling the past through mosaic historical cartography // Journal of Maps. 2010. Vol. 6(1). P. 417-422. <https://doi.org/10.4113/jom.2010.1120>
- [21] Bitelli G., Cremonini S., Gatta G. Cartographic heritage: Toward unconventional methods for quantitative analysis of pre-geodetic maps // Journal of Cultural Heritage. 2014. Vol. 15(2). P. 183-195. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.04.003>
- [22] George M., Grethe R., Zacharias N. Depicting the past: The value of old maps and topographic diagrams in cultural heritage through GIS // Journal of Archaeological Science: Reports. 2023. Vol. 52. P. 104276. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104276>.
- [23] Baeten J., Lave R. Retracing Rivers and drawing swamps: Using a drawing tablet to reconstruct an historical hydroscape from army corps survey maps // Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History. 2020. Vol. 53 (3). P. 182-198. <https://doi.org/10.1080/01615440.2020.1748151>
- [24] Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. The project "Seas of the USSR". Vol. VII: The Aral Sea / Edited by V. N. Bortnik, S. P. Chistyayeva. L.: Hydrometeoizdat, 1990. 196 p. (in Russ.).

Ш. У. Лайсханов^{*1}, К. Д. Каймулдинова², Д. Т. Алиаскаров³

¹ PhD, ассоциированный профессор (Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан; laiskhanov@gmail.com)

² Д. г. н., профессор (Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан; kulash_kaymuldin@mail.ru)

³ PhD, старший преподаватель (Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан; duman_06@mail.ru)

ДИНАМИКА АКВАТОРИИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ НА ИСТОРИЧЕСКИХ КАРТАХ

Аннотация. Глобальный экологический кризис Аральского моря в последние десятилетия привлек внимание многих исследователей к проблеме изменения его акватории и влияния этих изменений на окружающую среду. Обычно при анализе динамических изменений акватории Аральского моря исследователи ориентируются на данные последних пятидесяти лет. Но информации о количественных изменениях акватории за период с его появления на картах до превращения в зону экологического бедствия недостаточно. Наша цель – с использованием исторических карт исследовать площадь акватории Аральского моря в разные годы и отследить динамику изменений до наступления экологической катастрофы. Мы проанализировали научные работы и карты, связанные с происхождением и историей развития акватории Аральского моря. С помощью программы ГИС ArcGIS 10.4.1 мы рассчитали площадь Аральского моря на исторических картах. Динамика с 1716 по 1967 год показывает, что в 1716 году площадь моря была небольшой (10 320 км²). В 1742 году она увеличилась до 20 538 км², в 1827 году – до 48 680 км². Максимальная площадь была достигнута в 1848-1849 годах (71 009 км²), затем немного уменьшилась к 1907 году (63 691 км²) и снова

возросла к 1967 году (66 836 км²). Однако мы не исключаем, что до 1848-1849 годов, когда проводились основательные исследования, исторические карты могли содержать больше искажений из-за недостатка научной информации и ограничений методов картографирования.

Ключевые слова: Аральское море, исторические карты, динамика акватории Аральского моря, геоинформационная система (ГИС), проблема Арала.

Sh. U. Laiskhanov^{*1}, K. D. Kaymuldinova², D. T. Aliaskarov³

¹ PhD, associate professor (Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan;
laiskhanov@gmail.com)

² D.g.s, professor (Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan;
kulash_kaymuldin@mail.ru)

³ PhD, senior lecturer (Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan;
duman_06@mail.ru)

DYNAMICS OF THE ARAL SEA WATER ON AREA HISTORICAL MAPS

Abstract. The global environmental crisis of the Aral Sea has garnered the attention of researchers in recent decades, leading to an increase in studies on changes in the water area and its environmental impact. While most research on the Aral Sea focuses on the past fifty years, there is a lack of information on quantitative changes from its inception to becoming an environmental disaster. Our aim is to utilize historical maps to examine the Aral Sea's area in different years and trace its evolution before the environmental crisis. By reviewing scientific papers and maps using international search engines and electronic resources, we analyzed the area of the Aral Sea on historical maps with the ArcGIS 10.4.1 GIS program. The data from 1716 to 1967 reveals that the area was 10 320 km² in 1716, expanding to 20 538 km² in 1742 and reaching a peak of 71 009 km² in 1848-1849. Subsequently, the area decreased slightly to 63 691 km² by 1907 before rising again to 66 836 km² by 1967. It is worth noting that pre-1848-1849 historical maps may have more inaccuracies due to limited scientific knowledge and mapping techniques.

Keywords: Aral Sea, historical maps, Aral Sea dynamics, Geoinformation system (GIS), Aral Sea issue.

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-64-82.13>

GTAMP 37.27.19

ӨЖ 556

М. М. Молдахметов¹, Л. К. Махмудова², А. К. Мусина³, Ә. С. Абдуллаева*⁴

¹Доцент, г. ғ. к., агробиологиялық ғылыми-зерттеу орталығының директоры (Ш. Мұртаза атындағы Халықаралық тараз инновациялық институты, Тараз, Қазақстан; mmoldahmetov64@mail.ru)

²Қауымдастырылған профессор, г. ғ. к., су ресурстары зертханасының жетекші ғылыми қызметкері (География және су қауіпсіздігі институты, Алматы, Қазақстан; mlk2002@mail.ru)

³Г. ғ. к., аға оқытушы (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; ainur.musina@kaznu.edu.kz)

⁴Жаратылыстану ғылымдарының магистрі, оқытушы (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; assel.abdullayeva@kaznu.edu.kz)

ЖАЗЫҚТЫҚ ҚАЗАҚСТАН ӨЗЕНДЕРІ АҒЫНДЫСЫНЫҢ КӨПЖЫЛДЫҚ ТЕРБЕЛІСІНДЕГІ ТҰРАҚСЫЗДЫҚТЫ ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Мақалада Тобыл өзені алабы бойынша метеорологиялық және гидрологиялық мәліметтер талданды. Зерттеу нәтижесінде Тобыл алабы бойынша температура мәндерінің өзгерісінде айқын тренд байқалды. Ал жауын-шашын мәндерінің тек салқын кезеңдегі тербелісі статистикалық тұрғыдан мәнді өзгеріске ие екендігі анықталды. Тобыл өзені алабының жазғы күзгі және қысқы ең аз ағындысын бағалау өткен ғасырдың 80 жж. бастап ағынды режимінде бағыттық өзгерістер байқалғандығын көрсетті. Сондай-ақ, Тобыл өзені алабындағы маусымдық ағындының түрлі атмосфералық айналым формаларының синоптикалық жағдайларымен байланысы анықталды. Атмосфералық айналым дәуірлерінің Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысымен байланысы айналымның Е формасы дәуіріне ең аз ағындысының орташа мәні қалыпты шамадан төмен суы аз жылдар кезеңі сәйкес келетіндігін, С формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамадан жоғары мәндері сәйкес келетіндігін, ал айналымның Е формасы басым болған Е+С формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамаға жуық сулылығы орташа жылдары сәйкес келетіндігін және дәл осындай сипат Е+W дәуірінде де байқалатындығын көрсетті.

Түйін сөздер: гидрологиялық процестер, ағындының тұрақсыздығы, ағындының циклдық тербелісі, гидроклиматтық сипаттамалар, атмосфералық айналым.

Кіріспе. Бүгінгі таңда жазықтық Қазақстан өзендерінің ағынды режимі табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен туындайтын тұрақсыздықтың пайда болуымен сипатталады. Бұл құбылыстың пайда болуы жазықтық өзендерін шаруашылықта пайдалану деңгейінің төмендеуіне және экономиканың түрлі салаларын, су шаруашылығының түрлі нысандарын сумен қамтамасыз ету кезінде қосымша қауіптерге әкелуі мүмкін.

Климат пен өзен ағындысының көп жылдық динамикасындағы тұрақсыздық гидрологиялық сипаттамалардың өзгеруіне, бұл өз кезегінде жобаланатын бөгендер мен тоғандардың параметрлерінің өзгеруіне алып келеді. Осы тұрғыдан алғанда су ресурстарын басқару міндеттерін шешуде өзен ағындысы тұрақсыздығын есепке алу гидрологиялық есептеулер мен өзен ағындысын реттеу теориясының бірқатар маңызды тармақтарына әсер етеді. Бұл өзен ағындысы параметрлерін есептеу әдістерін жаңа ғылыми деңгейде жетілдіруді қажет етеді. Өкінішке қарай, гидрологиялық есептеулер проблемасы бүгінгі таңда өте күрделене түсті. Шынында да, климатта бағыттық өзгеріс байқалса және ол тұрақты түрде өзгертін болса, онда көпжылдық бақылау қатарының алдыңғы бөлігі бүгінгі күннің шындығын көрсете алмайды және оны қолдану осы сипаттаманың ықтимал мәндерінің, оның үлестірім заңдылығының бұрмалануына алып келеді.

«Ағынды сипаттамалары тұрақты ма, әлде тұрақсыз ба?» деген сұрақ өзгермелі әлемде туындайтын тәуекелді басқарудың салдары туралы көптеген пікірталас тудырды. Қарапайым деңгейде тұрақты ағынды процесі дегеніміз – ағынды үлестірімінің статистикалық қасиеттері уақыт өте келе өзгермейтін процесс. Демек, тұрақты уақыттық қатардың орташа мәні, дисперсиясы немесе формасы ешқандай ығысуды көрсетпеген болар еді. Сирек қайталанатын гидроклиматтық жағдайлар үшін бұл жауын-шашын, өзен ағындысы үлестірімі, ауа температурасы, жел сипаттамалары өзгергіштіктің белгілі бір тұрақтылық аймағы шегінде ғана ауытқуы керек дегенді

білдіреді. Ағындының тұрақтылығы жөніндегі тұжырым ұзақ уақыт бойы ықтимал максималды жауын-шашын немесе 100 жылда бір қайталанатын су тасқыны сияқты белгілі бір жиіліктегі оқиғалардың шамасын анықтау арқылы апаттық құбылыстарды статистикалық талдауға және инженерлік құрылыстарды жобалауға негіз болды [1].

Гидроклиматтық параметрлер шамаларының бағыттық, кезеңдік өзгерістері, жиілігінің, ұзақтығының, көлемінің, кеңістік бойынша таралу ауқымының өзгеруі әлемнің түрлі нүктелерінде жаппай анықталды және климат пен ағындының тұрақтылығы жөніндегі тұжырымды «келмеске» жіберді. Тұрақсыздыққа ықпал ететін табиғи және антропогендік факторларды бір-бірінен ажырату өте күрделі мәселе. Климаттық факторларға антропогендік факторлардың үстемеленуі, оларды өлшеу немесе есепке алу кезінде жіберілетін қателіктердің айтарлықтай үлкен болуы мәселені одан әрі ушықтырады. Оның үстіне климаттық және антропогендік факторлар өзара тығыз байланыста болуы мүмкін, таза табиғи фактор деп есептеуге болатын факторлардың өзі климаттың антропогендік өзгерісіне ұшырауы бек мүмкін.

Тұрақсыздықтың кенеттен көрініс беруіне әсер ететін факторлар, мысалы бөгендер салу, су нысандарынан үлкен көлемде су алу, басқа алап өзендерін бұру, немесе каналдар арқылы көршілес алаптардан су жеткізу арқылы сумен қамтуды ұлғайту уақыттық қатарларда айқын білінуі мүмкін. Ал ағындыға біртіндеп әсер ететін бағыттық өзгерістерді, сонымен қатар ауытқуға алып келетін климаттық, өсімдік жамылғысының өзгерістерін, басқа да ілеспе факторлардың ағындыға әсерін айқындау, түсіндіру қиынға соғады.

Өзендер ағындысының циклдық тербелісі – бұл ғаламдық және ғарыштық геофизикалық күштердің Жердің атмосферасына, ионосферасына, гидросферасына және литосферасына мерзімді және циклдік әсерінің жиынтық әсерінен туындаған күрделі детерминирленген процесс. Қазіргі уақытта олардың шығу тегі туралы үш көзқарас бар.

1. Ағындының циклдік тербелісі геофизикалық және гелиофизикалық процестердің тербелістеріндегі циклдылықпен және инерциялықпен түсіндіріледі; кейбір ғалымдар оны атмосфера-гидросфера жүйесінің автотербелістерімен байланыстырады; ағындының көпжылдық тербелісінде циклділік сипаты айқын білінеді.

2. Ағынды тербелісі – бірнеше кездейсоқ процестің жиынтық әсерінен туындайтын кездейсоқ процесс.

3. Ағынды тербелісінде айқын білінетін циклдылықтан басқа, суы аз жылдар мен суы мол жылдарға топтасу тенденциясы бар.

Гидрологиялық процестер көп факторлы және көп циклды процестерге жатады. Сондықтан ағындының көпжылдық тербелісін зерттеу кезінде олардың ұзақтығы мен аумақтық таралуы бойынша табиғи циклдық өзгерістер үлкен қызығушылық тудырады. Циклдық тербеліс фазаларының кеңістік бойынша таралуын зерттеу, яғни суы мол жылдар мен суы аз жылдардың топтасуын зерттеу ерекше маңызды. Тербелмелі процесті бір ғана гармониканың көмегімен сипаттау өрескел жуық үлгіні береді.

Уақыттық қатардағы гармониктердің саны бақылау қатарындағы жылдар санының тура жартысына тең. Теория жүзінде оларды қосу арқылы жуықтап бастапқы қатарды үлгілеуге болады. Бірақ, іс жүзінде мұны орындау өте қиын, сондықтан уақыттық қатарды көбінесе бірнеше негізгі тербелістердің қосындысы ретінде береді. Трендтік құраушыны айқындау өте күрделі міндет.

Табиғи процестердің ырғағын және оның себептерін анықтау гидрометеорология ғылымының ең маңызды міндеттерінің бірі. Өзендер ағындысының ырғағы табиғи процестердің кеңістік және уақыт бойынша көпжылдық тербелісінің негізгі көрсеткіштері болып табылады. Табиғи құбылыстардың даму сипатын ғарыштық ырғақтар айқындайды. Шығу тегі мен ұзындығы әртүрлі ғарыштық ырғақтар Жер шарында жүретін барлық процестерді реттейді. Ғылымда периодтылық пен циклдылық термині жиі қолданылады. Периодтылық деп тең шамалы уақыт аралығын айтамыз, ал циклдылық деп – белгілі бір процестердің уақыт бойынша қатаң емес қайталандылығын айтамыз.

Кез келген уақыттық қатарды кездейсоқ, циклдылық (гармоника) және сызықтық (тренд) құраушыларының жиыны ретінде қарастыруға болады. Кездейсоқ құраушыны іс жүзінде есепке алу мүмкін емес. Гармоника – қатаң математикалық функция синусоидамен сипатталатын процесс. Өзен ағындысы тербелісінің толық циклі екі суы аз фазадан және екі суы мол фазадан тұрады және

360° құрайды. Сонымен 0°-90° дейін және 270°-360° дейінгі фазалық бұрыштар өзен сулылығының көтерілуіне сәйкес келсе, 90°-тан 270°-қа дейін төмендеуіне сәйкес келеді.

Уақыттық қатардың тренд компонентін анықтау Е. А. Леоновтың, В. Е. Леоновтың, К. Е. Винниковтың, А. В. Христофоровтың, Р. И. Гальпериннің және т.б. [2-6] жұмыстарында кеңінен қарастырылған.

Жазықтық Қазақстан өңірінің тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін қолда бар су ресурстарының көлемін, олардың кеңістік және уақыт бойынша таралу заңдылықтарын білу, ағынды режимінің тұрақтылығын анықтау өте маңызды практикалық міндеттердің бірі.

Апаттық гидрологиялық құбылыстарды басқару мақсатында ағындының уақыттық қатарын стационар емес деп қарастыру жөнінде шешім қабылдау су ресурстары саласындағы ғалымдар мен практиктердің алдында тұрған үлкен міндет. Қысқа мерзімді бағыттық өзгерістер ағынды қатарларында жиі кездеседі, олар уақытқа және жиілікке тәуелді. Алайда, мұндай бағыттық өзгерістер міндетті түрде ағынды қатарының тұрақсыздығын білдірмейді [7].

Уақыттық ағынды қатарларында кездесетін көпжылдық ығысулар бар болғаны анағұрлым ұзақ таңдамаларда кездесетін уақытша ауытқулар, талдау үшін алынған бағыттық өзгерістердің бастапқы немесе соңғы датасы болуы мүмкін. Демек, мұндай ағынды қатарын тұрақсыздыққа талдаудан өткізудің қажеті жоқ. Қысқа уақыттық қатарларға тұрақсыздық модельдерін дұрыс қолданбау белгісіздікті арттырудың жағымсыз әсеріне әкелуі мүмкін. Ағынды қатарының құрылымы және оны айқындайтын физикалық факторлардың күйі де айқын болмаған жағдайда, апаттық құбылыстарды болжау және оларды басқару үшін ағынды қатарын тұрақты деп қабылдаған анағұрлым тиімді.

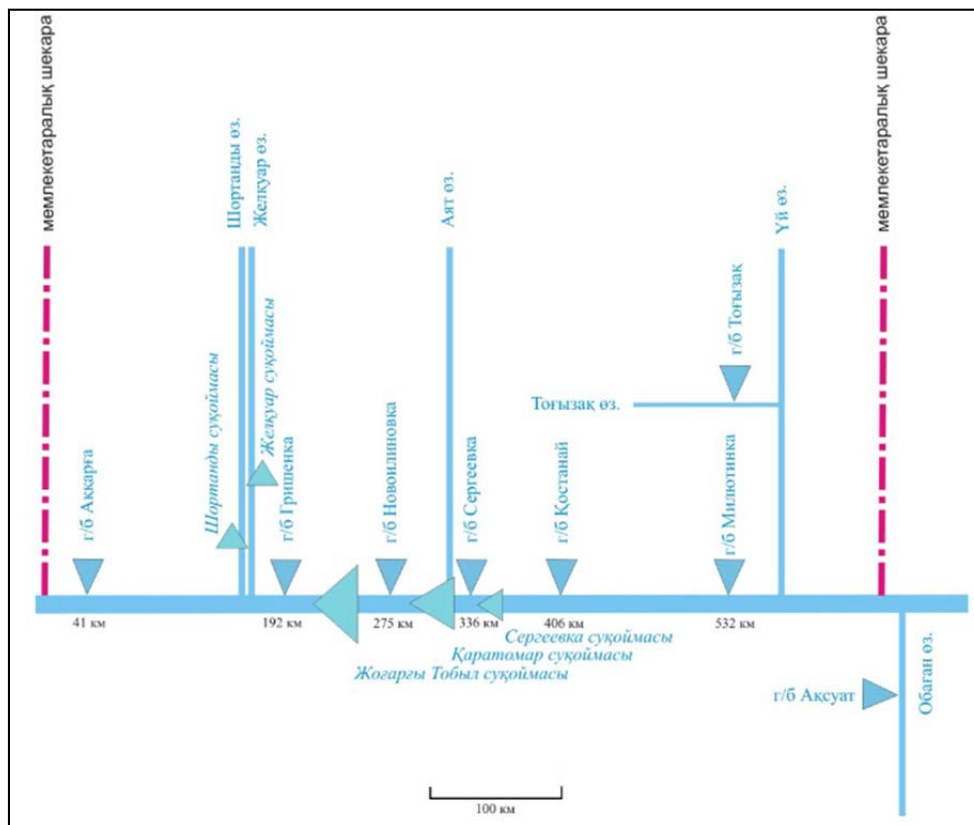
Бұл зерттеудің негізгі мақсаты Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағынды сипаттамаларының ХХ-ХХІ ғ. кеңістіктік және уақыттық өзгергіштігін талдау. Осыған орай зерттеу барысында ең аз ағынды бойынша гидрометеорологиялық ақпаратты жинау және өңдеу, гидрологиялық ағынды қатарларын статистикалық талдау, сулылығы әртүрлі жылдар бойынша Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысының қалыптасу жағдайын саралау жүзеге асырылды.

Ұзақ мерзімді гидротехникалық имараттарды жобалау кезінде ғасырлық және ғасыршілік циклдарда трендтің пайда болу ықтималдығын ескеру қажет. Соңғы онжылдықтарда су ресурстарының жеткіліксіз болуының әсерінен гидрологиялық нысандарға түсетін антропогендік жүктеменің күрт өсуі байқалған Тобыл өзені алабы үшін өте өзекті.

Тобыл алабы өзендерінің ағындысына адамның шаруашылық іс-әрекетінің тигізетін әсерін бағалау бойынша зерттеу жұмыстары И. А. Шикломановтың, В. Е. Водогребскийдің, Р. И. Гальпериннің, М. М. Молдахметов, Л. К. Махмудованың, А. К. Мусинаның [8-12] еңбектерінде кездеседі.

Зерттеу ауданы. Тобыл өзені Ресей Федерациясының бірнеше облысының аумағын және Қостанай облысын басып өтетін трансшекаралық өзен (1-сурет). Тобыл өзені өзінің ірі салалары – Үй, Тоғызақ, Аят, Желқуар, Шортанды және осы өзендердің бойында тұрғызылған су қоймалары каскадымен бірігіп өңірді сумен қамтамасыз етеді. Тобыл өзені бастауын Орынбор облысынан алады, әрі қарай оған Челябинск облысында Сынтасты және Берсуат өзендерінің бірігуінен қалыптасатын Желқуар өзені құяды. Келесі ірі салалары Аят және Үй өзені. Олардың жоғарғы ағысы Челябинск облысына, ал төменгі ағысы Қазақстанға тиесілі. Үй өзені Тобылға сол жағалаудан құяды, алабының басым бөлігі Челябинск облысында орналасқан. Обаған өзені Қостанай облысының аумағымен ағады да, Тобылға оның сағасынан 902 км қашықтықта орналасқан Звериноголовское бекетінің тұсында құяды. Тобыл өзені ағындысының негізгі бөлігі Ресейде қалыптасады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Тобыл өзені алабындағы ең аз ағынды сипаттамаларының ХХ-ХХІ ғ. кеңістіктік және уақыттық өзгергіштігін талдау кезінде «Қазгидромет» РМК стационарлық желісіне қарасты осы алап шегінде орналасқан гидрологиялық бекеттер бойынша бақылау жұмыстары жүргізілгеннен бастап 2021 жылға дейінгі мәліметтер алынды [13-19]. Сонымен қатар, климат өзгерістерінің ағынды сипаттамаларына әсерін бағалау мақсатында Тобыл өзені алабындағы 5 метеостанция бойынша бақылау жұмыстары жүргізілгеннен бастап 2000 жылға дейінгі ауа температурасы мен жауын-шашын мәліметтері «Қазгидромет» РМК қорынан және 2000-2021 жж. аралығындағы мәліметтер «Қазгидромет» РМК метеорологиялық мәліметтер базасынан (https://meteo.kazhydromet.kz/database_meteo/) жинақталды.



1-сурет – Тобыл өзені бойындағы гидрологиялық бекеттер мен суқоймалардың орналасу сұлбасы

Ағындының көпжылдық тербелісін зерттеу теориялық тұрғыдан да, практикалық тұрғыдан да маңызды, өз алдына қызықты мәселе. Олар белгілі бір климаттық өзгерістермен анықталады, ал олардың сипатын анықтау, біріншіден қандай да бір деңгейде олардың табиғатын ашуға, екінші жағынан көпжылдық ағынды тербелісінің детерменделген құраушысының даму барысын болжауға мүмкіндік береді.

Ағындының көпжылдық ауытқуы гидрологиялық сипаттамалардың қалыпты шамасы мен үлестірім параметрлерін бағалау үшін репрезентативті кезеңді таңдау мақсатында талданады. Климаттың бағыттық өзгерісі жағдайында бұл мәселе ерекше маңызға ие болады, себебі бұл сипаттамаларды көпжылдық кезең үшін есептеу ғана емес, сонымен қатар оларды қазіргі өзгерген жағдайлар үшін бағалау, жақын болашаққа болжам жасау ерекше мәнге ие болады.

Есептік кезеңді шектеу қажет, ал оны таңдау үшін көпжылдық ағынды жүргісін егжей-тегжейлі зерттеу керек.

А. С. Шкляев пен Г. С. Калининнің пікірінше [20] «Тобыл алабында есептік кезең міндетті түрде өзен ағындысы ауытқуының толық айналымын қамтуы тиіс – бұл анық...» және ағындының қалыптасу жағдайлары бойынша үлкен айырмашылықтары бар С және Е дәуірлерін қамтитын кезеңдерді біріктіруі тиіс. Алайда, ұзақтығы 30-35 жыл уақыттық қатарлар әрқашан зерттеу мақсаттарын қанағаттандыра бермейді. Г. И. Швец (1978) [21], В. Клемеш (1995) [22] зерттеулері көрсеткендей су ресурстарын бағалау кезінде (демек, өзен ағындысы өрістерінің кеңістіктік-уақыттық құрылымын зерттеу кезінде) нәтижелердің сенімділігі қолданылатын қолда бар гидрологиялық қатардың ұзақтығына тәуелді.

Гидроклиматтық сипаттамаларды есептеуді кем дегенде екі нұсқада жүргізген жөн: соңғы онжылдықтар бойынша (бүгінгі жағдай), көпжылдық кезең бойынша (тренд белгісі өзгерген жағдайда); сондай-ақ жақын болашаққа гидроклиматтық сипаттамалардың ықтимал мәндерін бағалау қажет.

Ағынды тұрақты емес. Оның екі себебі бар: климаттық өзгерістер және өзеннің су жинау алабында, арналарда жүргізілген адамның шаруашылық іс-әрекеті. Климаттық өзгерістер – температура көрсеткіштерінен жақсы байқалады. Температура өзгерістерінің неден болғанына

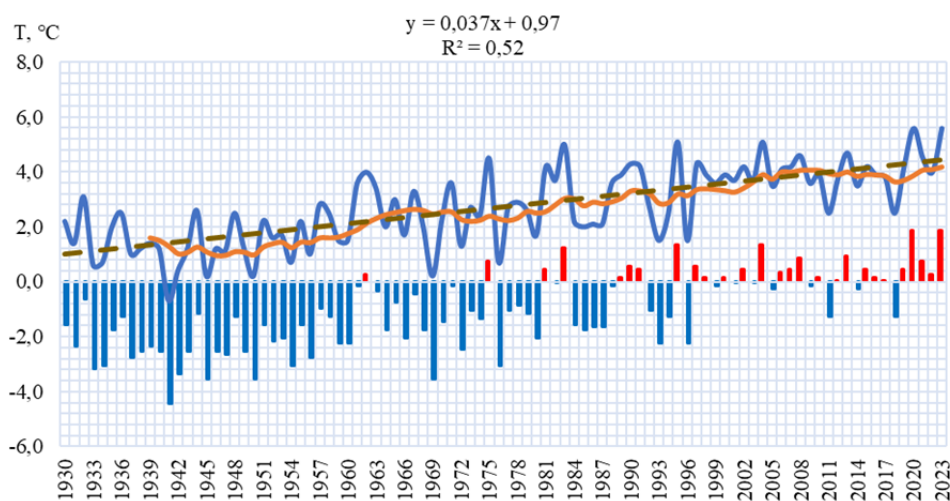
карамастан, климаттың жылынуы айқын. Зерттеу алабы бойынша Жетіқара, Қостанай, Қарасу, Құсмұрын және Диевский МС бойынша аспапты бақылаулар жүргізілгеннен бастап 2023 жылға дейінгі ауа температуралары мәндерінің уақыттық қатарлары талданды. Талдау нәтижелері аталған метеостанциялар бойынша орташа жылдық ауа температурасы мәндері бойынша тренд сызығының детерминация коэффициенті 0,31-0,52 аралығын құрады. 10 жылдық жылжымалы орташа ауа температурасы бойынша тұрғызылған сызықтық тренд айнымалысының дисперсиясындағы үлесі 0,84-0,95 көрсетті. Сонымен қатар, 1930-2023 жж. аралығындағы ауа температуралары мәндерінің уақыттық қатарлары салқын және жылы кезеңдер үшін талданды. Ауа температурасы мәндерінің 10-жылдық жылжымалы орташалары жылы кезеңдер үшін аппроксимацияның сенімділік шамасы 0,83-0,91 аралығын, салқын кезеңдер үшін 0,55-0,84 аралығын қамтыды, яғни жылдың жылы мезгілінде ауа температурасының бағытты өзгерістері статистикалық тұрғыдан мәнді. Ауа температурасының көпжылдық мәндері талдау барысында екі кезеңге бөлінді, сыну нүктесі ретінде барлық метеостанциялар бойынша 1985 жыл алынды. Салыстыру нәтижелері 1986-2023 жж. аралығындағы ауа температурасының орташа мәндері бақылау басталғаннан 1985 ж. дейінгі мәндерге қарағанда 0,1-3,0 °С жоғары екендігін көрсетті, жылдың салқын мезгіліндегі айырмашылық 2,0-3,0 °С құраса, жылы мезгілдегі ауа температурасының өзгерістері 0,1-08 °С.

2- және 3-суреттерде Қостанай метеостанциясының 1991-2020 жж. бойынша базалық кезеңдегі орташадан ауа температурасының ауытқуының абсолютті мәндері мен салқын және жылы кезеңдер бойынша тұрғызылған графиктері берілген.

Тренд сызығы 1930-2020 жж. аралығы бойынша 10 жылдық жылжымалы орташа ауа температурасы бойынша тұрғызылды. Трендтің статистикалық мәні бар. Сызықтық трендтің айнымалының дисперсиясындағы үлесін көрсететін детерминация коэффициенті 0,93 тең. Ауа температурасының жылдың суық кезеңі бойынша жылыну жылдамдығы 0,52°С/10 жылды құраса, жылы кезең бойынша жылыну жылдамдығы 0,30°С/10 жылды көрсетіп отыр.

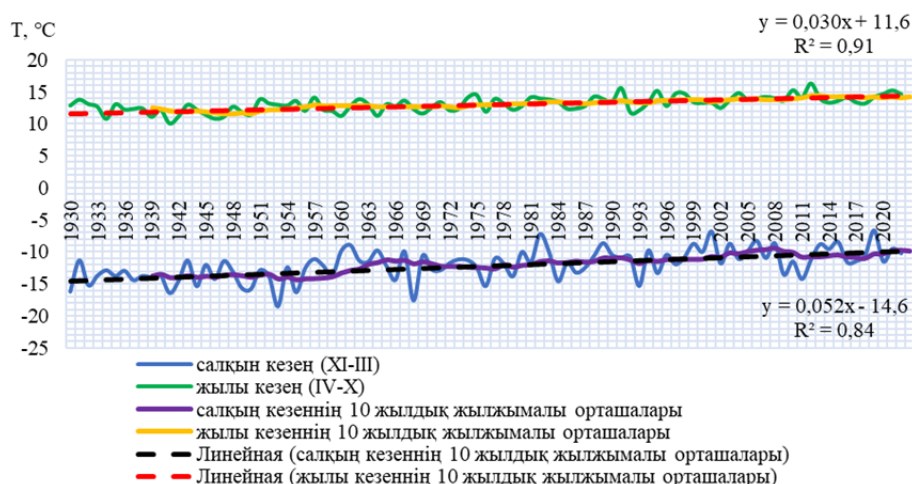
Ауа температурасының айтарлықтай жоғарылауы, ауаның абсолюттік ылғалдылығын едәуір жоғарылатады, нәтижесінде жалпы массалық жауын-шашын мөлшері біршама артады. Континенттерде ылғалдылық режимі анағұрлым біртекті бола бастайды [23].

Зерттеу ауданындағы жауын-шашын мөлшерінің уақыттық өзгерісін бағалау үшін Тобыл өзені алабына әсер ететін Жетіқара, Қостанай, Құсмұрын және Қарасу метеостанциялары бойынша жауын-шашын мөлшерінің жиынтық мәндері аспапты бақылаулар жүргізілгеннен бастап 2023 жылға дейінгі аралықта талданды (4-сурет). Атмосфералық жауын-шашынның аталған метеостанциялар бойынша жиынтық мәндері тренд сызықтарының детерминация коэффициенті статистикалық тұрғыдан мәнді емес (0,03-0,09). Жауын-шашынның жиынтық мәндерінің 10 жылдық жылжымалы орташалары бойынша тұрғызылған сызықтық тренд айнымалысының дисперсия-



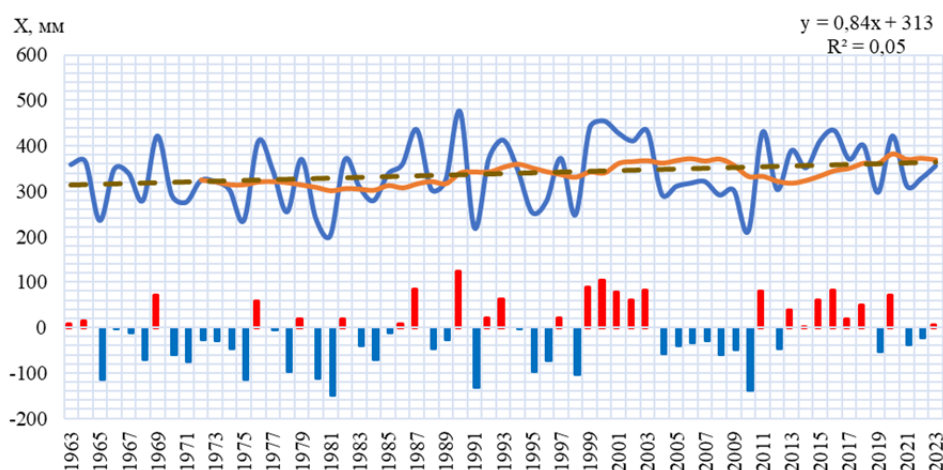
2-сурет – Қостанай МС бойынша 1930-2023 жж. аралығындағы орташа жылдық ауа температурасы мәндерінің қалыпты шамадан ауытқуының уақыттық қатары.

Ауытқулар 1991-2020 жж. ДМУ базалық кезеңіне қатысты есептелген. 1930-2023 жылдар бойынша сызықтық тренд қоңыр түспен берілген. Тегістелген қисық 10 жылдық жылжымалы орташадан ($R^2 = 0,93$) алынған



3-сурет – Қостанай МС бойынша 1930-2023 жж. аралығындағы салқын және жылы кезендердегі ауа температурасы мәндерінің уақыттық қатары және 10-жылдық жылжымалы орташалары.

Тегістелген қисық 10 жылдық жылжымалы орташадан алынған



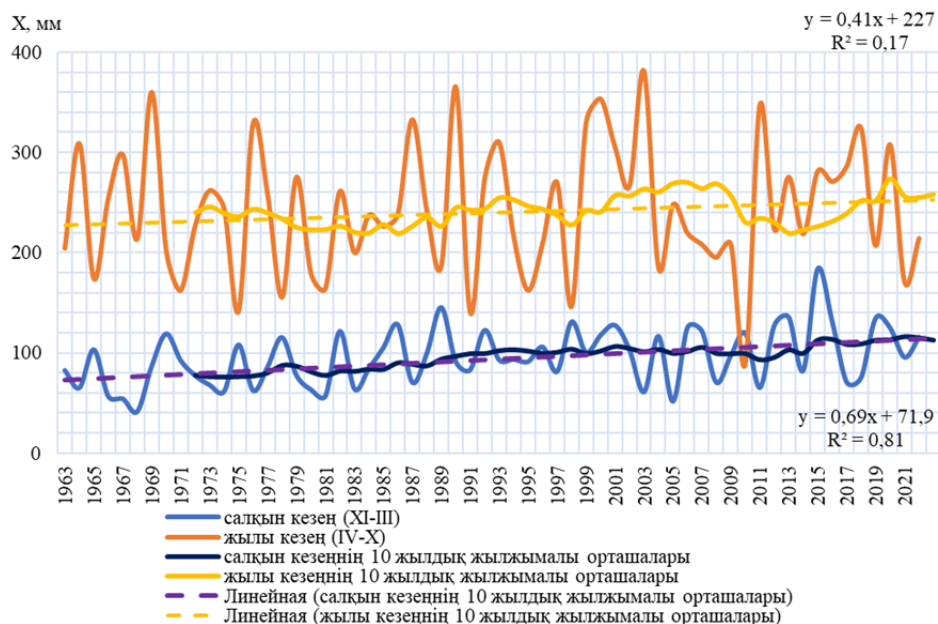
4-сурет – Қостанай МС бойынша 1963-2023 жж. аралығындағы атмосфералық жауын-шашынның жиынтық мәндерінің қалыпты шамадан ауытқуының уақыттық қатары.

Ауытқулар 1991-2020 жж. ДМҰ базалық кезеңіне қатысты есептелген. 1963-2023 жылдар бойынша сызықтық тренд қоңыр түспен берілген. Тегістелген қисық 10 жылдық жылжымалы орташадан ($R^2 = 0,50$) алынған

сындағы үлесі 0,46-0,64 аралығын құрады. Жауын-шашынның жиынтық мәндері салқын (XI-III) және жылы (IV-X) кезеңдер үшін айқындалды (5-сурет). Аспаптық бақылаулар басталғаннан 1985 жылға дейінгі жауын-шашынның жиынтық мәндерін 1986-2023 жж. аралығын құрайтын кезеңдегі мәнмен салыстыру салқын кезеңдегі өзгеріс 23-29 %, ал жылы кезеңдегі өзгеріс 3,4-7,3% екендігін көрсетті. Ал, Қарасу МС бойынша жылы маусым үшін жауын-шашынның жиынтық мәні соңғы кезеңде 0,5 % төмендеген. Сондай-ақ, жылы және салқын маусымдар үшін тұрғызылған 10 жылдық жылжымалы орташалардың сызықтық тренд дисперсия мәні салқын кезеңдер үшін статистикалық мәнді (0,59-0,83).

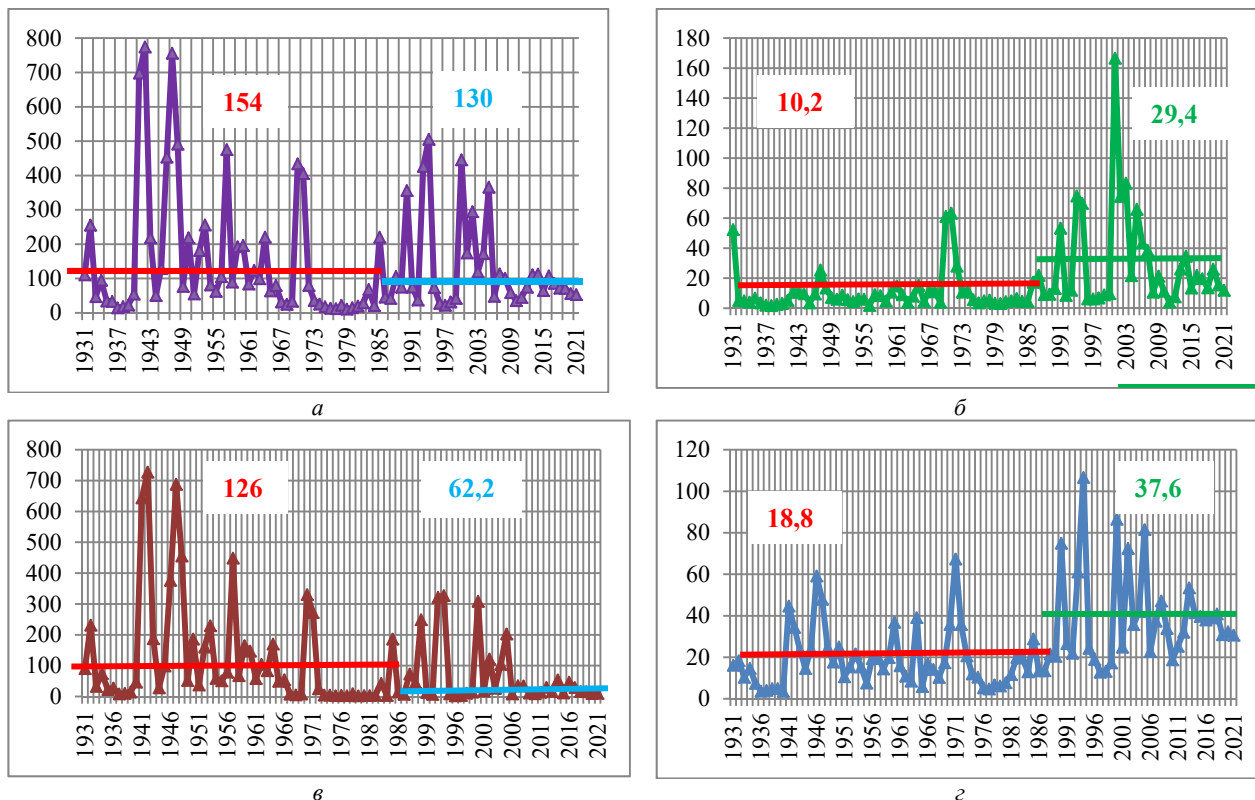
Сонымен, ғаламдық температураның көтерілгені айқын, бұл Тобыл өзені алабында да байқалады, бірақ оның көтерілуі Жер шарының кез-келген нүктесінде температура өсті дегенді білдірмейді, жекелеген аудандарда оған қарама-қарсы үдерістер болуы мүмкін; ғаламдық температураның көтерілуін тек антропогендік фактормен байланысты деп анық тұжырым жасауға болмайды, демек температураның көтерілуі одан әрі сөзсіз жалғасады деген ой күмәнді.

Мақалада Тобыл өзенінің жазғы-күзгі ең аз орташа айлық су өтімдері қатары трендке сыналды. Бұл мақсатта екі әдіс қоланылды: «қарапайым жылжымалы орташа» сүзгісі бар сүзу әдісі және параметрлік емес «сериялық критерий» әдісі.



5-сурет – Қостанай МС бойынша 1963-2023 жж. аралығындағы салқын және жылы кезеңдердегі атмосфералық жауын-шашынның жиынтық мәндерінің уақыттық қатары және 10-жылдық жылжымалы орташалары. Тегістелген қисық 10 жылдық жылжымалы орташадан алынған

Нәтижелер және оларды талқылау. Тобыл өзені ағындысының тұрақтылығын анықтау мақсатында өзеннің ұзына бойында орналасқан Тоғыззақ өз. – Тоғыззақ а., Тобыл өз. – Гришенка а. және Тобыл өз. – Қостанай қ. гидрологиялық бекеттерінің жылдық және маусымдық ағындысына генетикалық талдау жүргізілді.

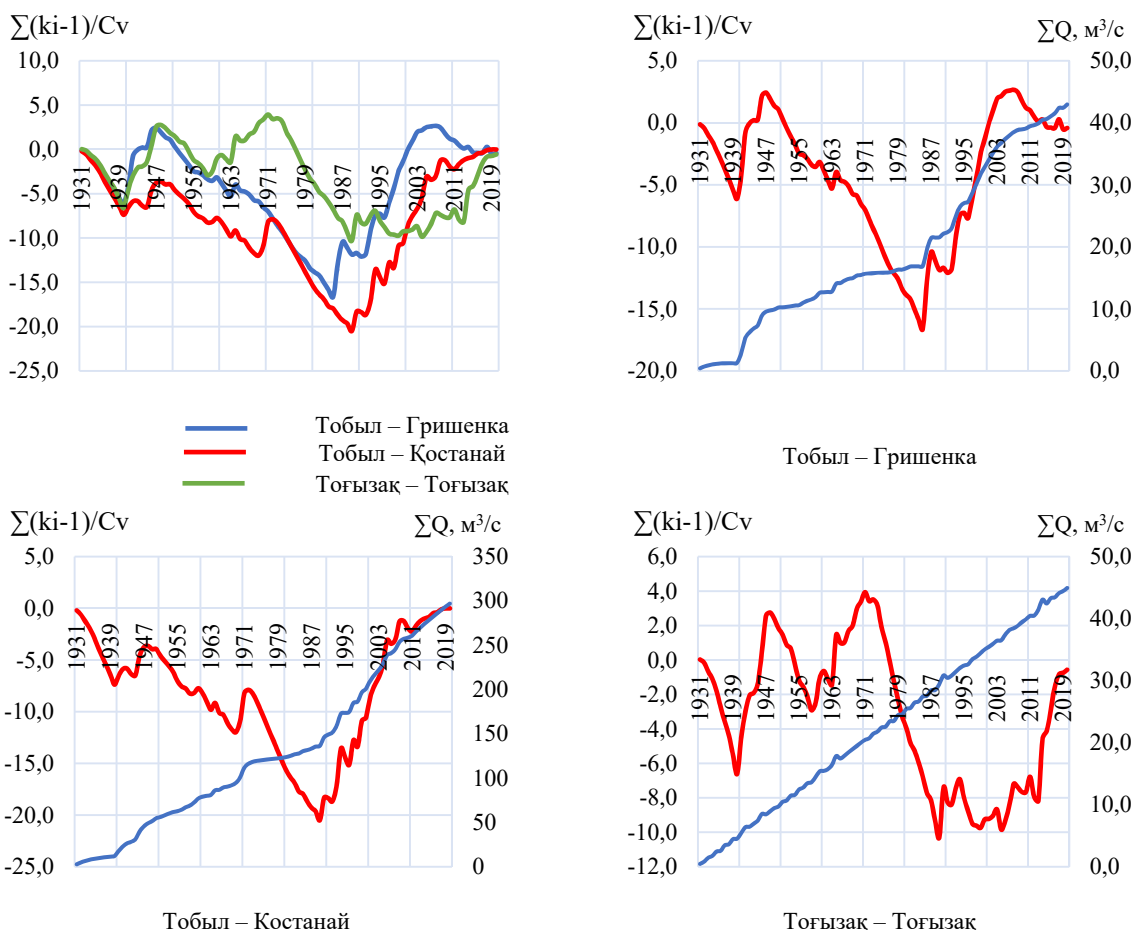


6-сурет – Тобыл өзені – Қостанай қаласы бекетінің 1931-2020 жж. аралығы бойынша көпжылдық маусымдық ағынды тербелісі: а – жыл; б – қыс; в – көктем; г – жаз- күз

6-суретте Тобыл өзенінің жылдық және маусымдық ағындысының көпжылдық өзгерісінің хронологиялық графиктері келтірілген.

Бұл мәліметтерді талдау 1980 жылдардың ортасынан бастап қысқы және жазғы-күзгі ағындының күрт ұлғайғанын, ал көктемгі және жылдық ағындының азайғанын көрсетеді. Жылдық ағынды 1,2 есе азайса, көктемгі ағынды 2,0 есе азайған, ал қысқы ағынды керісінше 2,88 есе ұлғайса, жазғы-күзгі ағынды 1931-1985 жж. аралығымен салыстырғанда 2,0 есе ұлғайғанын көрсетті.

Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысының айырымдық интеграл қисығы мен жиынтық интеграл қисығын талдау ең аз ағынды қатарын сыну нүктесі 1985 жыл квазибіртекті екі жиынтыққа бөліп қарастыруға болатынын көрсетті (7-сурет).



7-сурет – Тобыл өзенінің Қостанай және Гришенка бекеттері мен Тоғыззақ өзенінің Тоғыззақ бекеті бойынша жазғы-күзгі ең аз ағындысының жиынтық және айырымдық интеграл қисықтары

Ұзындығы әртүрлі көпжылдық бақылау қатарларын пайдалана отырып, ағындының статистикалық параметрлері бағаланды (1-кесте). Бақылау кезеңінің ұзақтығына байланысты олардың өзгеру дәрежесі зерттелді. Сулылығы бойынша ерекшеленетін бірнеше кезең анықталды. Сулылығы бойынша ерекшеленетін екі кезең: ұзақ сулылығы төмен кезең – 1931-1970 жж. және суы мол кезең – 1971-2020 жж. және тиісінше 1931-1985 жж. және 1986-2020 жж. Бұл кезеңдердің статистикалық параметрлері әртүрлі. Анықталған айырмашылықтар өзен ағындысының қалыпта-суына климаттық параметрлермен қатар антропогендік факторлардың да әсер ететіндігімен түсіндіріледі.

Есептік кезең ретінде 1931-1985 жылдар аралығы таңдалды. Біріншіден, бұл кезең зерттелетін аумақ өзендерінің су тербелістерінің толық айналымын қамтиды. Екіншіден, ол Күн белсенділігі графигінің өсіп келе жатқан (80 жылдық) «тармағында» орналасқан және ағындының қалыптасу жағдайлары бойынша үлкен айырмашылықтары бар С және Е дәуірлерін қамтитын кезеңдерді біріктіреді.

1-кесте – Тобыл өзені тұстамаларындағы жазғы-күзгі ең аз ағынды қатарының статистикалық сипаттамалары

| Кезең | Орташа айлық ең аз ағынды, м ³ /с | Орташа квадраттық ауытқу, м ³ /с | Вариация коэффициенті | Асимметрия коэффициенті | Автокорреляция коэффициенті |
|---|--|---|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Тобыл өзені – Гришенка тұстамасы | | | | | |
| 1931-2020 | 0,48 | 0,57 | 1,18 | 1,81 | 0,49 |
| 1931-1970 | 0,39 | 0,51 | 1,33 | 2,38 | 0,44 |
| 1971-2020 | 0,56 | 0,61 | 1,08 | 1,49 | 0,50 |
| 1931-1985 | 0,31 | 0,46 | 1,47 | 2,85 | 0,35 |
| 1986-2020 | 0,74 | 0,63 | 0,84 | 1,15 | 0,54 |
| 1931-1989 | 0,37 | 0,58 | 1,55 | 2,57 | 0,41 |
| 1990-2020 | 0,69 | 0,50 | 0,72 | 0,81 | 0,55 |
| Тобыл өзені – Қостанай қаласы тұстамасы | | | | | |
| 1931-2020 | 3,30 | 2,83 | 0,86 | 1,44 | 0,30 |
| 1931-1970 | 2,53 | 1,87 | 0,74 | 1,32 | 0,47 |
| 1971-2020 | 3,92 | 3,29 | 0,84 | 1,09 | 0,21 |
| 1931-1985 | 2,37 | 2,11 | 0,89 | 1,95 | 0,50 |
| 1986-2020 | 4,76 | 3,20 | 0,67 | 0,90 | 0,10 |
| 1931-1989 | 2,31 | 2,05 | 0,89 | 2,02 | 0,41 |
| 1990-2020 | 5,18 | 3,16 | 0,61 | 0,81 | 0,16 |
| Тоғызак өзені – Тоғызак тұстамасы | | | | | |
| 1931-2020 | 0,44 | 0,33 | 0,75 | 1,28 | 0,29 |
| 1931-1970 | 0,47 | 0,33 | 0,70 | 1,08 | 0,38 |
| 1971-2020 | 0,41 | 0,33 | 0,80 | 1,45 | 0,21 |
| 1931-1985 | 0,40 | 0,31 | 0,78 | 1,30 | 0,50 |
| 1986-2020 | 0,50 | 0,35 | 0,70 | 1,22 | 0,02 |
| 1931-1989 | 0,38 | 0,31 | 0,80 | 1,36 | 0,40 |
| 1990-2020 | 0,54 | 0,35 | 0,64 | 1,20 | 0,08 |

Мұндай жағдайларда Тобыл өзені ағындысына жүргізілген қолда бар бақылау қатарларын бір қатарға біріктіру дұрыс деп саналмайды. Мұндай негізде алынған статистикалық параметрлер тұрақтылығымен ерекшеленбейді. Бұл жағдайда сенімді статистикалық бағалауды табу үшін басқа тәсілдерді қолдану қажет. Мұндайда дұрыс шешім қабылдаудың ең қолайлы тәсілі гидрологиялық процестердің квазистационарлық тұжырымдамасын, яғни айтарлықтай шектеулі уақыт аралығында ғана ағынды тұрақты болатын тұжырымдаманы қолдануға көшу болуы мүмкін.

Тобыл алабы өзендерінің жазғы-күзгі сабалық кезеңінің ең аз орташа айлық су өтімдері қатарын параметрлік Фишер, Стюдент және параметрлік емес Вилкоксон критерийлері арқылы біртектілікке тексеру уақыттық қатарды 1931-1985 жж. және 1986-2020 жж. кезеңдерімен шартты түрде екі біртекті таңдамаға бөлгеннен кейін жүзеге асырылды (2-кесте).

Тобыл өзенінің Гришенка бекеті бойынша бірінші 1931-1985 жж. кезеңі бойынша ең аз ағынды қатарын Стюдент және Вилкоксон критерийлері бойынша біртекті. Фишер критерийін қолдана отырып, Тобыл өзенінің Гришенка тұстамасы бойынша ең аз ағындының уақыттық қатарларының дисперсияларының біртектілігін критерийдің 0,5 % маңыздылығы деңгейінде бағалау бөлінген кезеңдердегі ағынды дисперсия бойынша біртекті емес екендігін көрсетті. Бұл тексерудегі таңдамалы дисперсиялардың біртектілігі гипотезасы қабылданбайды, өйткені Фишердің сәйкес қатарларымен анықталған $F_{есеп.} = 9,24$ статистикасының шамасы қарастырылып отырған $F_{сын.} = 3,09$ шарттары үшін оның сындық мәнімен салыстырғанда үлкен. Ал екінші кезең бойынша ағынды қатары барлық критерийлер бойынша біртекті емес. Тобыл өзенінің Қостанай қаласы бекеті бойынша жазғы-күзгі сабалық кезеңінің ең аз ағынды қатары бірінші кезең бойынша барлық критерийлер бойынша біртекті, ал екінші кезең бойынша дисперсия бойынша ғана біртекті емес.

2-кесте – Тобыл алабы өзендерінің жазғы-күзгі ең аз орташа айлық су өтімдерінің уақыттық қатарларын біртектілікке тексеру

| Өзен - бекет | Бақылау кезеңі | Орташа мәні | Дисперсия | Фишер | Стьюдент | Вилкоксон | | |
|---|----------------|-------------|-----------|---------------|---------------|---------------|------|-----|
| | | | | | | | | |
| Тобыл - Гришенка | 1931-1985 | 0,31 | 0,46 | 4,73/2,21 | 1,71/2,01 | 472 | 262 | 494 |
| | | | | Біртекті емес | Біртекті | Біртекті | | |
| | 1986-2020 | 0,74 | 0,63 | 9,24/3,09 | 3,59/2,05 | 243 | 93,6 | 212 |
| | | | | Біртекті емес | Біртекті емес | Біртекті емес | | |
| Тобыл - Костанай | 1931-1985 | 2,37 | 2,11 | 1,53/2,21 | 0,32/2,01 | 318 | 262 | 494 |
| | | | | Біртекті | Біртекті | Біртекті | | |
| | 1986-2020 | 4,76 | 3,20 | 3,32/3,09 | 0,59/2,05 | 144 | 93,6 | 212 |
| | | | | Біртекті емес | Біртекті | Біртекті | | |
| Тоғызак - Тоғызак | 1931-1985 | 0,40 | 0,31 | 1,06/2,21 | 0,15/2,01 | 374 | 262 | 494 |
| | | | | Біртекті | Біртекті | Біртекті | | |
| | 1986-2020 | 0,50 | 0,35 | 1,27/3,09 | 1,62/2,05 | 208 | 93,6 | 212 |
| | | | | Біртекті | Біртекті | Біртекті | | |
| 5, 6 бағанда бөлшектің алымында критерийдің есептелген мәні, ал бөлімінде оның сындық мәні келтірілген. | | | | | | | | |

Тоғызак өзенінің жазғы-күзгі кезеңдегі ең аз ағынды қатары орташа шамасы бойынша да, дисперсия бойынша да екі кезеңде де біртекті. Параметрлік емес Вилкоксон критерийі бойынша да қатардың біртектілігі гипотезасы жоққа шығарылмайды. Осыған байланысты Тобыл өзенінің маусымдық ағындысының есептік сипаттамаларын анықтау ықтималдық үлестірімінің құрамдас қисығы бойынша жүзеге асырылады. Тоғызак өзенінің маусымдық ең аз ағынды қатарының есептік параметрлерін анықтау нормативтік құжаттарда берілген біртекті ағынды қатарларына қатысты берілген нұсқауларға сәйкес жүргізіледі.

Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысының гасыршілік тербелісін талдау. Табиғи процестердің ырғағын және оның себептерін айқындау гидрометеорология ғылымының ең маңызды міндеттерінің бірі. Өзен ағындысының ырғағы табиғи процестердің кеңістік және уақыт бойынша көпжылдық тербелісінің негізгі көрсеткіші болып табылады.

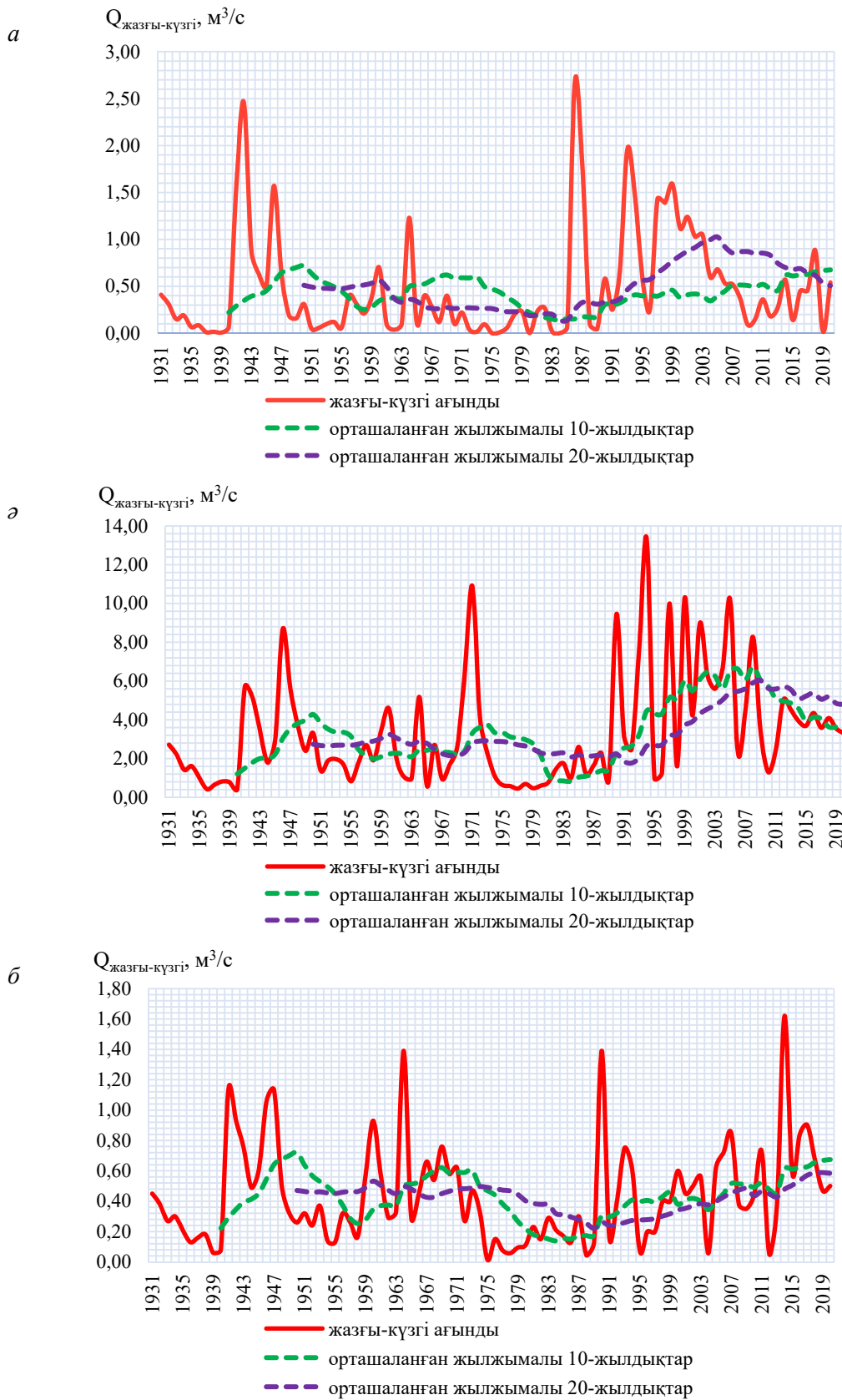
Ағындының көпжылдық тербелісі климаттың белгілі бір өзгерістерімен айқындалады: біріншіден, белгілі бір деңгейде оның табиғатын ашады, екіншіден, қандай да бір деңгейде көпжылдық ағынды тербелісінің детирменделген құраушысының жүргісін болжауға мүмкіндік береді.

Ағындының көпжылдық тербелісі сондай-ақ гидрологиялық сипаттамалардың қалыпты шамасын және басқа да параметрлерін бағалау үшін репрезентативтік кезеңді таңдау мақсатында да талданады. Климаттың бағыттық өзгерісі жағдайында бұл мәселе ерекше маңызға ие, өйткені бұл сипаттамаларды көпжылдық кезең бойынша есептеп қана қоймай, қазіргі уақыт (өзгеріске ұшыраған) жағдайы үшін бағалау керек, мүмкін таяу келешекке болжам жасауға да болар.

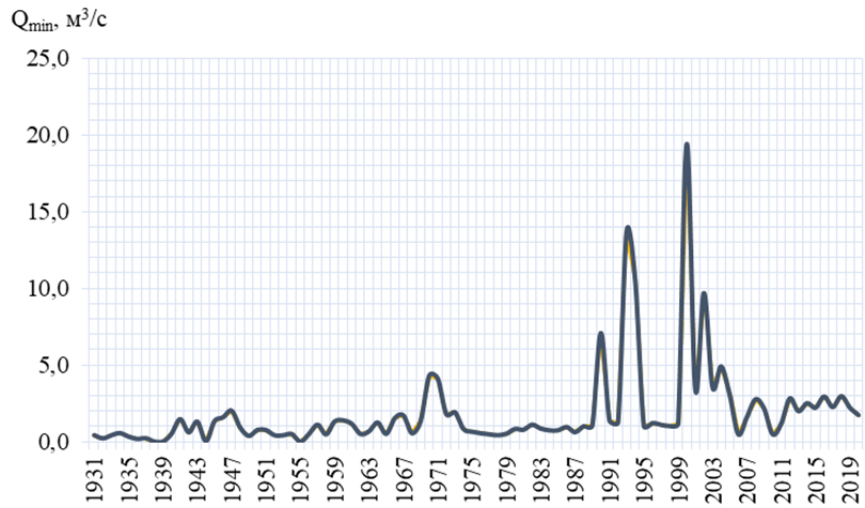
Өкінішке қарай, гидрологиялық есептеулер проблемасы өте күрделеніп кетті. Климат бір бағытта тұрақты түрде өзгерген болса, онда көпжылдық бақылау қатарының ертеректегі бөлігі бүгінгі күннің ақиқатын сипаттай алмайды, ал оны пайдалану осы сипаттаманың ықтималдық шамаларының, үлестірім заңының бұзылуына алып келеді. Есептік кезеңді шектеу қажет, ал оны таңдау үшін көпжылдық ағынды тербелісін ыждағатты талдау керек. Тобыл өзені алабы бойынша қалпына келтірілген жылдарды қоса алғанда, бірнеше тұстама бойынша ұзын қатарлы деректер талданды. Реттелмеген (немесе шамалы реттелген) ағынсулар мен қатар реттелген өзен бойынша да мәліметтер қаралды.

Салыстырмалы түрде аз реттелген өзен ретінде Тоғызак өзені алынды, негізгі бөгендерден жоғары орналасқан Тобыл өзені – Гришенка бекеті, сондай-ақ 1960-1970 жылдары салынған бөгендерден төмен орналасқан Тобыл өзені Қосанай қаласы бекетінің деректері қаралды (8-сурет).

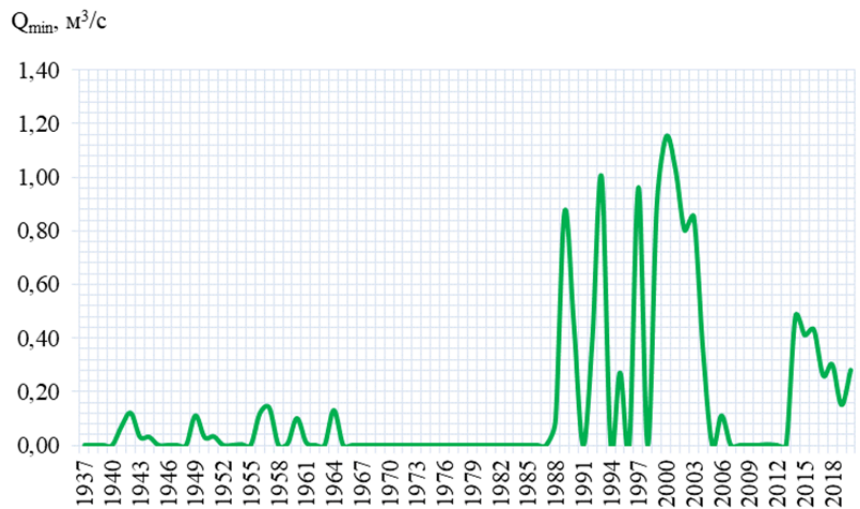
Алдыңғы екі бекет бойынша ең аз ағындының көпжылдық жүргісі өте күрделі, қандай-да бір жалпы заңдылықты бөліп көрсету қиын. Бірақ өткен ғасырдың 80 жылдарының ортасынан бастап ағындының күрт өсуі айқын. Ең аз ағындының өскені Тобыл өзені Гришенка ауылы бекеті



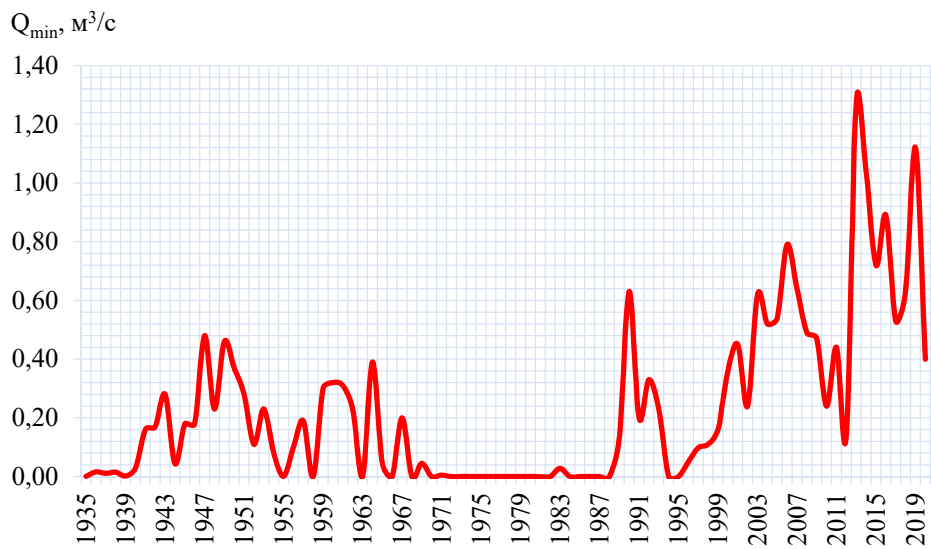
8-сурет – Тобыл өз. – Гришенка а. (а), Тобыл өз. – Қостанай қ. (б), Тоғызак өз. – Тоғызак а. (в) тұстамалары бойынша жазғы-күзгі ағынды мен оның орташаланған жылжымалы 10 және 20 жылдықтар бойынша уақыттық қатарлары



a



a



b

9-сурет – Тобыл өз. – Қостанай қ. (a), Тобыл өз. – Гришенка а. (a), Тоғызқаз өз. – Тоғызқаз а. (б) тұстамалары бойынша қысқы ең аз ағындының көпжылдық жүргісі

бойынша тұрғызылған интегралдық қисықта айқын көрінеді (7-сурет), бір қызығы дәл осындай картина ағындысы барынша реттелген Тобыл өзені Қостанай қаласы бекетінің ең аз ағындысының көпжылдық тербелісіне де тән (8-сурет).

Сонымен, Тобыл өзен алабы бойынша мынаны айтуға болады: ең аз ағынды қатарында бағыттық өзгерістер жоқ, бірақ 80-ші жылдардан бастап оның күрт өсуі байқалады. Тобыл өзенінің жазғы-күзгі ең аз ағынды қатарында ағындының өсу үрдісі анағұрлым айқын.

Қысқы ең аз ағындының нақты бекеттер бойынша көпжылдық жүргісі 9-суретте берілген. Суреттен көріп отырғанымыздай қысқы ағынды бөгендердің әсерінен өзгеріске ұшыраған және оның көтерілуі қалыпты жағдай. Тоғызақ өзені мен Тобыл өзені Гришенка ауылы тұстамасында ең аз ағындының айырмашылығы өте үлкен үш кезеңді көруге болады, оның үстіне ортаңғы кезеңде ең аз ағынды шамасы нөлге жуық: Тоғызақ өзені – Тоғызақ бекеті – 1936-1968 жж. – $0,16 \text{ м}^3/\text{с}$; 1969-1990 жж. – $0,009 \text{ м}^3/\text{с}$; 1991-2021 жж. – $0,45 \text{ м}^3/\text{с}$; Тобыл өзені – Гришенка ауылы бекеті – 1938-1961 жж. – $0,032 \text{ м}^3/\text{с}$, 1962-1999 жж. – $0,086 \text{ м}^3/\text{с}$, 2000-2021 жж. – $0,34 \text{ м}^3/\text{с}$. Талдау нәтижесі Тобыл өзені Қостанай қаласы бекетінде қысқы ең аз ағындының айқын өзгерісін көрсетті, және ол 1990 жылдан бастап күрт көтерілген, 1931-1989 жж. – $0,90 \text{ м}^3/\text{с}$, ал 1990-2021 жж. – $3,75 \text{ м}^3/\text{с}$. Сонымен, қысқы сабалық ең аз ағындының көтерілуі соңғы үш онжылдықтың есебінен 4,16 есе өскен.

Маусымдық ағындының түрлі атмосфералық айналым формаларының синоптикалық жағдайларымен байланысы. Қарастырылып отырған өзен алабының гидрометеорологиялық режимін анықтайтын басты факторлардың бірі атмосфералық айналым сипаты. Сондықтан атмосфералық айналым мен өзендердің су режимінің сандық сипаттамаларының арасындағы байланысты зерттеудің қажеттілігі туындайды.

Тропосфера мен төменгі стратосферадағы басым негізгі ауа массасының тасымалдарына сүйене отырып, Вангенгейм-Гирс бойынша атмосфералық айналымның мүмкін нұсқалары үш негізгі түрге бөлінеді: Батыс (W), шығыс (E) және меридиональды (C). Айналым түрі ауа массаларының негізгі тасымалы бағытында белгіленеді.

Батыс айналым типі Атлант мұхитынан шығысқа қарай циклондардың аймақтық ығысуы байқалатын батыс тасымалының күшеюімен сипатталады. Айналымның шығыс типі құрлықтық ауада дамиды антициклондардың шығыстан немесе солтүстік-шығыстан басып кіруі немесе құрлықта қуатты тұрақты антициклондардың дамуы арқылы батыс тасымалының бұзылуымен сипатталады. Айналымның меридиональды типі құрлықтық арктикалық ауаның Скандинавияның солтүстігіне басып кіруі арқылы батыс тасымалының бұзылуымен және Скандинавия арқылы Еуропаның орталық бөлігінде жоғары қысымды меридиональды жолақтың пайда болуымен сипатталады [24].

Кейбір ғалымдар [24, 25] атмосфераның ірі масштабты айналымында осы немесе басқа да бір макропроцестің басым дамиды кезеңдері бар деп санайды. Бұл кезеңдерді атмосфералық айналым дәуірлері деп атайды. Атап айтсақ, W+C – 1891-1899 жж., W – 1900-1928 жж., E – 1928-1939 жж., C – 1940-1948 жж., E+C – 1949-1974 жж. Бұл дәуірлер W, E, C атмосфералық айналым формаларының жыл бойына қайталануын, Солтүстік жарты шардағы ауа қысымы мен температурасының қалыпты шамадан ауытқуларының таралуының жылдық фонын есепке алу негізінде бөлінді.

Бірақатар жұмыстарда [26] жер беті температурасының өзгеруін атмосфералық айналым формаларының жыл сайынғы өзгеріштігімен салыстыру жүргізілді. Ауа температурасы көтерілгенде W және E формаларының басым болуы, ал төмендегенде C және E формаларының басым болуы арасындағы байланыс анықталды.

Солтүстік жарты шардағы ірімасштабты атмосфералық айналымның негізгі индекстірінің бірі Солтүстік Атлант (NAO). Солтүстік Атлант тербелісі атмосфералық жауын-шашынға әсер ететін фактор болып табылады. Солтүстік Атлант тербелісі индексі мен W батыс формасының және жауын-шашын мөлшерінің арасындағы өзара байланыс анықталды. W формасы мен NAO индексінің қайталанғыштығының өсуі Батыс Сібірдің оңтүстігінде жауын-шашын мөлшерінің артуына ықпал ететіндігі көрсетілген.

Н. Н. Безуглова және т.б. еңбегінде [27] 1973-2006 жж. кезеңінде атмосфералық айналымның бір түрінің қайталанғыштығы қалыпты шамадан асып түсетін дәуірлер айқындалды – 1973-1984 жж. – шығыс-еуропалық E формасының дәуірі, 1985-1990 жж. – E формасы басым түсетін

және W формасының қайталанғыштығы артатын өтпелі кезең, 1991-2006 жж. – W+C формалары басым түсетін дәуір.

Қазіргі уақытта өзендердің гидрометеорологиялық жай-күйін алдағы онжылдықтарға болжаудың жалпы қабылданған сенімді әдістері жоқ. Метеорологиялық болжамның анағұрлым кең таралған әдісі - көпке белгілі МОЦАО моделі. Модель климаттың жылынуының еріксіз себебі ретінде атмосферадағы парниктік газдар концентрациясының жоғарылау тенденциясының экстрополяциясына негізделген. Көптеген зерттеушілердің пікірінше [28-35] бұл әдісті қолдану белгілі бір күмән туғызады. Біріншіден алғашқы алғышарттың өзі, яғни климаттың жылынуы антропогендік фактормен байланысты екендігі даулы мәселе. Екіншіден түрлі моделдердің нәтижелері әртүрлі. Температура бойынша алынған нәтижелердің өзі шашыраңқы болса, жауын-шашын мөлшерінің өзгерісі тіпті бір модельдер бойынша оң таңбалы болса, екінші бір модельдер бойынша теріс таңбалы белгілермен болжанады. Бұларға негізделген гидрологиялық болжамдарға, оның ішінде өзен ағындысына қатысты болжамдарға сенім одан да аз.

Қазіргі кезеңде тіпті метеорологиялық болжам сенімді болғанның өзінде проблемалар туындаған болар еді. Бірақ, метеорологиялық болжамдардың мінсіз емес екендігі белгілі. Біріншіден, «Климаттың қазіргі өзгерісі өте күрделі аймақтық құрылымға ие» [36]. Бұл аймақтық метеорологиялық болжам жасаудың мүмкіндігін шектейді, демек гидрологиялық болжам жасау мүмкіндігі одан әрі қиындайды. Оның үстіне, бұл модельдер гидроклиматтық тербелістердің айналымдық құрылымын есепке алмайды. А. И. Дмитриев пен В. А. Белязонның пікірі бойынша «Гидродинамикалық модельдер тербелмелі процестерді сипаттауға қауқарсыз, демек болжауға мүлдем дәрменсіз» Ал болжауға балама бағыт – климаттық өзгерістердің негізгі себебі болып табылатын, айқындалған атмосфералық айналымдарды есепке алу [36].

Осыған байланысты атмосфералық макроциркуляция формаларының өзгеруіне қатысты кейбір ғалымдардың зерттеулерінен мысалдар келтіруге болады. Сонымен, Н. С. Сидоренков және И. А. Орловтың [25] пікірі бойынша айналымдық дәуірлердің сипаттамалары Жердің өз осінен айналу жылдамдығының өзгерісімен тығыз байланысты. Атап айтқанда, планета айналуының үдеуі айналымның С формасының қайталануының төмендеуіне сәйкес келеді және керісінше. 1973 жылы басталған Жердің айналу жылдамдығының артуы 2004 жылы аяқталды және 2040 жылға дейін айналымның С формасы жиі, ал W+E формасы сирек қайталанатын кезең жалғасады.

Атмосфералық айналымның күн белсенділігімен байланысын А. А. Гирс зерттеді. Оның идеяларын одан әрі дамытқан А. И. Дмитриев пен В. А. Белязо жүйенің ірі планеталарының Күнге дақ түсіруінің гравитациялық табиғатын көрсетеді. Жердегі айналым дәуірлерінің шекаралары көп жағдайда күн белсенділігінің 11 және 22-жылдық айналымдарымен сәйкес келеді. Осы авторлардың зерттеулері бойынша 1933 жылдан 1975 жылға дейін айналымның W формасының қайталануы теріс трендке, ал 1976 жылдан бастап оң трендке ие болды. Атап айтқанда, 1996 жылдан 2004 жылға дейінгі кезең айналымның батыс формасы дәуіріне жатқызылды.

Ағымдағы ғасырдың екінші он жылдығында жылдық ауа температурасының орташа шамадан ауытқуының жоғарылауы және айналымның E формасының қайталануының артуы болжанды. Шындығында да 2005-2018 жылдар кезеңі E формасы дәуіріне жатады. Болжам расталды.

Үшінші онжылдықта ауа температурасының ауытқуы қалыпты шамаға дейін төмендейді де (1920-1967 жж. аралығындағыдай) теріс таңбаға ие болады. Төртінші онжылдықта, күн белсенділігі ғасырлық максимумға жеткенде, E+C атмосфералық процестері дамиды, ауа температурасының ауытқулары артады. Ал бесінші онжылдықта, ғасырлық күн белсенділігі айналымының төмендеуі басталғанда – атмосфералық айналымның мериодионалдық формалары басым болып, температуралық ауытқулардың төмендеуі байқалады.

Жоғарыда келтірілген атмосфералық айналым дәуірлерінің Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысымен байланысын зерттеу мақсатында әрбір атмосфералық дәуір үшін ең аз орташа айлық су өтімінің арифметикалық орташа шамасын, осы кезеңнің орташа шамасының есептік кезең ретінде алынған 1931-1985 жж. кезеңі бойынша ең аз ағындының нормасына қатынасы ретінде алынған модульдік коэффициенттері есептелді. Есептеу нәтижелері кестеге енгізілді (3-кесте).

Кестені талдау мынаны көрсетті: атмосфералық айналымның E формасы дәуіріне ең аз ағындысының орташа мәні қалыпты шамадан төмен суы аз жылдар кезеңі сәйкес келеді. Айналымның С формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамадан жоғары мәндері сәйкес келеді. Ал айналымның E формасы басым болған E+C формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамаға жуық сулылығы орташа жылдары сәйкес келеді. Дәл осындай сипат E+W дәуірінде де байқалады.

3-кесте – Атмосфералық айналым дәуірлерінің Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысымен байланысы

| Дәуірлер кезеңі | Дәуірлер | Тоғызак өз. – Тоғызак ст. | | Тобыл өз. – Гришенка а. | | Тобыл өз. – Костанай қ. | |
|-----------------|----------|---------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|------|
| | | Qmin | К | Qmin | К | Qmin | К |
| 1931-1939 | Е | 0,22 | 0,54 | 0,14 | 0,45 | 1,29 | 0,54 |
| 1940-1948 | С | 0,74 | 1,86 | 0,94 | 3,03 | 4,16 | 1,76 |
| 1949-1959 | Е+С | 0,28 | 0,70 | 0,20 | 0,65 | 2,13 | 0,90 |
| 1960-1968 | Е+С | 0,61 | 1,53 | 0,34 | 1,10 | 2,19 | 0,92 |
| 1949-1968 | Е+С | 0,43 | 1,08 | 0,28 | 0,90 | 2,15 | 0,91 |
| 1969-1978 | Е+W | 0,38 | 0,95 | 0,11 | 0,35 | 2,97 | 1,25 |
| 1949-1974 | Е+С | 0,45 | 1,12 | 0,23 | 0,74 | 2,71 | 1,14 |
| 1975-1990 | Е | 0,18 | 0,45 | 0,39 | 1,26 | 1,65 | 0,70 |
| 1991-1996 | Е+С | 0,27 | 0,68 | 0,86 | 2,77 | 4,81 | 2,03 |
| 1991-2006 | W+С | 0,35 | 0,88 | 0,99 | 3,19 | 5,94 | 2,51 |
| 1996-2004 | W | 0,32 | 0,79 | 1,08 | 3,48 | 6,1 | 2,57 |
| 1996-2008 | W | 0,42 | 1,04 | 0,91 | 2,94 | 6,17 | 2,60 |
| 2005-2018 | Е | 0,65 | 1,63 | 0,40 | 1,29 | 4,40 | 1,86 |

Сонғы онжылдықтарда 2005-2018 жылдар аралығы атмосфералық айналымның Е дәуіріне жататындығына қарамастан, байқалған ең аз ағындының орташа шамасы қалыпты шамадан 1,29-1,86 есе жоғары. Бұл Тобыл алабы өзендері ағындысының бөгендермен реттелуінің әсерінен ағынды режимінің бұзылуына байланысты атмосфералық айналым дәуірлері мен ең аз ағынды сипаттамаларының арасындағы байланыс төмендегенін білдіреді.

Ең аз айлық ағынды сипаттамаларының көпжылдық ауытқуларын талдау Тобыл алабы өзендерінің барлық зерттелетін өзендерінде жазғы-күзгі және қысқы сабалық кезең ағындысының өсу тенденциясы бар екенін көрсетті. Маусымдық сулардың жалпы ұлғаюы аясында ең аз қысқы айлық су өтімдерінің өзгеруі ең айқын және күрт сипатқа ие. Қысқы сабалық кезеңдегі ең аз ағындының 1931-1985 жж. қатысты ұлғаюы 416 % құраса, жазғы сабалық кезеңінің ең аз ағындысының ұлғаюы 125-238 % құрайды.

Қорытынды және тұжырымдар. Климаттың ғаламдық жылынуын ғалымдардың басым көпшілігі мойындайды және бұл құбылыс әлемнің түрлі нүктелерінде жаппай байқалып отыр. Бірақ бұл тенденцияның қаншалықты тұрақты екендігі толық анықталмаған. Егер климаттың жылынуы антропогендік фактормен, атмосферадағы парниктік газдардың ұлғаюымен айқындатылатын болса, онда оның одан әрі жылынуы сөзсіз жалғаса береді. Егер оның басқа себебі болса, онда ғаламдық температураның көтерілу фазасының оның төмендеу фазасына ауысуы әбден мүмкін. Практикалық қорытынды – бұл жағдайда гидрометеорологиялық сипаттамалардың сандық көрсеткіштерін есептеу үшін жоқ дегенде екі нұсқаны пайдалану керек: соңғы онжылдықтар бойынша (бүгінгі күннің сипаты) және ұзақ мерзімді бақылауларды (тренд бағыты өзгерген жағдайда) қолданған жөн. Әрине, жақын болашақ үшін гидроклиматтық сипаттамалардың ықтимал мәндерін бағалау қажет.

Тобыл өзен алабы бойынша ең аз ағынды қатарында бағыттық өзгерістер жоқ, бірақ 80-ші жылдардан бастап оның күрт өсуі байқалады. Тобыл өзенінің жазғы-күзгі ең аз ағынды қатарында ағындының өсу үрдісі анағұрлым айқын.

Тобыл өзені алабында ағынды тұрақты емес, оның себебі – климаттық өзгерістер мен өзен алабында және өзен арнасында жүргізілген антропогендік қызмет.

Климаттық өзгерістер температуралық көрсеткіштермен, ал ең аз ағынды өзгерісі адамның шаруашылық іс-әрекетімен тығыз байланысты.

Атмосфералық айналым дәуірлерінің Тобыл алабы өзендерінің ең аз ағындысымен тығыз байланысы бар. Атмосфералық айналымның Е формасы дәуіріне ең аз ағындысының орташа мәні қалыпты шамадан төмен суы аз жылдар кезеңі сәйкес келеді. Айналымның С формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамадан жоғары мәндері сәйкес келеді. Ал айналымның Е формасы басым

болған Е+С формасы дәуіріне ең аз ағындының қалыпты шамаға жуық сулылығы орташа жылдары сәйкес келеді. Дәл осындай сипат Е+W дәуіріне де тән.

Қаржыландыру. Жұмыс Ғылым және жоғары білім министрілігі Ғылым комитетінің тапсырысы бойынша іргелі зерттеулер аясында жүргізілді (АР19679134 «Жазықтық Қазақстан өзендерінің ең аз ағындысын есептеу әдістемесінің негіздерін климат пен ағынды тұрақсыздығы жағдайында әзірлеу және жетілдіру»).

ӘДЕБИЕТ

- [1] Salas J., Obeysekera J., Vogel R. Techniques for assessing water infrastructure for nonstationary extreme events: A review // *Hydrological Sciences Journal*. – 2018. – 63. – P. 325-352.
- [2] Леонов Е. А., Леонов В. Е. Метод определения параметров трендов гидрологических рядов // *Сб. работ по гидрологии*. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – № 19. – С. 93.
- [3] Леонов Е. А., Леонов В. Е. Исследование тенденций изменения водности рек Сибири и Северного Казахстана // *Тр. ГГИ*. – 1990. – Вып. 344. – С. 128-136.
- [4] Винников К. Я. Чувствительность климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 224 с.
- [5] Христофоров А. В. Теория случайных процессов в гидрологии. – М.: Из-во МГУ, 1994. – 141 с.
- [6] Гальперин Р. И. Ньюансы статистической интерпретации гидрологических рядов // *Материалы международной конференции «Проблемы гидрометеорологии и экологии»*. – Алматы: КазНИИМОСК, 2001. – С. 103-105.
- [7] Koutsoyiannis D., Montanari A. Negligent killing of scientific concerts: the stationarity case // *Hydrological Sciences Journal*. – 2015. – Vol. 60. – P. 1174-1183.
- [8] Шикломанов И. А., Георгиевский Б. Ю. Влияние антропогенных факторов на сток рек бывшего СССР // *Географические направления в гидрологии*. – М., 1995. – С. 96-107.
- [9] Водогрецкий В. Е. Антропогенное изменение стока малых рек. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 176 с.
- [10] Гальперин Р. И., Давлетгалиев С. К., Чигринцев А. Г., Молдахметов М. М., Махмудова Л. К., Аvezова А. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана. – Алматы, 2012. – Т. 7. – 670 с.
- [11] Молдахметов М. М., Арыстамбекова Д. Д. Тобыл өзенінің ағындысына адамның шаруашылық іс-әрекетінің тигізетін әсерін бағалау // *Вестник КазНУ. Серия географическая*. – 2007. – № 1(24). – 62-72 б.
- [12] Мусина А. К., Арыстамбекова Д. Д. Тобыл өзені көктемгі ағындысына антропогендік өзгерістердің әсерін бағалау // *Гидрометеорология и экология*. – 2017. – № 1(84). – 75-89-бб.
- [13] Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, Кустанайская область Казахской ССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1959. – Вып. 2. – 710 с.
- [14] Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 гг.). Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан. Верхний Иртыш, Верхний Ишим, Верхний Тобол. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – Т. 15, вып. 2. – 384 с.
- [15] Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 и весь период наблюдений). Вып. 2. Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – Т. 15. – 294 с.
- [16] Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Казахская ССР. Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. 1976–1980 гг. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – Т. 5, вып. 1. – 468 с.
- [17] Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1981-1990 гг. Книга 1. Часть 1. Реки и каналы. Вып. 1. Бассейн рек Иртыш, Ишим, Тобол (верхнее течение). – Алматы, 2002. – 384 с.
- [18] Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1991-2000 гг. Книга 1. Часть 1. Реки и каналы. Вып. 1. Бассейн рек Иртыш, Ишим, Тобол (верхнее течение). – Алматы, 2004. – 191 с.
- [19] URL: https://meteo.kazhydromet.kz/database_hydro/
- [20] Шкляев А. С., Калинин Г. П. О влиянии атмосферной циркуляции на распределение стока рек Среднего и Южного Урала // *Учен. зап. Пермского ун-та*. – 1966. – Сб. 1, № 146. – С. 55-61.
- [21] Швец Г. И. Хронологический ход изменчивости годового стока Днепра и солнечной активности // *Многовековая изменчивость Днепра*. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – С. 30-32.
- [22] Клемеш В. Длинный ряд гидрологических наблюдений – урок нашей уверенности в себе // *Труды гидрологического съезда*. – СПб., 1995. – С. 52.
- [23] Будыко М. И. Изменение климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 280 с.
- [24] Гирс А. А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. 280 с.
- [25] Сидоренков Н. С., Орлов И. А. Атмосферные циркуляционные эпохи и изменения климата // *Метеорология и гидрология*. – 2008. – № 9. – С. 22-29.
- [26] Боков В. Н., Воробьев В. Н. Изменчивость атмосферной циркуляции и изменение климата // *Записки РГГМУ*. – 2010. – Вып. 13. – С. 83-88.

- [27] Безуглова Н. Н., Зинченко Г. С. Региональные климатические проявления глобальной циркуляции атмосферы на юге Западной Сибири // География и природные ресурсы. – 2009. – № 3. – С. 83-87.
- [28] Говоркова В. А., Катцов В. М., Мелешко В. П., Павлова Т. В., Школьник И. М. Климат России в XXI веке. Часть 2. Оценка пригодности моделей ОЦАО СМIP3 для расчетов будущих изменений климата России // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 8. – С. 5-19.
- [29] Водные ресурсы России и их использование. – СПб., 2008. – 600 с.
- [30] Мелешко В. П., Катцов В. М., Мирвис В. М., Говоркова В. А., Павлова Т. В. Климат России в XXI веке. Часть 1. Новые свидетельства антропогенного изменения климата и современные возможности его расчета // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 6. – С. 5-19.
- [31] Мелешко В. П. Климат России в XXI веке. Часть 3. Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана СМIP3 // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 9. – С. 5-21.
- [32] Ельчиков В. А., Полунин А. Я., Симонов Ю. А., Христофоров А. В. Поливариантное оценивание возможных климатических изменений речного стока на примере Северной Двины // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 3. – С. 74-84.
- [33] Кисилев А. В. Климат в настоящем, прошедшем и будущем. – М.: МАИК Наука/Интерпериодика, 2001. – 351 с.
- [34] Walsh B. J. Global warming: new crisis or old cycle // Cycles. – 1992. – No. 5(43). – P. 246-252.
- [35] Walsh B. J. The elusive Arctic warming // Nature (Gr. Brit.). – 1993. – No. 6410(361). – P. 300-301.
- [36] Дмитриев А. И., Белязо В. А. Космос, планетарная климатическая изменчивость и атмосфера полярных регионов. – СПб.: Гидрометеиздат, 2006. – 360 с.

REFERENCES

- [1] Salas J., Obeysekera J., Vogel R. Techniques for assessing water infrastructure for nonstationary extreme events: A review // Hydrological Sciences Journal. 2018. Vol. 63. P. 325-352.
- [2] Leonov E. A., Leonov V.E. Method for determining the parameters of trends in hydrological series // Sat. works on hydrology. L.: Gidrometeoizdat, 1987. No. 19. P. 93 (in Russ.).
- [3] Leonov E. A., Leonov V.E. Study of trends in changes in water content of rivers in Siberia and Northern Kazakhstan // Tr. GGI. 1990. Issue. 344. P. 128-136 (in Russ.).
- [4] Vinnikov K. Ya. Climate sensitivity. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 224 p. (in Russ.).
- [5] Khristoforov A. V. Theory of random processes in hydrology. M.: Publishing house of Moscow State University, 1994. 141 p. (in Russ.).
- [6] Galperin R. I. Nuances of statistical interpretation of hydrological series // Proceedings of the international conference "Problems of hydrometeorology and ecology". Almaty: KazNIIMOSK, 2001. P. 103-105 (in Russ.).
- [7] Koutsoyiannis D., Montanari A. Negligent killing of scientific concerts: the stationarity case // Hydrological Sciences Journal. 2015. Vol. 60. P. 1174-1183.
- [8] Shiklomanov I. A., Georgievsky B. Yu. The influence of anthropogenic factors on the flow of rivers of the former USSR // Geographical directions in hydrology. M., 1995. P. 96-107 (in Russ.).
- [9] Vodogretsky V. E. Anthropogenic change in the flow of small rivers. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990. 176 p. (in Russ.).
- [10] Galperin R. I., Davletgaliev S. K., Chigrinets A. G., Moldakhmetov M. M., Makhmudova L. K., Avezova A. Renewable resources of surface waters of Western, Northern, Central and Eastern Kazakhstan. Almaty, 2011. Vol. 7. 670 p. (in Russ.).
- [11] Moldakhmetov M. M., Arystambekova D. D. Assessment of the impact of human economic activity on the flow of the Tobyl River // Bulletin of KazNU. Geographical series. 2007. No. 1(24). P. 62-72 (in Kaz.).
- [12] Mussina A. K., Arystambekova D. D. Assessment of the impact of anthropogenic changes on the spring flow of the Tobyl river // Hydrometeorology and ecology. 2017. No. 1(84). P. 75-89 (in Russ.).
- [13] Surface water resources in areas of development of virgin and fallow lands, Kustanai region of the Kazakh SSR. L.: Gidrometeoizdat, 1959. Issue 2. 710 p. (in Kaz.).
- [14] Surface water resources of the USSR. Basic hydrological characteristics (for 1963-1970). Altai, Western Siberia and Northern Kazakhstan. Upper Irtysh, Upper Ishim, Upper Tobol. L.: Gidrometeoizdat, 1977. Vol. 15, No. 2. 384 p. (in Russ.).
- [15] Surface water resources of the USSR. Basic hydrological characteristics (for 1971-1975 and the entire observation period). Issue 2. Basins of the Irtysh, Ishim, Tobol. L.: Gidrometeoizdat. 1980. Vol. 15. 294 p. (in Russ.).
- [16] State water cadastre. Long-term data on the regime and resources of land surface waters. Kazakh SSR. Basins of the Irtysh, Ishim, Tobol. 1976-1980. L.: Gidrometeoizdat, 1987. Vol. 5, issue 1. 468 p. (in Russ.).
- [17] State water cadastre. Long-term data on the regime and resources of land surface waters. 1981-1990. Book 1. Part 1. Rivers and canals. Vol. 1. Basins of the Irtysh, Ishim, Tobol rivers (upper reaches). Almaty, 2002. 384 p. (in Russ.).
- [18] State water cadastre. Long-term data on the regime and resources of land surface waters. 1991-2000. Book 1. Part 1. Rivers and canals. Vol. 1. Basins of the Irtysh, Ishim, Tobol rivers (upper reaches). Almaty, 2004. 191 p. (in Russ.).
- [19] URL: https://meteo.kazhydromet.kz/database_hydro/ (in Russ.).
- [20] Shklyayev A. S., Kalinin G. P. On the influence of atmospheric circulation on the distribution of river flow in the Middle and Southern Urals // Uchen. Zap. Perm University. 1966. Vol. 1, No. 146. P. 55-61 (in Russ.).

- [21] Shvets G. I. Chronological course of variability in the annual flow of the Dnieper and solar activity // Centuries-old variability of the Dnieper. L.: Gidrometeoizdat, 1978. P. 30-32 (in Russ.).
- [22] Klemesh V. A long series of hydrological observations - a lesson in our self-confidence // Proceedings of the Hydrological Congress. St. Petersburg, 1995. P. 52 (in Russ.).
- [23] Budyko M.I. Changing of the climate. L.: Gidrometeoizdat, 1974. 280 p. (in Russ.).
- [24] Girs A. A. Long-term fluctuations in atmospheric circulation and long-term hydrometeorological forecasts. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 280 p. (in Russ.).
- [25] Sidorenkov N. S., Orlov I. A. Atmospheric circulation epochs and climate changes // Meteorology and Hydrology. 2008. No. 9. P. 22-29 (in Russ.).
- [26] Bokov V. N., Vorobiev V. N. Variability of atmospheric circulation and climate change // Notes of the RGGMU. 2010. Issue. 13. P. 83-88 (in Russ.).
- [27] Bezuglova N. N. Regional climatic manifestations of global atmospheric circulation in the south of Western Siberia // Geography and natural resources. 2009. No. 3. P. 83-87 (in Russ.).
- [28] Govorkova V. A., Kattsov V. M., Meleshko V. P., Pavlova T. V., Shkolnik I. M. Climate of Russia in the 21st century. Part 2. Assessing the suitability of the CAO CMIP3 models for calculating future climate changes in Russia // Meteorology and Hydrology. 2008. No. 8. P. 5-19 (in Russ.).
- [29] Water resources of Russia and their use. St. Petersburg, 2008. 600 p. (in Russ.).
- [30] Meleshko V. P., Kattsov V. M., Mirvis V. M., Govorkova V. A., Pavlova T. V. Climate of Russia in the 21st century. Part 1. New evidence of anthropogenic climate change and modern possibilities for its calculation // Meteorology and Hydrology. 2008. No. 6. P. 5-19 (in Russ.).
- [31] Meleshko V. P. Climate of Russia in the 21st century. Part 3. Future climate changes calculated using the ensemble of general circulation models of the atmosphere and ocean SMIP3 // Meteorology and Hydrology. 2008. No. 9. P. 5-21 (in Russ.).
- [32] Elchikov V. A., Polunin A. Ya., Simonov Yu. A., Khristoforov A. B. Multivariate assessment of possible climatic changes in river flow using the example of the Northern Dvina // Meteorology and Hydrology. 2009. No. 3. P. 74-84 (in Russ.).
- [33] Kisilev A. V. Climate in the present, past and future. M.: MAIK Nauka/Interperiodika, 2001. 351 p. (in Russ.).
- [34] Walsh B. J. Global warming: new crisis or old cycle // Cycles. 1992. No. 5(43). P. 246-252.
- [35] Walsh B. J. The elusive Arctic warming // Nature (Gr. Brit.). 1993. No. 6410(361). P. 300-301.
- [36] Dmitriev A. I., Belyazo V. A. Space, planetary climate variability and the atmosphere of the polar regions. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2006. 360 p. (in Russ.).

М. М. Молдахметов¹, Л. К. Махмудова², А. К. Мусина³, Э. С. Абдуллаева*⁴

¹ Доцент, к. г. н., директор агробиологического научно-исследовательского центра (Международный таразский инновационный институт им. Ш. Муртазы, Тараз, Казахстан; mmoldahmetov64@mail.ru)

² Ассоциированный профессор, к. г. н., ведущий научный сотрудник лаборатории водных ресурсов (Институт географии и водной безопасности, Алматы, Казахстан; mlk2002@mail.ru)

³ К. г. н., старший преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; ainur.musina@kaznu.edu.kz)

⁴ Магистр естественных наук, преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; assel.abdullayeva@kaznu.edu.kz)

ИЗУЧЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ РЕЧНОГО СТОКА ПРИ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЯХ РАВНИННЫХ РЕК КАЗАХСТАНА

Аннотация. Проанализированы метеорологические и гидрологические данные по бассейну реки Тобыл. Обнаружена тенденция в изменении температуры воздуха в бассейне р. Тобыл. Установлено, что колебание атмосферных осадков только в холодный период статистически значимо. Оценка летне-осеннего и зимнего минимального стока бассейна реки Тобыл показала, что в 80-е годы прошлого века в режиме стоковых характеристик наблюдались направленные изменения. Также установлена связь сезонного стока в бассейне реки Тобыл с синоптическими условиями разных форм атмосферной циркуляции. Связь между эпохами атмосферной циркуляции и минимальным стоком бассейна р. Тобыл демонстрирует, что эпохе Е соответствует период лет со средним значением минимального стока ниже нормы. Форма С соответствует минимальным значениям расхода, превышающим нормальное значение, а форма Е+С, где преобладает форма Е, – периодам минимального расхода воды, близкой к норме в годы средней водности. Такая же картина наблюдается и в период Е+W.

Ключевые слова: гидрологические процессы, нестационарность речного стока, циклические колебания стока, гидроклиматические параметры, атмосферная циркуляция.

M. M. Moldakhmetov¹, L. K. Makhmudova², A. K. Mussina³, A. S. Abdullayeva^{*4}

¹Associate Professor, Candidate of Geographical Sciences, Director of the Agrobiological Research Center (International Taraz Innovation Institute named after Sh. Murtaza, Taraz, Kazakhstan; *mmoldahmetov64@mail.ru*)

²Associate Professor, Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Water Resources (Institute of Geography and Water Security, Almaty, Kazakhstan; *mlk2002@mail.ru*)

³Candidate of Geographical Sciences, senior lecturer (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *ainur.musina@kaznu.edu.kz*)

⁴Master of Natural Sciences, lecturer (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *assel.abdullayeva@kaznu.edu.kz*)

STUDYING THE NON-STATIONARITY OF RIVER FLOW DURING LONG-TERM FLUCTUATIONS IN PLAIN RIVERS OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article analyzes meteorological and hydrological data for the Tobyl River basin. As a result of the study, a clear trend was observed in changes in air temperature values in the Tobyl River basin. And it was found that the fluctuation in precipitation values only during the cold period is statistically significant. An assessment of the summer-autumn and winter minimum flow of the Tobyl River basin showed that in the 80s of the last century, directional changes were observed in the flow characteristics. A connection has also been established between seasonal flow in the Tobyl River basin and synoptic conditions of various forms of atmospheric circulation. The relationship between the epochs of atmospheric circulation and the minimum flow of the river basin. The relationship between the epochs of atmospheric circulation and the minimum flow of the Tobyl River basin shows that the epoch E of the circulation form corresponds to a period of years with an average minimum flow below the norm, form C corresponds to minimum flow values exceeding the normal value, and form E + C, where form E predominates correspond to periods of minimum water flow close to normal in years of average water availability, the same picture is observed in the E+W period.

Keywords: hydrological processes, unsteadiness of river flow, cyclic fluctuations of flow, hydroclimatic parameters, atmospheric circulation.

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-83-90.14>

GTAMP 70.19.15

ӨОЖ 556.048 631.67:255. 631.563.2

А. Р. Вагапова*¹, К. Е. Калиева², М. С. Набиоллина³, Б. С. Ботантаева⁴

¹Т. ғ. к., аға оқытушы (Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; vagapova-alina@rambler.ru)

²PhD, аға оқытушы (Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; karla_3@mail.ru)

³А-ш.ғ.к., қауымдастырылған профессор (Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; nabiollina73@mail.ru)

⁴Т.ғ.к., қауымдастырылған профессор (Қ. И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; botantaeva_b@mail.ru)

ШУ ӨЗЕНІНІҢ МЫСАЛЫНДА СУ ТАРАТУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ӘДІСІ

Аннотация. Суармалы егіншілік пен табиғи-шаруашылық кешендерінің су тұтынушыларын сумен қамтамасыз етудің «қысымшылық» коэффициентін бағалау және тағайындау әдістемесі әзірленді. Су ресурстары ағынының белгісіздігі жағдайында суды бөлуді оңтайландыру мәселелері қарастырылады. Көп мақсатты мәселені шешу үшін қоршаған ортаны қорғау шығарындыларын су аз және орташа жылдары интервалында критерийлік жағдайда «қысымшылық» шектеумен суды бөлуді оңтайландыру әдісі ұсынылған. Мақалада су ресурстары ағынының анықталмағандығы жағдайында су таратуды оңтайландыру мәселелері қарастырылған. Суармалы егіншіліктің су тұтынушыларына және табиғи-шаруашылық кешендеріне су берудің "қысымшылық" коэффициентін бағалау және тағайындау әдістемесі әзірленді. Ең маңызды теріс экологиялық нәтиже-жыл ішінде де, көпжылдық кезеңде де ағынның төмендеуі, сондай-ақ су аз жылдар циклінің жасанды өсуі. Көп мақсатты мәселені шешу үшін суы аз және суы орташа жылдар аралығындағы табиғатты қорғау ағындарын шектеудің критерийлік шартымен су бөлуді оңтайландыру әдісі ұсынылды. Өзен экожүйелерін сақтау үшін қазіргі кезеңдегі ең маңызды міндет өзендердің экологиялық ағынын алу мен орнатудың рұқсат етілген көлемін ғылыми негіздеу болып табылады. Сонымен қатар, бұл экологиялық нормалау барлық су ағындарына ортақ қасиеттерге ие. Дегенмен, әр өзеннің экожүйесінің географиялық орналасуымен, климаттық, морфологиялық, гидрологиялық және басқа жағдайлармен анықталатын өзіндік ерекшеліктері мен ерекшеліктері бар. Сондықтан, экожүйелердің даралығы мен бірегейлігіне байланысты олардың әрқайсысы үшін экожүйенің әсері мен жай-күйінің антропогендік факторларының барлық түрлерін бағалау бойынша тиісті зерттеулер жүргізілуі керек.

Түйін сөздер: өзен бассейні, "қысымшылық" коэффициент, суды бөлу, су тұтыну, критериялды бағалау, өзеннің экологиялық ағынын болжамды қамтамасыз ету.

Кіріспе. Шетелдік тәжірибеде қазіргі уақытта экологиялық ағынды қалыптастырудың блоктық әдісі кеңінен қолданылады. Әдетте, ағынның бүкіл жылдық кезеңі 4-5 блокқа бөлінеді. Блоктардың әрқайсысының өзіндік функционалды мақсаты бар. Мысалы, қысқы режим кезеңі, су тасқыны кезеңі, су тасқынының құлдырау кезеңі, мұз қату кезеңі. Осы экологиялық ағын блоктарының әрқайсысы өзен экожүйесін сақтауға байланысты белгілі бір міндеттерді шешеді. Мысалы, қыста (Жайық өзені) типтік гидробиологиялық режимді және стандартты оттегі режимін қамтамасыз ету, көктемгі мезгілде жайылма шалғындардың (Ертіс өзені, Шу өзені) және атыраулық аймақтардың (Іле өзені) түрлік биоәртүрлілігін және флора мен фаунаның көбеюін қамтамасыз ету, су тасқынынан кейін жас балықтарды өзенге жіберу (Ертіс өзені, Жайық өзені), топырақтың шайылуы, стандартты гидрохимиялық жағдайлар мен температуралық жағдайларды қамтамасыз ету және т.б.

Өзендік экожүйелерінің даму сценарийлерін қолданыстағы математикалық модельдер арқылы бағалауға болады, бірақ модельдеу үшін өзен арнасының да, жайылмалардың морфометриялық сипаттамаларын да, өзеннің гидрологиялық режимін де, ең бастысы, су тасқынының реакциясын белгілеу қажет.

Көптеген зерттеушілер мойындаған өзен жайылмаларының экожүйесінің жай-күйінің көрсеткіштерінің бірі өсімдіктер бірлестігінің биоөнімділігі мен флористикалық құрамы болып табылады. Өсімдіктердің биомассасы фотосинтездің бастапқы өнімі болып табылады және ол бүкіл экожүйенің дамуы мен тұрақтылығын анықтайды.

Су ресурстарын шекті алудағы бағалау проблемасын шешудегі ең әлсіз жер өзендердің жайылмаларының шабындық қауымдастықтарының гидрологиялық режимімен, су тасқыны кезеңіндегі су жіберу көлемімен сандық байланыстарының болмауы болып табылады. ҚР өзендерінің атыраулары мен жайылмалары бойынша ботаникалық зерттеулердің елеулі ақпараттарының болуына қарамастан, бұл зерттеулер, ең алдымен, атыраулар мен жайылмалардың өсімдік өнімдерін шаруашылық пайдалануды бағалауға бағытталған. Көп жағдайда биоөнімділік гидрологиялық режимнің сандық көрсеткіштерімен байланысты болмады.

Экологиялық рұқсат етудің кепілдендірілген көлемін белгілеу мәселесін шешу үшін жайылма экожүйелерінің биоөнімділігінің өзеннің гидрологиялық режиміне тәуелділігін анықтау қажет. Биоөнімділік, жоғарыда айтылғандай, сумен қамтамасыз етілуіне, су басу уақыты мен ұзақтығына байланысты.

Өз кезегінде су қоймасынан су жіберу кезінде су басудың ауданы мен ұзақтығы су жіберу көлемімен және су беру графигімен анықталады. Табиғи жағдайда су тасқынының көлемі және оның гидрографы.

Қазіргі уақытта экологиялық ағынды орнату мәселесі өткір тұр.

Экологиялық ағынды орнатуды талдауға көптеген авторлар атап айтсақ: Авакян А. Б., Маркина В. Н., Владимирова А. М., Дубинина В. Г., Раткович Д. Я., Яцык А. В., Черняева А. М., Шахова И. С., Фащевский және т. б. [1-9] өз жарияланымдарын арналған. Қазіргі уақытта су қоймаларымен ағынды реттеу кезінде өзендердің экологиялық шығарылымдарын негіздеу үшін бекітілген нормативтердің болмауына байланысты өзен экожүйелерінің барлық жерінде деградация процестері жүріп жатыр. Тіпті «Су ресурстарын кешенді пайдалану және қорғау схемалары» (СРКПҚС) жобаларында да экологиялық шығарылымдар түсінігі «санитарлық шығарылымдар», «қоршаған ортаны қорғау шығарындылары» сияқты анықтамалармен шектеледі және көп жағдайда өте шектеулі және өзен экожүйесін сақтауды қарастырмайды [1].

Бұл мәселе бойынша А. В. Яциктің ұстанымы белгілі, өзеннің экологиялық ағыны қамтамасыз етуі керек [4]:

– өзен ағынында «гидродинамикалық тепе-теңдікті» сақтау, ағынның тасымалдау қабілетін және арнаның қалыптасу процесін қамтамасыз ету, бұл ағынның жылдамдығын есепке алуды негіздеуге келеді;

– қолайлы су режимін сақтау, су экожүйелерінің биологиялық өнімділігін және ағындағы еріген оттегінің мөлшерімен бағаланатын су ағындарын тазарту мүмкіндігін қамтамасыз ету.

Бұл ережелер барынша ықшамдалған және тек жалпы сапалық талаптарды тұжырымдайды.

Фащевский Б. Ф., Бурлибаев М. Ж. осы берілген дереккөзде су ресурстарын шекті рұқсат етілген сандық алудың нормативтерін (ЖҚҚ) экологиялық ағынды (ЭҚ) максималды алу нормаларын әзірлеуді ұсынады. Орындалған зерттеулерге сәйкес, қажетті қоршаған орта ағыны орташа жылдық ағынның 40-65% құрайды [1].

Заманауи жағдайларда аридті аймақта өзен жайылмалары игерілді, жайылма шалғындар – шабындық және жайылымдық жерлер болып табылады, өзен және атырау көлдері балық аулау үшін пайдаланылады және қазірдің өзінде инженерлік сумен жабдықтау жүйесімен қамтамасыз етілген табиғи шаруашылық жүйелерге (ТШЖ) жатады.

Осы жағдайларда шаруашылық салаларының және экологиялық-экономикалық жүйелердің су пайдаланушылары арасында өзен бассейндеріндегі су ресурстарын бөлу бойынша практикалық мәселелерді шешу қажеттілігі туындайды.

Зерттеу жұмысының мақсаты: судың таралуын оңтайландыруды, жыл ішінде де, көпжылдық кезеңде де ағынның төмендеуін, сондай-ақ су аз жылдар циклінің жасанды өсуін ұстап тұру.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Бұл мақалада өзен бассейнінің су балансы негізінде су ресурстары үшін «қысымшылық» коэффициентін бағалау және тағайындаудың әзірленген әдіс-төмесі және суару және табиғи жүйелердегі 10%-ға дейінгі шекті рұқсат етілген қысымшылық қарастырылады [1, 10].

Шу өзені бассейнінің мысалында екі мақсатты міндет қарастырылады, оларға төмендегідей мақсатты міндеттер кіреді:

1) Қолданыстағы суару жүйелерін оңтайлы сумен қамтамасыз ету;

2) өзеннің төменгі ағысына қоршаған ортаны қорғау (экологиялық) шығарындылары суымен қамтамасыз ету.

Бұл жағдайда оңтайландыру критерийін таңдаудың күрделілігі осы мақсаттардың сәйкессіздігінен туындайды.

Табиғи органы сумен қамтамасыз ету мен өзен алабындағы суаруды дамыту арасындағы қайшылық мынада: өзен ағынының кез келген елеулі өзгерісі (су қоймасымен реттелуі, шаруашылық мақсатындағы қайтарымсыз су алуы) тіршілікті қамтамасыз ететін фактор болғандықтан, қолайсыз экологиялық зардаптарға әкеледі.

Су шаруашылығы мақсатында ұсынылып отырған әдіс инженерлік сипатта болуы, есептеу формулалары болуы және өзен аңғарында тұратын халықтың қажеттіліктерін ескеруі қажет.

Қарастырылып отырған мәселеде ең алдымен табиғи жүйелердің даму заңдылықтарына жүгіну қажет.

Нәтижелер және оны талқылау. Ішкі динамикалық тепе-теңдік заңына сәйкес (і.д.т.т.) негізгі көрсеткіштердің кез келген өзгерісі (зат, энергия, биологиялық популяциялардың ақпараты, экожүйелердің динамикалық сапалары) жүйелердің заттық-энергетикалық, ақпараттық және динамикалық сапаларының жалпы сомасын сақтайтын ілеспелі функционалдық-құрылымдық сандық және сапалық өзгерістерді тудырады [10, 11].

Ішкі динамикалық тепе-теңдік заңның салдарына мыналар жатады:

1) Қоршаған ортаның кез келген өзгерісі өзгерісті бейтараптандыруға қарай жүретін табиғи тізбекті реакциялардың дамуына сөзсіз әкеледі. Қоршаған ортадағы елеулі өзгерістермен процесс қайтымсыз сипат алуы мүмкін.

2) Материалдық-энергетикалық экологиялық компоненттердің, табиғи жүйелердің ақпараттық және динамикалық сапаларының өзара әрекеттесуі сандық жағынан сызықты емес, яғни әлсіз әсерде немесе көрсеткіштердің біреуінің өзгеруі басқаларында күшті ауытқуларын тудыруы мүмкін.

3) Табиғаттың кез келген жергілікті түрленуі биосфераның жаһандық жиынтығында және оның ірі бөлімшелерінде үлкен реакциялар туғызады, экологиялық және экономикалық әлеуеттің салыстырмалы өзгермейтіндігіне әкеледі, оның артуы тек энергетикалық инвестициялардың айтарлықтай ұлғаюы арқылы мүмкін болады. Экологиялық және экономикалық потенциалдың жасанды өсуі табиғи жүйелердің термодинамикалық тұрақтылығымен шектеледі.

Ішкі динамикалық тепе-теңдік заңы табиғатты пайдаланудағы негізгі ережелердің бірі болып табылады. Қоршаған ортадағы өзгерістер әлсіз және салыстырмалы түрде шағын аумақта өндірілетін болса, олар экожүйелік иерархия тізбегінде өшеді. Өзгерістер ірі экожүйелер үшін маңызды мәндерге жеткенде, мысалы, ірі өзен бассейндерінің (Арал теңізі бассейні) масштабында, олар осы кең түзілімдердің елеулі ығысуына әкеледі.

Табиғатты пайдаланудағы он пайыздық ережеде былай дейді: экологиялық пирамиданың бір трофикалық деңгейінен екіншісіне 10% (7% -дан 17% -ға дейін) энергияның (немесе энергетикалық мағынада материяның) орташа максималды өтуі, әдетте, экожүйе үшін жағымсыз салдарларға әкелмейді [1, 10].

Табиғи жүйеге ықтимал әсерлерді бағалау үшін белгілі бір өзен бассейніндегі адамның шаруашылық қызметінің жинақталған тәжірибесін пайдалану немесе шектеу критерийлерін белгілеу қажет.

Тәжірибе көрсеткендей, стационарлық популяцияларда 10-30% организмдердің жойылуы популяцияның стационарлық (дәлірек айтқанда квазистационарлық) күйден кетуіне әкелмейді [10, 12].

Осылайша, аридті аймақ өзендерінің жайылма шалғындарының жайылымдық-шабындық су ресурстарының максималды шегі 30%-дан аспауы мүмкін.

Табиғи жүйелер дамуының жоғарыда аталған заңына сүйене отырып, өзен бассейнінің табиғи жүйесінің өзгеруіне адам қызметінің әсерін бағалаудың бірден-бір критерийі берілген экологиялық және экономикалық потенциалдар үшін табиғи жүйенің термодинамикалық тұрақтылығының критерийі болуы мүмкін.

Бұл тәсілдің бүкіл күрделілігі оны экономикалық тұрғыдан бағалаудың мүмкін еместігімен қиындай түседі, өйткені ол табиғи жағдайлардың «салмақсыз артықшылықтарын» қамтиды [13].

Экологиялық шектеулерді ескере отырып, табиғи және энергетикалық әлеуетті критериялды бағалауды жүргізу ұсынылады.

Бұл жағдайда өзен бассейндеріндегі агроөнеркәсіптік ландшафттарды дамытудың практикалық тәжірибесіне сүйенген жөн болар. Біріншіден, табиғи жүйелердің деградациясының критерийлері мен антропогендік әсерлердің жеткілікті нақты сапалық және сандық бағасы қажет.

Аридтік аймақтағы негізгі және абсолютті шектеуші көрсеткіштердің бірі су шаруашылығы балансы болып табылады [11, 13]:

$$W_j \geq \sum_{i=1}^{i=n} Potr_i, \quad (1)$$

мұндағы W_j – су алу орнындағы болжамды қамтамасыз етудің жылдық ағыны; $Potr_i$ – су пайдаланушылардың жылдық су тұтынуы.

Өзен бассейнінің су ресурстарын су пайдаланушылар арасында бөлу үшін келесі мәселелерді шешу қажет:

- 1) су ресурстарын сандық және сапалық тұрғыдан бағалау, олардың жыл ішінде бөлінуі;
- 2) әртүрлі су пайдаланушылардың сумен жабдықтауға қойылатын талаптарын анықтау, орны толмас ысыраптардың шамасын және тұтынушылардың су сапасына әсерін белгілеу;
- 3) мүмкін болатын ысыраптарды ескеріп, ағынды реттеуді жүргізе отырып және қабылданған уақыт шкаласы бойынша жеке учаскелер бойынша арна баланстарын (егер резервуар болса) жасау;
- 4) нақты табиғи бассейнің объектілеріне су факторының рұқсат етілген әсерін, ағын сапасының өзгеруін бағалай отырып, су ресурстарын алудың ықтимал көлемдерін белгілеу;
- 5) белгіленген өлшемдерді басшылыққа ала отырып, су ресурстарын түйіндік нүктелер (кима) бойынша бөлуді жүзеге асыру.

Әдетте орташа жылдық немесе белгіленген (75-90%) қамтамасыздандықтан бастау. Бұл жағдайда берілген сенімділік интервалында барлық су тұтынушыларының қажеттіліктерін қанағаттандыру мәселесін шешу қажет:

$$W_{min} \leq W_i \leq W_{max}. \quad (2)$$

Мұндағы, W_{min} , W_{max} – болжамды қамтамасыз ету ағынының ықтимал көлемдері.

Егер күтілетін ағынды болжау мүмкін болса, күтілетін ағынның ықтимал ауытқу аймағы болжам дәлдігі сенімділік интервалымен шектеледі, яғни шектік мәндер қабылданған сенімділік шартымен анықталады. Осылайша 95% сенімділікте

$$W_i = W_{cp} \pm 2\sigma. \quad (3)$$

Осылайша, негізгі детерминирленген шешім, орташа ұзақ мерзімді ағын суға сәйкес табиғи кешендерді қоса алғанда, барлық қажеттіліктерді қанағаттандыру шарты болып табылады.

Су аз болған жылдары ($j = 75-95\%$) су ресурстарының тапшылығы байқалады:

$$D_j = W_j - Potr_{cp}. \quad (4)$$

Оңтайландырудың келесі мәселесі тұтынушыларды сумен қамтамасыз ету көлемдерін белгілеу және тұтынушылар мен табиғи кешендердің құрамдас бөліктерінің судағы қысымшылық критерийлерін таңдау болып табылады.

Сумен жабдықтауды қысымшылық коэффициенттері α_i барлық тұтынушыларды қанағаттандыру үшін енгізілген. Қысымшылық коэффициентінің орташа мәні анықтамалық жылдың су тапшылығымен анықталады:

$$\alpha_i = W_j / Potr_{cp}, \quad (5)$$

мұнда W_j – берілген ықтималдықтағы өзен алабындағы жылдық ағынның көлемі; $Potr_{op}$ – орташа ұзақ мерзімді жылдағы су шығыны.

α_i орташа мәні негізінде әрбір су пайдаланушыға қысымшылық коэффициенттері тағайындалады. Мысалы, экологиялық шығарылымдар үшін 0,9-0,7 қабылданады; суармалы алқаптар үшін 0,9-0,7; бірінші суару 0,8-0,5. Содан кейін есептік сумен жабдықтауда су ресурстарының балансы бақыланады [12]:

$$W_j \geq \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i Potr_i, \quad (6)$$

мұнда $Potr_i$ – орташа ұзақ мерзімді жылдағы су пайдаланушыға жылдық су беру көлемі; α_i – су пайдаланушылардың қысымшылық коэффициенттері.

Өте құрғақ жылдарда $P_j \geq 90\%$ қысымшылық коэффициенттері қабылданған есептелгеннен төмен белгіленген кезде өзеннің жоғарғы ағысынан бастап әрбір суармалы массив үшін суармалы алқапқа шектеулер енгізу қажет болады.

Су шаруашылығын жоспарлауда «есептелген қолжетімділік» критерийі кеңінен қолданылады, бұл тұтынушыны толық сумен қамтамасыз етуге кепілдік берілген барлық есеп айырысу кезеңінің ықтимал жылдарының санын білдіреді.

Есептелген сумен жабдықтауды белгілеу мәселесі сумен жабдықтау көлемінің азаюынан келтірілген залалды экономикалық бағалаудағы үлкен белгісіздікпен байланысты.

Сондықтан су қажеттілігін қамтамасыз етудің бірқатар нұсқаларын қарастырып, нұсқалардың техникалық-экономикалық негіздемесін жасаған дұрысырақ болар еді.

Есептелген қолжетімділік су ресурстарын басқару балансын әзірлеудегі негізгі бастапқы мәндердің бірі болып табылады.

Белгіленген жобалау тәжірибесі негізінде жобалау қауіпсіздігінің келесі мәндері қабылданады (%-бен) [11, 13]:

| | |
|---|--------|
| Ауыз және өндірістік сумен қамтамасыз ету | 95-97; |
| гидроэнергетика | 90-95; |
| су транспорты (магистралдың класына байланысты) | 90-99; |
| жүйелі суару | 75-85; |
| көлтабандап суару | 50-75; |
| балық шаруашылығы | 75-95. |

Ауыл шаруашылығы өндірісінің бірқатар қосалқы салалары, табиғи кешендер үшін бағалау қауіпсіздігінің белгіленген мәндері жоқ. Қолданыстағы жобалау және пайдалану тәжірибесін талдау негізінде жобалау қауіпсіздігінің келесі мәндерін ұсынуға болады (%-бен):

| | |
|---|--------|
| Ауыл шаруашылығын сумен қамтамасыз ету | 95-97; |
| Суландыру | 90-95; |
| суару ағындары арқылы жайылмалардың су басуы | 70-80; |
| көл-өзен жүйесін сақтауға арналған ағындар | 75-90; |
| судың сапасын сақтау үшін санитарлық шығарылымдар | 95-97. |

Жоғарыда келтірілген мәндерді бассейнің нақты жағдайлары негізінде, ең алдымен, су көзі ағынының нақты өзгермелілігіне негіздеп нақтылауға болады.

Күтілетін құрғақ жылдардағы есептеулерден кейін әрбір берілген P_j үшін су пайдаланушылардың орташа өлшенген қысымшылығы есептеледі:

$$\alpha_{op} = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i p_i / P_{op}. \quad (7)$$

Барлық су пайдаланушылар үшін су қамтамасыздығының жалпы көрсеткіші келтірілген қамтамасыздық болуы мүмкін [11]:

$$P = \alpha_{50} P_{50} + (P_{75} - P_{50}) \alpha_{75} / \alpha_{50} + (P_{90} - P_{75}) \alpha_{90} / \alpha_{75} + (P_{100} - P_{90}) \alpha_{100} / \alpha_{90}, \quad (8)$$

Мұнда α_{50} , α_{75} , α_{90} , α_{100} – жобалық нысанаға сәйкес келетін су ағынының болуымен орташа өлшенген қысымшылық коэффициенттері.

Ауыл шаруашылығы өндірісін сумен қамтамасыз ету мәселесін, экологиялық және әлеуметтік талаптарды бірлесіп шешу кезінде бірнеше мақсатты функцияларды қанағаттандыру қажет. Оның бірнеше тәсілдер бар.

Ауыл шаруашылығы өнімдерін максималды өндіру қажет деп есептейік (табиғи кешендердің биоөнімділігін ескере отырып), онда бұл мақсатты функцияның энергиямен өрнектелген биомас-самен көрсетуге болады:

$$\max_{\{x_{ij}\}} \sum_{j=1}^n p_j x_j. \quad (9)$$

Мұнда p_j – барлық инвестицияланған энергия шығындарын алып тастағандағы су басқан алқаптардың, іргелес жайылымдардың, су экожүйелерінің, суармалы жерлердің ауданы бірлігіне шаққандағы энергетикалық өнімділігі; x_j – сумен жабдықтау көлеміне байланысты айнымалы көрсеткіштер.

Табиғи және экологиялық талаптар шектеулер түрінде бөлуге болады:

$$P\% = 75\%, \quad (10)$$

$$\alpha_1 \leq x_1 / x_{1 \max} \leq 1, \quad (11a)$$

$$\alpha_2 \leq x_2 / x_{2 \max} \leq 1, \quad (11b)$$

$$\alpha_3 \leq x_3 / x_{3 \max} \leq 1, \quad (11b)$$

мұнда $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – сумен қамтамасыз етуде табиғи кешендердің рұқсат етілген шектеулері; $x_{1 \max}, x_{2 \max}, x_{3 \max}$ – ылғалды жылдарда су басу көрсеткіштері ($P\% = 10\%$).

Шу өзені бассейнінде суды бөлуді оңтайландыру мәселесін шешу кезінде (10) және (11с) критерийлері және Созақ ауданы бойынша шектеу критерийі ($Zat x_3$) келесі түрде пайдаланылды:

$$0,7 \leq x_3 / x_{3 \max} \leq 1 \text{ при } P\% = 75\%. \quad (12)$$

Төмендегі 1-кестеде үш аудан бойынша рұқсат етілген су алу және күтілетін су тасқыны аумақтары көрсетілген.

Су алудың рұқсат етілген көлемі және аудандар бойынша жайылманы су басуы, %

| P, % ағын | Жылдық ағын, млн м ³ | Су алу, млн м ³ | % аудандар бойынша су басу | | |
|--------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------|-------|
| | | | Мойынкүм | Сарысу | Созақ |
| 50 | 1900 | 450 | 89 | 93 | 83 |
| 75 | 1600 | 300 | 86 | 89 | 70 |
| 90 | 1280 | 250 | 78 | 73 | 30 |

Қорытынды. Шу өзенінің төменгі ағысы мысалында су тасқыны алаңдары, су ресурстарының таралуы және 900-ден 2600 млн.м³ аралығындағы су тасқыны кезінде экожүйелердің тұрақты жұмыс істеуі анықталды. Жайылманың соңғы буынында (ОҚО төгілуі) су басудың рұқсат етілген ауданы кезінде Шу өзенінің төменгі ағысындағы экожүйелерді тұрақты шаруашылық пайдалану аймағы 30%-ға дейін белгіленді.

– 75% ағынды сумен қамтамасыз етілгенде, егер су қоймасындағы булану мен сүзілу ысыраптарын есепке алатын болсақ, онда кепілдік берілген қамтамасыз ету 260 млн. м³ болуы керек, бұл Тасөткел су қоймасынан төмен орналасқан 42 мың га суармалы жерді сумен қамтамасыз етуге жеткілікті;

– 90% қамтамасыз етілгенде және одан төмен жылдарда 210 млн м³ ге, ал 260 млн м³-ге жеткенде яғни, $\alpha_{суару} = 0,7$ рұқсат етілгенге дейін суаруды шектеу қажеттілігі туындайды, Өте аз қамтамасыздық жағдайында суару көлемін азайту қажет;

– 50 мың га суару көлемін қамтамасыз ету үшін $\alpha = 0,9$ қайтарымдылық коэффициентімен ұзақ мерзімді реттеу қажет.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Бурлибаев М. Ж., Фашевский Б. В., Опп К., Бурлибаева Д. М., Кайдарова Р. К., Вагапова А. Р. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана. – Алматы: Каганат, 2014. – 408 с.
- [2] Шахов И. С. Водные ресурсы и их рациональное использование. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 289 с.
- [3] Черняев А. М., Дальков М. П., Шахов И. С., Прохорова Н. Б. Бассейн. Эколого-водохозяйственные проблемы, рациональное водопользование. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1995. – 365 с.
- [4] Яцык А. В. Экологические основы рационального водопользования. – Киев: Генеза, 1997. – 628 с.
- [5] Ковалевский В. С., Раткович Д. Я. Об экологически допустимых изъятиях речных вод // Водные ресурсы. – Алматы: Атамура, 2003. – 432 с.
- [6] Дубинина В. Г. Методические основы экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска). – М.: Экономика и информатика, 2001. – 120 с.
- [7] Владимиров А. М., Имамов Ф. А. Принцип оценки экологического стока рек. Вопросы экологии и гидрологические расчеты. – СПб., 1994.
- [8] Маркин В. Н. Внутригодовое распределение экологического стока малых рек // Материалы Международной научно-практической конференции. – М., 2006. – Ч. 1. – 9 с.

- [9] Авакян А. Б., Широков В. М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1994. – 319 с.
- [10] Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.
- [11] Справочник мелиорация и водное хозяйство // Водное хозяйство. – М.: ВО Агропромиздат, 1988. – Т. 5. – 399 с.
- [12] Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. – М.: Изд-во "Наука", 1978. – 400 с.
- [13] Великанов А. Л. Водохозяйственные системы и расчетная обеспеченность // Водные ресурсы. – 1973. – № 5. – С. 179-183.
- [14] Экологические попуски // Публикации Тренингового центра МКВК. – Ташкент: НИЦ МКВК, 2003. – Вып. 1. – 78 с.
- [15] Об утверждении Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов Постановление Правительства Республики Казахстан от 8 апреля 2016 года № 200 <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1600000200#z5>.

REFERENCES

- [1] Burlibayev M. Zh., Fashchevsky B. V., Opp K., Burlibayeva D. M., Kaidarova R. K., Vagapova A. R. Scientific basis for rationing the environmental flow of rivers in Kazakhstan. *Almaty: Kaganat, 2014. 408 p. (in Russ.)*.
- [2] Shakhov I. S. Water resources and their rational use. *Ekaterinburg: «AQUA-PRESS» Publishing House, 2000. 289 p. (in Russ.)*.
- [3] Chernyayev A. M., Dalkov M. P., Shakhov I. S., Prokhorova N. B. Swimming pool. Ecological and water management problems, rational water use. *Ekaterinburg: Publishing house "Victor", 1995. 365 p. (in Russ.)*.
- [4] Yatsyk A. V. Ecological foundations of rational water use. *Kyiv: Geneza, 1997. 628 p. (in Russ.)*.
- [5] Kovalevsky V. S., Ratkovich D. Ya. On environmentally acceptable withdrawals of river waters // *Water Resources. Almaty: Atamura, 2003. 432 p. (in Russ.)*.
- [6] Dubinina V. G. Methodological principles of environmental regulation of irrevocable withdrawal of river flow and establishment of environmental flow (release), *M.: Economics and Informatics, 2001. 120 p. (in Russ.)*.
- [7] Vladimirov A. M., Imamov F. A. The principle of assessing the environmental flow of rivers. *Ecological issues and hydrological calculations. St. Petersburg, 1994 (in Russ.)*.
- [8] Markin V. N. Intra-annual distribution of the ecological flow of small rivers // *Materials of the International Scientific and Practical Conference. M., 2006. Part 1. 9 p. (in Russ.)*.
- [9] Avakyan A. B., Shirokov V. M. Rational use and protection of water resources. *Ekaterinburg: Publishing House "Victor", 1994. 319 p. (in Russ.)*.
- [10] Reimers N. F. Nature management: Dictionary-reference book. *M.: Mysl, 1990. 639 p. (in Russ.)*.
- [11] Handbook of land reclamation and water management // *Water management. M.: VO Agropromizdat, 1988. Vol. 5. 399 p. (in Russ.)*.
- [12] Buslenko N. P. Modeling of complex systems. *M.: Publishing house "Nauka", 1978. 400 p. (in Russ.)*.
- [13] Velikanov A. L. Water management systems and calculated supply // *Water Resources. 1973. No. 5. P. 179-183 (in Russ.)*.
- [14] Ecological releases // *Publications of the ICWC Training Center. Tashkent: SIC ICWC, 2003. Issue 1. 78 p. (in Russ.)*.
- [15] On approval of the General Scheme for the integrated use and protection of water resources Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated April 8, 2016 No. 200 <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1600000200#z5>. *(in Russ.)*.

А. Р. Вагапова^{*1}, К. Е. Калиева², М. С. Набиоллина³, Б. С. Ботантаева⁴

¹К. т. н., старший преподаватель (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; vagapova-alina@rambler.ru)

²PhD, старший преподаватель (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; karla_3@mail.ru)

³К. с.-х. н., ассоциированный профессор (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; nabiollina73@mail.ru)

⁴К. т. н., ассоциированный профессор (Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан; botantaeva_b@mail.ru)

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ШУ

Аннотация. Разработана методика оценки и назначения коэффициента «ущемления» подачи воды водопотребителям орошаемого земледелия и природно-хозяйственным комплексам. Рассмотрены вопросы оптимизации водораспределения в условиях неопределенности притока водных ресурсов. Для решения многоцелевой задачи предложен метод оптимизации водораспределения с критериальным условием ограничения ущемления природоохранных попусков в интервале маловодных и средних по водности лет. Рассматриваются вопросы оптимизации водораспределения в случае неустановления притока водных ресурсов. Разработана методика оценки и назначения коэффициента «ущемления» и «напорного» коэффициента

подачи воды водопотребителям и природно-хозяйственным комплексам орошаемого земледелия. Важнейший отрицательный экологический результат – снижение стока как в течение года, так и в многолетнем периоде, а также неестественный рост цикла маловодных лет. Критерий ограничения природоохранного стока между маловодными и средними водными годами рассмотрен для решения многоцелевого вопроса. Для сохранения речных экосистем важнейшей задачей на современном этапе является научное обоснование допустимых объемов получения и установления экологического стока рек. Кроме того, экологическое нормирование имеет общие свойства для всех водотоков. Однако экосистема каждой реки имеет особенности, которые определяются географическим положением, климатическими, морфологическими, гидрологическими и другими условиями. Поэтому в зависимости от индивидуальности и уникальности экосистем для каждой из них должны проводиться соответствующие исследования всех видов антропогенных факторов воздействия и состояния экосистемы.

Ключевые слова: речной бассейн, коэффициент ущемления, водораспределение, водопотребление, критериальная оценка, расчетная обеспеченность, экологический сток реки.

A. R. Vagapova^{*1}, K. Ye. Kaliyeva², M. S. Nabiollina³, B. S. Botantaeva⁴

¹Candidate of technical sciences (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; vagapova-alina@rambler.ru)

²PhD (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; karla_3@mail.ru)

³Candidate of agricultural sciences (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; nabiollina73@mail.ru)

⁴Candidate of technical sciences (Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan; botantaeva_b@mail.ru)

METHOD FOR OPTIMIZING WATER DISTRIBUTION BY THE EXAMPLE OF THE SHU RIVER

Abstract. A methodology has been developed for assessing and assigning a coefficient of "infringement" of water supply to irrigated agricultural consumers and natural and economic complexes. The issues of optimizing water distribution in the context of uncertainty of the inflow of water resources are considered. To solve the multipurpose problem, a method was proposed for optimizing water distribution with a criterion condition for limiting the infringement of environmental launches in the interval of low-water and medium-water years. The article discusses the issues of optimizing water distribution in the event of a lack of water inflow. A methodology was developed for assessing and assigning a "infringement" factor for the "pressure" coefficient of water supply to water consumers and natural and economic complexes of irrigated agriculture. The most important negative environmental result is a decrease in runoff both during the year and in the long-term period, as well as an unnatural increase in the cycle of low-water years. The criterion for limiting environmental effluents between low-water and medium-water years has been considered to solve a multipurpose issue. To preserve river ecosystems the most important task at the present stage is the scientific substantiation of the permissible volumes of receiving and establishing the environmental flow of rivers. In addition, this environmental regulation has common properties for all watercourses. However, the ecosystem of each river has its own characteristics and characteristics, which are determined by geographical location, climatic, morphological, hydrological and other conditions. Therefore, depending on the individuality and uniqueness of ecosystems, appropriate research should be carried out for each of them to assess all types of anthropogenic impact factors and the state of the ecosystem.

Keywords: river basin, infringement coefficient, water distribution, water consumption, criteria assessment, estimated security, ecological flow of the river.

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-91-98.15>

МРНТИ 70.19.11

УДК 626.24

Е. Саркынов¹, А. А. Яковлев², Ж. З. Жакупова*³, А. Ж. Алимбетова⁴

¹ К. т. н., профессор (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; yerbol.sarkynov@kaznaru.edu.kz)

² К. т. н., доцент (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; alexandr.yakovlev@kaznaru.edu.kz)

³ PhD (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; zhanar.zhakupova@kaznaru.edu.kz)

⁴ К. т. н. (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; Alia_13.03@mail.ru)

ОБОСНОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕОБХОДИМЫХ ТИПОРАЗМЕРОВ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ГИДРОТАРАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОДОПОДЪЕМА ИЗ ВОДОТОКОВ

Аннотация. Определены исходные параметры трёх необходимых типоразмеров усовершенствованной гидротаранной насосной установки: один типоразмер НУВ-7-12 для обводнения пастбищ и два типоразмера НУВ-17-20 и НУВ-35-20 для орошения земель при водоподъёме из водотоков с приводом от водной энергии, разработанных в НАО КазНАИУ при выполнении НИР по прикладным исследованиям и по проекту ИРН-ДР21682075 «Насосные установки для подъёма воды из водотоков с приводом от водной энергии» по линии АО «Фонд науки» МОН РК (договор № 102 от 10.11.2023 г.). Приведены формулы по определению исходных параметров усовершенствованной гидротаранной насосной установки: подачи $Q_{\text{ну}}$, напора $H_{\text{ну}}$ и расхода воды Q для привода насосной установки для обводнения пастбищ и орошения земельных участков крестьянских и фермерских хозяйств АПК РК, определены их числовые размеры для каждого типоразмера.

Ключевые слова: гидротаранная насосная установка, типоразмер, водоток, водная энергия, исходный параметр, формула, числовое значение.

Введение. В Послании народу Казахстана «Единство народа и системные реформы – прочная основа процветания» от 1 сентября 2020 года Президент Республики Казахстан К.-Ж. Токаев отметил, что серьезным барьером остаются технологически устаревшие системы орошения [1]. Для полноценного обеспечения нынешнего поголовья скота питьевой водой и кормовой базой необходимо ввести в оборот около 30 млн га естественных и культурных пастбищ за счет их обводнения посредством использования для привода насосных установок от возобновляемых источников энергии, преимущественно водной.

Однако из-за отсутствия на рынке альтернативных насосных установок для подъёма воды из водотоков сельскохозяйственные и другие потребители, расположенные в зонах водотоков, вынуждены использовать традиционные центробежные насосные установки АН-2К-9-М1 и АНС-60Д с приводом от двигателей внутреннего сгорания мощностью 1,5 и 5,9 кВт, требующие больших эксплуатационных затрат, в том числе дорогостоящего топлива [2, 3].

В Казахском национальном аграрном исследовательском университете проведены НИР по прикладным исследованиям для повышения эффективности водоснабжения из водотоков в системе орошения земель и обводнения пастбищ крестьянских и фермерских хозяйств АПК РК посредством насосных установок с приводом от водной энергии трёх типоразмеров: гидротурбинной, напорно-вакуумной и гидротаранной, из которых наиболее конструктивно простой, надёжной в эксплуатации и с повышенными энергетическими показателями является усовершенствованная гидротаранная насосная установка [4].

Гидротаранная насосная установка состоит из приёмной части с приёмным фильтром и гидроударной части в виде питающего трубопровода с ударным, нагнетательным и обратным эластичными клапанами, воздушного колпака с водоподающим трубопроводом.

При этом питающий трубопровод имеет устройство для запуска и остановки гидроударного процесса в виде задвижки, установленной на выходе питающего трубопровода.

Ударный клапан и обратный клапаны имеют регулирование их хода на оптимальный режим работы насосной установки для повышения основных её параметров: подачи, напора и КПД.

Приемная часть предназначена для приёма воды из водотока, создания над приёмным фильтром питающего трубопровода подпора воды за счёт преобразования скоростного напора в потенциальный и выполнена в виде перемычки, имеющей форму полукруглой ёмкости, которая соединяется фланцево с питающим трубопроводом и приёмным фильтром.

Гидроударная часть предназначена для создания гидроударного давления внутри приёмной камеры питающего трубопровода посредством периодического закрытия и открытия ударного клапана, создающего напор и подачу насосной установки от нагнетания воды в ёмкость воздушного колпака.

Гидротаранная насосная установка относится к типу установок, в которых для создания напора и подачи используется кинетическая энергия движущейся воды. Принцип работы основан на создании в водоподъёмной системе гидроудара от периодического закрытия и открытия ударного клапана в камере питающего трубопровода, от которого в ней циклически повышается давление, и вода через нагнетательный клапан нагнетается в ёмкость воздушного колпака и по водоподъёмному трубопроводу (рукаву) подаётся потребителю [2, 3].

Проблема эффективного водоснабжения с использованием естественных энергетических ресурсов воды в современных условиях для подъёма воды из водотоков перспективна и актуальна. Решение позволяет рационально осуществить необходимыми типоразмерами насосных установок водоподъем гидротаранным способом. Конструкция установки имеет новизну, защищена патентом на изобретение КЗ № 34027, патентообладателем которой является НАО «КазНАИУ». По техническому решению насосная установка проста и надёжна в эксплуатации и не ухудшает экологию окружающей среды [2-4].

В этой связи для практического решения проблемы разработаны рекомендации по внедрению инновационных насосов в крестьянских и фермерских хозяйствах на объектах АПК РК. Внедрение предлагаемой конструкции гидротаранной насосной установки (рисунки 1, 2) позволит устранить технологические и технические недостатки аналогов, улучшить основные показатели необходимых типоразмеров. Применение на практике усовершенствованной гидротаранной насосной установки обеспечит увеличение подачи и КПД на 20-30%, повышение надёжности и упрощение эксплуатации, по сравнению с базовыми насосными установками достигается снижение эксплуатационных затрат в 8-11 раз.

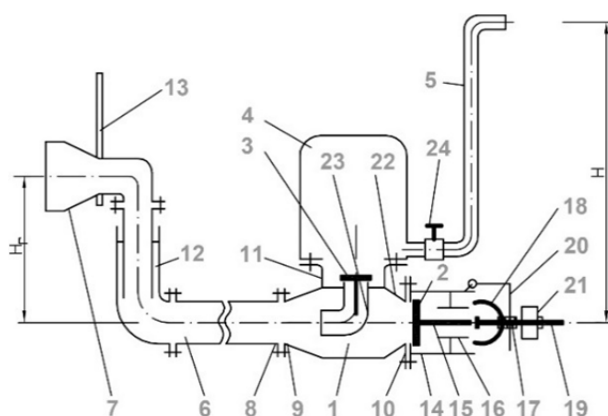


Рисунок 1 – Конструктивно-техническая схема гидротаранной насосной установки конструкции КазНАИУ [3, 4]:

- 1 – корпус ударного клапана; 2, 3 – ударный и нагнетательный клапаны; 4 – воздушный колпак;
- 5 – водоподающий трубопровод; 6 – питающий трубопровод; 7 – приемная часть;
- 8 – выходная часть питающего трубопровода; 9-11 – патрубки входной, выходной и средней;
- 12 – телескопическое соединение; 13 – рама-щит; 14 – корпус ударного клапана;
- 15 – направляющая ударного клапана; 16 – седло ударного клапана; 17 – противовес; 18 – полусферический диск;
- 19-21 – шток, кронштейн и груз противовеса; 22 – расширительный диффузорно-конфузорный патрубок;
- 23 – колено корпуса; 24 – вентиль; H, Hг – высота водоподъема, геометрический напор

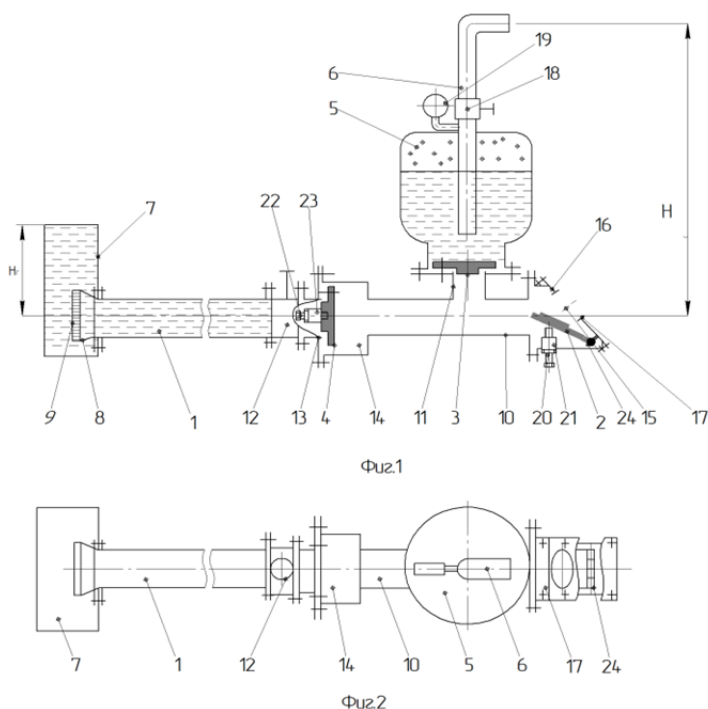


Рисунок 2 – Конструктивно-технологическая схема гидротаранной насосной установки конструкции КазНАИУ:
 1 – питающий трубопровод; 2-4 – ударный, нагнетательный и обратный эластичные клапана; 5 – воздушный колпак;
 6 – водоподающий трубопровод; 7 – подпитывающая перемычка; 8 – приёмная часть питающего трубопровода;
 9 – решетчатая сетка; 10 – камера питающего трубопровода; 11 – опорное седло нагнетательного клапана;
 12 – устройство для запуска и остановки гидроударного процесса (задвижка); 13 – седло обратного клапана;
 14 – корпус обратного клапана; 15 – седло ударного клапана; 16 – корпус ударного клапана; 17 – крышка с седлом;
 18 – вентиль; 19 – манометр; 20, 22 – упорный винт; 21, 23 – втулка; 24 – шарнирное соединение;
 $H_г$, H – создающий гидравлический перепад и высота водоподъёма

В результате при выполнении НИР по прикладным исследованиям в НАО «КазНАИУ» и при реализации проекта ИРН-ДР21682075 «Насосные установки для подъёма воды из водотоков с приводом от водной энергии» по линии АО «Фонд науки» МОН РК (договор № 102 от 10.11.2023 г.) разработаны три необходимых типоразмера усовершенствованной гидротаранной насосной установки: один типоразмер НУВ-7-12 для обводнения пастбищ и два типоразмера НУВ-17-20 и НУВ-35-20 для орошения земель крестьянских и фермерских хозяйств в зонах водотоков при выращивании сельскохозяйственных культур и трав для культурных пастбищ. Их внедрение позволит получить годовой экономический эффект на одну насосную установку от 540 тыс. до 1324 тыс. тенге с общим эффектом от внедрения потребного количества от 5,5 млрд до 13,5 млрд тенге.

В статье даются обоснование исходных параметров усовершенствованной гидротаранной насосной установки для водоподъема из водотоков и характеристика их типоразмеров в системе орошения земель и обводнения пастбищ в зонах прилегающих водотоков.

Метод исследования – теоретический и эмпирический заключается в обосновании исходных параметров: подачи $Q_{ну}$, потребного напора $H_{ну}$ и расхода воды Q для привода гидротаранной насосной установки необходимых типоразмеров. Критерием обоснования является потребное суточное водопотребление $q_{сут}$ хозяйств АПК РК, расположенных в зонах водотоков с учётом природно-хозяйственных факторов.

Результаты исследования. Исходные параметры необходимых типоразмеров гидротаранной насосной установки определены по приведённым формулам [5-8].

Подача гидротаранной насосной установки:

$$Q_{ну} = \frac{q_{сут}}{t_{см} \cdot \eta_{см}} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где $q_{\text{сут}}$ – суточное водопотребление на объектах АПК РК для сельскохозяйственных потребителей, $\text{м}^3/\text{сут}$:

$$q_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n q_n \cdot z \cdot \alpha \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2)$$

где q_n – единичные нормы водопотребления в сутки (для поения животных, полива 1 м^2 площадей приусадебных участков, 1 га орошаемых земельных площадей), м^3 ; z – количество нормируемых величин (число животных, м^2 поливных участков, га орошаемых площадей); α – $1,09-1,15$ – коэффициент, учитывающий водопотребление на собственные нужды обслуживающего персонала [9]; $\eta_{\text{см}}$ – коэффициент использования рабочего времени смены для насосных установок (водоподъёмников) разрабатываемого типа ($\eta_{\text{см}} = 0,73$) [10].

Суточное водопотребление сельскохозяйственных потребителей (крестьянских и фермерских хозяйств) АПК РК для обводнения пастбищ изменяется в широких пределах – от минимального значения в осенне-зимний периоды водопользования до $3,3 \text{ м}^3$ (на водопой животных, приготовление корма и бытовые нужды) до максимального значения в летний период до $18,4 \text{ м}^3$ (при водообеспечении животных) и до 36 м^3 с учётом полива приусадебных участков (при норме полива на 1 м^2 площади участка – $0,3 \text{ м}^3$ воды, площади участка – 420 м^2 и полива 1 раз в неделю). Для орошения земель, прилегающих к водотокам, суточное водопотребление составит до $140 \text{ м}^3/\text{сут}$ при норме полива 1 га земельной площади 2900 м^3 воды, средней площади земель на одного потребителя 15 га ($64,5\%$ потребителей), из них подлежащих орошению – 10% , или $1,5 \text{ га}$, количество поливов за сезон – 3 и продолжительность полива – 10 дней и до $280 \text{ м}^3/\text{сут}$ при средней площади земель на одного потребителя – 30 га (70% потребителей), из них подлежащих орошению – 10% , или 3 га при аналогичных требованиях [2-4].

Согласно формуле (1) при $q_{\text{сут}} = 3,3-18,4 \text{ м}^3/\text{сут}$ и $\eta_{\text{см}} = 0,73$ пределы подач гидротаранной насосной установки составят:

– при рабочем времени смены $t_{\text{см}} = 7 \text{ ч}$:

$$Q_{\text{ну}} = \frac{3,3 \dots 18,4}{7 \cdot 0,73} = 0,64 - 3,6 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,00018 - 0,001 \text{ м}^3/\text{с},$$

– при рабочем времени смены $t_{\text{см}} = 24 \text{ ч}$:

$$Q_{\text{ну}} = \frac{3,3 \dots 18,4}{24 \cdot 0,73} = 0,18 - 1,05 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,00005 - 0,00029 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Подача гидротаранной насосной установки в пределах средних значений при $t_{\text{см}} = 24$ и 7 ч составит $Q_{\text{ну}} = 0,41-2,3 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,00011-0,00064 \text{ м}^3/\text{с}$. Принимаем подачу гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ без учёта полива приусадебного участка по наибольшему значению $Q_{\text{ну}} = 2,3 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,00064 \text{ м}^3/\text{с}$.

При $q_{\text{сут}} = 36 \text{ м}^3/\text{сут}$ пределы подач гидротаранной насосной установки будут согласно формуле (1):

– при рабочем времени смены $t_{\text{см}} = 7 \text{ ч}$

$$Q_{\text{ну}} = \frac{36}{7 \cdot 0,73} = 7,04 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,001956 \text{ м}^3/\text{с};$$

– при рабочем времени смены $t_{\text{см}} = 24 \text{ ч}$

$$Q_{\text{ну}} = \frac{36}{24 \cdot 0,73} = 2,05 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,00057 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Подача гидротаранной насосной установки при $t_{\text{см}} = 24$ и 7 ч составит $Q_{\text{ну}} = 2,05-7,04 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,00057-0,001956 \text{ м}^3/\text{с}$. Принимаем подачу гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ с учётом полива приусадебного участка по наибольшему значению округлённо до $Q_{\text{ну}} = 0,0019 \text{ м}^3/\text{с} = 6,84 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При $q_{\text{сут}} = 140 \text{ м}^3/\text{сут}$ пределы подач гидротаранной насосной установки будут согласно формуле (1):

– при рабочем времени смены $t_{см} = 7$ ч:

$$Q_{ну} = \frac{140}{7 \cdot 0,73} = 27,4 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0076 \text{ м}^3/\text{с};$$

– при рабочем времени смены $t_{см} = 24$ ч:

$$Q_{ну} = \frac{140}{24 \cdot 0,73} = 7,99 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0022 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Подача гидротаранной насосной установки при $t_{см} = 24$ и 7 ч составит $Q_{ну} = 7,99-27,4 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0022-0,0076 \text{ м}^3/\text{с}$. Принимаем подачу гидротаранной насосной установки для орошения земель (типоразмер 1) по среднему значению $Q_{ну} = 17,7 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0049 \text{ м}^3/\text{с}$.

При $q_{сут} = 280 \text{ м}^3/\text{сут}$ пределы подач гидротаранной насосной установки будут согласно формуле (1):

– при рабочем времени смены $t_{см} = 7$ ч:

$$Q_{ну} = \frac{280}{7 \cdot 0,73} = 54,8 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0152 \text{ м}^3/\text{с};$$

– при рабочем времени смены $t_{см} = 24$ ч:

$$Q_{ну} = \frac{280}{24 \cdot 0,73} = 16 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0044 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Подача гидротаранной насосной установки при $t_{см} = 24$ и 7 ч составит $Q_{н} = 16-54,8 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0044-0,0152 \text{ м}^3/\text{с}$. Принимаем подачу гидротаранной насосной установки для орошения земель (типоразмер 2) по среднему значению $Q_{ну} = 35,4 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0098 \text{ м}^3/\text{с}$.

Напор насосной установки определяется по формуле

$$H_{ну} = H + hv, \quad (3)$$

где H – высота водоподъема, м; hv – потери напора при транспортировании воды от водотока до потребителя, м:

$$hv = \lambda \cdot \frac{L_p}{d_p} \cdot \frac{v_p^2}{2g} + \sum_{i=1}^n \zeta_i \cdot \frac{v_i^2}{2g} \text{ м}, \quad (4)$$

где λ – коэффициент трения воды в водоподающем рукаве или трубопроводе ($\lambda = 0,026$); L_p – длина подающего рукава, м; d_p – внутренний диаметр рукава, м; v_p – допустимая скорость воды в рукаве, м/с; ζ_i – коэффициенты местных сопротивлений в подающей системе; v_i – скорость воды в проходных сечениях подающей системы, создающие местные сопротивления, м/с.

Внутренний диаметр водоподающего рукава вычисляется как

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{ну}}{\pi \cdot v}} \text{ м}, \quad (5)$$

где $Q_{ну}$ – подача необходимого типоразмера гидротаранной насосной установки, $\text{м}^3/\text{с}$; v – скорость движения воды в водоподающем рукаве, который принимается по среднему допустимому значению $v = 2,25 \text{ м/с}$.

Вычисленные значения параметров:

– по гидротаранной насосной установке для обводнения пастбищ

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0019}{3,14 \cdot 2,25}} = 0,0327 \text{ м};$$

– по гидротаранной насосной установке для орошения земель прилегающих водотоков:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0049}{3,14 \cdot 2,25}} = 0,0526 \text{ м (типоразмер 1)},$$

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0098}{3,14 \cdot 2,25}} = 0,0744 \text{ м (типоразмер 2)}.$$

Принимаем рукава, близкие по расчётному диаметру.

Коэффициент местных сопротивлений в гидродарном устройстве гидротаранной насосной установки определили по формуле

$$\zeta_i = \frac{2gh_{vi}}{v_i^2} = \frac{\pi^2 g \cdot d_i^4 \cdot h_{vi}}{8Q_i^2}, \quad (6)$$

где v_i – скорость движения воды внутри гидродарного устройства, м/с:

$$v_i = \frac{4Q_i}{\pi d_i^2}, \quad (7)$$

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения; d_i – внутренний диаметр (условный) проходного сечения гидродарного устройства, м; Q_i – расход воды через гидродарное устройство гидротаранной насосной установки, соответствующий потерям h_{vi} , м³/с.

С учетом природно-хозяйственных факторов [2, 15] высота водоподъема из водотоков $H = 2-8 \text{ м}$, а транспортирование воды может достигать расстояния до 10-30 м для обводнения пастбищ и 50-120 м при орошении земель в зонах водотоков. На этом основании напор гидротаранной насосной установки согласно формулам (3) и (4) составит: для обводнения пастбищ $H_{\text{нп}} = 3-12 \text{ м}$ водяного столба, принимается наибольшее значение $H_{\text{нп}} = 12 \text{ м}$; для орошения земель в зонах водотоков $H_{\text{нп}} = 15-20 \text{ м}$, принимается наибольшее значение $H_{\text{нп}} = 20 \text{ м}$.

Расход воды для привода гидротаранной насосной установки определяется по формуле

$$Q = \frac{Q_{\text{нп}} \cdot H_{\text{нп}}}{H_{\text{в}} \cdot \eta} \text{ м}^3/\text{с}. \quad (8)$$

Расход воды из водотока для привода гидротаранной насосной установки для обводнения пастбищ с учётом полива приусадебных участков равен

$$Q = \frac{0,0019 \cdot 12}{3,42 \cdot 0,5} = 0,013 \text{ м}^3/\text{с},$$

где $Q_{\text{нп}}$ – проектируемая подача насосной установки, м³/с (при $Q_{\text{нп}} = 0,0019 \text{ м}^3/\text{с}$); $H_{\text{нп}}$ – проектируемый напор насосной установки, м ($H_{\text{нп}} = 12 \text{ м}$); $H_{\text{в}}$ – потребный напор водотока для привода гидротаранной насосной установки, м (по опытным данным $H_{\text{в}} = 3,42 \text{ м}$, который принят для расчёта); η – КПД гидротаранной насосной установки (по опытным данным $\eta = 0,5$, который принят для расчёта).

Расход воды из водотока для привода гидротаранной насосной установки для орошения земельных площадей в зонах водотоков составит:

– при подаче насосной установки $Q_{\text{нп}} = 17,7 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0049 \text{ м}^3/\text{с}$:

$$Q = \frac{0,0049 \cdot 20}{3,42 \cdot 0,5} = 0,057 \text{ м}^3/\text{с};$$

– при подаче насосной установки $Q_{\text{нп}} = 35,4 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0098 \text{ м}^3/\text{с}$:

$$Q = \frac{0,0098 \cdot 20}{3,42 \cdot 0,5} = 0,114 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Заключение. В результате исследований определены исходные параметры усовершенствованной гидротаранной насосной установки. Для зоны прилегающих водотоков Казахстана обоснованы три типоразмера насосных установок гидротаранного типа: один типоразмер для обводнения пастбищ с исходными параметрами: подача – 6,84 м³/ч, потребный напор – 12 м и расход воды из водотока для привода гидротаранной насосной установки с учётом полива приусадебных участков – 0,013 м³/с и два типоразмера для орошения земель с исходными параметрами: подача – 17,7 и 35,4 м³/ч, потребный напор – 20 м и расход воды из водотока для привода гидротаранной насосной установки – 0,057 и 0,114 м³/с.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Токаев К.-Ж. К. Единство народа и системные реформы – прочная основа процветания, 01 сентября 2021 г. // <https://www.akorda.kz>.
- [2] Al Qubeissi, Mansour, Scott Daniel Beard. 2023. "A Hydro-Powered Climate-Neutral Pump: Full Cycle Simulation and Performance Evaluation" *Inventions* 8, No. 6: 147. <https://doi.org/10.3390/inventions8060147>
- [3] Yusupov Zh., Yakovlev A. A., Sarkynov E. S., Zulpykharov B. A. Results of using the hydro-impakt method of water lifting from water courses. ICECAE 2020. Conf. Series: Earth and Environmental Science 614. 2020. 012023 doi: 10.1088/1755-1315/614/1/012023 – 2020. – Vol. 11. Sci. 614012023.
- [4] Патент KZ №34027 Гидротаранная насосная установка // Есполов Т. И., Яковлев А. А., Саркынов Е. С., Зулпыхаров Б. А., Мирдадаев М. С., Каипов Р. Г., Калашников П. А.; опубл. 29.11.2019. Бюл. № 48. – 6 с.
- [5] Тажибаев Л. Е. Основы водоснабжения и обводнения сельскохозяйственных районов Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1969. – 304 с.
- [6] Ухин Б. В., Гусев А. А. Гидравлика: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 432 с.
- [7] Жуковский Н. Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. – М.-Л.: Госиздательство технико-теорет. лит., 1949. – 104 с.
- [8] Смоляр В. А., Буров Б. В., Махмутов Т. Т., Касымбеков Д. А. Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние): Справочник. – Алматы: НИЦ «Гылым», 2002. – 596 с.
- [9] Evangelista, Stefania, Giuseppe Tortora, and Giacomo Viccione. 2023. "Experimental and Numerical CFD Modelling of the Hydrodynamic Effects Induced by a Ram Pump Waste Valve" *Sustainability* 15, No. 17: 13104. <https://doi.org/10.3390/su151713104>
- [10] El-Bayoumi M., Abouel-Fotouh A. M., Berry A. E. Lab-scale system for small ram pump's testing and performance evaluation // *Frontiers in Heat and Mass Transfer*, 2023. 20(1), 1-6. <https://doi.org/10.5098/hmt.20.8>

REFERENCES

- [1] Tokaev K.-Zh. K. Unity of the people and systemic reforms – a solid foundation, September 01, 2021 // <https://www.akorda.kz>. (in Russ.).
- [2] Al Qubeissi, Mansour, Scott Daniel Beard. 2023. "A Hydro-Powered Climate-Neutral Pump: Full Cycle Simulation and Performance Evaluation" *Inventions* 8, No. 6: 147. <https://doi.org/10.3390/inventions8060147>.
- [3] Zh. Yusupov, A. A. Yakovlev, E. S. Sarkynov, B. A. Zulpykharov Results of using the hydro-impakt method of water lifting from watercourses. ICECAE 2020. Conf. Series: Earth and Environmental Science 614. 2020. 012023 doi: 10.1088/1755-1315/614/1/012023 – 2020. Vol. 11. Sci. 614012023.
- [4] Patent KZ No.34027 Hydraulic ram pumping unit // Yespolov T. I., Yakovlev A. A., Sarkynov Ye. S., Zulpykharov B. A., Mirdadaev M. S., Kaipov R. G., Kalashnikov P. A.; publ. 11/29/2019. Bul. No. 48. 6 p. (in Russ.).
- [5] Tazhibayev L. E. Fundamentals of water supply and irrigation of agricultural areas of Kazakhstan. Alma-Ata: Kainar, 1969. 304 p. (in Russ.).
- [6] Ukhin B. V., Gusev A.A. Hydraulics: Textbook. M.: INFRA-M, 2010. 432 p. (in Russ.).
- [7] Zhukovsky N. E. On hydraulic shock in water pipes. M.-L.: State Institution of Technical Theory. lit., 1949. 104 p. (in Russ.).
- [8] Smolyar V. A., Burov B. V., Makhmutov T. T., Kasymbekov D. A. Water resources of Kazakhstan (surface and groundwater, current state): Handbook. Almaty: SIC "Gylm", 2002. 596 p. (in Russ.).
- [9] Evangelista, Stefania, Giuseppe Tortora, and Giacomo Viccione. 2023. "Experimental and Numerical CFD Modelling of the Hydrodynamic Effects Induced by a Ram Pump Waste Valve" *Sustainability* 15, No. 17: 13104. <https://doi.org/10.3390/su151713104>
- [10] El-Bayoumi M., Abouel-Fotouh A. M., Berry A. E. Lab-scale system for small ram pump's testing and performance evaluation // *Frontiers in Heat and Mass Transfer*, 2023. 20(1), 1-6. <https://doi.org/10.5098/hmt.20.8>

Е. Саркынов¹, А. А. Яковлев², Ж. З. Жақұпова^{*3}, А. Ж. Алимбетова⁴

¹ Т. ғ. к., профессор (Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; yerbol.sarkynov@kaznaru.edu.kz)

² Т. ғ. к., доцент (Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; alexandr.yakovlev@kaznaru.edu.kz)

^{3*} PhD (Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; zhanar.zhakupova@kaznaru.edu.kz)

⁴ Т. ғ. к. (Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; Alia_13.03@mail.ru)

**СУ АҒЫНДАРЫНАН СУ КӨТЕРУГЕ АРНАЛҒАН ЖЕТІЛДІРІЛГЕН ГИДРОТАРАН
СОРҒЫ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ҚАЖЕТТІ ТИПТІК ӨЛШЕМДЕРІНІҢ
БАСТАПҚЫ ПАРАМЕТРЛЕРІН НЕГІЗДЕУ**

Аннотация. Жетілдірілген гидротаран сорғы қондырғысының үш қажетті типтік өлшемінің бастапқы параметрлері анықталды: жайылымдарды суландыру үшін бір типтік өлшем НУВ-7-12 және қолданбалы зерттеулер бойынша ФЗЖ орындау кезінде ҚазҰАЗУ КЕАҚ-да әзірленген су энергиясынан жетегі бар су

ағындарынан су көтеру кезінде жерді суару үшін екі типтік өлшем НУВ-17-20 және НУВ-35-20 ҚР БҒМ "Ғылым қоры" АҚ (10.11.2023 ж. № 102 шарт) желісі бойынша "Су энергиясынан жетегі бар су ағындарынан суды көтеруге арналған сорғы қондырғылары" ЖРН-DP21682075 жобасына. Жетілдірілген гидротаран сорғы қондырғысының бастапқы параметрлерін анықтау бойынша формулалар келтірілген: ҚР АӨК шаруа және фермер қожалықтарының жайылымдарын суландыруға және жер учаскелерін суаруға арналған сорғы қондырғысын жүргізу үшін қысымы, биіктігі және су шығыны және олардың әрбір үлгі өлшемі үшін сандық өлшемдері айқындалған.

Түйін сөздер: гидротаран сорғы қондырғысы, стандартты өлшем, су ағыны, су энергиясы, бастапқы параметр, формула, сандық мән.

Ye. Sarkynov¹, A. A. Yakovlev², Zh. Z. Zhakupova^{*3}, A. Zh. Alimbetova⁴

¹ Ph.D., professor (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; yebol.sarkynov@kaznaru.edu.kz)

² Ph.D., Associate Professor (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; alexandr.yakovlev@kaznaru.edu.kz)

^{3*} PhD (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; zhanar.zhakupova@kaznaru.edu.kz)

⁴ PhD (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; Alia_13.03@mail.ru)

JUSTIFICATION OF THE INITIAL PARAMETERS OF THE REQUIRED STANDARD SIZES OF AN IMPROVED HYDRAULIC RAM PUMPING UNIT FOR WATER LIFTING FROM WATERCOURSES

Abstract. The initial parameters of three required standard sizes of an improved hydraulic ram pumping unit have been determined: one standard size NUV-7-12 for watering pastures and two standard sizes NUV-17-20 and NUV-35-20 for irrigation of land during water lifting from watercourses powered by water energy, developed at KazNARU during research on applied research and DP21682075 project "Pumping units for lifting water from watercourses powered by water energy" through JSC "Science Foundation" of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Contract No. 102 dated 11/10/2023). Formulas are given for determining the initial parameters of an improved hydraulic ram pumping unit: supply, pressure and water flow to drive a pumping unit for watering pastures and irrigation of land plots of peasant and farms of the agro-industrial complex of the Republic of Kazakhstan, and their numerical sizes for each standard size are determined.

Keywords: hydraulic ram pumping unit, standard size, watercourse, water energy, initial parameter, formula, numerical value.

Гляциология и геокриология

Гляциология және геокриология

Glaciology and geocryology

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-99-110.16>

УДК 551.311.21: 627.141.1
МРНТИ 37.29.25

В. В. Жданов¹, Н. У. Кужагельдина^{*2}, А. Н. Камалбекова³, Ұ. Р. Алдаберген⁴

¹ К. т. н., старший научный сотрудник (Институт географии и водной безопасности МОН РК, Алматы, Казахстан; zhdanovvitaliy@yandex.kz)

² PhD докторант, ведущий научный сотрудник (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан; nuraily@mail.ru)

³ PhD докторант, младший научный сотрудник (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Институт географии и водной безопасности МОН РК, Алматы, Казахстан; aidana.kamalbekova@gmail.com)

⁴ PhD докторант, младший научный сотрудник (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Институт географии и водной безопасности МОН РК, Алматы, Казахстан; aldabergen_u@mail.ru)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ ДАННЫХ О СХОДЕ СНЕЖНЫХ ЛАВИН И СНЕЖНО-МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ГОРАХ ИЛЕ АЛАТАУ

Аннотация. По материалам многолетних наблюдений на снеголавинных станциях в окрестностях г. Алматы начиная с 1966 г. был зарегистрирован сход более 5 тыс. снежных лавин. После проведения статистического анализа данных определены основные характеристики сошедших лавин и проанализированы снежно-метеорологические условия. Средний объем лавин составляет 4 тыс. м³, но это значение искажено из-за непараметрического закона распределения. Медианный объем сошедших лавин – 750-800 м³. 50 % случаев в пределах верхней и нижней квартилей равно 250-2500 м³. Сход катастрофических лавин более 30 тыс. м³ составляет 3 % случаев, а более 100 тыс. м³ – всего 0,3 % случаев. Типовые метеоусловия в периоды лавинной опасности – это высота снега на склонах 80-90 см, на метеоплощадке 50-60 см, количество осадков 15-19 мм, прирост снега 25-30 см закона распределения. Доминирующими факторами лавинообразования оказались высота снежного покрова на склонах, количество выпавших осадков, прирост снежного покрова, максимальная температура воздуха. Коэффициенты корреляции Спирмена статистически значимы для этих параметров на стандартном 5 % уровне значимости (*a-level*) с вероятностью ошибки (*p-level*) менее 0,01. Результаты факторного анализа показали, что на сход лавин влияют три группы предикторов: высота снежного покрова, количество осадков, прирост снега и температурный режим. Анализ схода катастрофических лавин в индикаторном лавиносборе в ущелье Котырбулак показал типичные условия массового схода лавин в Иле Алатау весной – высота снега на метеоплощадке 50 см, количество осадков 53 мм, прирост снега 28 см. Рассчитанные нами критерии согласия оказались статистически значимыми на 5 % уровне значимости. Стандартные ошибки ряда данных были в пределах рекомендованных 10 %, что говорит о достоверности результатов.

Ключевые слова: Иле Алатау, снежные лавины, режим лавин, математическая статистика, архив многолетних данных.

Введение. Сход снежных лавин отмечается в центральной высокогорной части хребта Иле Алатау [1]. Воздействию лавин в окрестностях города Алматы подвержены многочисленные горнолыжные и туристические объекты. Обычно небольшие лавины затрудняют работу

рекреационных объектов и перекрывают автомобильные и горнолыжные трассы. Основными жертвами лавин становятся альпинисты и горнолыжники [2]. В отдельные многоснежные годы лавины достигают катастрофических размеров и наносят материальный ущерб особенно объектам, построенным без учета лавинной опасности. В 1987, 2017 гг. пострадали помещения альпинистского лагеря «Туюксу». В 1996, 2006 и 2010 гг. разрушены опоры канатной дороги «Шымбулак». В 1980, 2003, 2012, 2024 гг. пострадали помещения туристического комплекса «Алматау» в ущелье Котырбулак (рисунок 1).



Рисунок 1 – Последствия схода снежной лавины в районе горнолыжной базы «Пионер» в марте 2024 г.

Определение статистических характеристик снежных лавин необходимо для понимания многолетнего режима схода лавин [3]. Изучение многолетнего режима снежных лавин в горах очень важно для планирования и проведения хозяйственной и рекреационной деятельности. Под режимом подразумеваются повторяемость (частота) схода лавин на конкретной территории и временная изменчивость (год от года и по сезонам) [4]. Для оценки режима схода лавин собираются многолетние архивы и проводится их статистический анализ. Результаты в виде таблиц и карт затем используются при проектировании лавинной защиты и пунктов мониторинга [5].

Цель и задачи исследований. Основная цель – проведение статистического анализа многолетних данных и выявление основных показателей режима снежных лавин. Поставленные задачи – сбор и обобщение архивных данных, создание электронных баз данных, выявление статистических показателей с помощью современных методов математической статистики и компьютерной обработки данных.

Состояние и изученность проблемы. Регулярные наблюдения за снежным покровом и лавинами начаты в Казахстане в 1966 г. Сеть снеголавинных станций была открыта после экстремально снежной и лавиноактивной зимы 1965/66 г. [6]. До этого информация о сходе лавин поступала от наблюдателей снегомерных маршрутов и метеорологических станций. Научные экспедиции для изучения лавин были организованы Сектором географии при Академии наук КазССР под руководством Северского И. В. [7].

За это время накоплен большой архив данных о снежных лавинах и метеорологических условиях. В УГМС КазССР разработаны методы прогнозирования лавинной опасности [8]. Сектором географии созданы карты-схемы лавиноопасных участков. Однако в 90-х годах из-за экономического кризиса и распада СССР были закрыты многие снеголавинные станции и упразднены научные и прогностические подразделения.

В текущий момент мониторинг снежной обстановки и лавинной опасности проводится на сети снеголавинных станций РГП «Казгидромет» только в окрестностях г. Алматы. Информация передается в Алматинский филиал Казгидромета, где составляются прогнозы и рекомендации по профилактическим спускам. Далее они передаются в ДЧС для принятия экстренных мер. Научными исследованиями в области лавинной безопасности занимается Институт географии и водной безопасности МОН РК [9-11]. Собранный и обработанный материал используется для картирования лавинной опасности и разработки новых методов прогноза и защиты от снежных лавин [2].

Развитие туристического и горнолыжного бизнеса в последние годы требует обновления данных о режиме снежных лавин, что необходимо для планирования бесперебойной работы объектов и обеспечения безопасности туристов и населения. Это особенно актуально в связи с изменениями климата и появлением новых технологий обработки больших данных. Подобные исследования проведены в горах Кавказа для планирования развития горнолыжного бизнеса [12-14].

Район исследований. Хребет Иле Алатау расположен на юго-востоке Республики Казахстан. Он простирается в широтном направлении на 300 км. Перепад высот от 800 до 5000 м над уровнем моря. В предгорьях Иле Алатау расположен самый крупный город Казахстана – Алматы. Наиболее освоенные людьми и посещаемые туристами районы — это бассейны рек Улкен и Киши Алматы. Большую часть территории занимает Иле-Алатауский национальный парк [15]. Лавиноопасные места и пункты мониторинга показаны на карте-схеме (рисунок 2). Иле Алатау относится к районам с континентальным климатом умеренных широт. Годовое количество осадков изменяется от 600-800 мм в предгорьях до 1200-1500 мм в высокогорье. Высота снега составляет 30-40 см в предгорьях и 100-150 см в высокогорье. Максимум снегозапасов приходится на март в низкогорной зоне и на май в гляциальной зоне [16, 17].

Лавиноопасный сезон в горах длится с ноября по май, в ледниковой зоне лавины сходят круглогодично. Воздействию лавин подвержены многочисленные горнолыжные и туристические курорты. В зимние месяцы причиной схода лавин являются снегопады, в весенние месяцы – оттепель и смешанные осадки. Самый лавиноопасный месяц – это март. Район имеет большой потенциал для развития туристического бизнеса, поэтому оценка и прогноз лавинной опасности имеет важное государственное значение [18].

Площадь лавиноопасной территории, находящейся под наблюдением, составляет 182 км³. Здесь насчитывается 172 лавинных очага, угрожающих хозяйственным объектам и туристам, из них в бассейне реки Киши Алматы – 115 и в бассейне реки Улкен Алматы – 57. В отдаленных районах Иле Алатау есть множество не инвентаризированных лавинных очагов, наблюдения за которыми не ведутся из-за не освоенности территорий [19].

Методы исследований. *Многомерные статистические методы* – комплекс методов математической статистики, позволяющий изучать структуру данных. Для надежной оценки режима снежных лавин необходимо исследовать большой массив данных о погоде и лавинах.

Анализ данных проводился в программе Statistica 13.0 от компании StatSoft [20]. Этот программный комплекс применяется для обработки больших массивов информации [21]. Он позволяет решать многие задачи математической статистики. Такой программный комплекс автоматически сравнивает полученные результаты с базовыми статистическими таблицами и определяет статистическую значимость данных [22].

Выполнены следующие виды статистического анализа:

Базовый анализ – процедура для определения основных характеристик выборки данных. Расчет статистических показателей – среднее значение, медианное значение, установление верхней и нижней квартилей и статистических ошибок ряда.

Корреляционный анализ – определяет статистическую связь между параметрами снежных лавин и метеорологическими факторами, их вызывающими. Это необходимо для выявления основных причин схода снежных лавин.

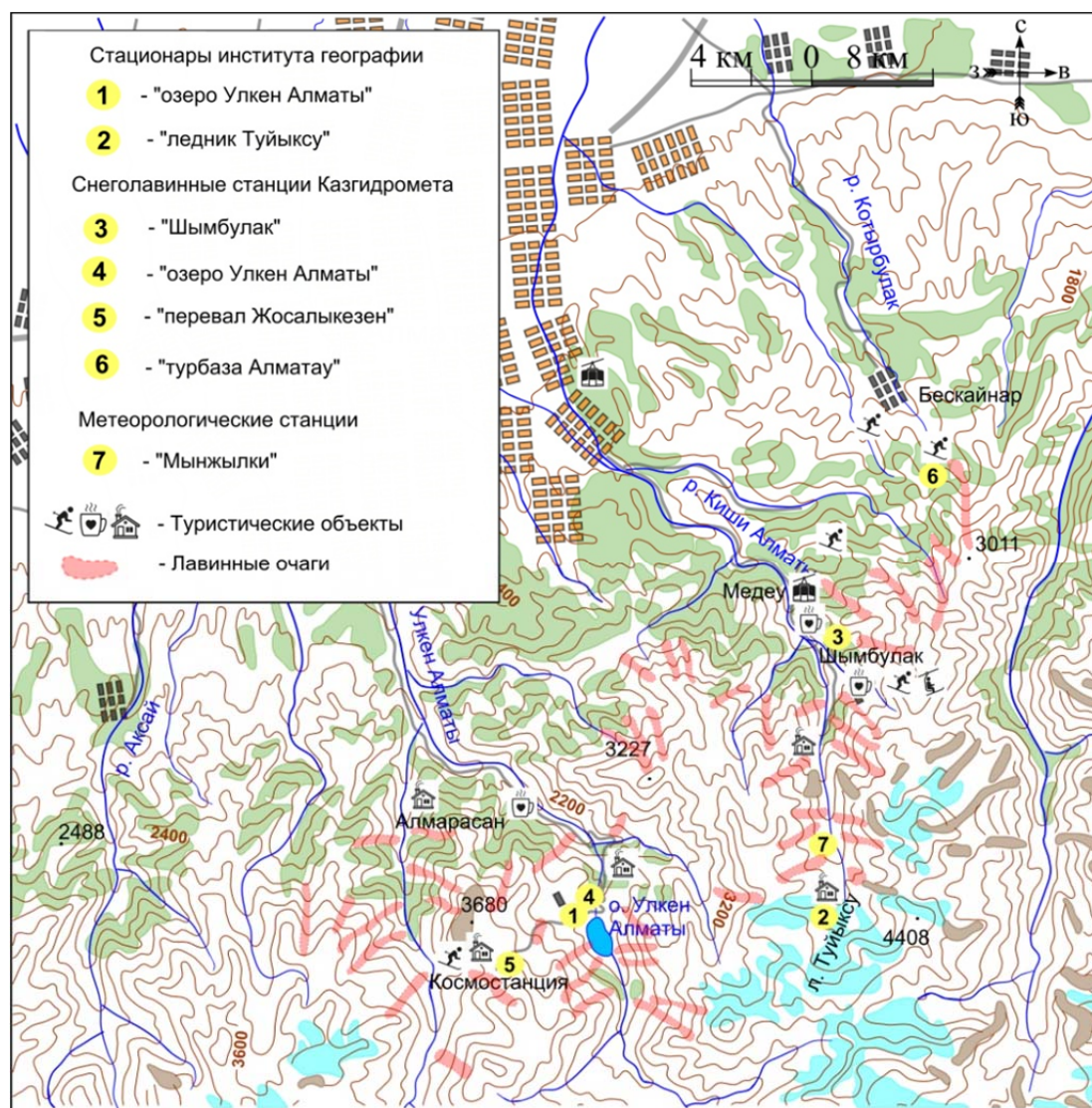


Рисунок 2 – Популярные туристические районы в окрестностях г. Алматы, где проводится регулярный снеговаявинный мониторинг

Критерии согласия и подгонка распределения – статистические критерии, устанавливающие однородность данных и их соответствие определенному закону распределения. Процедура необходима для отбраковки неоднородных рядов и выявления ошибочных данных.

Факторный анализ – определение наиболее значимых предикторов, оказывающих наибольшее влияние на прогнозируемую величину. Дополнительно этот анализ позволяет разделить предикторы на несколько групп и минимизировать их число.

Для дальнейшего анализа создана электронная базы данных виде таблиц «Microsoft Excel». Затем собранные данные были обобщены и обработаны в соответствии с рекомендациями по стандартной обработке климатологических данных [23-25].

Доступность данных. Для оценки уровня лавинной опасности используются материалы следующих метеорологических станций международного обмена (см. рисунок 2) начиная с 1966 г.:

- Мынжылки, высота 3017 м над ур. м., индекс 36889;
- озеро Улкен Алматы, высота 2502 м над ур. м., индекс 36789;
- Шымбулак, высота 2200 м над ур. м., индекс 36873.

Также применялись результаты наблюдений на стационарах Института географии:

- ледник Туйыксу, высота 3450 м;
- озеро Улкен Алматы, 2502 м.

Кроме того, использовались материалы многолетних наблюдений за лавинами на снеговолнинных станциях:

- озеро Улкен Алматы, высота 2502 м над ур. м.;
- Шымбулак, высота 2200 м над ур. м.;
- перевал Жосалыкезен, высота 3330 м над ур. м.;
- турбаза «Алматау», высота 1890 м над ур. м.

Данные получены из следующих источников: архивы АО «Институт географии и водной безопасности»; рабочие материалы докторской диссертации И. В. Кондрашова; сведения о сходе катастрофических лавин из полевых исследований лаборатории и оперативных сводок МЧС; метеорологические данные станций международного обмена; материалы наблюдений на снеговолнинных станциях УГМС КазССР; кадастры лавин СССР [26-30].

Результаты и их обсуждение. При анализе архивных данных с 1966 г. рассчитаны основные характеристики снежных лавин (таблица 1). В среднем в изучаемом ущелье отмечается от 10 лавин в малоснежные годы до 100 в многоснежные. Объемы изменяются от 50 до 300 тыс. м³. Поскольку закон распределения лавин отличается от нормального, то средняя величина сильно искажена в сторону крупных редких событий. Для непараметрических распределений рекомендуется считать медианное значение и квартили [31]. Они лучше описывают статистическое распределение характеристик снежных лавин. Для гор Иле Алатау в обоих изучаемых бассейнах средний объем лавин был около 4 тыс. м³, а медианное значение – 750-800 м³. Половина всех объемов была в пределах верхней и нижней квартили от 250 до 2500 м³. Сход катастрофических лавин более 30 тыс. м³ составляет 3 % случаев, а более 100 тыс. м³ – всего 0,3 % случаев.

Таблица 1 – Основные характеристики снежных лавин по бассейнам рек Киши и Улкен Алматы

| Характеристики | Критерий согласия t | Среднее значение | Медиана | Минимальное значение | Максимальное значение | Нижняя квартиль | Верхняя квартиль | Стандартное отклонение | Коэффициент вариации | Стандартная ошибка, % |
|--------------------------------|---------------------|------------------|---------|----------------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|
| Бассейн реки Улкен Алматы | | | | | | | | | | |
| Объем, м ³ | 16,0 | 3495,0 | 800,0 | 8,0 | 218680,0 | 300,0 | 2500,0 | 11039,8 | 315,9 | 6,2 |
| Высота снега на склоне, см | 129,7 | 82,1 | 80,0 | 10,0 | 200,0 | 60,0 | 100,0 | 27,1 | 33,0 | 0,8 |
| Высота снега на шурфе, см | 154,2 | 80,2 | 81,0 | 0,0 | 151,0 | 67,0 | 95,0 | 23,0 | 28,7 | 0,6 |
| Прирост снега, см | 53,2 | 22,4 | 20,0 | 1,0 | 86,0 | 13,0 | 29,0 | 14,1 | 62,8 | 1,9 |
| Количество осадков, мм | 49,9 | 18,3 | 15,9 | 0,6 | 103,3 | 9,7 | 23,5 | 13,5 | 74,1 | 2 |
| Среднесуточная температура, °С | -8,9 | -1,3 | -0,5 | -19,5 | 15,2 | -6,6 | 4,0 | 6,5 | -495,3 | 11,2 |
| Минимальная температура, °С | -33,8 | -4,9 | -3,5 | -24,5 | 12,1 | -10,5 | 0,2 | 6,5 | -130,7 | 3 |
| Максимальная температура, °С | 20,6 | 3,3 | 3,7 | -20,8 | 19,8 | -2,8 | 9,1 | 7,1 | 215,7 | 4,9 |
| Бассейн реки Киши Алматы | | | | | | | | | | |
| Объем, м ³ | 13,6 | 4005,4 | 750,0 | 10,0 | 300000,0 | 250,0 | 2500,0 | 14970,9 | 373,8 | 7,3 |
| Высота снега на склоне, см | 131,7 | 87,8 | 80,0 | 20,0 | 200,0 | 70,0 | 100,0 | 27,5 | 31,3 | 0,8 |
| Высота снега на шурфе, см | 141,5 | 56,4 | 58,0 | 0,0 | 122,0 | 44,0 | 69,0 | 19,4 | 34,4 | 0,7 |
| Прирост снега, см | 80,8 | 26,3 | 27,0 | 1,0 | 60,0 | 16,0 | 36,0 | 12,7 | 48,3 | 1,2 |
| Количество осадков, мм | 72,3 | 22,5 | 19,8 | 0,8 | 82,9 | 13,5 | 29,4 | 12,9 | 57,5 | 1,4 |
| Среднесуточная температура, °С | -9,8 | -1,2 | -1,5 | -20,1 | 18,0 | -5,8 | 3,2 | 6,1 | -510,0 | 10,2 |
| Минимальная температура, °С | -38,3 | -4,7 | -4,1 | -25,9 | 13,5 | -9,0 | -0,5 | 6,1 | -130,8 | 2,6 |
| Максимальная температура, °С | 24,5 | 3,3 | 2,6 | -17,1 | 23,5 | -2,0 | 8,5 | 6,8 | 205,1 | 4,1 |

Типовые метеоусловия в периоды лавинной опасности – высота снега на склонах 80-90 см, на метеоплощадке 50-60 см, количество осадков 15-19 мм, прирост снега 25-30 см. Рассчитанные нами критерии согласия оказались статистически значимыми на 5 % уровне значимости. Стандартные ошибки ряда данных оказались в пределах, рекомендованных 10 % [23-25], что говорит о достоверности результатов.

Корреляционный анализ. Поскольку закон распределения характеристик снежных лавин отличается от нормального, был выбран непараметрический коэффициент корреляции Спирмена [21]. С учетом длины выборки критическое значение составило больше 0,05. Результаты корреляционного анализа выявили высокую статистическую зависимость между характеристиками сошедших снежных лавин и основными снежно-метеорологическими показателями. Важнейшие факторы, влияющие на параметры лавин, – это количество осадков, высота снега на склонах и прирост снега на снеголавинной станции ($R > 0,20-0,50$). При этом существуют различия в доминирующих факторах лавинообразования между двумя соседними бассейнами. Параметры снежных лавин в ущелье Киши Алматы сильнее связаны с высотой снега и осадками, а в соседнем ущелье Улкен Алматы сильнее связаны с высотой снега и температурой воздуха. При этом слабая статистическая связь с высотой снега на шурфе СЛС «Шымбулак» скорее всего обоснована нерепрезентативностью площадки, расположенной на маленькой поляне среди елей и туристических домиков. Коэффициенты корреляции Спирмена оказались статистически значимыми для этих параметров на стандартном 5 % уровне значимости (α -level) с вероятностью ошибки (p -level) менее 0,01.

Таблица 2 – Корреляционная матрица статистической зависимости между сходом снежных лавин и метеорологическими параметрами (корреляция Спирмена, критическое значение – подчеркнутый шрифт $R > 0,05$, p -level < 0,01)

| Характеристики снежных лавин | Высота снега на склоне, см | Высота снега на метеоплощадке, см | Высота снега на шурфе, см | Плотность старого снега, гр/см ³ | Плотность нового снега, гр/см ³ | Прирост снега, см | Количество осадков, мм | Интенсивность осадков, мм/ч | Интенсивность прироста снега, см/ч | Средняя суточная температура, °С | Минимальная температура, °С | Максимальная температура, °С |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---|--|-------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Бассейн реки Киши Алматы | | | | | | | | | | | | |
| Объем, м ³ | <u>0,42</u> | <u>0,13</u> | <u>0,10</u> | <u>0,12</u> | <u>0,14</u> | <u>0,16</u> | <u>0,21</u> | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| Толщина отрыва, см | <u>0,50</u> | <u>0,21</u> | <u>0,19</u> | <u>0,26</u> | <u>0,21</u> | <u>0,21</u> | <u>0,29</u> | <u>0,11</u> | <u>0,07</u> | <u>0,16</u> | <u>0,16</u> | <u>0,15</u> |
| Высота падения, м | <u>0,23</u> | <u>0,13</u> | 0,02 | <u>0,10</u> | <u>0,09</u> | <u>0,20</u> | <u>0,18</u> | <u>0,09</u> | <u>0,10</u> | -0,01 | 0,02 | -0,02 |
| Длина пути, м | <u>0,17</u> | <u>0,09</u> | 0,01 | <u>0,05</u> | <u>0,08</u> | <u>0,20</u> | <u>0,18</u> | <u>0,06</u> | <u>0,08</u> | -0,01 | 0,02 | -0,01 |
| Высота отрыва, м над ур. м. | <u>0,13</u> | -0,01 | <u>-0,09</u> | <u>0,06</u> | <u>0,08</u> | <u>0,10</u> | <u>0,14</u> | <u>0,06</u> | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| Бассейн реки Улкен Алматы | | | | | | | | | | | | |
| Объем, м ³ | <u>0,36</u> | <u>0,12</u> | <u>0,24</u> | <u>0,22</u> | <u>-0,09</u> | <u>0,06</u> | <u>0,10</u> | 0,02 | -0,04 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Толщина отрыва, см | <u>0,18</u> | -0,01 | <u>0,24</u> | <u>0,39</u> | <u>0,11</u> | <u>-0,02</u> | <u>0,07</u> | <u>0,06</u> | <u>-0,10</u> | <u>0,42</u> | <u>0,44</u> | <u>0,38</u> |
| Высота падения, м | <u>0,30</u> | <u>0,00</u> | <u>0,09</u> | <u>0,13</u> | <u>-0,13</u> | <u>0,08</u> | <u>0,07</u> | <u>0,07</u> | 0,03 | <u>0,14</u> | <u>0,12</u> | <u>0,14</u> |
| Длина пути, м | <u>0,31</u> | 0,03 | <u>0,13</u> | <u>0,15</u> | <u>-0,17</u> | <u>0,08</u> | <u>0,07</u> | <u>0,07</u> | 0,01 | <u>0,14</u> | <u>0,13</u> | <u>0,15</u> |
| Высота отрыва, м над ур. м. | <u>0,24</u> | <u>-0,25</u> | <u>-0,08</u> | <u>0,25</u> | 0,03 | <u>-0,08</u> | 0,04 | 0,05 | -0,01 | <u>0,06</u> | <u>0,09</u> | <u>0,06</u> |

Факторный анализ. Процедура факторного анализа необходима для группировки и минимизации прогностических предикторов [20-22]. Она также показывает корреляцию – факторную нагрузку на прогнозируемый сход лавин. Это важно для выбора прогностических предикторов в будущей прогнозной модели. Результаты факторного анализа показали, что на сход лавин влияют три группы факторов: высота снежного покрова, количество осадков, прирост снега и темпе-

ратурный режим. Это означает, что если метеорологические и снежные условия из разных групп и слабо связаны между собой, но их одновременное действие оказывает влияние на сход снежных лавин. На стандартном 5 % уровне значимости критическим значением для группировки факторов является величина факторной нагрузки более 0,50 (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты факторного анализа (факторная нагрузка для различных метеорологических параметров, подчеркнутый шрифт – статистически значимые значения)

| Характеристики | Р. Киши Алматы | | | Р. Улкен Алматы | | |
|--|----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
| | Фактор 1 | Фактор 2 | Фактор 3 | Фактор 1 | Фактор 2 | Фактор 3 |
| Высота снега на склоне, см | -0,09 | 0,43 | -0,49 | -0,46 | 0,12 | -0,52 |
| Высота снега на метеоплощадке, см | -0,16 | <u>0,81</u> | -0,14 | <u>-0,76</u> | 0,39 | -0,36 |
| Высота снега на шурфе, см | -0,21 | <u>0,83</u> | -0,18 | <u>-0,78</u> | 0,38 | -0,30 |
| Плотность старого снега, г/см ³ | -0,38 | 0,32 | -0,42 | -0,30 | 0,60 | 0,05 |
| Плотность нового снега, г/см ³ | -0,63 | 0,28 | 0,12 | -0,36 | -0,15 | 0,35 |
| Прирост снега, см | 0,29 | -0,47 | <u>-0,75</u> | 0,74 | -0,19 | -0,27 |
| Количество осадков, мм | -0,13 | -0,42 | <u>-0,77</u> | 0,70 | -0,27 | -0,13 |
| Интенсивность осадков, мм/ч | -0,45 | <u>-0,60</u> | 0,05 | 0,04 | <u>-0,71</u> | <u>-0,52</u> |
| Интенсивность прироста снега, см/ч | -0,14 | <u>-0,60</u> | 0,08 | -0,13 | <u>-0,57</u> | <u>-0,60</u> |
| Среднесуточная температура, °С | <u>-0,95</u> | -0,15 | 0,02 | <u>-0,53</u> | <u>-0,73</u> | 0,26 |
| Минимальная температура, °С | <u>-0,91</u> | -0,07 | -0,08 | -0,49 | <u>-0,62</u> | 0,33 |
| Максимальная температура, °С | <u>-0,90</u> | -0,19 | 0,10 | -0,64 | <u>-0,58</u> | 0,11 |

Основные типы снежных лавин. Анализ многолетних данных позволил выделить основные типы снежных лавин. Это важно для понимания общего режима схода лавин в Иле Алатау. Типизация снежных лавин была проведена по генетической классификации Аккуратова [4]. Преобладающие типы лавин – это лавины из свежеснежавшего снега, лавины, связанные с оттепелью, и смешанный тип лавин (оттепель и осадки). Метелевые лавины отмечаются только в высокогорной зоне и составляют 4 % от общего числа. На остальные типы лавин (сублимационные и температурного расширения) приходится 3 % (рисунок 3).

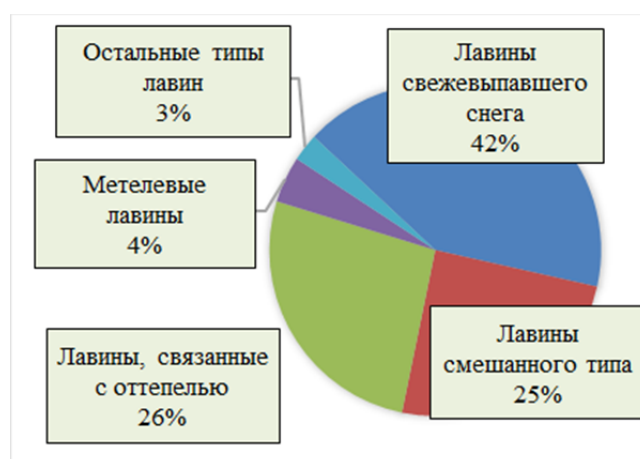


Рисунок 3 – Процентное соотношение типов сошедших лавин в горах Иле Алатау

Лавинная активность ущелья Котырбулак. В 20 км от г. Алматы в Талгарском районе находится индикаторный лавиносбор. Здесь же находится снеголавинная станция, открытая в 2008 г. По статистике раз в несколько лет там отмечается сход катастрофических лавин, наносящих материальный ущерб расположенной ниже горнолыжной базе «Пионер» (бывшая туристическая база «Алматау»). Сход лавин всегда отмечается в конце марта – начале апреля и вызван сильными

Таблица 4 – Снежно-метеорологические условия схода катастрофических снежных лавин в ущелье Котырбулак

| Дата | Объем, тыс. м ³ | Длина пробега, км | Прирост снега, см | Сумма осадков, мм | Высота снега, см | Ущерб |
|--------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------------------|
| 22.03.1966 | 100 | 3870 | 50** | 61** | | Опоры ЛЭП, здания турбазы |
| 02.04.1980 | 100 | 3300 | 43* | 48.8* | 58* | Опоры ЛЭП, здания турбазы |
| 06.04.2003 | 50 | 3070 | 38* | 42* | 52* | Станция КД |
| 27.03.2013 | 35 | 3070 | 0 | 33.4 | 45 | Станция КД |
| 17.03.2022 | 36 | 3000 | 13 | 21.1 | 65 | Станция КД |
| 12.04.2023 | 67 | 2050 | 15 | 75 | 0 | Опоры КД и ЛЭП |
| 22.03.2024 | 100 | 3100 | 40 | 90 | 80 | Станция КД, здания ГК |
| Ср. значение | 69,7 | 3065,7 | 28,4 | 53,0 | 50,0 | |

Примечание. До открытия пункта наблюдений «Турбаза “Алматау”» метеоданные взяты с СЛС «Шымбулак» * и МС «Алматы» **, а объемы – из архивов полевых обследований.

осадками на фоне оттепели. Те же самые факторы приводят к массовому сходу лавин и в других ущельях. Условия схода лавин в районе горнолыжной базы «Пионер» в ущелье Котырбулак приведены в таблице 4. Анализ схода катастрофических лавин в индикаторном лавиносборе в ущелье Котырбулак показал типичные условия массового схода лавин в Иле Алатау весной – высота снега на метеоплощадке 50 см, количество осадков 53 мм, прирост снега 28 см. По ним можно оценивать повторяемость схода катастрофических лавин в среднегорной зоне Иле Алатау в весенний период. Ситуацию усугубляет тот факт, что горнолыжно-туристический комплекс расположен без учета существующей угрозы. Вместе с тем созданные нами карты опасных зон не являются нормативным документом для строительства [32], а всего лишь научной монографией. Однако регулярный сход катастрофических лавин и наносимый ими ущерб говорит о достоверности карт и определенных параметров лавин. Вместе с тем стоимость и целесообразность установки инженерной защиты возможны только после инженерно-изыскательских работ. Часто стоимость этой защиты оказывается сильно высокой для небольших частных курортов, а позволить ее строительство могут только комплексы-гиганты наподобие «Шымбулака». Остается единственный вариант – это перекрытие района по рекомендации ДЧС при наступлении сезона таяния снега в середине марта.

Закключение. Определение основных статистических характеристик снежных лавин имеет важное прикладное значение. Это необходимо для прогнозирования лавинной опасности и проектирования объектов в лавиноопасной зоне и устройства защитных сооружений. Окрестности Иле Алатау хорошо изучены в отношении лавин, однако большинство публикаций датируется концом XX века. Наши новые исследования уточняют известные факты с учетом новых данных за последние десятилетия. Это актуально, потому что климат меняется год от года [33, 34]. Однако отсутствие нормативных документов в области строительства в горной лавиноопасной зоне мешает учету лавинной опасности на этапе проектирования. Подобные проблемы существуют и в других горных районах [35]. В результате некоторые туристические и горнолыжные объекты регулярно разрушаются катастрофическими лавинами. Поэтому МЧС вынуждено реагировать и устанавливать блокпосты и давать предписание на прекращение работы туристских комплексов, а это вызывает экономические потери и недовольство работой служб у добросовестных собственников. В перспективе планируется внесение информации о лавинном режиме в нормативные документы для строительства в лавиноопасных зонах.

Авторы выражают благодарность сотрудникам снеголавинных подразделений филиала РГП «Казгидромет» по г. Алматы в сборе материала.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме «Научно-прикладное обоснование селеоползне- и лавинобезопасности в горных районах Иле и Жетысу Алатау Республики Казахстан». Программно-целевое финансирование № BR21881982.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Северский И. В., Благовещенский В. П. Лавиноопасные районы Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1990. – 172 с.
- [2] Жданов В. В. Основы лавинной безопасности. – Алматы, 2021. – 192 с.
- [3] Северский И. В., Благовещенский В. П. Оценка лавинной опасности горной территории. – Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1983. – 220 с.
- [4] Божинский А. Н., Лосев К. С. Основы лавиноведения. – Ленинград, 1987. – 280 с.
- [5] Северский И. В., Благовещенский В. П. Опыт картирования лавинной опасности территории северных склонов Заилийского и Джунгарского Алатау // Снежные лавины и ледники Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1977. – С. 23-28.
- [6] Практическое пособие по прогнозированию лавинной опасности в Казахстане / Под ред. Е. И. Колесникова. – Алматы: РГП «Казгидромет», 2005. – 262 с.
- [7] Северский И. В. Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Алатау. – Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1978. – 255 с.
- [8] Кондрашов И. В. Прогноз лавин и некоторых характеристик снежности в горах Казахстана. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1991. – 98 с.
- [9] Medeu A., Blagovechshenskiy V., Gulyayeva T., Zhdanov V., Ranova S. Interannual Variability of Snowiness and Avalanche Activity in the Ile Alatau Ridge, Northern Tien Shan // *Water*. – 2022. – No. 14. – P. 2936. – <https://doi.org/10.3390/w14182936>
- [10] Medeu A. R., Blagoveshchenskii V. P., Zhdanov V. V., Ranova S. U. Application of Mathematical Statistics to Assess the Avalanche Danger Level in the Ile Alatau Mountains // *Meteorologiya i Gidrologiya*. – 2022. – No. 7. – P. 34-45. – <https://doi:10.3103/S1068373922070056>
- [11] Blagoveshchenskiy V., Medeu A., Gulyayeva T., Zhdanov V., Ranova S., Kamalbekova A., Aldabergen U. Application of Artificial Intelligence in the Assessment and Forecast of Avalanche Danger in the Ile Alatau Ridge // *Water*. – 2023. – No. 15, Issue 7. – P. 1438. – <https://doi.org/10.3390/w15071438>.
- [12] Kuksova N. E., Toropov P. A., Oleinikov A. D. Meteorological conditions of extreme avalanche formation in the Caucasus Mountains (according to observations and reanalysis) // *Ice and Snow*. – 2021. – No. 61(3). – P. 377-390. – doi: 10.31857/S2076673421030095
- [13] Oleinikov A. D., Volodicheva N. A. Winters of avalanche maximum in the Greater Caucasus for the period of instrumental observations (1968–2016) // *Ice and Snow*. – 2020. – No. 60(4). – P. 521-532. – doi:10.31857/S2076673420040057
- [14] Олейников А. Д., Володичева Н. А., Бояршинов А. В. Снежность зим и лавинная деятельность на Большом Кавказе за период инструментальных наблюдений // МГИ. – 2000. – Вып. 88. – С. 74-83.
- [15] Сайт Иле Алатауского национального парка. – URL: <http://en.ile-alatau.kz/> [Электрон. ресурс]. (Дата обращения 01.03.2024).
- [16] Климат Алматы / Под ред. Х. А. Ахмеджанова, Ц. А. Швер. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1985. – 266 с.
- [17] Государственный климатический кадастр РГП «Казгидромет». – URL: https://meteo.kazhydromet.kz/climate_kadastr/ [Электрон. ресурс]. (Дата обращения 01.03.2024).
- [18] Северский И. В., Благовещенский В. П. и др. Снежный покров и лавины Тянь-Шаня. – Алматы, 2006. – 184 с.
- [19] Бекенов К. А., Касенов М. К. Селевая безопасность: 50 лет деятельности Казселзащиты: итоги, эффективность, перспективы. 1973-2023 гг. – Алматы: Zialy баспасы, 2023. – 208 с.
- [20] Сайт представительства фирмы StatSoft Russia. – URL: <http://www.statsoft.ru> [Электрон. ресурс]. (Дата обращения 01.03.2024).
- [21] Боровиков В. П. Популярное введение в современный анализ данных и машинное обучение на Statistica. – Москва: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2018. – 354 с.
- [22] Стукач О. В. Программный комплекс «Statistica» в решении задач управления качеством: Учебное пособие. – Томск: из-во Томского политехнического университета, 2011. – 163 с.
- [23] Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами / Под ред. Н. В. Кобышевой. – СПб., 2008. – 336 с.
- [24] Аргучинцева А. В. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений: учеб. Пособие. – Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2007. – 105 с.
- [25] Чернышева Л. С., Платонова В. А. Расчет и интерпретация основных климатических показателей отдельных метеорологических величин: Уч.-метод. пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. – 88 с.
- [26] Метеорологическая база данных РГП «Казгидромет». – URL: https://meteo.kazhydromet.kz/database_meteo/ [Электрон. ресурс]. (Дата обращения 01.03.2024).
- [27] Сайт Министерства по чрезвычайным ситуациям РК. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emergencies/press/article/1?lang=ru> [Электрон. ресурс]. (Дата обращения 01.03.2024).
- [28] Материалы ежегодных наблюдений за снежным покровом и осадками в горах / Под ред. Ю. С. Боева. – Алма-Ата: РГП «Казгидромет», 1953-2022.
- [29] Технические отчеты СЛС «Шымбулак» и «БАО» за 1966-2022 гг. / Составители: Кондрашов И. В., Тыналин О. Ж., Берман О. А. Бумажный архив РГП «Казгидромет».
- [30] Кадастр лавин СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1984-1991. – Т. 1-20.

- [31] Акимов В., Новиков В., Радаев Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. – Москва: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2001. – 324 с.
- [32] Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан / Под ред. А. Р. Медеу. – Алматы, 2010.
- [33] Глазовская Т. Г., Трошкина Е. С. Влияние глобального изменения климата на лавинный режим на территории бывшего Советского Союза // МГИ. – 1998. – № 84. – С. 88–91.
- [34] Селиверстов Ю. Г., Глазовская Т. Г., Шныпарков А. Л. Сценарий изменения лавинной деятельности на европейской части России в XXI веке // Сб. докладов III междунар. конф. «Лавины и смежные вопросы». – Кировск, Россия, 4–8 сентября, 2006. – Кировск: ООО «Апатит-Медиа Апатиты», 2007. – С. 201-207.
- [35] Черноус П. А. Государственное регулирование оценивания лавинной опасности в России // Гидросфера. Опасные процессы и явления. – 2020. – Т. 2, № 3. – С. 295-304.

REFERENCES

- [1] Seversky I. V., Blagoveshchensky V. P. Avalanche-prone areas of Kazakhstan. Alma-Ata: Publishing house “Science”, 1990. 172 p. (in Russ.).
- [2] Zhdanov V. V. Fundamentals of avalanche safety. Almaty, 2021. 192 p. (in Russ.).
- [3] Seversky I. V., Blagoveshchensky V. P. Assessment of avalanche danger in mountainous areas. Alma-Ata: Publishing house “Science”, 1983. 220 p. (in Russ.).
- [4] Bozhinsky A. N., Losev K. S. Fundamentals of avalanche science. Leningrad, 1987. 280 p. (in Russ.).
- [5] Seversky I. V., Blagoveshchensky V. P. Experience in mapping avalanche danger on the northern slopes of the Trans-Ili and Dzhungar Alatau // Snow avalanches and glaciers of Kazakhstan. Alma-Ata: Science, 1977. P. 23-28 (in Russ.).
- [6] Practical guide to forecasting avalanche danger in Kazakhstan / Ed. E. I. Kolesnikova. Almaty: RSE “Kazhydromet”, 2005. 262 p. (in Russ.).
- [7] Seversky I. V. Snow avalanches of the Trans-Ili and Dzungarian Alatau. Alma-Ata: Publishing house “Nauka”, 1978. 255 p. (in Russ.).
- [8] Kondrashov I. V. Forecast of avalanches and some characteristics of snowfall in the mountains of Kazakhstan. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. 98 p. (in Russ.).
- [9] Medeu A., Blagoveshchenskiy V., Gulyayeva T., Zhdanov V., Ranova S. Interannual Variability of Snowiness and Avalanche Activity in the Ile Alatau Ridge, Northern Tien Shan // Water. 2022. No. 14. P. 2936. <https://doi.org/10.3390/w14182936>
- [10] Medeu A. R., Blagoveshchenskii V. P., Zhdanov V. V., Ranova S. U. Application of Mathematical Statistics to Assess the Avalanche Danger Level in the Ile Alatau Mountains // Meteorologiya i Gidrologiya. 2022. No. 7. P. 34-45. <https://doi.org/10.3103/S1068373922070056>
- [11] Blagoveshchenskiy V., Medeu A., Gulyayeva T., Zhdanov V., Ranova S., Kamalbekova A., Aldabergen U. Application of Artificial Intelligence in the Assessment and Forecast of Avalanche Danger in the Ile Alatau Ridge // Water. 2023. No. 15, issue 7. P. 1438. <https://doi.org/10.3390/w15071438>
- [12] Kuksova N. E., Toropov P. A., Oleinikov A. D. Meteorological conditions of extreme avalanche formation in the Caucasus Mountains (according to observations and reanalysis) // Ice and Snow. 2021. No. 61(3). P. 377-390. doi: 10.31857/S2076673421030095
- [13] Oleinikov A. D., Volodicheva N. A. Winters of avalanche maximum in the Greater Caucasus for the period of instrumental observations (1968–2016) // Ice and Snow. 2020. No. 60(4). P. 521-532. doi:10.31857/S2076673420040057
- [14] Oleinikov A.D., Volodicheva N.A., Boyarshinov A.V. Snowiness of winters and avalanche activity in the Greater Caucasus during the period of instrumental observations // MHI. 2000. Issue 88. P. 74-83 (in Russ.).
- [15] Website of Ile Alatau National Park. URL:<http://en.ile-alatau.kz/> [Electron. resource] (Date of access: 03/01/2024) (in Russ.).
- [16] Climate of Almaty / Ed. H. A. Akhmedzhanova, T. A. Shver. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1985. 266 p. (in Russ.).
- [17] State climate cadastre of the RSE “Kazhydromet”. URL: https://meteo.kazhydromet.kz/climate_kadast/ [Electron. resource]. (Date of access: 03/01/2024) (in Russ.).
- [18] Seversky I.V., Blagoveshchensky V.P. et al. Snow cover and avalanches of the Tien-Shan. Almaty, 2006. 184 p. (in Russ.).
- [19] Bekenov K. A., Kasenov M. K. Mudflow safety. 50 years of activity of Kazselezashchita: results, efficiency, prospects. 1973-2023. Almaty: Zialy bacpasy, 2023. 208 p. (in Russ.).
- [20] Website of the representative office of StatSoft Russia. URL: <http://www.statsoft.ru> [Electron. resource]. (Date of access: 03/01/2024) (in Russ.).
- [21] Borovikov V. P. Popular introduction to modern data analysis and machine learning on Statistica. Moscow: Publishing House “Hot Line – Telecom”, 2018. 354 p. (in Russ.).
- [22] Stukach O. V. Software complex “Statistica” in solving quality management problems. Tutorial. Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2011. 163 p. (in Russ.).
- [23] Guide to specialized services to the economy with climate information, products and services / Ed. N. V. Kobysheva. St. Petersburg, 2008. 336 p. (in Russ.).
- [24] Arguchintseva A. V. Methods of statistical processing and analysis of hydrometeorological observations: textbook. allowance. Irkutsk: Irkut. state univ., 2007. 105 p. (in Russ.).

- [25] Chernysheva L. S., Platonova V. A. Calculation and interpretation of the main climatic indicators of individual meteorological quantities: Uch.-method. allowance. Vladivostok: Dalnevost Publishing House. Univ., 2009. 88 p. (in Russ.).
- [26] Meteorological database of the RSE “Kazhydromet”. URL: https://meteo.kazhydromet.kz/database_meteo/ [Electron. resource]. (Date of access: 03/01/2024) (in Russ.).
- [27] Website of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer/press/article/1?lang=ru> [Electron. resource]. (Date of access: 03/01/2024) (in Russ.).
- [28] Materials of annual observations of snow cover and precipitation in the mountains / Ed. Yu. S. Boeva. Alma-Ata: RSE “Kazhydromet”, 1953-2022 (in Russ.).
- [29] Technical reports of SLS “Shymbulak” and “BAO” for 1966-2022. Compiled by: Kondrashov I.V., Tynalin O.Zh., Berman O.A. Paper archive of the RSE “Kazhydromet” (in Russ.).
- [30] Avalanche cadastre of the USSR. L.: Gidrometeoizdat, 1984-1991 Vol. 1-20. (in Russ.).
- [31] Akimov V., Novikov V., Radaev N. Natural and man-made emergency situations: dangers, threats, risks. Moscow: CJSC FID “Business Express”, 2001. 324 p. (in Russ.).
- [32] Atlas of natural and man-made hazards and risks of emergency situations in the Republic of Kazakhstan / Ed. A. R. Medeu. Almaty, 2010 (in Russ.).
- [33] Glazovskaya T. G., Troshkina E. S. The influence of global climate change on avalanche conditions in the territory of the former Soviet Union // MGI. 1998. No. 84. P. 88-91 (in Russ.).
- [34] Seliverstov Yu. G., Glazovskaya T. G., Shnyarkov A. L. Scenario of changes in avalanche activity in the European part of Russia in the 21st century // Proc. reports of the III Int. conf. “Avalanches and related issues”. Kirovsk, Russia, September 4–8, 2006. Kirovsk: LLC «Apatit-Media Apatity», 2007. P. 201-207 (in Russ.).
- [35] Chernous P.A. State regulation of avalanche danger assessment in Russia // Hydrosphere. Dangerous processes and phenomena. 2020. Vol. 2, No. 3. P. 295-304 (in Russ.).

В. В. Жданов¹, Н. У. Кужагельдина^{*2}, А. Н. Камалбекова³, Ұ. Р. Алдаберген⁴

¹ Т. ғ. к., аға ғылыми қызметкер (Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі География және су қауіпсіздігі институты, Алматы, Қазақстан; zhdanovvitaliy@yandex.kz)

² PhD докторант, жетекші ғылыми қызметкер (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «Қазгидромет» РМК, Астана, Қазақстан; nuraily@mail.ru)

³ PhD докторант, кіші ғылыми қызметкер (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі География және су қауіпсіздігі институты, Алматы, Қазақстан; aidana.kamalbekova@gmail.com)

⁴ PhD докторант, кіші ғылыми қызметкер (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі География және су қауіпсіздігі институты, Алматы, Қазақстан; aldabergen_u@mail.ru)

ІЛЕ АЛАТАУ ТАУЛАРЫНДАҒЫ ҚАР КӨШКІНІ ЖӘНЕ ҚАРЛЫ-МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАР ТУРАЛЫ ҰЗАҚ МЕРЗІМДІ МӘЛІМЕТТЕРДІ СТАТИСТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ

Аннотация. Алматы іргесіндегі қар көшкіні бекеттерінде жүргізілген ұзақ мерзімді бақылаулар негізінде 1966 жылдан бері 5 мыңнан астам қар көшкіні тіркелген. Мәліметтерді статистикалық талдаудан кейін көшкіндердің негізгі сипаттамалары анықталып, қар және метеорологиялық жағдайларға талдау жасалды. Қар көшкіндерінің орташа көлемі 4 мың м³ құрайды, бірақ бұл көрсеткіш параметрлік емес таралу заңына байланысты бұрмаланған. Қар көшкіні көлемінің орташа мәні 750-800 м³ құрайды. Жоғарғы және төменгі квартилдар шегінде 50% жағдайлар 250-2500 м³ құрайды. 30 мың м³-ден асатын апатты қар көшкіні жағдайлардың 3%-ын, ал 100 мың м³-тен астамы 0,3%-ын ғана құрайды. Қар көшкіні қауіп кезеңіндегі типтік ауа райы жағдайлары: беткейлерде қардың биіктігі 80-90 см, метеорологиялық учаскеде 50-60 см, жауын-шашын мөлшері 15-19 мм, қардың өсуі 25-30 см көшкіннің пайда болуына ықпал етті беткейлердегі қар жамылғысының биіктігі, жауатын жауын-шашын мөлшері, қар жамылғысының ұлғаюы, ауаның максималды температурасы. Спирменнің корреляциялық коэффициенттері қате ықтималдығы (р-деңгейі) 0,01-ден төмен стандартты 5% маңыздылық деңгейінде (а-деңгейінде) осы параметрлер үшін статистикалық маңызды болып табылды. Факторлық талдау нәтижелері қар көшкініне болжаушылардың үш тобы әсер ететінін көрсетті: қардың қалыңдығы, жауын-шашын мен қардың өсуі, температуралық жағдайлар. Қотырбұлақ шатқалындағы индикаторлық қар көшкінін талдауы көктемде Іле Алатауында қар көшкінінің түсуіне тән жағдайларды көрсетті – ауа райы учаскесінде қардың биіктігі 50 см, жауын-шашын мөлшері 53 мм, қардың ұлғаюы 28 см 5% маңыздылық деңгейі бойынша статистикалық маңызды болып шықты. Кейбір деректердің стандартты қателері ұсынылған 10% шегінде болды, бұл нәтижелердің сенімділігін көрсетеді.

Түйін сөздер: Іле Алатауы, қар көшкіні, көшкін режимі, математикалық статистика, ұзақ мерзімді деректер мұрағаты.

V. V. Zhdanov¹, N. U. Kuzhageldina^{*2}, A. N. Kamalbekova³, U. R. Aldabergen⁴

¹ Candidate of Technical Sciences, senior researcher (Institute of Geography and Water Security of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan; zhdanovvitaliy@yandex.kz)

² PhD student, leading researcher (Al-Farabi Kazakh National University, RSE «Kazhydromet», Astana, Kazakhstan; nuraily@mail.ru)

³ PhD student, junior researcher (Al-Farabi Kazakh National University, Institute of Geography and Water Security of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan; aidana.kamalbekova@gmail.com)

⁴ PhD student, junior researcher (Al-Farabi Kazakh National University, Institute of Geography and Water Security of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan; aldabergen_u@mail.ru)

STATISTICAL ANALYSIS OF LONG-TERM DATA ON SNOW AVALANCHES AND SNOW-METEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE ILE ALATAU MOUNTAINS

Abstract. Based on long-term observations at snow avalanche stations in the vicinity of Almaty, more than 5 thousand snow avalanches have been recorded since 1966. After statistical analysis of the data, the main characteristics of the avalanches were determined and snow and meteorological conditions were analyzed. The average volume of avalanches is 4 thousand m³, but this value is distorted due to the nonparametric distribution law. The median value of the volume of avalanches is 750-800 m³. 50% of cases within the upper and lower quartiles are 250-2500 m³. Catastrophic avalanches of more than 30 thousand m³ account for 3% of cases, and more than 100 thousand m³ only 0.3% of cases. Typical weather conditions during periods of avalanche danger are: snow height on the slopes 80-90 cm, on the meteorological site 50-60 cm, precipitation 15-19 mm, snow growth 25-30 cm. The dominant factors in avalanche formation were the height of the snow cover on the slopes, the amount of snowfall precipitation, snow cover increase, maximum air temperature. Spearman's correlation coefficients were found to be statistically significant for these parameters at the standard 5% significance level (a-level) with a probability of error (p-level) of less than 0.01. The results of factor analysis showed that avalanches are influenced by three groups of predictors: snow depth, precipitation and snow growth, and temperature conditions. Analysis of catastrophic avalanches in the indicator avalanche collection in the Kotyrbulak gorge showed typical conditions for mass avalanches in Ile Alatau in the spring - snow height at the weather site 50 cm, precipitation amount 53 mm, snow increase 28 cm. The agreement criteria we calculated turned out to be statistically significant by 5% level of significance. The standard errors of some data were within the recommended limits of 10%, which indicates the reliability of the results.

Keywords: Ile Alatau, snow avalanches, avalanche regime, mathematical statistics, long-term data archive.

Экономическая география

Экономикалық география

Economical geography

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-111-120.17>

УДК 504.062.2; 338.2
МРНТИ 39.21.00

А. С. Жакупова^{1*}, М. А. Аскарова², А. А. Медеу³, У. Б. Бауыржан⁴

^{1*} Докторант (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;
jakupovaas@gmail.com)

² Д. г. н., доцент (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;
maulken@mail.ru)

³ Д. э. н., ст. преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;
shania258@gmail.com)

⁴ Преподаватель (Учреждение «Экономический Колледж Университета Нархоз», Алматы, Казахстан;
ulmi_96@mail.ru)

ЗЕЛЕНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Аннотация. Управление водными ресурсами на основе зеленой экономики становится все более актуальным в контексте изменяющегося климата и растущих экологических проблем. На национальном уровне Главой Казахстана К.-Ж. К. Токаевым были поставлены задачи повышения эффективности использования и охраны водных ресурсов страны. Актуальность внедрения эффективных стратегий устойчивого управления водными ресурсами, а также повышения уровня технологических инноваций заключается в том, что они имеют решающее значение для смягчения последствий дефицита воды во всем мире. Кроме того, немаловажным фактором является финансирование зеленых технологий. Для этого необходимо адекватно оценивать актуальное состояние сферы зеленого финансирования в Казахстане, проблемы и пути их решения. Затраты на водоснабжение, а именно сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений, дают значительные экономические, экологические и социальные преимущества, что делает их важнейшим аспектом устойчивого развития. Исследована взаимосвязь финансирования на охрану окружающей среды и результатов этих мероприятий. Для эффективной оценки проведен корреляционный анализ зеленого финансирования и результатов устойчивого управления водными ресурсами на примере очистки сточных вод Казахстана. Результаты возможно применять при разработке стратегий по минимизации воздействия рисков на инфраструктуру, связанную с водными ресурсами, здоровьем населения и окружающей средой, а также при изучении влияния инвестиций в охрану окружающей среды.

Ключевые слова: зеленая экономика, устойчивое развитие, управление водными ресурсами, зеленое финансирование, корреляционный анализ.

Введение. Водные ресурсы являются основой благосостояния человека, экономического развития страны и ее экологической устойчивости. Глобальное изменение климата усугубляет проблему обеспеченности водой во многих регионах мира. Прогрессирующая индустриализация, урбанизация и рост населения Земли усиливают давление на водные ресурсы. Проблема нехватки воды характеризуется дисбалансом между спросом на воду и имеющимися ресурсами пресной воды, а также неэффективными методами управления водными ресурсами. В результате появляются серьезные проблемы для сельскохозяйственного производства, промышленности, населения. Это приводит к деградации окружающей среды и социальным конфликтам. Стратегии

устойчивого управления водными ресурсами, усилия по их сохранению и внедрение новых технологий имеют решающее значение для смягчения последствий нехватки воды во всем мире.

Актуальность управления водными ресурсами на основе зеленой экономики определяется использованием комплексного подхода, всесторонне учитывающего экологические, экономические и социальные аспекты. Такой подход направлен на эффективное использование воды, сохранение экосистем и обеспечение равного доступа к природным благам.

Концепция зеленой экономики направлена на максимизацию эффективности использования ресурсов, и снижение при этом негативного воздействия на окружающую среду учитывает интересы всех сфер при разработке экологической политики. В отрасли водных ресурсов концепция ориентируется, прежде всего, на их устойчивое использование и управление, стимулирует внедрение таких технологий, которые позволят минимизировать чрезмерное потребление воды, увеличить долю повторного использования воды и ее качество.

Одним из главных показателей эффективного развития концепции зеленой экономики в водной отрасли является устойчивое финансирование зеленых технологий, объем затрат на охрану окружающей среды, инвестиции в отрасли водосбережения и др. Зеленое финансирование является главным механизмом развития водной отрасли, так как стимулирует рост инноваций, увеличивает количество рабочих мест и повышает устойчивость отрасли к климатическим рискам.

Казахстан признает важность экологической устойчивости для долгосрочного экономического роста страны и благосостояния общества. С начала 1990-х годов республика активно проводит политику устойчивого развития, принимая все международные обязательства [1, 2]. Повестка дня в области устойчивого развития предлагает наилучший путь для обеспечения экологической устойчивости, сокращения выбросов парниковых газов и ускорения перехода к более устойчивой глобальной экономике. Стремясь перейти к низкоуглеродной экономике [3], Казахстан запустил множество различных стратегий и инициатив для достижения устойчивого развития, поддержки зеленых технологий, проектов по повышению энергоэффективности, использования возобновляемых источников энергии и развития устойчивой инфраструктуры [4-8].

Для решения экологических проблем и охраны окружающей среды в республике ежегодно выделяются финансовые средства на охрану атмосферного воздуха и решения проблем изменения климата; на очистку сточных вод; на рациональное обращение с отходами; на охрану земельных ресурсов, почв, подземных и поверхностных вод; на снижение объемов выбросов парниковых газов; на сохранение и защиту биоразнообразия; на развитие проектов возобновляемых источников энергии; в целом на деятельность в области энергосберегающих технологий и повышения энергоэффективности.

Направление водосбережения, в частности очистка сточных вод, является одной из важных проблем Казахстана, особенно в условиях интенсивного промышленного развития, урбанизации и роста населения. Главной задачей данного исследования является оценка влияния финансирования зеленых технологий на устойчивое управление водными ресурсами.

Материалы и методы исследования. Методологической основой исследования устойчивого управления водными ресурсами является концепция зеленой экономики и связанные с ней Цели устойчивого развития ООН 2030 (ЦУР). Они включают конкретные задачи, связанные с охраной окружающей среды, рациональным использованием водных ресурсов и международным финансированием проектов устойчивого развития (ЦУР 6, 13, 17) [3].

ЦУР № 6 «Чистая воды и санитария» направлена на решение проблем доступности воды для всех, устойчивого управления водными ресурсами, а также санитарии [3]. Данная Цель имеет большое значение для благосостояния общества любой страны, решая проблемы распространения болезней через загрязненную воду, особенно затрагивая уязвимые группы населения, которые испытывают также недоедание, нищету и гендерное неравенство. Концептуально зеленая экономика позволяет улучшить качество воды с помощью зеленых технологий, снизить распространение заболеваний и обеспечить равный для всех доступ к жизненно важному природному ресурсу.

Зеленые технологии, или экологически чистые технологии, – это инновационные методы, продукты и процессы, которые направлены на снижение негативного воздействия на окружающую среду и уменьшение экологического следа. Зеленые технологии позволяют улучшить устойчивость и эффективность использования ресурсов, снизить их загрязнение и способствуют переходу к более экологически устойчивым моделям развития. Значение зеленых технологий для устойчивого

управления водными ресурсами также является ключевым. Применяя зеленые технологии при использовании, защите и восстановлении водных систем, можно достигнуть положительных результатов: эффективно управлять потреблением воды и обнаруживать утечки, обеспечивать высокое качество воды, возможность получения пресной воды в регионах с ограниченными водными ресурсами, оптимизировать использование воды в сельском хозяйстве и др.

В Казахстане активно внедряются методы точного земледелия, включая системы капельного орошения и полива, которые позволяют оптимизировать потребление водных ресурсов и увеличить урожайность при минимальном расходе воды. В некоторых регионах внедряются системы дождевого водосбора для использования дождевой воды в сельском хозяйстве, а также для увлажнения почвы.

Особенно актуальным направлением развития зеленых технологий в Казахстане, в условиях ограниченности пресных водных ресурсов, является разработка инновационных методов десалинации морской воды для обеспечения населения и промышленности пресной водой.

Все перечисленные и другие инновационные подходы позволяют рационально использовать водные ресурсы и обеспечивать устойчивое развитие водного хозяйства в стране. Однако для эффективного внедрения таких технологий в водной отрасли необходима стабильная финансовая поддержка.

Зеленое финансирование направлено на поддержку реализации экологически устойчивых и энергоэффективных решений. Основными механизмами зеленого финансирования являются зеленые облигации и кредиты, которые обеспечивают развитие экологически устойчивых проектов. Согласно данным Центра зеленых финансов МФЦА, рынок «зеленых» финансов в Казахстане в 2023 г. достиг 150,2 млрд тг [9]. Анализируя категории проектов, которые были профинансированы за счет зеленых облигаций и зеленых кредитов, можно выделить использование финансирования для возобновляемой энергии – 46,4 млрд тенге (31%), направленное на энергоэффективность – 47,5 млрд тенге (31%), а также для смешанных проектов – 58,3 млрд тенге (38%) [10]. По категориям смешанных проектов, согласно «зеленой» таксономии, также выделяются устойчивое использование воды и отходов, предотвращение и контроль загрязнения, чистый транспорт, зеленые здания и устойчивое сельское хозяйство, землепользование, лесное хозяйство, сохранение биоразнообразия, экологический туризм.

Другим важным источником финансирования являются прямые государственные затраты на охрану окружающей среды. В 2022 г. общая сумма их составила 444,5 млрд тг. (таблица 1). Структура общих затрат на охрану окружающей среды по видам природоохранной деятельности включает охрану атмосферного воздуха – 28,8%, очистку сточных вод – 25,4%, обращение с отходами – 24,1% (рисунок 1).

Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, включают в себя затраты на новое строительство, расширение, реконструкцию и модернизацию объектов. Инвестиции в основной капитал по направлению водоснабжение используются для сбора, обработки и удаления отходов, а также другой деятельности по ликвидации.

Казахстан прилагает большие усилия для решения экологических проблем и направляет средства на охрану окружающей среды, в том числе на очистку сточных вод (рисунок 2).

С учетом актуальности темы зеленого финансирования для решения экологических проблем в Казахстане проводится множество исследований [11-17], которые подтверждают необходимость привлечения финансирования и дополнительных инвестиций для эффективной реализации проектов устойчивого развития страны, в особенности водной отрасли.

Таблица 1 – Динамика затрат на охрану окружающей среды с 2015 по 2022 г. [10]

| Показатели | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Общие затраты на ООС, млн тг | 257 533 | 196 143 | 262 407 | 302 177 | 420 392 | 384 016 | 416 956 | 444 514 |
| Инвестиции в основной капитал, направленные на ООС, млн тг | 82 833 | 43 397 | 86 962 | 111 161 | 198 722 | 173 619 | 171 165 | 159 660 |

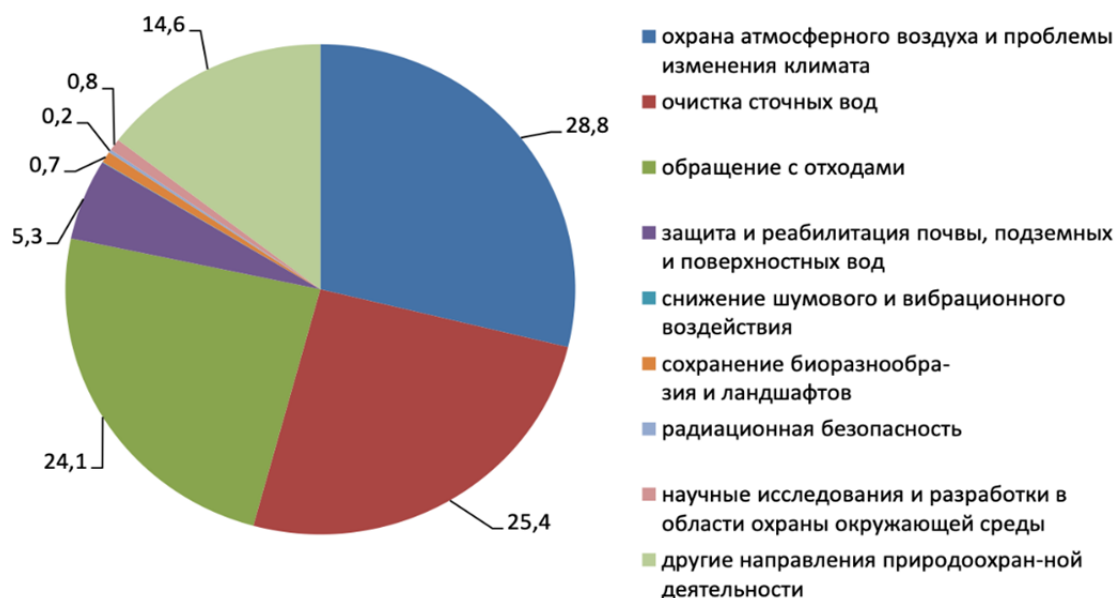


Рисунок 1 – Структура общих затрат на охрану окружающей среды по видам природоохранной деятельности [10]

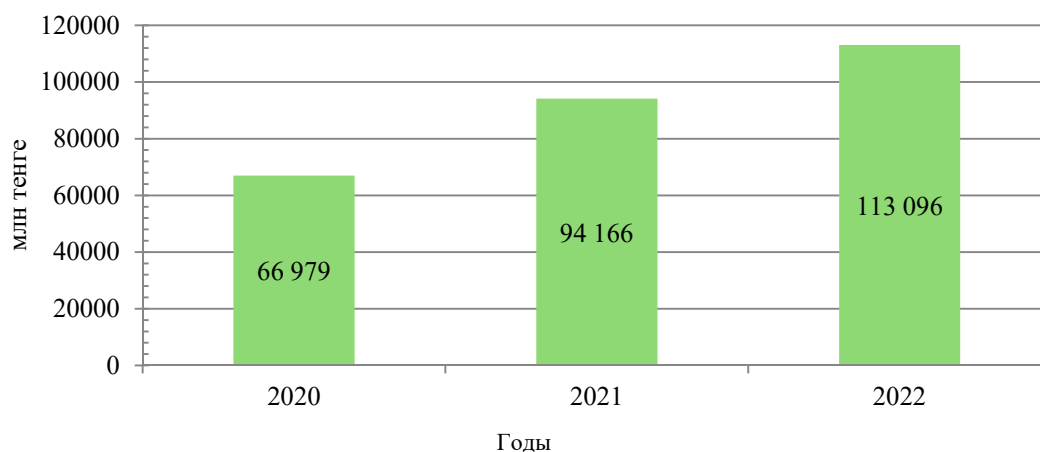


Рисунок 2 – Динамика затрат на охрану окружающей среды по направлению «Очистка сточных вод» [10]

Исследованиями проблемы зеленого финансирования и инфраструктур, поддерживающих устойчивость природных систем, занимаются специалисты нескольких взаимосвязанных отраслей наук – экологии, экономики, водной инженерии и сфера анализа финансов и политической деятельности и др. Среди них отмечается ряд исследователей, которые внесли вклад в изучение вопроса зеленого финансирования именно в водную отрасль.

Этой проблемой занималась К. СадOFF (Claudia Sadoff): её исследования, посвященные механизмам устойчивого финансирования водной инфраструктуры и технологий, позволили сделать вывод, что страны ежегодно платят огромные суммы за ущерб природной среде, поскольку инженерные затраты, необходимые для достижения эквивалентного уровня управления угрозами, в среднем в два раза выше [18]. Таким образом, развитым и особенно развивающимся странам необходимо изучить политику, поддерживающую подходы «зелено-серого» типа, которые предлагают путь к будущей глобальной водной безопасности, требуя при этом стратегического обязательства стран по сохранению природного капитала. Другие авторы [19] утверждают, что нарратив о дефиците воды скрывает системные проблемы, угрожающие устойчивому управлению водными ресурсами, включая неэффективно работающие водоканалы, затяжные вооруженные конфликты и сельскохозяйственную политику, направленную на самообеспечение. Однако нельзя говорить о единой эффективной политике устойчивого управления водными ресурсами, так как

ввиду различных географических особенностей, экономического уровня развития и особенно гидрологических условий уровни водной безопасности стран находятся на разной стадии [20, 21]. Другое исследование, проведенное для изучения влияния инвестиций в охрану окружающей среды, показало, что экологический сбор наиболее эффективен, чем штрафные финансовые поступления за нарушение в экологии [22]. Из этого следует вывод, что для эффективного управления инвестициями необходимо стимулирование поступления финансов в развитие охраны окружающей среды от физических и юридических лиц. Таким образом, инвестиции в устойчивый рост водной отрасли зависят от условий и различаются в зависимости от социальных, экономических и экологических факторов.

В исследованиях авторов по вопросам управления водными ресурсами, оценки водных рисков и др. предлагается применять междисциплинарные смешанные подходы, которые учитывали бы социально-экологические и экономические перспективы развития отрасли и оценивали водную безопасность с точки зрения интеграции нескольких наук [23-25]. Исследования развивают знания в области оценки водного риска, применяя социально-экологические перспективы, междисциплинарные подходы теории риска и смешанные методы для всесторонней оценки водной безопасности и демонстрируют интеграцию перспектив социальных наук в области социогидрологии. В результате исследований оцениваются междисциплинарные водные риски для обоснования многоотраслевых решений по устойчивому управлению водными ресурсами.

В данном исследовании применяется метод корреляционного анализа, суть которого состоит в том, чтобы определить, насколько степень связи двух или нескольких переменных высока. Также метод позволяет определить, существует ли статистически значимая связь между переменными и какова природа этой связи: положительная или отрицательная, что дает основания для дальнейших выводов.

Зависимой переменной в анализе выступает показатель объемов очищенных сточных вод в год, а возможным влияющим фактором – затраты на очистку сточных вод. В исследовании будет определена степень зависимости переменных, условно реально ли работают затраты эффективно.

Результаты и их обсуждение. Для корреляционного анализа были выбраны две переменные: затраты на очистку сточных вод (в млрд тг, с 2018 по 2022 г.) и общий объем очищенных сточных вод (в млн м³ в год, с 2018 по 2022 г.) (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика объемов очищенных сточных вод и затрат на очистку сточных вод в период с 2018 по 2022 г. [10]

| Показатели | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---|------|------|------|------|------|
| Общий объем очищенных сточных вод, млн м ³ в год | 581 | 579 | 579 | 597 | 622 |
| Затраты на очистку сточных вод, млрд тг | 58 | 59 | 67 | 94 | 113 |

Для анализа использовалась функция «Регрессия» в программе Microsoft Excel, которая позволяет прогнозировать зависимую переменную на основании значений фактора (таблицы 3-5):

Таблица 3 – Регрессионная статистика

| | |
|-------------------------|-------------|
| Множественный R | 0,961851933 |
| R-квадрат | 0,92515914 |
| Нормированный R-квадрат | 0,900212187 |
| Стандартная ошибка | 7,677542642 |
| Наблюдения | 5 |

Таблица 4 – Дисперсионный анализ

| | <i>df</i> | <i>SS</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | Значимость <i>F</i> |
|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| Регрессия | 1 | 2185,966017 | 2185,966017 | 37,08505536 | 0,008892868 |
| Остаток | 3 | 176,8339831 | 58,94466102 | | |
| Итого | 4 | 2362,8 | | | |

Таблица 5 – Вывод итогов

| | Y-пересечение | Переменная X 1 |
|--------------------|---------------|----------------|
| Коэффициенты | -664,8264463 | 1,256215673 |
| Стандартная ошибка | 122,0609356 | 0,206283619 |
| t-статистика | -5,446676637 | 6,089750024 |
| P-Значение | 0,012154402 | 0,008892868 |
| Нижние 95% | -1053,27882 | 0,599729132 |
| Верхние 95% | -276,3740727 | 1,912702214 |
| Нижние 95,0% | -1053,27882 | 0,599729132 |
| Верхние 95,0% | -276,3740727 | 1,912702214 |

Исходя из корреляционного анализа (см. таблицы 3-5) можно сделать вывод, что зависимость объемов очищенных сточных вод на 92,5% является положительной от количества затрат на очистку сточных вод. В первую очередь необходимо обратить внимание на R-квадрат (см. таблицу 3).

R-квадрат – коэффициент детерминации. В нашем исследовании коэффициент составил 0,925, или 92,5%. Это означает, что на основе расчета переменные модели на 92,5% объясняют зависимость между данными параметрами. В итоге чем выше коэффициент детерминации, тем больше взаимосвязь переменных (выше 0.8), а меньше уже отрицательная связь (меньше 0,5).

В результате расчета на основе данных нашего исследования был получен коэффициент 0,925 («хорошо»). Имея положительную корреляцию между двумя этими переменными, можно сделать вывод, что с увеличением объема сточных вод обычно растут и затраты на их очистку (рисунок 3).

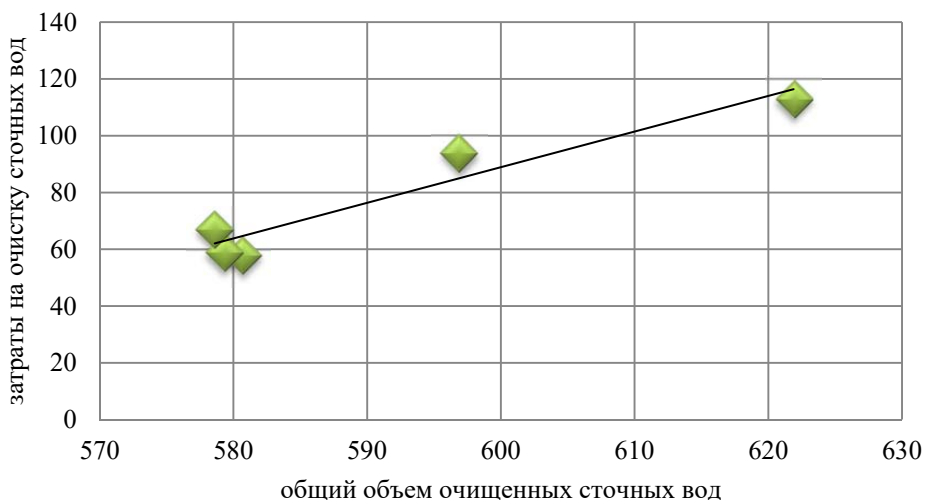


Рисунок 3 – Корреляция переменных затрат и объема очищенных вод

Таким образом, корреляция между показателями затрат на очистку сточных вод и фактических объемов сточных очищенных вод достаточно сильная, что обусловливается необходимостью эксплуатации большего количества очистного оборудования, применения химических реагентов, потребляемой энергии и других ресурсов.

Заключение. Очистка сточных вод с учетом основ устойчивого развития и принципов зеленой экономики подразумевает применение методов и технологий, которые минимизируют негативное воздействие на окружающую среду и обеспечивают рациональное использование водных ресурсов. Однако на эффективность очистки сточных вод и затраты на очистку могут влиять и другие факторы, такие, как состояние систем очистки, инновационные технологии исследуемого региона и местные климатические условия. Таким образом, баланс между затратами на очистку сточных вод и объемом очищенных сточных вод может быть уточнен при учете других сопутствующих факторов.

В целом зеленое финансирование отрасли водных ресурсов является критически важным фактором, так как дает возможность решить ряд ключевых экологических и экономических проблем, таких, как дефицит воды, деградация окружающей среды, экономическая эффективность, здоровье населения и социальное неравенство.

Казахстан прилагает все усилия для увеличения финансовой поддержки зеленого развития различных отраслей, совершенствуя нормативно-правовую базу, повышая уровень инвестиций в зеленые технологии не только на государственном уровне, но и на международном. Многочисленные банки развития – Азиатский банк развития (АБР), Всемирный банк, Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) и др. способствуют устойчивому развитию Казахстана, направляя необходимую техническую и финансовую помощь для проектов в области зеленой экономики и охраны окружающей среды [14, 26]. Международное партнерство способствует также обмену знаниями и опытом, передаче инновационных технологий в области возобновляемых источников энергии, энергоэффективности и смягчению последствий изменения климата.

Однако направление зеленого финансирования в Казахстане находится сейчас на начальном этапе развития ввиду недостаточного уровня необходимых инвестиций для обеспечения устойчивого зеленого роста. Стоит отметить, что при огромном количестве положительных тенденций и возможностей для устойчивого зеленого развития сфера зеленого финансирования имеет определенные риски, связанные с самими инвестициями. Также могут возникнуть различные внезапные экологические или социальные риски, например разрушение среды обитания, противодействие общества или негативное воздействие на здоровье населения из-за проводимых мероприятий.

Таким образом, для обеспечения долгосрочного успеха и положительных результатов устойчивого развития зеленого финансирования водной отрасли необходимо тщательно планировать и анализировать эффективные стратегии управления, применять адаптационные меры для внедрения устойчивых практик в Казахстане и вовлекать все заинтересованные стороны для решения проблем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата [Электронный ресурс]: Принята 9 мая 1992 года; вступила в силу Указом Президента Республики Казахстан от 4 мая 1995 г. N 2260 // Официальный сайт ООН. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml (дата обращения: 20.03.2024).
- [2] Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер [Электронный ресурс]: Принята 17 марта 1992 года; вступила в силу Законом Республики Казахстан от 23 октября 2000 года N 94-II // Официальный сайт ООН. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/watercourses_lakes.shtml (дата обращения: 20.03.2024).
- [3] Цели устойчивого развития. – Официальный сайт ООН [Электронный ресурс]. – 2015. – URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (дата обращения: 20.03.2024).
- [4] Республика Казахстан. Указы. О Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике»: [утверждена Указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577]. – (Актуальный закон). – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U1300000577> (дата обращения: 01.04.2024).
- [5] Республика Казахстан. Указы. Об утверждении Стратегии достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060: [утверждена Указом Президента РК от 2 февраля 2023 года № 121]. – (Актуальный закон). – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121> (дата обращения: 01.04.2024).
- [6] USAID «Энергия будущего» – Официальный сайт АО «KOREM» [Электронный ресурс]. – URL: https://vie.korem.kz/rus/investor/our_partners/USAID (дата обращения: 01.04.2024).
- [7] Официальный сайт Центра зеленых финансов МФЦА – [Электронный ресурс]. – URL: <https://gfc.aifc.kz/ru/about-us> (дата обращения: 01.04.2024).
- [8] Сансызбаева Г.Н., Амирова А.М Развитие Киотского протокола в РК // Вестник КазНУ. Серия экономическая. – 2016. – № 3/2 (115).
- [9] Рынок зеленых финансов в Казахстане. Астана: Международный финансовый центр «Астана», 2023. – 23 с.
- [10] Статистика инвестиций – Официальный сайт Бюро национальной статистики [Электронный ресурс]. – URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-invest/> (дата обращения: 01.04.2024).
- [11] Kalkabayeva G. Потенциалы роста зеленого финансирования в Казахстане в контексте развития цифровых технологий // «Мемлекеттік аудит – государственный аудит». – 2023. – 58(1). – С. 68-79. <https://doi.org/10.55871/2072-9847-2023-58-1-68-79>
- [12] Ерболатова Д. О. Современное состояние «зеленого» финансирования в Казахстане // Наука без границ. – 2020. – № 4 (44). – С. 95-101.
- [13] Абжалелова Ш. П., Қожан И. У. Основные инструменты зеленого финансирования и формирование спроса в Казахстане // Qainar Journal of Social Science. – 2022. – № 1(4). – P. 76-93. <https://doi.org/10.58732/2958-7212-2022-4-6-76-93>

- [14] Досжан Р. Д., Сабидуллина А. Е., Нурмагамбетова А. З., Кожаметова А. К. Зеленое финансирование в Казахстане: текущее состояние и перспективы // *Economics: the strategy and practice*. – 2022. – № 17(4). – P. 170-184. <https://doi.org/10.51176/1997-9967-2022-4-170-184>
- [15] Кайраткызы А., Хойч А., Демирал М. Ш. Зеленые финансы в контексте Казахстана: обзор рынка // *Вестник университета «Туран»*. – 2023. – № (1). – С. 157-171. <https://doi.org/10.46914/1562-2959-2023-1-1-157-171>
- [16] Alimbaev Turgai, Omarova Bibizhamal, Tuleubayeva Samal, Kamzayev Bekzhan, Aipov Nurmuhammed, Mazhitova, Zhanna. (2021). Ecological problems of water resources in Kazakhstan. *E3S Web of Conferences*. 244. 01004. 10.1051/e3sconf/202124401004.
- [17] Karthe D., Abdullaev I., Boldgiv B. et al. Water in Central Asia: an integrated assessment for science-based management // *Environ Earth Sci* 76, 690 (2017). <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6994-x>
- [18] Charles J. Vörösmarty, Ben Stewart-Koster, Pamela A. Green, Edward L. Boone, Martina Flörke, Günther Fischer, David A. Wiberg, Stuart E. Bunn, Anik Bhaduri, Peter B. McIntyre, Claudia Sadoff, Hongxing Liu, David Stifel, A green-gray path to global water security and sustainable infrastructure // *Global Environmental Change*. – 2021. – Vol. 70. – 102344. ISSN 0959-3780. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102344>
- [19] Borgomeo E., Fawzi N. A.-M., Hall J. W., Jägerskog A., Nicol A., Sadoff C. W., et al. (2020). Tackling the trickle: Ensuring sustainable water management in the Arab region // *Earth's Future*, 8, e2020EF001495. <https://doi.org/10.1029/2020EF001495>
- [20] Dadson S., J. W. Hall, D. Garrick, C. Sadoff D. Grey, D. Whittington (2017), Water security, risk, and economic growth: Insights from a dynamical systems model // *Water Resour. Res.*, 53, 6425–6438, doi:10.1002/2017WR020640.
- [21] Grey D., Garrick D., Blackmore D., Kelman J., Muller M., Sadoff C. 2013 Water security in one blue planet: twenty-first century policy challenges for science // *Phil Trans R Soc A* 371: 20120406. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2012.0406>
- [22] Оборин М. С., Фролова Н. В., Макарова Е. М. Моделирование инвестиций на охрану окружающей среды // *Сервис плюс*. – 2018. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-investitsiy-na-ohranu-okruzhayushey-sredy> (дата обращения: 02.04.2024).
- [23] Sandhu G., Weber O., Wood, M. O., Rus H. A., Thistlethwaite J. (2023). An interdisciplinary water risk assessment framework for sustainable water management in Ontario, Canada // *Water Resources Research*, 59, e2022WR032959. <https://doi.org/10.1029/2022WR032959>
- [24] Pienaar A., Brent A. C., Musango J. K., De Kock, I. H. (2017). Water resource infrastructure implications of a green economy transition in the Western Cape province of South Africa: a system dynamics approach // *The South African Journal of Industrial Engineering*, 28(2), 78-94. <https://doi.org/10.7166/28-2-1639>
- [25] Casiano Flores C., Bressers H., Gutierrez C., de Boer C. (2018). Towards circular economy – a wastewater treatment perspective, the Presa Guadalupe case // *Management Research Review*. – Vol. 41, No. 5. – P. 554-571. <https://doi.org/10.1108/MRR-02-2018-0056>
- [26] Елагин Т. М. Многосторонние банки развития как агенты в отношениях между ЕС и Азией // *Российский экономический интернет-журнал*. – 2020. – № 1. – С. 19.

REFERENCES

- [1] United Nations Framework Convention on Climate Change [Electronic resource]: Adopted on 9 May 1992; entered into force by the Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated 4 May 1995 N 2260 // Official site of the UN. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shst (date of access: 20.03.2024).
- [2] Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes [Electronic resource]: Adopted on 17 March 1992; entered into force by the Law of the Republic of Kazakhstan dated 23 October 2000 N 94-II // Official site of the UN. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/watercourses_lakes.shtml (date of access: 20.03.2024).
- [3] Goals to Transform Our World – Official UN website [Electronic resource]. 2015. – URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/> (date of access: 20.03.2024).
- [4] Republic of Kazakhstan. Decrees. On the Concept on the transition of the Republic of Kazakhstan to a "green economy": [approved by the Decree of the President of the Republic of Kazakhstan from 30 May 2013 № 577]. (Actual law). – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U1300000577> (date of access: 01.04.2024) (in Russ.).
- [5] Republic of Kazakhstan. Decrees. On approval of the Strategy for achieving carbon neutrality of the Republic of Kazakhstan until 2060: [approved by the Decree of the President of the Republic of Kazakhstan from 2 February 2023 No. 121]. (Actual law). – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121> (date of access: 01.04.2024) (in Russ.).
- [6] USAID "Energy of the Future" - Official website of KOREM JSC [Electronic resource]. – URL: https://vie.korem.kz/rus/investor/our_partners/USAID (date of access: 01.04.2024).
- [7] Official website of the IFCA Centre for Green Finance [Electronic resource]. – URL: <https://gfc.aifc.kz/ru/about-us> (date of access 01.04.2024).
- [8] Sansyzbayeva G. N., Amirova A. M. Development of the Kyoto Protocol in the Republic of Kazakhstan // *Bulletin of KazNU. Series economic*. 2016. No. 3/2 (115) (in Russ.).
- [9] Green Finance Market in Kazakhstan // *International Financial Centre "Astana" Electronic resource*. Astana, 2023. 23 p. (date of access: 20.03.2024) (in Russ.).
- [10] Investment Statistics – Official website of the Office for National Statistics [Electronic resource]. – URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-invest/> (date of access: 01.04.2024) (in Russ.).
- [11] Kalkabayeva G. Growth Potentials of Green Finance in Kazakhstan in the Context of Digital Technology Development // "Memlekettik Audit - State Audit". 2023. No. 58(1). P. 68-79 p. <https://doi.org/10.55871/2072-9847-2023-58-1-68-79> (in Russ.)

- [12] Yerbolatova D. O. Current state of "Green" financing in Kazakhstan // *Science without borders*. 2020. No. 4 (44). P. 95-101 (in Russ.).
- [13] Abzhalelova S. R., Kozhan I. U. Main Instruments of Green Financing and Demand Generation in Kazakhstan // *Qainar Journal of Social Science*. 2022; 1(4): 76-93. <https://doi.org/10.58732/2958-7212-2022-4-6-76-93> (in Russ.).
- [14] Doszhan R. D., Sabidullina A. E., Nurmagambetova A. Z., Kozhakhmetova A. K. Green financing in Kazakhstan: current state and prospects // *Economics: the strategy and practice*. 2022; 17(4): 170-184. <https://doi.org/10.51176/1997-9967-2022-4-170-18>(in Russ.).
- [15] Kairatkyzy A., Khoich A., Demiral M. Green finance in Kazakhstan's context: market overview // *Bulletin of "Turan" University*. 2023; (1): 157-171. <https://doi.org/10.46914/1562-2959-2023-1-1-157-171>(in Russ.).
- [16] Alimbaev Turgai, Omarova Bibizhamal, Tuleubayeva Samal, Kamzayev Bekzhan, Aipov Nurmammed, Mazhitova Zhanna. (2021). Ecological problems of water resources in Kazakhstan. *E3S Web of Conferences*. 244. 01004. [10.1051/e3sconf/202124401004](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124401004).
- [17] Karthe D., Abdullaev I., Boldgiv B. et al. Water in Central Asia: an integrated assessment for science-based management // *Environ Earth Sci* 76, 690 (2017). <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6994-x>
- [18] Charles J. Vörösmarty, Ben Stewart-Koster, Pamela A. Green, Edward L. Boone, Martina Flörke, Günther Fischer, David A. Wiberg, Stuart E. Bunn, Anik Bhaduri, Peter B. McIntyre, Claudia Sadoff, Hongxing Liu, David Stifel, A green-gray path to global water security and sustainable infrastructure // *Global Environmental Change*. 2021. Vol. 70. 102344. ISSN 0959-3780. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102344>.
- [19] Borgomeo E., Fawzi N. A.-M., Hall J. W., Jägerskog A., Nicol A., Sadoff C. W., et al. (2020). Tackling the trickle: Ensuring sustainable water management in the Arab region // *Earth's Future*, 8, e2020EF001495. <https://doi.org/10.1029/2020EF001495>
- [20] Dadson S., J. W. Hall, D. Garrick, C. Sadoff D. Grey, Whittington D. (2017). Water security, risk, and economic growth: Insights from a dynamical systems model // *Water Resour. Res.* 53, 6425–6438, doi:10.1002/2017WR020640.
- [21] Grey D., Garrick D., Blackmore D., Kelman J., Muller M., Sadoff C. 2013. Water security in one blue planet: twenty-first century policy challenges for science // *Phil Trans R Soc A* 371: 20120406. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2012.0406>
- [22] Oborin M.S., Frolova N.V., Makarova E.M. Modelling of investments for environmental protection // *Service plus*. 2018. No. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-investitsiy-na-ohranu-okruzhayuschey-sredy> (date of access: 02.04.2024) (in Russ.).
- [23] Sandhu G., Weber O., Wood M. O., Rus H. A., Thistlethwaite J. (2023). An interdisciplinary water risk assessment framework for sustainable water management in Ontario, Canada // *Water Resources Research*, 59, e2022WR032959. <https://doi.org/10.1029/2022WR032959>
- [24] Pienaar A., Brent A. C., Musango J. K., De Kock, I. H. (2017). Water resource infrastructure implications of a green economy transition in the Western Cape province of South Africa: a system dynamics approach // *The South African Journal of Industrial Engineering*. 28(2), 78-94. <https://doi.org/10.7166/28-2-1639>
- [25] Casiano Flores C., Bressers H., Gutierrez C., de Boer, C. (2018). Towards circular economy – a wastewater treatment perspective, the Presa Guadalupe case // *Management Research Review*. Vol. 41, No. 5. P. 554-571. <https://doi.org/10.1108/MRR-02-2018-0056>
- [26] Elagin T. M. Multilateral development banks as agents in relations between the EU and Asia // *Russian Economic Internet Journal*. 2020. No. 1. P. 19 (in Russ.).

А. С. Жакупова^{1*}, М. А. Аскарова², А. А. Медеу³, Ұ. Б. Бауыржан⁴

¹ Докторант (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; jakupovaas@gmail.com)

² География ғылымдарының докторы, доцент
(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; maulken@mail.ru)

³ Экономика ғылымдарының докторы, аға оқытушы
(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; shania258@gmail.com)

⁴ Оқытушы («Нархоз университетінің экономикалық колледжі» мекемесі, Алматы, Қазақстан; ulmi_96@mail.ru)

СУ РЕСУРСТАРЫН ТҰРАҚТЫ БАСҚАРУ ҮШІН ЖАСЫЛ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚАРЖЫЛАНДЫРУ

Аннотация. Өзгермелі климат пен экологиялық мәселелердің өсуі мәнмәтінінде су ресурстарын жасыл экономика негізінде басқару өзектілігі артуда. Қазақстан Президенті К.-Ж. Тоқаев Ұлттық деңгейде мемлекеттің су ресурстарын тиімді қолдану мен қорғау міндетін қойды. Бүкіл әлемде су ресурстарын тұрақты басқарудың тиімді стратегиялары, сонымен қатар технологиялық инновациялар су дефициті мәселесін жеңілдетуде шешуші орын алады. Сонымен қатар, «жасыл» технологияларды қаржыландыруда маңызды болып табылады. Бұл мақалада Қазақстанның ағынды суларын тазарту мысалында «жасыл» қаржыландыру мен су ресурстарын тұрақты басқару нәтижелеріне корреляциялық талдау жасалынды. Нәтижелерді су ресурстарына, халық денсаулығына және қоршаған ортаға байланысты тәуекелдердің инфрақұрылымға әсерін төмендету стратегиясын әзірлеуде, сонымен қатар инвестицияның қоршаған ортаны қорғауға әсерін

анықтауда қолдану мүмкіндігі бар. Сумен қамтамасыз ету шығындары, атап айтқанда жинау, қайта өңдеу және қалдықтарды жою, ластануды жою қызметтері әртүрлі экономикалық, экологиялық және әлеуметтік артықшылықтар бере отырып, оларды тұрақты дамудың маңызды аспектісіне айналдырады.

Түйін сөздер: жасыл экономика, тұрақты даму, су ресурстарын басқару, жасыл қаржыландыру, корреляциялық талдау.

A. S. Zhakupova^{1*}, M. A. Askarova², A. A. Medeu³, U. B. Bauyrzhan⁴

¹ Ph.D student (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; jakupovaas@gmail.com)

² Doctor of Geographic Sciences, Associate Professor
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; maulken@mail.ru)

³ Doctor of Economic Sciences, Senior Lecturer
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; shania258@gmail.com)

⁴ Lecturer (Institution "Economic College of the University of Narxoz" Almaty, Kazakhstan; ulmi_96@mail.ru)

FINANCING GREEN TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT

Abstract. Water resources management based on green economy is becoming more and more relevant in the context of changing climate and growing environmental problems. The President of Kazakhstan K.-J. K. Tokayev assigned tasks at the national level to improve the efficiency of use and protection of the country's water resources. Effective strategies for sustainable water management as well as technological innovations are crucial to mitigate the effects of water scarcity worldwide. In addition, financing of green technologies is an important factor. In this study, we analysed the correlation between green finance and sustainable water management outcomes on the example of wastewater treatment in Kazakhstan. The results can be applied in developing strategies to minimise the impact of risks on water, health and environmental infrastructure, as well as in studying the impact of environmental investments. The costs of water supply, precisely the collection, treatment and disposal of waste, pollution elimination activities provide various economic, environmental and social benefits, which makes them a crucial aspect of sustainable development.

Keywords: green economy, sustainable development, water resources management, green finance, correlation analysis.

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-121-133.18>

УДК 556.314
МРНТИ 38.61.17

Н. А. Медешова*¹, М. А. Утегенова², А. М. Орынбек³, Е. С. Аюелхан⁴, Е. Ж. Муртазин⁵

¹ Докторант, младший научный сотрудник, научный сотрудник (Satbayev University, Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан; n.medesheva@satbayev.university)

² Докторант, младший научный сотрудник (Satbayev University,

Институт геофизических исследований, Алматы, Казахстан; 21_dec@mail.ru)

³ Главный гидрогеолог (АО «Волковгеология», Алматы, Казахстан; adil_83kz@mail.ru)

⁴ К.т.н., заведующий кафедрой (Satbayev University, Алматы, Казахстан; y.auyelkhan@satbayev.university)

⁵ К.г.-м.н., заместитель директора (Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина, Алматы, Казахстан; ye_murtazin@list.ru)

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕВЕРНОГО ТОРГАЯ

Аннотация. Тема радиационной безопасности актуальна для Казахстана с учетом советской истории ядерных испытаний. Однако радиационные показатели также зависят от многих других факторов, как техногенных, так и природных. Представлены результаты комплексных исследований территории Северного Торгая, который является частью Торгайского прогиба. В административном отношении регион исследований занимает большую часть Костанайской области, с юга-запада – Актюбинскую область, на востоке – Северо-Казахстанскую и Акмолинский области. Для изучения радиационной безопасности использованы обобщенные данные проведенных радиогеохимических исследований, учитывающие геологическую обстановку и антропогенную нагрузку.

Ключевые слова: радиационная безопасность, радионуклиды, радиогеохимия, подземные воды, Северный Торгай, Торгайский прогиб, гидрогеохимические данные.

Введение. Республика Казахстан относится к числу государств с напряженной радиологической обстановкой, что обусловлено двумя основными причинами. Во-первых, Казахстан обладает одной из крупнейших в мире сырьевой базой природного урана, и, во-вторых, на протяжении 40 лет (1949-1989 гг.) он являлся главным полигоном Советского Союза по проведению ядерных испытаний, повлекших за собой негативные изменения окружающей среды. Эти негативные изменения влияют на среду обитания населения – почвы, флору и фауну, природные воды, приземный слой атмосферы. В настоящее время возрастает необходимость количественного определения масштабов и степени воздействия этих факторов на население путем их предметного изучения по регионам Казахстана.

Систематические радиологические исследования были начаты по распоряжению Совмина КазССР в 1989 г. Дальнейшее развитие эти работы получили с выходом Постановлений Кабинета Министров Республики Казахстан № 1103 от 31.12.1992 г. «О срочных мерах по изучению радиологической ситуации в Республике Казахстан» и № 363 от 30.03.1995 г. «О дополнительных мерах по улучшению радиационной обстановки в Республике Казахстан».

Целью настоящей статьи являются обобщение и анализ накопленной информации по радиохимическому и радионуклидному составу природных вод и донных отложений, выявление

наиболее радиационно напряженных зон и участков, составление специализированных региональных картографических материалов.

В основу исследования положены материалы и данные, полученные в результате поисков и разведки, проведенных специализированными организациями Министерства геологии СССР – «Волковгеологией» и др. Кроме того, использованы материалы исследовательских работ союзных и казахстанских научных институтов, производственных организаций Министерства геологии КазССР.

Северная часть Торгайского прогиба расположена на стыке южных отрогов Урала, Западно-Сибирской низменности и Центрального Казахстана [1]. Депрессия имеет большую протяженность с севера на юг, в том же направлении происходит постепенная смена природных ландшафтов от лесостепного до пустынного. Север изучаемой территории занимает Костанайская равнина, являющаяся частью Западно-Сибирской низменности. Западная окраина приурочена к восточному склону Урало-Тобольского водораздела. Центральную часть занимает возвышенная равнина Торгайского плато, которая, в свою очередь, расчленена Убаган-Торгайской долиной меридионального простирания.

Климат территории резко континентальный, засушливый, характеризуется небольшим количеством осадков, значительным дефицитом влажности и сравнительно интенсивным испарением.

Распределение осадков по сезонам года неравномерное, большая часть осадков выпадает в теплый период с апреля по октябрь. Основная масса осадков обычно выпадает в виде малоинтенсивных дождей или снегопадов, летом часты ливни. При высоких температурах воздуха летние осадки большей частью смачивают лишь поверхность почвы и сразу теряются на испарение, за исключением участков, где на поверхности развиты хорошо проницаемые отложения.

Основную роль в питании безнапорных вод играют осадки холодного периода, составляющие 23-49 % от годовой нормы, в отдельные годы достигая 70%. Снежный покров устанавливается к середине ноября и сохраняется до конца марта – начала апреля. Высота снежного покрова по площади изменяется от 0,1 до 1,2-1,5 м. В лесных массивах и на пониженных участках она достигает наибольших значений.

Гидрография Северного Торгая в связи с сухостью климата и преобладанием равнинного рельефа имеет ряд особенностей: речная сеть развита преимущественно на пониженных участках, а на низких плоских пространствах сосредоточено большое количество больших и малых, в основном бессточных озер. Основным источником питания озёр являются талые воды. Мелкие озёра весной или в течение лета пересыхают, крупные сохраняют воду до следующего снеготаяния [2].

В гидрографическом отношении описываемая территория в основном относится к водосборному бассейну Обь-Иртышской системы. Наиболее крупной рекой территории является река Тобыл. Ее современная долина представляет собой плосковогнутую субгоризонтальную ложбину шириной от 0,5 км в верховьях и до 5-6 км у северной границы. В верхнем течении долина реки в виде узкого извилистого ущелья с высокими обрывистыми берегами прорезает породы складчатого фундамента. Левые притоки р. Тобыл – р. Уй (по границе с Челябинской областью), Аят, Тогузак и единственный правый приток – р. Обаган.

По гипсометрическому положению и размерам главной дрёной северной части области является р. Обаган. Однако по величине суммарных годовых и разовых меженных и паводковых расходов р. Обаган уступает р. Тобыл. В верхнем течении р. Тобыл до г. Костаная (200 км) наблюдается общее падение русла на 250 м, на остальном 600-километровом участке нижнего течения реки до слияния ее с р. Ертис общее падение русла не превышает 70 м.

Современные русла рек Торгай, Улькайяк, Улыжиланшик в среднем и нижнем течении дренируют обширные днище Торгайской ложбины. Поймы современных долин этих рек представляют собой плосковолнистую поверхность, которая ежегодно на 10-15 сут заливается снеготальными водами с образованием обширного мелководного бассейна. Все реки весной сильно разливаются, весенний сток составляет 90-95% годового стока. Летом реки мелеют, пересыхают или разбиваются на отдельные плёсы.

В Северном Торгае отчетливо выражена смена с севера на юг широтных типов равнинного ландшафта: лесостепного, степного, полупустынного и пустынного (рисунок 1).

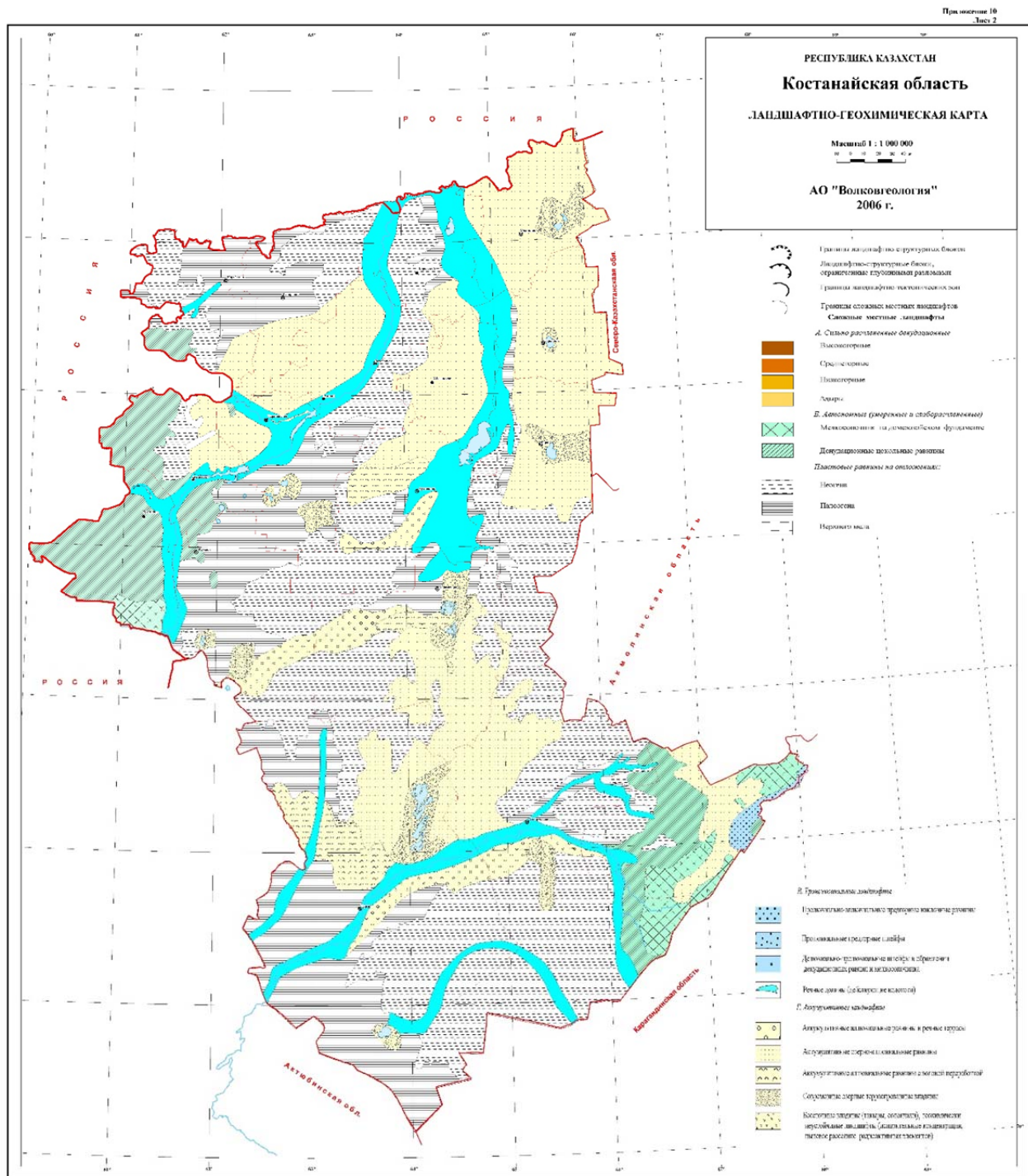


Рисунок 1 – Ландшафтно-геохимическая карта Костанайской области

Лесостепной тип характерен для крайнего севера области. Южная граница его проходит широтно, примерно 20 км севернее посёлка Качар, южнее 25 км посёлка Боровской и далее через озеро Сарыколь. Здесь на равнине, расчленённой многочисленными озерами и мелкими западинами, лесные массивы чередуются с участками степей.

Степной тип ландшафта занимает большую часть территории. Южная граница его проходит широтно с запада на восток, севернее озера Сарыкопа, и далее уходит на юго-восток между реками Ащитасты и Кара-Торгай. Степной тип формируется на озерно-аллювиальной, плоской или слабоволнистой равнине в условиях более засушливого климата, чем лесостепной.

Пустынный ландшафт занимает территорию южнее степного типа. Южная граница полупустынного типа проходит широтно по 49°20' от западной границы области до реки Улы-Жилакшик и по реке уходит на юго-восток до границы области. Полупустынный тип формируется на размытой поверхности неогенового плато высотой от 100 до 320 м, расчлененной долинами рек Торгай, Олкейек и их притоками.

Ограниченно распространены ландшафты современных озерных впадин, речные долины, аккумулятивные аллювиальные равнины, аккумулятивные аллювиальные равнины с эоловой переработкой [3].

Материалы и методы. *Радиационные объекты.* Северная часть Торгайского прогиба является частью Торгайско-Северо-Казахстанского металлогенического пояса с потенциальной ураноносностью, обрамляющего Кокшетауское поднятие с севера и запада. Восточную часть области занимает Торгайский бурогольный бассейн, который простирается от озера Сарыколь на севере до южных границ области. В западной части области располагается Западно-Торгайская область россыпной титаноносности. Также имеются бокситоносные площади – Западно-Торгайская, Центрально-Торгайская, Восточно-Торгайская.

На месторождениях бурых углей выявлены молибден-урановые грунтово-инфильтрационные проявления: Энгисайское, Кушмурунское, Джаныспайское, Кызылтальское, Мхатовское. Потенциальную радиоактивную опасность могут представлять бурые угли окисленных пластов на разрабатываемых месторождениях. На этих же территориях имеются экзодиагенетические урановые проявления в сероцветных отложениях палеодолин и глинистых аллювиально-озерных отложениях. Часть из них крупные по параметрам оруденения (Тобольская группа рудопроявлений, находится на севере области, севернее поселка Боровской).

Западно-Торгайская область россыпной титаноносности. Здесь в отложениях палеогена, неогена и современных образований во многих пунктах известны цирконий-титановые россыпи с повышенной радиоактивностью за счет присутствия в них торийсодержащих минералов: Батмановское, Кусетское, Аласорское, Ортакшильское.

Массивы горных пород с высоким содержанием урана и других радиоактивных элементов располагаются на северо-западе области – район г. Житикары и юго-востоке – район г. Аркалыка [4]. Они представлены метаморфическими сланцами, гранитогнейсами, вулканическими породами и гранитоидами. На гранитоидах Житикаринской площади (10 тыс. км²) потенциально радиоактивную опасность представляют остаточные коры выветривания с редкими землями и бокситоносные коры выветривания Западно-Торгайской площади (25 тыс. км²). Здесь же на север и юго-запад от г. Житикары находятся месторождения редких металлов и редких земель с ураном и торием: Сокракское, Дрожиловское, Кундыбайское.

Наиболее высоким фоном радиоактивности обладают гранитоиды и гранитогнейсы в юго-восточной части области. Многочисленные аномалии ториевой и неясной природы радиоактивности находятся к юго-западу от Аркалыка. Здесь же месторождения редких металлов и редких земель с ураном и торием – Акбулакское, Талайрыкское. Севернее Аркалыка такие же месторождения – Молодёжное, Надеждинское. Потенциально радиоактивную опасность представляют остаточные коры выветривания, выделенные на площади 6,5 тыс. км² [5].

К тектоническим структурам, проницаемым для радона, можно отнести крупные региональные разломы: Центрально-Торгайский, Севастопольский, Амангельдинский. Они пересекают территорию с северо-востока на юго-запад и большей частью проходят по Торгайской ложбине [1].

На исследуемой территории отсутствуют уранодобывающие и перерабатывающие предприятия, тем не менее существуют источники радиоактивного загрязнения. Так, завод по производству титаноциркониевых концентратов, расположенный на свободных площадях Лисаковского горно-обогатительного комбината, заскладировал около 1200 т слаборадиоактивного сырья с удельной активностью до 10 кБк/кг. На 22 предприятиях используются ампульные источники ионизирующих излучений в количестве 8410 ампул суммарной радиационной активностью около 9000 Ки, из которых подлежат захоронению 7541 ампула суммарной активностью 650 Ки. В районном центре Карабалык находится 17 датчиков – радиоизотопных извещателей дыма (РИД-6) системы пожароизвещения РУПИ-1, которые относятся к радиоактивным отходам и подлежат захоронению на стендовом комплексе «Байкал-1».

Характеристика распределения радионуклидов и тяжелых металлов. Распределения и концентрации природных и искусственных радионуклидов (Cs-137), тяжелых металлов в почвах, донных осадках и поверхностных водах определяются следующими основными факторами:

наличием площадных источников с аномальными концентрациями металлов;

наличием рудных объектов, степенью и масштабностью их проявленности на поверхности и площадными размерами;

особенностями геоморфологических и климатических условий, влияющих на интенсивность физического и химического выветривания пород и ореолов, на образование кор выветривания и возможность переноса элементов в химической и механической форме природными водами;

условиями их отложений на различного рода физико-химических барьерах.

Наличие таких барьеров может привести и к аномально опасным концентрациям радионуклидов даже при отсутствии источников с повышенной концентрацией. Вероятностно-статистические варианты обработки этих полученных данных позволят ранжировать блоки по степени радиационной опасности для населения и сконцентрировать дальнейшие работы на наиболее опасных площадях.

Результаты и их обсуждение. По данным АО «Волковгеология» [8], в Костанайской области выделены два крупных блока (рисунок 2): Северный А (Северный Торгай) и Южный Б (Южный Торгай).

Северный блок А. Основную часть территории блока занимают ландшафты пластовых равнин на отложениях неогена, палеогена и аккумулятивные озерно-аллювиальные равнины. Ландшафты речных долин занимают площадь долин рек Тобыл и Обаган. Денудационные цокольные равнины развиты в юго-западной части блока А, западнее р. Тобыл, район г. Житикары. Здесь и наблюдаются породы с повышенной радиоактивностью порядка 5% от площади блока. Потенциальную радиоактивную опасность могут представлять гранитоиды Житикаринской площади, кремнистоуглеродистые сланцы, углеродистые песчаники и остаточные коры выветривания всех этих пород [6].

Северо-восточная половина блока является частью Торгайско-Северо-Казахстанского металлогенического пояса с потенциальной ураноносностью. На этой территории имеются экзогенетические урановые рудопроявления в сероцветных отложениях палеодолин и глинистых аллювиально-озерных отложениях.

Часть из них крупные по параметрам оруденения (Тобыльская группа рудопроявлений находится на севере блока, севернее посёлка Боровской). Западно-Торгайская область россыпной титаноносности занимает западную часть блока. Все титан-циркониевые россыпи обладают повышенной радиоактивностью за счет торий-содержащих минералов.

На территории блока располагаются две бокситоносные площади. Западно-Торгайская находится в западной части блока, Центрально-Торгайская расположена в бассейне реки Обаган, озеро Кушмурун [2]. Потенциально радиоактивную опасность могут представлять прослои урансодержащих фосфоритоносных пород (руд), выходящие на поверхность.

Торгайский буроугольный бассейн занимает юго-восточную часть блока [7]. Потенциальную радиоактивную опасность могут представлять бурые угли окисленных пластов на разрабатываемых месторождениях.

Почти вся территория блока перекрыта рыхлыми, преимущественно глинистыми отложениями. В контур работ АО «Волковгеология» вошло примерно 93% территории блока.

На территории блока выделены три потенциально радиоэкологически опасных зоны:

зона III Кушмурунская – северная часть Торгайской ложбины (оз.Кушмурун);

зона IV Убаган-Затобольская – в междуречье рек Тобыл и Обаган;

зона V Тобольская – охватывает западную часть блока.

По результатам исследований АО «Волковгеология» в блоке А отобрано 711 проб донных осадков, 360 проб из них имеют и водную фазу [8].

Донные осадки.

U-238. На большей части территории блока А, особенно в северо-восточной его половине, преобладает удельная активность урана до 25 Бк/кг (таблица 1). На этом фоне выделяются островки микробассейнов с удельной активностью 25-75, в единичных случаях – до 100 Бк/кг. Крупные поля с такими же значениями наблюдаются в полосе северо-северо-западного простирания, шириной от 40 до 100 км на запад от линии населенных пунктов Фёдоровка, Костанай,

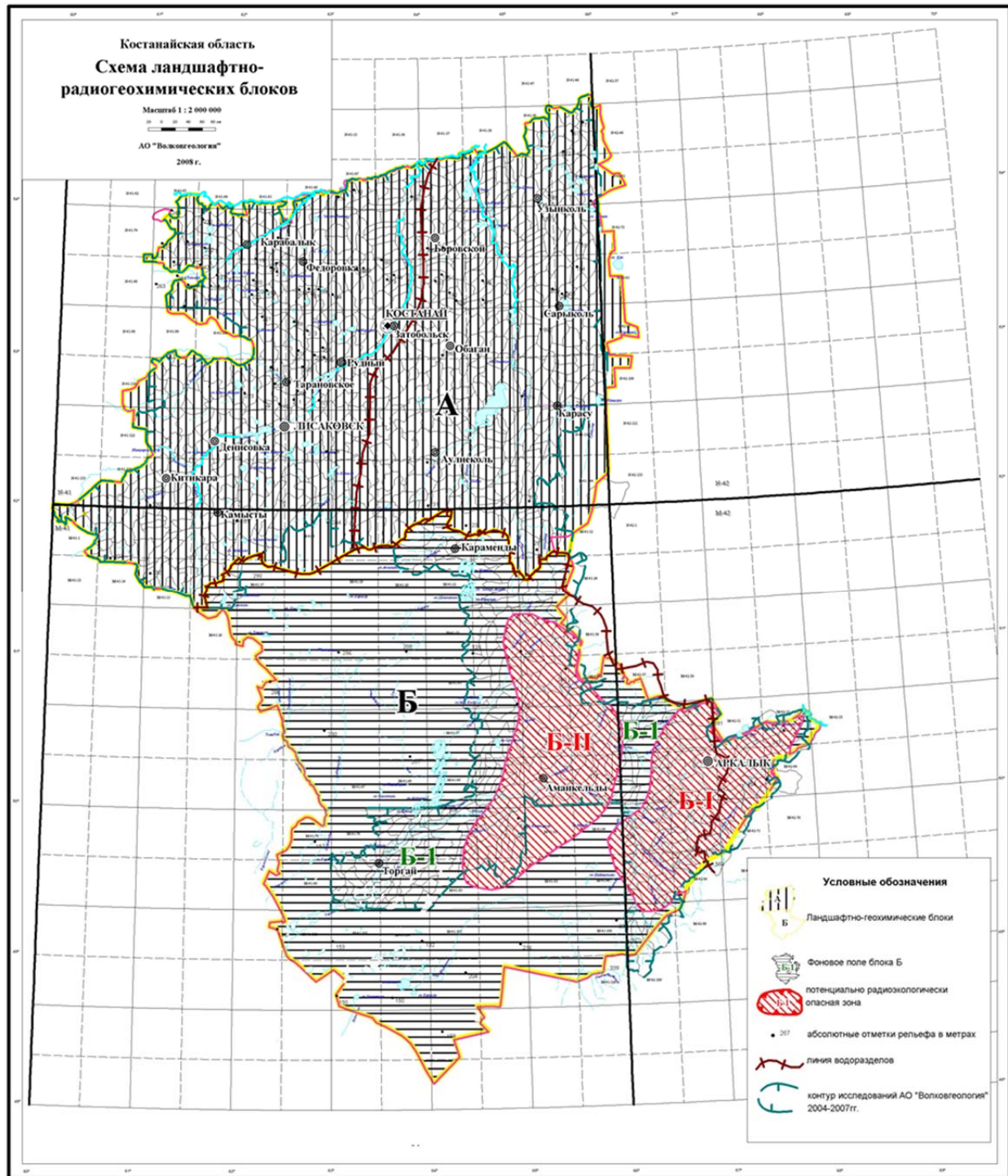


Рисунок 2 – Схема ландшафтно-радиогеохимических блоков

Аулиеколь, а также в юго-западной части блока с близким залеганием и выходами на поверхность коренных горных пород. Удельная активность урана в микробассейнах западной части блока до 100-125 Бк/кг. Высокие значения – более 150 Бк/кг (всего пять значений), установлены в озерных котловинах Бусколь, Сасыкколь и в мелких соленых озерах западнее посёлка Урнек (это на северо-западе блока), на юге блока в понижениях рельефа с мелкими озерами в районе сел Жатырколь и Тимофеевка, на северной границе, южнее сел Кенарал, Жыланды. Концентрации урана связаны с солонцами на берегах мелких бессточных бассейнов.

Таблица 1 – Максимальная и средняя удельная активность в донных осадках по блоку А [8], Бк/кг

| Элементы | Удельная активность | |
|-----------------------|---------------------|---------|
| | максимальная | средняя |
| U-238 | - 272,8 | 37,7 |
| Ra-226 | - 174,2 | 26,5 |
| Th-232 | - 65,6 | 23,4 |
| Ra-228 | - 91,9 | 24,6 |
| K-40 | - 856 | 351 |
| Аэфф | - 302 | 88,6 |
| Zc | - 20,6 | 1,2 |
| В природных водах: | | |
| U-238 | - 5,9 | 0,07 |
| Ra-226 | - 0,4 | 0,026 |
| U-238 в сухом остатке | - 392,6 | 32,56 |

Ra-226. Низкие значения (до 20 Бк/кг) занимают центральную часть южной половины блока и широко разбросаны по всей северной половине. Несколько повышенные значения – более 20 до 50 Бк/кг образуют крупные поля в юго-западной, северо-западной и восточной частях блока. Максимальные значения – более 70 Бк/кг зафиксированы в пяти случаях: к юго-западу от озера Карасор – 84 Бк/кг (удельная активность урана – 50-75 Бк/кг) – проба М-41-138-6, к северо-востоку от города Рудного – 79 Бк/кг (удельная активность урана – 50-75 Бк/кг) – проба М-41-103-8, к востоку от с. Владимировка, в районе пос. Воробьевский – 174 Бк/кг (удельная активность урана 125-150 Бк/кг) – рудопроявление Бозшаколь – проба М-41-93-7, на правом борту р. Обаган, в районе села Нововасильевка – 95 Бк/кг (удельная активность урана – 50- 75 Бк/кг) – проба М-41-95-2, в притоке реки Жарлы – 80 Бк/кг, на юго-восток от посёлка Тосабай на самой границе блока и области – проба М-41-1-4.

Th-234. Абсолютно преобладает удельная активность 25-50 Бк/кг. Максимальные значения – более 150 Бк/кг отмечены в двух микробассейнах (озеро Сасыкколь и район сел Кенарал, Жыланды), совместно с максимальной удельной активностью U-238.

Th-232. Абсолютно преобладает удельная активность 20-30 Бк/кг. Максимальные значения – 50-75 Бк/кг в виде одиночных микробассейнов разбросаны на юго-западе и северо-востоке блока.

Ra-228. Картина распределения Ra-228 в пробах почти полностью совпадает с таковой для Ra-226, в том числе и по активности ореолов. Максимальная удельная активность Ra-228 – 92 Бк/кг в микробассейне села Воробьевский, совместно с Ra-226 и U-238 – рудопроявление Бозшаколь – проба М-41-93-7.

K-40. Большую центральную часть площади блока А занимает удельная активность K-40 до 300 Бк/кг, в западной части преобладают значения 400-600 Бк/кг, восточнее реки Обаган – 400-750 Бк/кг. Максимальное значение, равное 856 Бк/кг, одно и расположено восточнее села Денисовка.

Аэфф (рисунок 3). Абсолютно преобладает удельная активность до 100 Бк/кг, занимающая почти всю территорию блока. Только на крайнем юго-западе и восточнее р. Обаган располагаются поля значений 100-200 Бк/кг. Максимальное значение всего одно и равно 302 Бк/кг, это проба М-41-93-7 – рудопроявление Бозшаколь.

Zc. Значения менее 0 преобладают в центральной части блока А в основном на площади между реками Тобыл и Обаган. Несколько повышенная удельная активность от 0 до 4 и средние значения от 4 до 6 преобладают на площадях западнее реки Тобыл и восточнее реки Обаган. Максимальные значения более 10, их всего три, зафиксированы в северной части блока. Это уже отмечавшиеся ранее в микробассейне озеро Сасыкколь, районы южнее сел Кенарал, Жыланды и район рудопроявления Бозшаколь (таблица 2).

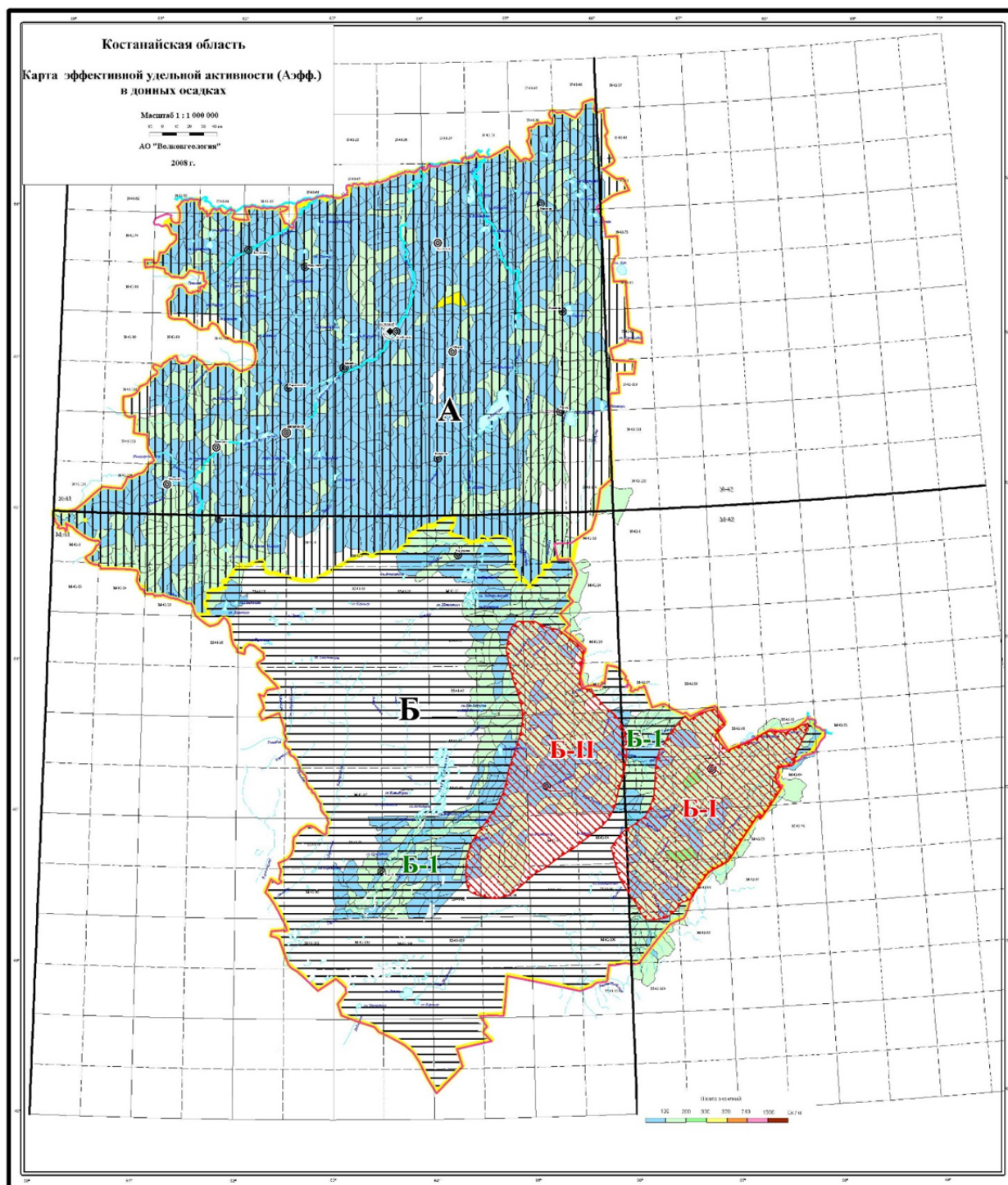


Рисунок 3 – Карта эффективной удельно активности ($A_{эфф}$) в донных отложениях

Таблица 2 – Сопоставление ландшафтно-радиохимических блоков Костанайской области по основным параметрам распределения удельной активности радионуклидов в донных осадках [8]

| Ландшафтно-радиохимические блоки и потенциально радиологически опасные зоны | Индекс | Кол-во проб | U-238, Бк/кг | | | | Ra-226, Бк/кг | |
|---|----------|-------------|--------------|----------|----------|------------|---------------|----------|
| | | | мин. | макс. | среднее | стд. откл. | мин. | макс. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Северный | А | 711 | 18,60 | 272,80 | 37,71 | 25,95 | 3,20 | 174,20 |
| Южный | Б | 370 | 18,60 | 136,40 | 44,34 | 21,38 | 8,70 | 91,10 |
| Фоновый | Б-1 | 166 | 18,60 | 124,00 | 39,78 | 21,78 | 10,10 | 53,50 |
| Зона I | Б-I | 108 | 18,60 | 136,40 | 53,16 | 19,29 | 8,70 | 91,10 |
| Зона II | Б-II | 96 | 18,60 | 99,20 | 42,30 | 20,07 | 13,10 | 62,60 |

Окончание таблицы 2

| Ландшафтно-радиохимические блоки и потенциально радиологически опасные зоны | Ra-226, Бк/кг | | Th-232, Бк/кг | | | | Ra-228, Бк/кг | | | |
|---|---------------|------------|---------------|-----------|-----------|------------|---------------|-----------|-----------|------------|
| | среднее | стд. откл. | мин. | макс. | среднее | стд. откл. | мин. | макс. | среднее | стд. откл. |
| 1 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| Северный | 26,55 | 12,55 | 20,50 | 65,60 | 23,41 | 8,44 | 3,00 | 91,90 | 24,56 | 11,15 |
| Южный | 34,39 | 11,03 | 20,50 | 82,00 | 27,78 | 13,25 | 5,60 | 69,10 | 33,18 | 10,77 |
| Фоновый | 30,15 | 8,98 | 20,50 | 65,60 | 25,04 | 10,32 | 6,20 | 49,00 | 29,49 | 9,84 |
| Зона I | 39,65 | 12,39 | 20,50 | 82,00 | 31,28 | 16,20 | 5,60 | 69,10 | 37,00 | 10,55 |
| Зона II | 35,78 | 9,73 | 20,50 | 65,60 | 28,57 | 13,16 | 9,30 | 63,70 | 35,24 | 10,60 |

Таблица 3 – Сопоставление ландшафтно-радиохимических блоков Костанайской области по основным параметрам распределения комплексных показателей в донных осадках [8]

| Ландшафтно-радиохимические блоки и потенциально радиологически опасные зоны | Индекс | Кол-во проб | Аэфф., Бк/кг | | | | Zc | | | |
|---|----------|-------------|--------------|----------|----------|------------|----------|----------|-----------|------------|
| | | | мин. | макс. | среднее | стд. откл. | мин. | макс. | среднее | стд. откл. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Северный | А | 711 | 33,61 | 301,96 | 88,58 | 26,98 | -5,00 | 20,56 | 1,16 | 2,02 |
| Южный | Б | 370 | 46,77 | 258,13 | 112,14 | 29,50 | -1,83 | 9,85 | 2,55 | 1,98 |
| Фоновый | Б-1 | 166 | 56,37 | 183,51 | 103,10 | 25,14 | -1,83 | 9,85 | 1,78 | 1,65 |
| Зона I | Б-I | 108 | 57,69 | 258,13 | 126,74 | 32,04 | -1,45 | 8,48 | 3,59 | 1,96 |
| Зона II | Б-II | 96 | 46,77 | 175,88 | 111,35 | 27,23 | -1,59 | 9,58 | 2,71 | 1,98 |

Окончание таблицы 3

| Ландшафтно-радиохимические блоки и потенциально радиологически опасные зоны | ПРФ, мкЗв/мг | | | | PRn | | | |
|---|--------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | мин. | макс. | среднее | стд. откл. | мин. | макс. | среднее | стд. откл. |
| 1 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| Северный | 0,002 | 0,018 | 0,004 | 0,002 | -0,57 | 13,21 | 1,15 | 1,02 |
| Южный | 0,002 | 0,012 | 0,005 | 0,001 | -0,33 | 5,47 | 1,81 | 0,97 |
| Фоновый | 0,002 | 0,012 | 0,005 | 0,001 | -0,33 | 5,43 | 1,47 | 0,84 |
| Зона I | 0,003 | 0,011 | 0,006 | 0,061 | -0,03 | 4,63 | 2,20 | 0,96 |
| Зона II | 0,002 | 0,010 | 0,005 | 0,001 | -0,23 | 5,47 | 1,94 | 1,02 |

Cs-137. На всей площади блока абсолютное преобладание удельной активности до 10 Бк/кг. В единичных пробах удельная активность до 20-50 Бк/кг. Лишь в пробе озера Шыбындысор удельная активность достигает в среднем 100 Бк/кг, а в пробе N-41-120-1 на востоке блока, юго-западнее населённого пункта Павловский – более 100 Бк/кг.

Pb. На большей центральной части площади блока отмечаются концентрации до 20 мг/кг. Значения от 20 до 40 мг/кг образуют крупные поля на юго-западе, севере и восточнее реки Обаган. Максимальные концентрации свинца не превышают 60 мг/кг. Микробассейнов четырнадцать, они разбросаны на юго-западе, северо-западе и северо-востоке блока.

As. Сплошное поле значений до 20 мг/кг. В семи единичных пробах – до 40 мг/кг.

Природные воды. Водные пробы отобраны в 50,6% микробассейнов [8].

U-238. В абсолютном большинстве водных проб объемная активность урана до 0,05 Бк/л. Повышенная удельная активность до 1,5 Бк/л в единичных пробах в сухих руслах и на побережьях соленых озер. Активность, превышающая УВ (3,1 Бк/дм³), фиксируется в двух пробах – 42 км к востоку от г. Костаная соленое озеро – проба N-41-105-3 и 17 км на запад от населённого пункта Аулиеколь тоже озеро – проба N-41-128-5.

Ra-226. Объемная активность Ra-226 в водах на всей территории до 0,05 Бк/л. Лишь в трех пробах активность достигает 0,1-0,25 Бк/л, а в одной есть среднее значение 0,4 Бк/л, проба N-41-80-1 озеро Воронья ляга между сёлами Введенка и Буденновка.

U-238 в сухих остатках. Преобладающая удельная активность урана 7,5-40 Бк/кг, но во многих случаях в северо-западной половине блока превышает 100 Бк/кг, лишь частично совпадая с аномалиями урана в водах. Максимальные значения 300-400 Бк/кг отмечены в четырех микробассейнах в центральной полосе блока.

Свинец. ПДК – 30 мкг/л превышено в одной пробе N-41-90-7 в 20 км к югу от железнодорожной станции Фёдоровка, район села Целинное.

Селен. ПДК - 10 мкг/л превышено в пробе N-41-76-2, северо-западная часть области южнее г. Троицка, речка Кайран, и в пробе N-41-82-6 оз. Алаколь, 0,5 км от посёлка Аксуат, северо-восток области.

Мышьяк. ПДК – 50 мкг/л превышена в пробе N-41-104-4, солёное озеро к востоку от г. Костаная, район поселка Октябрьский, и в пробе N-41-140-8 в русле Ащыбой в 40 км к югу от Аманкарагайского бора.

Кадмий. ПДК – 1 мкг/л превышена до 30 мкг/л по берегам реки Обаган, в её нижнем течении пробы N-41-70-4 и 5; N-41-82-5 и 7.

Ртуть. Во всех пробах концентрация ртути не превышает 1 мкг/л.

Концентрации цинка, меди и молибдена в водах значительно ниже ПДК.

Таким образом, ореолы радионуклидов распространены преимущественно в западной части блока, на участках близкого к поверхности залегания и выходов на поверхность пород палеозойского основания, а также в бассейнах солёных озер. Коры выветривания коренных пород и юрские угленосные отложения потенциально ураноносные, перекрыты мощным чехлом палеогеновых, неогеновых и современных отложений [9]. Экзогенные урановые проявления в палеодолинах и угленосных отложениях также не проявлены в донных отложениях и поверхностных водах, кроме рудопроявления Бозшаколь.

Геохимические особенности подземных вод обрамления Мугоджар Северного Торгая. Подземные воды изученных поисковых площадей сильно отличаются по химическому составу и общей минерализации [10]. В первую очередь проявления соленых вод (более 10 г/дм³) обязаны своим происхождением процессам континентального засоления с учетом нахождения исследуемого района в аридном климате. В целом доминируют воды HCO₃-Cl Ca-Mg-Na, SO₄-HCO₃-Cl Na-Ca-Mg, SO₄-HCO₃-Cl Mg-Ca-Na и SO₄-Cl-HCO₃ Ca-Mg-Na состава. Они характеризуются pH от слабокислых до слабощелочных (5,2 – 8,2). Концентрации ²³⁸U составляют от 9,5·10⁻⁵ до 0,12 мг/дм³. Объемная активность ²²²Rn изменяется от 9 до 363 Бк/дм³. Кратко рассмотрим распределение радионуклидов по изученным площадям.

Подземные воды *Милютинского* проявления характеризуются преимущественно HCO₃-Cl Ca-Mg-Na и Cl Ca-Mg-Na составом с общей минерализацией 341 – 22 427 мг/дм³. pH от нейтральных до слабощелочных (6,5 – 8,0) с объемной активностью ²²²Rn 69 – 150 Бк/дм³ и концентрациями ²³⁸U 0,0002 – 0,036 мг/дм³.

Подземные воды *Шевченковского* проявления имеют преимущественно $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Ca-Mg-Na состав с общей минерализацией 263 – 14 581 мг/дм³. Они от слабокислых до слабощелочных с pH 6,2 – 8,1. Объемная активность ²²²Rn составляет 13 – 40 Бк/дм³, а содержания ²³⁸U – 0,00015 – 0,085 мг/дм³.

Подземные воды *Камышинского* проявления отличаются преимущественно $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Na-Mg-Ca и $\text{HCO}_3\text{-Cl}$ Ca-Mg-Na составом с общей минерализацией 262 – 28374 мг/дм³. Они нейтральные – слабощелочные (pH 7,0 – 8,1) с содержанием ²³⁸U 0,00041 – 0,0078 мг/дм³.

Подземные воды *Краснооктябрьского* проявления относятся преимущественно к $\text{HCO}_3\text{-Cl}$ Mg-Ca-Na и $\text{HCO}_3\text{-Cl}$ Ca-Mg-Na типам с величиной общей минерализации 84 – 21075 мг/дм³. Они нейтральные – слабощелочные (pH 6,8 – 8,0) с объемной активностью ²²²Rn 46 – 261 Бк/дм³ и содержанием ²³⁸U 0,0045 мг/дм³.

Подземные воды *Аккаргинского* проявления характеризуются преимущественно $\text{SO}_4\text{-Cl}$ Ca-Mg-Na составом с общей минерализацией 467 – 10 797 мг/дм³. Они нейтральные – слабощелочные (pH 7,0 – 7,7) с объемной активностью ²²²Rn 54 – 121 Бк/дм³ и содержанием ²³⁸U 0,0029 – 0,0113 мг/дм³.

Подземные воды *Шекубаевского* проявления имеют преимущественно $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Na-Ca-Mg состав с общей минерализацией 366 – 1629 мг/дм³. Они нейтральные – слабощелочные (pH 6,5 – 7,6) с объемной активностью ²²²Rn 28 Бк/дм³ и содержанием ²³⁸U 0,00026 – 0,00061 мг/дм³.

Подземные воды *Денисовского* проявления характеризуются преимущественно $\text{SO}_4\text{-Cl-HCO}_3$ Ca-Mg-Na составом с общей минерализацией 303 – 2007 мг/дм³. Они нейтральные – слабощелочные (pH 7,1 – 8,2) с объемной активностью ²²²Rn 11 – 363 Бк/дм³ и содержанием ²³⁸U 0,00052 – 0,016 мг/дм³.

Подземные воды *Смирновского* проявления характеризуются преимущественно $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Mg-Ca-Na и $\text{SO}_4\text{-Cl-HCO}_3$ Ca-Mg-Na составом с общей минерализацией 152 – 12917 мг/дм³. Они слабокислые – слабощелочные (pH 5,2 – 8,2) с объемной активностью ²²²Rn 28 Бк/дм³ и концентрациями ²³⁸U 0,00026 – 0,00061 мг/дм³.

Подземные воды *Варваринского* проявления имеют преимущественно $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Mg-Ca-Na и $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ Na-Mg-Ca состав с общей минерализацией 168 – 2792 мг/дм³. Они слабокислые – нейтральные (pH 5,4 – 7,3) с объемной активностью ²²²Rn 54 – 108 Бк/дм³ и содержанием ²³⁸U 0,00065 – 0,0078 мг/дм³.

Анализ распределения радионуклидов требует дополнительных исследований вмещающих пород и выделения однородных геохимических совокупностей [10].

Выводы. Представлены результаты первого обобщения радиогеохимических данных, полученных за длительный период времени поисковых работ на МПИ в Торгайском прогибе. Установлено широкое разнообразие подземных вод по химическому составу и общей минерализации от ультрапресных до соленых (84 – 28375 мг/дм³). Преобладают воды $\text{HCO}_3\text{-Cl}$ Ca-Mg-Na, $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Na-Ca-Mg, $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Mg-Ca-Na и $\text{SO}_4\text{-Cl-HCO}_3$ Ca-Mg-Na состава. Они характеризуются pH от слабокислых (5,2) до слабощелочных (8,2). Концентрации ²³⁸U варьируют от $9,5 \cdot 10^{-5}$ до 0,12 мг/дм³. Объемная активность ²²²Rn изменяется от 9 до 363 Бк/дм³. Максимальная активность радона в природных водах хорошо трассирует интрузивные образования, поскольку радон не может далеко мигрировать от источника эманации.

Результаты исследований донных осадков и природных подземных вод в Северном Торгае свидетельствуют об объектах, которые подлежат мониторингу, но не представляют опасности для жителей. Потенциально опасными могут быть только выходы коренных интрузивных пород с высокой радиоактивностью, что показали проведенные полевые исследования. Отсюда следует, что при повторном мониторинге необходимо изучить объекты обрамления Мугождар, а также Кокшетауского поднятия для полноты картины о радиационной безопасности Северного Торгая.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Геология СССР. Тургайский прогиб. Полезные ископаемые / Гл. редактор А. В. Сидоренко. – Москва: Недра, 1975. – Т. XXIV. – 304 с.
- [2] Гидрогеология СССР. Северный Казахстан / Гл. редактор А. В. Сидоренко. – Москва: Недра, 1966. – Т. XXXIII. – 355 с.
- [3] Шаркенов Б. Е. Гидрохимические условия и особенности формирования химического состава грунтовых вод юго-восточной части Тургайской впадины: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Ленинград, 1970. – 26 с.

- [4] Ivanova K. Radiological impact of surface water and sediment near uranium mining sites // Journal of Radiological Protection. – 2015. – Vol. 35. – P. 819-834.
- [5] Месторождения урана Казахстана: Справочник. – Алматы, 2014. – С. 149.
- [6] Manjón G. Some naturally occurring radionuclides (NORM) in a river affected by acid mining drainages // Chemosphere. – 2019. – Vol. 223. – P. 536-543.
- [7] Бассейны и месторождения углей и горючих сланцев Казахстана: Справочник. – Алматы, 2014. – С. 153.
- [8] Ефремов Г. Ф. Изучение радиационной обстановки на территории Республики Казахстан, Костанайская область (N-41; M-41, M-42). – Алматы, 2008. – Т. X.
- [9] Медешова Н. А., Новиков Д. А., Максимова А. А., Деркачев А. С. Радионуклиды в природных водах западных районов Тургайского прогиба // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. – Томск, 2021. – С. 350.
- [10] Медешова Н. А., Антоненко А. А. Гидрогеохимический метод исследований рудных месторождений в Казахстане // Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина. – Томск, 2019. – С. 425.

REFERENCES

- [1] Geology of the USSR. Turai trough. Minerals / Ch. editor A. V. Sidorenko. Moscow: Nedra Publishing House, 1975. Vol. XXIV. 304 p. (in Russ.).
- [2] Hydrogeology of the USSR. Northern Kazakhstan / Ch. editor A. V. Sidorenko. Moscow: Nedra Publishing House, 1966. Vol. XXXIII. 355 p. (in Russ.).
- [3] Sharkenov B. E. Hydrochemical conditions and features of the formation of the chemical composition of groundwater in the southeastern part of the Turgai depression: Abstract of thesis. dis. ... Candidate of Geological and Mineralogical Sciences. Leningrad, 1970. 26 p. (in Russ.).
- [4] Ivanova K. Radiological impact of surface water and sediment near uranium mining sites // Journal of Radiological Protection. 2015. Vol. 35. P. 819-834.
- [5] Uranium deposits of Kazakhstan: Directory. Almaty, 2014. P. 149 (in Russ.).
- [6] Manjón G. Some naturally occurring radionuclides (NORM) in a river affected by acid mining drainages // Chemosphere. 2019. Vol. 223. P. 536-543.
- [7] Coal and oil shale deposits of Kazakhstan: Directory. Almaty, 2014. P. 153 (in Russ.).
- [8] Efremov G. F. Study of the radiation situation on the territory of the Republic of Kazakhstan. Kostanay region (N-41; M-41, M-42). Almaty, 2008. Vol. X (in Russ.).
- [9] Medeshova N. A., Novikov D. A., Maksimova A. A., Derkachev A. S. Radionuclides in natural waters of the western regions of the Turgai trough // Radioactivity and radioactive elements in the human environment. Tomsk, 2021. P. 350 (in Russ.).
- [10] Medeshova N. A., Antonenko A. A. Hydrogeochemical method for studying ore deposits in Kazakhstan // Proceedings of the XXIII International Symposium named after Academician M.A. Usov students and young scientists, dedicated to the 120th anniversary of the birth of Academician K. I. Satpayev, 120th anniversary of the birth of Professor K. V. Radugina. Tomsk, 2019. P. 425 (in Russ.).

Н. Ә. Медешова^{*1}, М. А. Утегенова², А. М. Орынбек³, Е. С. Ауелхан⁴, Е. Ж. Муртазин⁵

^{1*} Докторант, кіші ғылыми қызметкер, ғылыми қызметкер (Сәтбаев университеті, Қ. И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты, Алматы, Қазақстан; n.medesheva@satbayev.university)

² Докторант, кіші ғылыми қызметкер (Сәтбаев университеті, Геофизикалық зерттеулер институты, Алматы, Қазақстан; 21_dec@mail.ru)

³ Бас гидрогеолог (АҚ «Волковгеология», Алматы, Қазақстан; adil_83kz@mail.ru)

⁴ Техника ғылымдарының кандидаты, кафедра меңгерушісі (Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан; y.auelkhan@satbayev.university)

⁵ Геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, институт директорының орынбасары (У. М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты, Алматы, Қазақстан; ye_murtazin@list.ru)

СОЛТҮСТІК ТОРҒАЙДЫҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

Аннотация. Радиациялық қауіпсіздік тақырыбы Қазақстан үшін ядролық сынақтардың кеңестік тарихын ескере отырып өзекті болып табылады. Дегенмен, радиациялық көрсеткіштер сонымен қатар техногендік және табиғи сияқты көптеген басқа факторларға байланысты. Торғай шұңқырының құрамына кіретін Солтүстік Торғай аумағындағы кешенді зерттеулердің нәтижелері берілген. Әкімшілік жағынан зерттеу аймағы Қостанай облысының көп бөлігін алып жатыр, оңтүстік-батыстан Ақтөбе облысы, шығысында Солтүстік Қазақстан және Ақмола облыстары. Аймақтың геологиялық жағдайы мен антропогендік жүктемесін ескере отырып, радиациялық қауіпсіздікті зерттеудің кешенді тәсілі қолданылды.

Түйін сөздер: радиациялық қауіпсіздік, радионуклидтер, радиогеохимия, жер асты сулары, Солтүстік Торғай, Торғай ойысымы, гидрогеохимиялық деректер.

N. A. Medeshova^{*1}, M. A. Utegenova², A. M. Orynbek³, Ye. S. Auelkhan⁴, Ye. Zh. Murtazin⁵

^{1*} PhD student, junior researcher, researcher (Satbayev University, Institute of Geological Sciences named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan; n.medesheva@satbayev.university)

² PhD student, junior researcher (Satbayev University, Institute of Geophysical Research, Almaty, Kazakhstan; 21_dec@mail.ru)

³ Chief hydrogeologist (JSC "Volkovgeologiya", Almaty, Kazakhstan; adil_83kz@mail.ru)

⁴ Candidate of technical sciences, head of department (Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; y.auyelkhan@satbayev.university)

⁵ Candidate of geological and mineralogical sciences, deputy director (Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U. M. Ahmedsafin, Almaty, Kazakhstan; ye_murtazin@list.ru)

ASSESSMENT AND ANALYSIS OF RADIATION SAFETY OF NORTHERN TORGAI

Abstract. The topic of radiation safety is relevant for Kazakhstan given the Soviet history of nuclear testing. However, radiation indicators also depend on many other factors, both man-made and natural. The results of comprehensive research on the territory of Northern Turgai, which is part of the Turgai trough, are presented. Administratively, the research area occupies most of the Kostanay region, from the south-west the Aktobe region, in the east the North Kazakhstan and Akmola regions. An integrated approach to the study of radiation safety was used, taking into account the geological situation and anthropogenic load of the region.

Keywords: radiation safety, radionuclides, radiogeochimistry groundwater, Northern Torgai, Torgai trough, hydrogeochemical data.

Топонимика
Топонимика
Топонимы

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-134-142.19>

IRSTI 39.29.15
UDC 910.3

A. Ye. Yeginbayeva¹, K. T. Saparov², A. G. Abdullina³, Zh. R. Shakhantayeva^{*4}

¹PhD, Acting Associate Professor of Department of Physical and Economical Geography
(L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; aeginbaeva@mail.ru)

²Doctor of Geography, Professor of Department of Physical and Economical Geography
(L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; k.sapar67@yandex.ru)

³PhD, Senior Lecturer of the Department of Geography and Tourism
(Aktobe Regional State University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan; akzhunus_a@mail.ru)

⁴PhD student of Department of Physical and Economical Geography
(L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; zhanna.shahantaeva@mail.ru)

**GEOGRAPHICAL PROBLEMS OF UNIFICATION
OF THE TOPONYMIC SYSTEM OF KAZAKHSTAN**

Abstract. The name of geographical objects dates back to ancient times. Since the beginning of human society, as a result of the differentiation and orientation of environmental objects, man has been forced to keep them in memory and give each his own name separately. The development and use of natural resources by man for needs determines the formation of the first geoeological approach. Therefore, the naming of land, water, and locality is a constantly ongoing social process with national and linguistic characteristics. From toponyms of great scientific and practical importance, one can clearly trace the diversity of nature, the fund of natural resources, orographic and hydrographic names and terms, features and changes in the landscape, climatic conditions, as well as external features, properties and signs of names and other objects justifying natural and traditional farming. The article will focus on the geographical issues of forming a space of possibilities for use and bringing them into sequence based on toponyms of various scales and geographical state catalogs of the system of toponyms found on the territory of the Republic of Kazakhstan.

Keywords: toponyms, toponymy, onomastics, geographical names, geographical principles, grouping.

Introduction. On the territory of the interaction of linguistics, geography, history and a number of other (ecology) areas of knowledge, a single scientific discipline was formed – toponymy. In toponymy, the science of linguistics is of the highest importance in determining the etymology and semantics of toponyms through linguistic analysis. Geographical names, as a continuing tool of history, are constantly updated and updated in connection with the life of the peoples who have lived for centuries, and serve the diverse needs of society. Toponyms often also play an important role in determining the geographical features of the territory, its natural environment, landscape changes. The area of distribution of flora and fauna along natural zones is clearly reflected in toponyms. The famous scientist K.I. Satpayev used the toponymic method in the search for mineral deposits and did not accidentally introduce them into the account of one of the reliable signs. Therefore, the systematization of ancient names and modern names makes it possible to enrich the fund of toponyms as much as possible.

Toponyms of Kazakhstan are directly connected with the history of the people and, having formed over many centuries, acquire a special social meaning of our life. Because no matter which of these names we study, the life of the country's economy, the harmony of nature, the historical, social situation or the

consequences of changes in the economy and politics will be determined. No event in the life of any society, at the level of history, was without the participation of the names given to this land and water. Currently, they are being updated in accordance with the Times. The reason for the appearance of such a rich name was also associated with the way of life of the ancient tribes of antiquity. In fact, the Kazakh people, who were engaged in animal husbandry, gave names according to their characteristics in order to get acquainted with the thoughts and facets of the terrain [1].

The variety of terrain forms, of course, has a special impact on the formation of the toponymy of Kazakhstan. The geotoponymic state of Kazakhstan was clearly described by the outstanding scientist G. Konkashbayev: "the diverse nature of Kazakhstan: from the forest-steppe of the north to the desert of the south, the system of mountains in the Southeast influenced the method of farming, as well as nomadic cattle breeding." Therefore, Kazakh terminology associated with the diverse nature of Kazakhstan, primarily desert and mountain landscapes, is very rich and diverse [2].

Any political or social situation, structural change that took place in society influenced the change in the names of places and waters that took shape on the Kazakh land for many years. In other words, replacing the previous toponyms with new toponyms has led to two variants[3]. This is evidenced by the fact that, being a new name, the old name also has official use. That is why these problems are prerequisites for the systematic normalization of land and water. This, in turn, requires proper regulation of land and water resources and adherence to the principles of standardization.

Research methods and materials. The methodological basis of the study was carried out through the analysis of scientific sources and cartographic works. The main research methods include descriptive, historical, geographical, cartographic (areal), linguistic, statistical, etc. [4]. There is every reason that further refinement and combination of methods and approaches in toponymic research will depend on the purpose of restoring the system of Geographical Names of the Republic of Kazakhstan, which has become the object of study, and the specifics of the analyzed sources. The role of these methods is special if each name in the territory of the Republic of Kazakhstan is grouped, classified by Region, District and divided into different groups. Mapping information, determining their etymology, describing its location, features of its representation in natural conditions, and publishing toponymic maps require the use of GIS programs. A review of a scientific study allows you to determine at what level the topic has been studied and form a complete understanding. The use of electronic resources as a tool of toponymic sources increases the quality of such research. Currently, electronic systems, Geographic Information Systems (GIS), and toponymic research have begun to play an important role.

Research results and discussion. When conducting any toponymic research, problems arise with the accumulation of Geographical Names, the restoration of their former names. Various data: archival, historical and geographical, cartographic, linguistic data and methods make it possible to restore them. Geographical maps contain a lot of information, that is, a lot of information from the past, various events, and the spelling of toponyms allows you to determine the location in relative terms [5]. Each political change in society leaves a deep imprint on the toponymic system of that society. For example, before Genghis Khan's campaign, the territory of Kazakhstan was marked on maps as "Scythia" (until the XIII century), then "Tartaria" under the Kazakh Khanate, the Dzungarian invasion, the Tsarist government, and the policy of the Soviet government influenced the disappearance of Geographical Names and the formation of names from other languages [6]. We see clearly that toponymy goes from being forced to an ideological function. After the country gained independence, many names of cities, districts and settlements of Kazakhstan were changed in the Kazakh language. This process is still being carried out in the northern and eastern regions of Kazakhstan. Many settlement names have changed several times and lost their original name. Therefore, it is important to study the system of unification, the study of geographical ancient names on the territory of the Republic of Kazakhstan [7]. The article considered the first step in the systematization and unification of Geographical Names in the territory of the Republic of Kazakhstan. Based on the statistical method for the region and districts, it was determined on a chart (figure 1, 2).

In the Kazakh land, the native names that have formed over the centuries have overcome many revolutions and Soviet ideology. It was the first time that he had seen the names of places and places that had been heavily distorted. In the 1950s and 1970s, the regulation of land and water names was first discussed etymologically. Based on the works of T. Zhanuzakov, A. Abdrakhmanov, O. Sultaniyev, E. Koishybayev, comparative methods began to be considered. But the research carried out at that time

was carried out only within the framework of Soviet onomastics. In 1970-1990, by the decree of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, the Department of onomastics was opened at the Institute of Linguistics. "Toponymics and etymology" by A. Abdrakhmanov (1975), "Ethnotoponymics of Kazakhstan" by E. Koishybayev (1974).

In order to collect valuable toponymic data, specialists made expeditions to different regions of the Republic. As a result of the expedition, scientific collections, definitions, dictionaries, monographs were published. A. Kaidarov and T. Zhanuzakov developed a scientific justification for the normalization of land and water names in the country. On April 20, 1990, the state onomastic commission was established under the Government of Kazakhstan. At the same time, "the concept of regulating the names of state and administrative-territorial units of the Kazakh SSR, changing the names of settlements and restoring historical and Geographical Names" was approved. The work covered in this document is: restoration, regulation and change of these names; elimination of illegal changes in geographic names; regulation of the frequency of repetition of the same name in the country; unification of the rules of spelling and transcription.

Since gaining independence, the region of Kazakhstan has begun work on changing the names of places and water, that is, Settlements, regional centers, districts and villages, and the formation of an orderly historical name. The transcriptions were corrected and given new names. For example: Guryev – Atyrau; Shevchenko – Aktau; Alma-Ata – Almaty; Taldy-Kurgan – Taldykorgan; Dzhambul – Taraz; Chimkent – Shymkent; Kokchetav – Kokshetau; Borovoe – Borabay, etc. [8].

In subsequent years, many distorted names of settlements and administrative-territorial units began to be gradually corrected. Many names will be adjusted in accordance with the established procedure in the future in accordance with the law of the Republic of Kazakhstan on administrative-territorial structure dated December 8, 1993, the decree of the president of the Republic of Kazakhstan dated December 29, 1995 and the decree of the government of the Republic of Kazakhstan dated March 5, 1996. In these, the procedure for naming and renaming and renaming enterprises, organizations, institutions and physical and geographical objects is established [9].

An important role in collecting names and determining their etymologies is played by special toponymic dictionaries with lists of names of natural objects and settlements written in Kazakh and Russian [10].

From a scientific point of view, the geographical names of tens and hundreds of thousands of local Kazakhs are very valuable, but they either disappeared for various reasons, or are gradually disappearing, and many names are irrevocably lost. The existing toponymic fund collected in the Republic of Kazakhstan does not correspond to the current demand, which has sharply increased due to the expansion of the scale of maps issued for open use [11].

In most cases, geographical names go beyond domestic national interests and become international [12]. In addition to address and scientific and informational functions, geographical names are one of the tools for establishing sovereignty, national priorities of the state, a mirror of the modernization of the state.

In order to analyze the toponymic space of the Republic of Kazakhstan, the materials of the reference book "Toponymics of Kazakhstan" were used. In this encyclopedic reference book (2010), published under the state program "cultural heritage", for the first time, toponyms (names of water and land) for 14 regions of Kazakhstan were systematized in full. Each region of the Republic of Kazakhstan maintains a rich toponymic fund [13]. This toponymic information goes through a process of formation and renewal over the years. For the first time, the updated and fully systematized reference book provides a brief etymology of toponyms of Kazakhstan, supplemented with physical-geographical and historical-geographical information. For example: Almaty region Korzhinkol-Lake. Alakol district. It is located in the north of Lake Koshkarkol. Maikainar is a settlement. Karatal district. It is located in the northeast of the desert mountain range. Nurly-village. Enbekshikazakh district. Located 25 km from Issyk Lake [14].

Since 2000, the Institute of geography of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan together with the agency for land management of the Republic of Kazakhstan "National cartographic and geodetic fund" under the supervision of the new "Instructions on translation of Geographical Names of the Republic of Kazakhstan from Russian to Kazakh and translation from Kazakh to Russian", compiled on the basis of 2300 sheets of State topographic maps on a scale of 1: 100 000, covering the entire territory of the Republic of Kazakhstan, 14 volumes "State catalogs of Geographical Names of the Republic of Kazakhstan" (2004-2017) came out into the light.

As a result of studies in figures 1 and 2 with statistical data of these toponyms, toponymic information was assigned to the regions of the highest category Abay, Aktobe, Karaganda regions, and to the regions of the lowest category-Mangistau, Atyrau, Zhetysu, Almaty [15].

Studies have shown the total number, percentage of the most common toponyms by regions of the Republic of Kazakhstan and their classification by toponymic groups [16]. Based on these studies, the prerequisites for the systematic regulation and systematization of land and water names were considered. Self-depiction of a properly formed image of the space of a toponymic system begins with small microtoponyms. However, to normalize all toponymic units, their aggregate sample is required [17].

Therefore, when conducting research, it is necessary to pay great attention to each name, take into account and summarize them, and not neglect the issues of standardization [18].

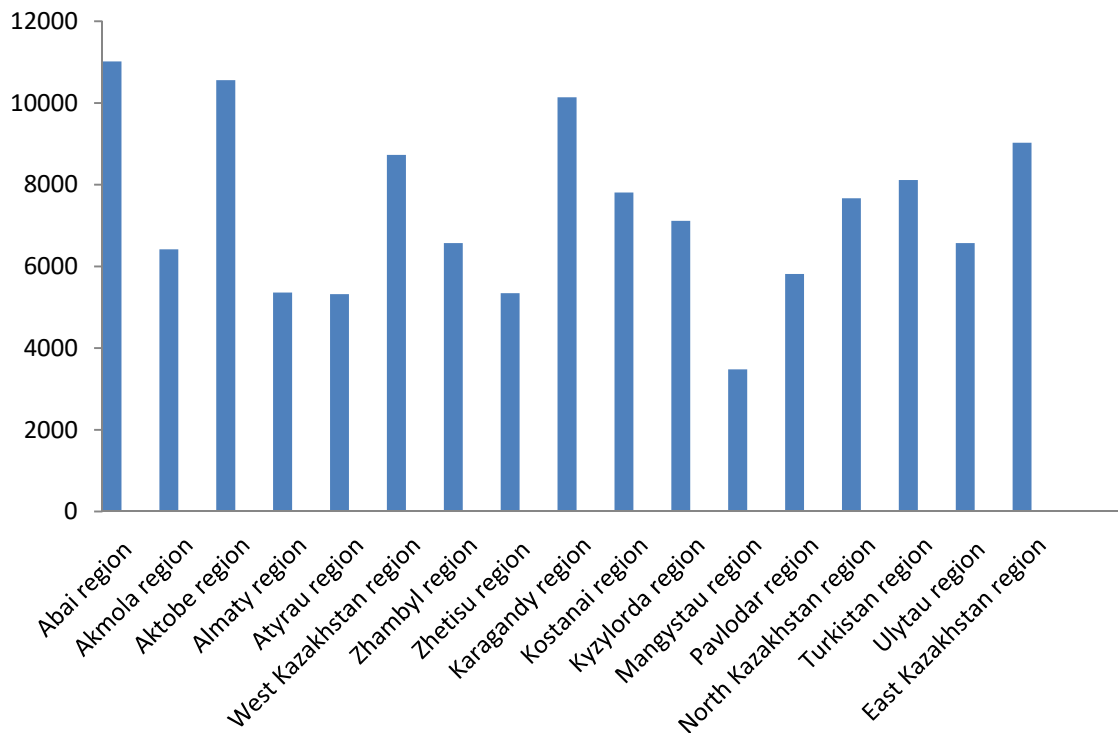


Figure 1 – Number of toponyms by region of the Republic of Kazakhstan (taken on a scale of 1 : 100 000).

Taken from the source.

The electronic database was created by frontal cataloging of toponyms present on topographic maps on a scale of 1: 100 000 and included 118.4 thousand names of various geographical objects. In recent years, based on topographic maps with a scale of 1: 25 000, the base has been replenished to 150 000 names. Each region is assigned the correct spelling in Kazakh and Russian, the previous name (the name given in the topographic maps), the type of object, its location, administrative-territorial unit, as well as etymology [19]. To date, a total of more than 30 000 toponyms have been grouped based on the systematic normalized scale of 1: 500 000 in the Republic of Kazakhstan [8].

Currently, there are more than 120,000 toponyms in the Republic of Kazakhstan based on a systematically normalized scale of 1: 100,000. The number of toponyms by regions of the country, focusing on figure 1, is as follows: Abai region – 11017, Akmola region – 6416, Aktobe region – 10559, Almaty region – 5359, Atyrau region – 5320, West Kazakhstan region – 8731, Zhambyl region – 6570, Zhetisu region – 5346, Karaganda region – 10139, Kostanay region – 7810, Kyzylorda region – 7117, Mangistau region – 3480, Pavlodar region – 5814, North Kazakhstan region – 7668, Turkestan region – 8115, Ulytau region – 6572, East Kazakhstan region – 9025.

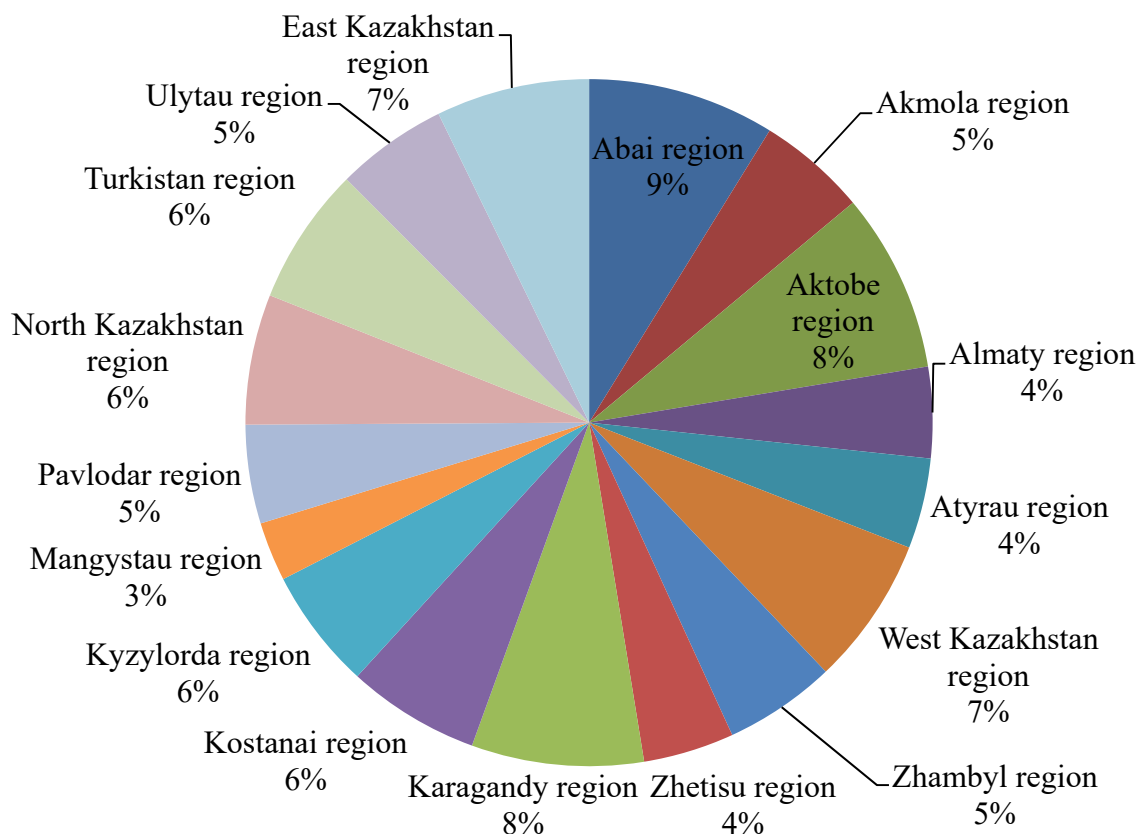


Figure 2 – Toponymic system space by regions of the Republic of Kazakhstan.

Taken from the source.

Figure 2 shows the percentage of toponyms in the Republic of Kazakhstan. Thus, Abai region – 9%; Akmola Region – 5%; Aktobe region – 8%; Almaty region – 4%; Atyrau region – 4%; West Kazakhstan Region – 7%; Zhambyl region – 5%; Zhetisu region – 4%; Karaganda region – 8%; Kostanay region – 6%; Kyzylorda region – 6%; Mangistau region – 3%; Pavlodar region – 5%; North Kazakhstan Region – 6%; Turkestan Region – 7%; Ulytau region - 5%; East Kazakhstan Region – 7%.

Based on the statistical method, the following are a group of toponyms by districts of the regions of the Republic of Kazakhstan. The number of geographical features (rivers, lakes, mountains, settlements, etc.) found in each area was determined, and it was determined based on percentages. In addition, the number of geographical objects (rivers, lakes, mountains, settlements, etc.) found in each district was determined and determined based on percentages.

The total number of toponyms in the districts of the North Kazakhstan region is 7507 names, including: Aiyrtau – 701 (9,30%); Akzhar – 324 (4,30%); Akkaiyn – 301 (4,1%), Esil – 605 (8,1%); Zhambyl – 1565 (21%); M.Zhumabayev – 477 (6,3%); Kyzylzhar – 630 (8,4%); Mamliut 780 (10,4%); G.Musirepov – 348 (4,6%); Taiynsha – 423 (5,6%); Timiriazhev – 202 (2,7%); Ualikhanov – 545 (7,2%); Shal akyn – 477 (6,3%); Petropavl – 129 (1,7%).

The total number of toponyms in the districts of the Kostanay region is 8168 names, including: Altynsarin district – 242 (3%); Amangeldi district – 955 (11,6%); Auliekol district – 553 (6,7%); Denisov district – 273 (3,3%); Zhangeldi district – 1396 (17%); Zhetikara district – 207 (2,5%); Kamysty district – 428 (5,2%); Karabalyk district – 440 (5,3%); Karasu district – 241 (3%); Kostanay district – 441 (5,3%); Mendikara district – 337 (4,1%); Nauryzym district – 396 (4,8%); Sarykol district – 196 (2,3%); Beiimbet Mailin district – 410 (5%); Uzynkol audany – 625 (7,6%); Fedorov district – 404 (4,9%); Arkalyk – 325 (4%); Kostanay – 152 (1,8%); Lisakovsk – 48 (0,5%); Rudnyi – 99 (1,2%).

The total number of toponyms in the districts of the Akmola region is 6111 names, including: Akkol district - 463 (7,6%); Arshaly district – 263(4,3%); Astrakhan district – 273 (4,5%); Atbasar district –

446 (7,3%); Burabai district – 461 (7,5%); Bulandy district – 211 (3,4%); Birzhan sal district – 485 (7,9%); Egindikol district – 149 (2,4%); Ereimentau district – 812 (13,3%); Esil district – 168 (2,8%); Zhaksy district – 340 (5,6%); Zharkaiyn district – 425 (7%); Zerendi district – 506 (8,3%); Korgalzhyn district – 296 (4,8%); Sandyktau district – 206 (3,4%); Tselinograd district – 440 (7,2%); Shortandy district – 134 (2,2%); Stepnogorsk – 25 (0,4%); Kokshetau – 8 (0,1%).

The total number of toponyms in the districts of the Pavlodar region is 6152 names, including: Akkuly district – 521 (8,40%); Aktogai district – 558 (4,07%); Bayanaul district – 1537 (24,90%); Ertis district – 502 (8,15%); Zhelezin district – 579 (9,40%); Mai district – 952 (15,40%); Pavlodar district – 336 (5,40%); Terenkol district – 358 (5,80%); Uspen district – 208 (3,30%); Sharbakty district – 302 (4,90%); Aksu – 589 (9,50%); Ekibastuz – 854 (13,80%); Pavlodar district – 34 (0,50%).

The total number of toponyms in the districts of the Karagandy region is 11631 names, including: Abai district – 297 (2%); Aktogai district – 2642 (23%); Bukar zhyrau district – 1019 (9%); Karkaraly district – 2302 (20%); Nura district – 1864 (16%); Sarybel district – 382 (3%); Shet district – 3125 (27%).

The total number of toponyms in the districts of the Ulytau region is 11631 names, including: Zhanaarka district – 1832 (20%); Ulytau district – 6417 (70%); Zhezkazgan – 33 (0%); Karazhal – 690 (8%); Satbayev – 186 (2%).

The total number of toponyms in the districts of the Abai region is 13418 names, including: Abai district – 2192 (16%); Aiagoz district – 3695 (28%); Beskaragai district – 680 (5%); Boroduliha district – 411 (3%); Zharma district – 1976 (15%); Kokpekti district – 948 (7%); Urzhar district – 1572 (12%); Semei district – 1944 (14%).

The total number of toponyms in the districts of the East Kazakhstan region is 10738 names, including: Altai district – 1114 (10%); Glubokoe district – 1072 (10%); Zaisan district – 999 (9%); Katonkaragai district – 1034 (10%); Kurshim district – 1756 (16%); Tarbagatai district – 2261 (21%); Ulan district – 1271 (12%); Shemonaiha district – 597 (6%); Ridder – 536 (5%); Oskemen – 98 (1%).

The total number of toponyms in the districts of the Mangystau region is 5379 names, including: Beineu district – 886 (16,47%); Karakiya district – 2016 (37,48%); Mangystau district – 1735 (32,26%); Munaily district – 218 (4,05%); Tupkaragan district – 524 (9,74%).

The total number of toponyms in the districts of the West Kazakhstan region is 8193 names, including: Akzhaiyk district – 1229 (15%); Bokei ordasy district – 901 (11%); Borli district – 217 (3%); Baiterek district – 305 (4%); Zhanakala district – 1173 (14%); Zhanibek district – 360 (4%); Kaztalov district – 1097 (13%); Karatobe district – 813 (10%); Syrym district – 790 (10%); Taskala district – 367 (5%); Terekti district – 440 (5%); Shyngyrlau district – 397 (5%); Oral – 104 (1%).

The total number of toponyms in the districts of the Atyrau region is 5976 names, including: Zhylyoi district – 778 (13%); Inder district – 812 (13,6%); Isatai district – 747 (12,5%); Kyzylkoga district – 1238 (20,7%); Kurmangazy district – 1644 (27,6%); Makat district – 141 (2,3%); Makhambet district – 485 (8,1%); Atyrau – 131 (2,2%).

The total number of toponyms in the districts of the Aktobe region is 15072 names, including: Alga district – 367 (2,40%); Aiteke bi district – 1657 (11%); Baiganin district – 2607 (17,30%); Martok district – 598 (4%); Mugalzhhar district – 1457 (9,70%); Oiyil district – 919 (6,10%); Temir district – 722 (4,80%); Chromtau district – 523 (3,50%); Shalkar district – 2842 (18,50%); Yrgyz district – 2332 (15,50%); Kargaly district – 289 (1,90%); Kobda district – 759 (5%).

The total number of toponyms in the districts of the Almaty region is 7205 names, including: Balkash district – 1610 (22%); Enbekshikazak district – 805 (11%); Zhambyl district – 1212 (17%); Ile district – 447 (6%); Karasai district – 356 (5%); Kegen district – 177 (2%); Raiymbek district – 1238 (17%); Talgar district – 545 (8%); Uigyr district – 559 (8%); Konayev – 256 (3%).

The total number of toponyms in the districts of the Zhetisu region is 7505 names, including: Aksu district – 892 (11,8%); Alakol district – 2087 (27,8%); Eskeldi ditrikt – 358 (4,7%); Karatal district – 955 (12,7%); Kerbulak district – 945 (12,5%); Kokuksu district – 567 (7,5%); Panfilov district – 844 (11,2%); Sarkan district – 797 (10,6%); Taldykorgan – 52 (0,6%); Tekeli – 8 (0,1%).

The total number of toponyms in the districts of the Kyzylorda region is 10188 names, including: Aral district – 2136 (20,90%); Syrdariya district – 1821 (9,40%); Zhanakorgan district – 1353 (13,80%); Kazaly district – 1027 (17,80%); Karmakshy district – 958 (13,20%); Zhalagash district – 1270 (10%); Shieli district – 1408 (12,40%); Baikonyr district – 54 (0,50%); Kyzylorda – 161 (1,50%).

The total number of toponyms in the districts of the Turkestan region is 8988 names, including: Baidibek district – 889 (9,80%); Zhetisai district – 20 (0,20%); Kazygurt district- 576 (6,40%); Maktaaral district – 509 (5,60%); Ordabasy district – 258 (2,80%); Otyrar district – 263 (2,90%); Sairam district – 242 (2,60%); Saryagash district – 1024 (11,30%); Sozak district – 1961 (21,80%); Tole bi district – 324 (3,60%); Tulkibas district – 297 (3,30%); Shardara district – 1052 (11,70%); Arys – 435 (4,80%); Kentau – 39 (0,40%); Turkestan – 1099 (12,20%).

The total number of toponyms in the districts of the Zhambyl region is 8988 names, including: Baizak district – 516 (8,20%); Zhambyl district – 483 (7,20%); Zhualy district – 490 (7,80%); Kordai district – 659 (10,50%); Merke district – 986 (15,80%); Moiynkum district – 506 (8,10%); Shu district – 896 (14,40%); Sarysu district – 865 (13,90%); Talas district – 720 (11,50%); Taraz – 97 (1,50%).

Conclusion. In our research, the entire system of toponyms (scale) found on the territory of the regions of Kazakhstan (1 500 000, 1 100 000) on the basis of toponymic maps and the state catalog of Geographical Names of the Republic of Kazakhstan, their number (by Region, District) is shown in tables and diagrams. Having studied the groups of these regions, the space of the toponymic system of Kazakhstan was completely unified. In the course of the study, various toponymic methods (geographical, historical, cartographic, linguistic, statistical) were used, which created the prerequisites for the restoration of toponyms by research, analysis, systematization. These studies will continue to be studied in the restoration of toponyms.

On the basis of these works, it is not necessary to translate the name in Russian into Kazakh, but to identify the historical reasons for these changed names and reveal the maximum meaning. Therefore, the return and restoration of these names requires extensive work.

Thanks to the great work of Kazakhstani geographers and toponymists and their professional skills, the scientific nature and etymology of Geographical Names have been determined and implemented. The scientific work studied for each region and region has borne fruit. These studies made it possible to create an electronic database of the state catalog of Geographical Names of the Republic of Kazakhstan (GMC). In the future, we will contribute to the restoration of some geographical names that have not entered outside the catalogs in our research.

Summing up the above, Kazakh Geographical Names Not only reflect the features of the vast territory of Kazakhstan (terrain, soil cover, hydrography, climate conditions, flora and fauna), but also provide accurate information about the location of small parts of the terrain shapes, sometimes geological and geomorphological structures and minerals with special accuracy. Therefore, in order to group and unify all geographical names on the territory of Kazakhstan, it is necessary to create a structure of the entire toponymic base in accordance with modern requirements, to collect them, systematize objects and determine their position in space, and to complete the work on replenishing the database.

All this is primarily due to the need to accurately assign Kazakh names, as required by the international standard for the identification of geographical names based on the national standard. We see a high role of the state catalog of Geographical Names of the Republic of Kazakhstan in harmonizing the use of Kazakh names in Russian, as well as in other languages of the world.

REFERENCES

- [1] Zhanuzakova T. Kazakstan geografialyk sozdigi [Geographical Dictionary of Kazakhstan]. Almaty, 1990. 295 p.
- [2] Zhanuzak T. Tarihi zher-su attarynyn tuptorkini [Historical background of names of places]. Sozdik-slovar. Almaty, 2010. 356 p.
- [3] Wendt J. A. Poland: from changes of German names up to bilingual geographical names, Achieving Peace and Justice Through Geographical Naming. Issue The Society for East Sea. Seoul, 2017. P. 183-195.
- [4] Smagulova Ju, Madiyeva D. Normalizing a new language hierarchy: Event names in post-Soviet urban space // Russian Journal of Linguistics. 2021. Vol. 25(4). P. 1004-1023. <https://doi.org/10.22363/2687-0088-2021-25-4-1004-1023>
- [5] Cheshire J. Naming Rivers and Places, James Cheshire's Blog, <https://jcheshire.com/featured-maps/2011/> (accessed 14 July 2023).
- [6] Kaimuldinova K. D. Toponymy of Arid Regions of Kazakhstan. Almaty: Te-Color Publishing House, 2010. 103 p.
- [7] Konkashpaev G. K. Dictionary of Kazakh geographical terms. Alma-Ata: AN KazSSR, 1963. 185 p.
- [8] State catalog of Geographical Names of the Republic of Kazakhstan. RSE. Almaty: "National cartographic fund", 2005. Vol. 5. 390 p.

- [9] Campbell J.C. Stream Generic Terms as Indicators of Historical Settlement Patterns, Names, 39(4), 1991. 333-365 p. doi: 10.1179/nam.1991.39.4.333
- [10] Grube N. Toponyms, emblem glyphs, and the political geography of southern Campeche, Anthropological Notebooks, 11(1), 2005. P. 89-102.
- [11] Saparov K. T. Pavlodar region administrative-territorial units physical and Geographical Names index directory. Pavlodar: Pronto.kz, 2014. 352 p.
- [12] Light D. Tourism and toponymy: Commodifying and Consuming Place Names, in Tourism Geographies, 16(1), 2014. P. 141-156.
- [13] Nurpeisova A., Saparov K., Yeginbayeva A. Geographical features of the study of the toponymic system of Kostanai region // Vestnik KazNRTU, 5(141), 2020. P. 56-62.
- [14] Toponymy of Kazakhstan. An encyclopedic reference book. Almaty: Aruna, 2010. 816 p.
- [15] Abdullina A. G., Saparov K. T., Sergeeva A. M., Yeginbayeva A. Y., Atasoy E. The importance of toponymy of Mugalzary Mountain plots and adjacent territories to the development of geotourism // Geo Journal of Tourism and Geosites, 25(2), 2019. P. 664-674.
- [16] Madieva G. B. Theory and practice of onomastics. Almaty: Gylym, 2003. 172 p.
- [17] Saparov K., Chlachula J., Yeginbayeva A.Ye. Toponymy of the ancient Sary-Arka (North-Eastern Kazakhstan) // Quaestiones Geographicae, 37(3), 2018. P. 35-52.
- [18] Directory of land and water names. Almaty: Arys, 2009. 568 p.
- [19] Kazakh linguistics in the period of independent Kazakhstan. Almaty: Kazakh encyclopedia, 2011. P. 274-279.

А. Е. Егинбаева¹, Қ. Т. Сапаров², А. Г. Абдуллина³, Ж. Р. Шахантаева^{*4}

¹PhD, физикалық және экономикалық география кафедрасының доцент м.а.
(«Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан;
aeginbaeva@mail.ru)

²Г. ф. д., физикалық және экономикалық география кафедрасының профессоры
(«Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан;
k.sapar67@yandex.ru)

³PhD, география және туризм кафедрасының аға оқытушысы
(Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе, Қазақстан;
akzhunus_a@mail.ru)

⁴Физикалық және экономикалық география кафедрасының PhD студенті
(«Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан;
zhanna.shahantaeva@mail.ru)

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТОПОНИМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІН БІРІЗДІЛІККЕ КЕЛТІРУДІҢ ГЕОГРАФИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Аннотация. Географиялық нысандарға атау беру көне замандардан бастау алады. Адамзат қоғамы пайда болғаннан бері адам қоршаған ортаның нысандарын бір-бірінен ажырату және бағдарлау нәтижесінде оларды жадына сақтап, әрқайсысына жеке-жеке атау беруге мәжбүр болды. Адамның табиғат ресурстарын игеріп, қажеттілікке пайдалануы алғашқы геоэкологиялық көзқарастың қалыптасуын аңғартады. Сондықтан жер-суға, елді мекенге атау беру – өзгерту ұлттық және тілдік ерекшеліктері бар үздіксіз жүріп жататын қоғамдық үдерістер. Үлкен ғылыми және практикалық маңызы бар топонимдерден табиғаттың әр түрлігі, табиғат ресурстар қоры, орографиялық және гидрографиялық атаулар мен терминдерді, ландшафттық ерекшеліктері мен өзгерістерін, климат жағдайлары, сондай-ақ табиғи және дәстүрлі шаруашылықты негіздейтін атаулар мен басқа нысандардың сыртқы ерекшеліктері, қасиеттері мен белгілерін анық байқауға болады. Мақалада ҚР аумағында кездесетін топонимдер жүйесін әртүрлі масштабтағы топокарталар мен географиялық мемлекеттік каталогтар негізінде жүйелеп, пайдалану мүмкіндіктерінің кеңістігін қалыптастыру және оларды бірізділікке келтірудің географиялық мәселелері жөнінде сөз болады.

Түйін сөздер: топонимдер, топонимика, ономастика, географиялық атаулар, географиялық принциптер, топтастыру.

А. Е. Егинбаева¹, Қ. Т. Сапаров², А. Г. Абдуллина³, Ж. Р. Шахантаева^{*4}

¹PhD, и.о. доцента кафедры физической и экономической географии
(НАО «Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева», Астана, Казахстан;
aejinbaeva@mail.ru)

²Д. г. н., профессор кафедры физической и экономической географии
(НАО «Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева», Астана, Казахстан;
k.sapar67@yandex.ru)

³PhD, старший преподаватель кафедры географии и туризма
(Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова, Актюбе, Казахстан;
akzhunus_a@mail.ru)

⁴PhD студент кафедры физической и экономической географии
(НАО «Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева», Астана, Казахстан;
zhanna.shahantaeva@mail.ru)

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УНИФИКАЦИИ ТОПОНИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАЗАХСТАНА

Аннотация. Названия географических объектов восходят к древним временам. С момента зарождения общества человек в результате освоения объектов окружающей среды был вынужден сохранить их в памяти и дать каждому свое имя по отдельности. Использование человеком природных ресурсов на собственные нужды обуславливает формирование первого геоэкологического подхода. Поэтому присвоение наименований земле-воде, населенному пункту – это постоянно протекающие общественные процессы с национальными и языковыми особенностями. Из топонимов, имеющих большое научное и практическое значение, можно четко проследить разнообразие природы, фонд природных ресурсов, особенности и изменения ландшафта, климатические условия, а также внешние особенности, свойства и признаки названий других объектов, оправдывающих естественное и традиционное хозяйство. Изложены географические вопросы формирования пространства, возможности использования топонимов различных масштабов, встречающихся на территории РК в географических государственных каталогах.

Ключевые слова: топонимы, топонимика, ономастика, географические названия, географические принципы, группировка.

Обзорные статьи

Шолу мақалалар

Review articles

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-143-151.20>

МРНТИ 38.61.91
УДК 556.38

С. Р. Тажиев^{*1}, Е. Ж. Муртазин², Л. Ю. Трушель³

^{1*} Научный сотрудник (Институт гидрогеологии и геоэкологии
им. У. М. Ахмедсафина, Satbayev University, Алматы, Казахстан; sula_tashiev@mail.ru)

² Заместитель директора по науке (Институт гидрогеологии и геоэкологии
им. У. М. Ахмедсафина, Satbayev University, Алматы, Казахстан; ye_murtazin@list.ru)

³ Ведущий научный сотрудник (Институт гидрогеологии и геоэкологии
им. У. М. Ахмедсафина, Satbayev University, Алматы, Казахстан; lydmila_y_t@mail.ru)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ ПРЕДГОРИЙ КИРГИЗСКОГО АЛАТАУ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. На данной территории разведано 4 крупных месторождения подземных вод, пригодных в том числе и для орошения. Использование подземных вод месторождений казахстанской части предгорий Киргизского Алатау для орошения и хозяйственного-питьевого водоснабжения сельских населенных пунктов южной части Жамбылской области обеспечит в перспективе экономический рост и развитие сельского хозяйства региона.

Ключевые слова: месторождения подземных вод, водосберегающие технологии, гидрогеологическая скважина, дебит, предгорья, минерализация.

Введение. Для Республики Казахстан проблема обеспечения водой в условиях ограниченности и уязвимости поверхностных водных ресурсов является важной составляющей национальной безопасности. Наиболее острыми признаны проблемы неудовлетворительного обеспечения населения качественной питьевой водой и нарастающий дефицит водных ресурсов в аграрном секторе, повлекший за собой значительные сокращения площадей орошения и обводненных пастбищ.

В Жамбылской области ожидается сокращение поступления трансграничных поверхностных водных ресурсов в связи с хозяйственной деятельностью в Республике Кыргызстан. Дополнительную угрозу создает сокращение ресурсов местного стока вследствие глобальных изменений климата и начала очередного цикла маловодных лет в Центральной Азии.

Угроза дефицита воды и неэффективное управление водными ресурсами могут стать основным препятствием для устойчивого социально-экономического развития территории исследований. При таких сценариях подземные воды относятся к наиболее ценным полезным ископаемым, рациональное и комплексное освоение которых представляется важным для дальнейшего развития региона.

Материалы и методы. Проанализирован весь фондовый материал по данной территории. Проведены полевые экспедиционные обследования, что позволило уточнить гидрогеологические

особенности территории; оценить современное состояние эксплуатации разведанных месторождений подземных вод и самоизливающихся гидрогеологических скважин, а также определить гидрогеохимические показатели подземных вод на основе проведения маршрутных обследований с отбором проб на лабораторные анализы. Все лабораторные исследования проведены в аккредитованной лаборатории химико-аналитических исследований Института гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина. Месторождения подземных вод, на которых был сделан водотбор, составляют не более 10 % от общих утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод.

Территория исследования расположена в Жамбылской области площадью 144,3 тыс. км² (5,3% от территории страны). Границами являются 4 области Казахстана: на севере – Карагандинская и Улытау, на западе – Туркестанская, на востоке – Алматинская область, а на юге и юго-востоке – Республика Кыргызстан (рисунок 1). В области выделены 10 административных районов с населением около 1,14 млн человек, из которых 60,1% составляет сельское население. При этом область заселена крайне неравномерно, плотность населения на юге достигает до 100 чел. на км², в то время как в центральной (пески Мойынкум) и северной (плато Бетпақдала) частях населенных пунктов практически нет.

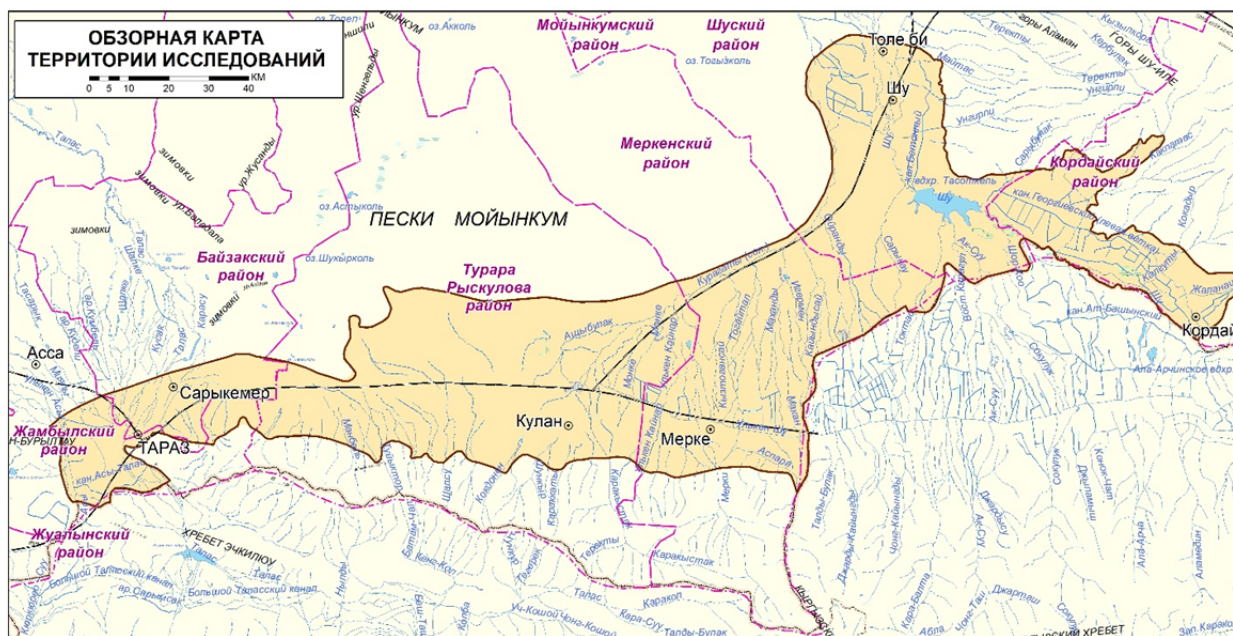


Рисунок 1 – Обзорная карта территории исследования

Предгорья Киргизского Алатау площадью до 10,45 тыс. км² (7,2% от территории области) вытянуты субширотной полосой протяженностью более 200 км вдоль горных сооружений, от долины реки Шу на востоке до долины реки Талас на западе. С севера примыкают песчаные массивы Мойынкум. Ширина полосы предгорий колеблется от 10 до 45 км. В административном отношении территория исследований пересекает 6 районов: Жамбылский, Байзакский, Турара Рыскулова, Меркенский, Шуйский и Кордайский. В пределах предгорий расположены областной центр – г. Тараз с населением 0,56 млн чел., крупные районные центры, железнодорожные и автомобильные трассы. Ведущая отрасль экономики – сельское хозяйство (см. рисунок 1).

Водоснабжение городского и сельского населения осуществляется в основном за счет подземных вод. Орошаемое земледелие базируется на поверхностных водоисточниках. В последние годы наблюдается значительный дефицит поливной воды. Ресурсы подземных вод предгорий Киргизского Алатау представляются надежным источником для устойчивого развития хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения земель.

В августе 2023 года Жамбылская область испытала водный коллапс. По трем районам Жамбылской области на 5533 га был полностью потерян урожай: в Кордайском на 3632 га, в Байзакском на 1735 га, Таласском на 166 га, данные Жамбылского филиала РГП «Казводхоз».

В 2023 году в Кордайском районе было засеяно 19 201,5 га, в Байзакском – 14 498 га, Таласском – 2132 га. Если брать в процентном соотношении, то в 2023 году, Кордайской районе не смогли получить урожай с 15,9 % орошаемой территории, в Байзакском районе – с 10,7 %, в Таласском – 7,2 %.

После водного коллапса в Жамбылской области некоторые крестьянские хозяйства в этих районах стали банкротами. Из-за этого был скачок цен на кукурузу, лук, сахарную свеклу, так как на территориях 3 районов выращивали эти культуры.

Инвестиционная субсидия Министерства сельского хозяйства на бурение новых скважин для орошения и закупа оборудования для капельного орошения или закупа дождевальных установок составляет 80 % от затраченных крестьянскими хозяйствами средств.

Формирование ресурсов подземных вод территории определяется сложным взаимодействием природно-климатических и геолого-геоморфологических факторов. Особое значение имеют литологический состав водовмещающих пород, интенсивность и глубина расчлененности рельефа, соотношения элементов водного баланса, взаимосвязь с поверхностными водами [1-4].

Гидрогеологические условия территории обусловлены гидрометеорологическими, геоморфологическими и геолого-структурными факторами, совокупность которых определяет особенности распространения и формирования подземных вод. Выделено несколько гидрогеологических районов, отличающихся по условиям их питания, движения и разгрузки (см. рисунок 1).

С учетом как геоморфологических, так и геолого-структурных факторов на территории исследований выделены 2 гидрогеологических района:

А – горный, представляющий собой гидрогеологический массив трещинных и трещинно-жильных безнапорных вод скальных пород Киргизского Алатау;

В – предгорный с тремя подрайонами: Шуйской долины (В.1), междуречья Шу-Талас (В.2) и междуречья Талас-Аса (В.3), представляющие собой гидрогеологические бассейны безнапорных и напорных поровых вод предгорной зоны.

А. Горный гидрогеологический район определяет южную границу территории исследований и охватывает северные склоны Киргизского Алатау. Район представляет собой гидрогеологический массив трещинных и трещинно-жильных безнапорных вод скальных пород, объединенных в гидравлически взаимосвязанные водоносные зоны открытой трещиноватости протерозойских, ордовикских, девон-карбонных и интрузивных образований (см. рисунок 1).

В. Гидрогеологический район предгорий примыкает к северным склонам горных сооружений Киргизского Алатау и в геоструктурном отношении относится к юго-западной периферии Шу-Сарысуской впадины. Район – предгорный гидрогеологический бассейн безнапорных и напорных поровых вод, покровный чехол которого сложен рыхлыми осадочными образованиями кайнозой, а фундамент выполнен кристаллическими палеозойскими и протерозойскими породами.

Континентальный характер кайнозойских отложений и неравномерная дифференциация обломочного материала по площади и в разрезе определяют особую гидродинамическую обстановку и различную водообильность осадочных пород. Безнапорные и напорные поровые воды района приурочены к различным по составу и генезису отложениям и характеризуются пространственной выдержанностью потоков подземных вод с образованием единой уровенной поверхности (рисунки 2 и 3).

В казахстанской части предгорий Киргизского Алатау находятся 4 крупных месторождения подземных вод, пригодных для орошения и хозяйственно-питьевого водоснабжения сельских населенных пунктов. Все они были разведаны в советское время, одно из этих месторождений прошло доразведку для переоценки запасов подземных вод.

За эксплуатационные запасы подземных вод принимается количество подземных вод, которое может быть получено рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и при качестве воды, удовлетворяющем требованиям в течение всего расчетного срока водопотребления. Отношение величины эксплуатационных запасов подземных вод к величине прогнозных ресурсов показывает степень разведанности. На территории разведаны 4 месторождения пресных подземных вод (рисунок 4), данные о которых приведены в таблице 1.

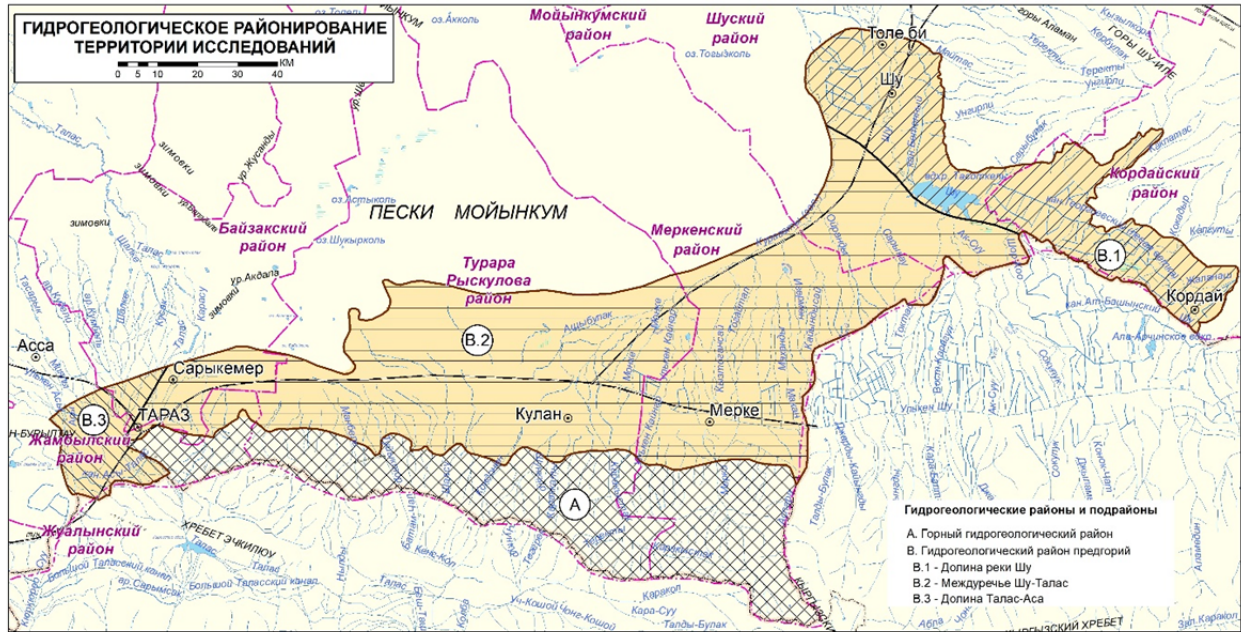


Рисунок 2 – Карта гидрогеологического районирования территории исследований

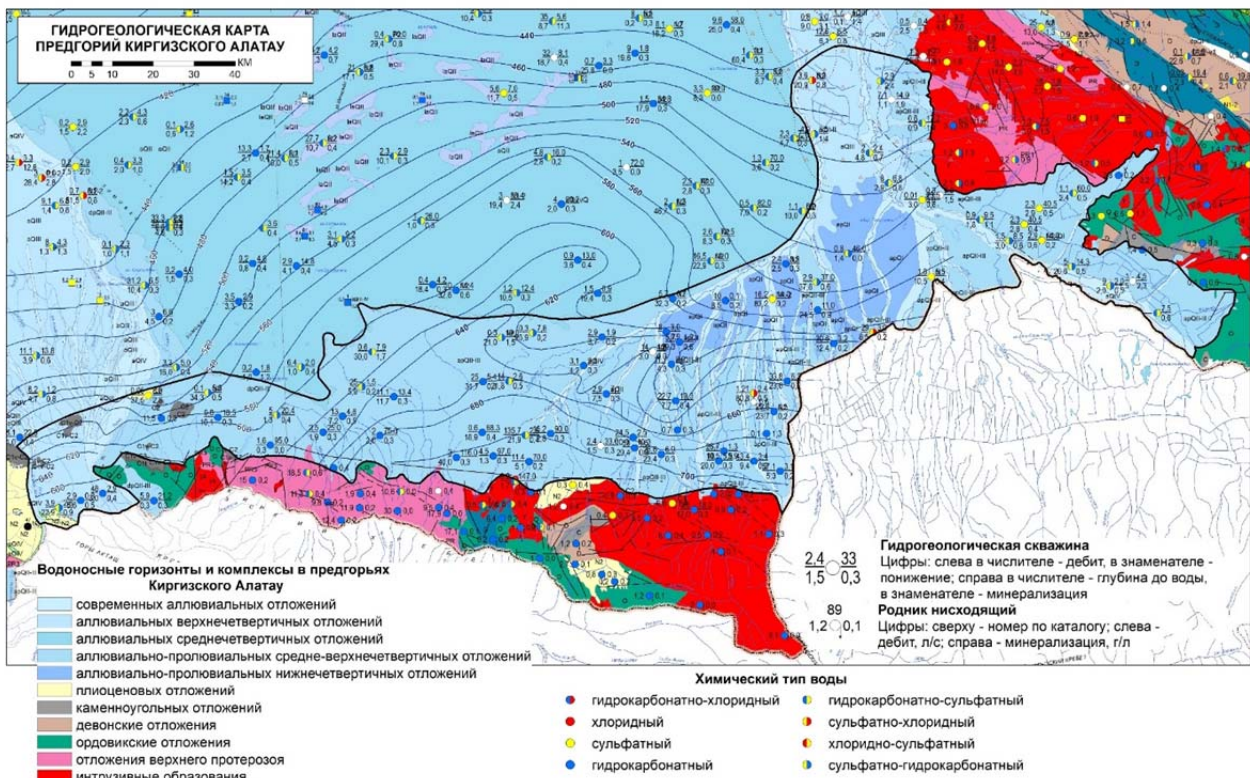


Рисунок 3 – Схематическая гидрогеологическая карта территории исследований

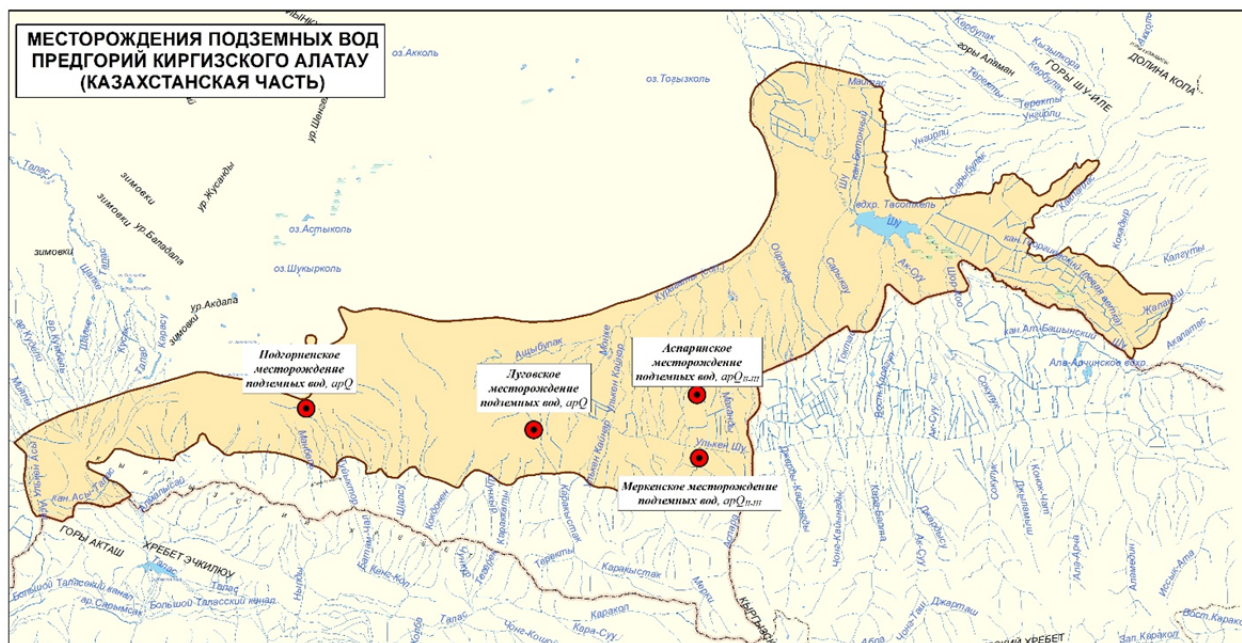


Рисунок 4 – Карта месторождений подземных вод территории исследований

Таблица 1 – Разведанные эксплуатационные запасы подземных вод территории исследований

| Гидрогеологический район, подрайон | Месторождение | Год оценки или переоценки | Количество утвержденных запасов по категориям, л/с | | | |
|------------------------------------|------------------|---------------------------|--|----------------|----------------|------------------------------------|
| | | | A+B | C ₁ | C ₂ | A+B+C ₁ +C ₂ |
| В.2. Междуречье Шу-Талас | 1. Аспаринское | 1983 | 1500,0 | | | 1500,0 |
| | 2. Луговское | 1977 | 3344,9 | 601,9 | 3588,0 | 7534,8 |
| | 3. Меркенское | 1975 | 3151,6 | 1350,7 | | 4502,3 |
| | | 2016 | | 4502,3 | | 4502,3 |
| | 4. Подгорненское | 1977 | 4000,0 | | | 4000,0 |
| Всего по подрайону В.2 | | | 11996,5 | 6454,9 | 3588,0 | 17537,1 |

На *междуречье Шу–Талас* (гидрогеологический подрайон В.2) разведаны 4 месторождения.

Аспаринское месторождение расположено в северной левобережной части слившегося конуса выноса рек Мерке и Аспара. Разведано в 1983 г. для орошения земель на площади 4200 га с водопотребностью 1000 л/с. Продуктивными являются водоносные комплексы четвертичных и неогеновых аллювиально-пролювиальных отложений. Рекомендованы линейные водозаборы протяженностью 10-17 км. Эксплуатационные запасы оценены в 1500 л/с по категориям А+В. Эксплуатируется с 1983 года.

Луговское месторождение расположено в конусе выноса р. Курагаты. Разведано с целью хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения земель с потребностью в воде 7,53 м³/с. Приурочено к водоносному комплексу средне-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений. Расчет выполнен гидродинамическим методом применительно к безграничному линейному ряду скважин протяженностью 3,10 км. Эксплуатационные запасы оценены по категориям: А+В – 3345 л/с, С₁ – 602 л/с и С₂ – 3588 л/с. Эксплуатируется с 1971 года.

Меркенское месторождение находится в конусах выноса рек Мерке и Аспара. Разведано в 1975 г. с целью хозяйственно-питьевого водоснабжения райцентра и близлежащих населенных пунктов, а также орошения земель с потребностью в воде 1,35 м³/с. Приурочено к водоносному комплексу средне-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений. Оценка эксплуатационных запасов выполнена гидродинамическим методом для линейных рядов скважин протяженностью 0,5-9,3 км. Переоценено в 2016 г. в количестве 4502 л/с по категории С₁. Эксплуатируется с 1961 года.

Подгорненское месторождение обнаружено на конусах выноса рек Каиндысай, Шабылды, Шалсу и Талдысу и вытянуто на 53 км. Разведано в 52,5 км. Эксплуатационные запасы утверждены в 4000 л/с по категориям А+В. Водоотбор ведется с 1980 года.

Утвержденные эксплуатационные запасы подземных вод данных 4 месторождений составляют 11 996,5 л/с, или 1 036 497,6 м³/сут по промышленным категориям А+В, а по категории А+В+С₁+С₂ – 17537,1 л/с, или 1515205,4 м³/сут.

Запасы подземных вод по степени геолого-гидрогеологической изученности подразделяются на следующие категории: А – освоенные; В – разведанные; С₁ – предварительно оцененные; С₂ – выявленные.

Каждая категория дает информацию для той или иной стадии проектирования или эксплуатации. Каждая категория отвечает определенной степени изученности месторождения подземных вод.

Если максимально взять 10 % общих утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод данных месторождений для хозяйственно-питьевого водоснабжения сельских населенных пунктов, то для орошения земель эксплуатационные запасы подземных вод составят по категориям А+В+С₁+С₂ 15 783,4 л/с, или 1 363 684,9 м³/сут.

За счёт утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод данных месторождений для орошения земель существенно увеличится площадь орошаемых земель казахстанской части предгорий Киргизского Алатау.

За последнее десятилетие, по данным водохозяйственной отчетности (более 300 зарегистрированных водопользователей), суммарный годовой водозабор водных ресурсов Шу-Таласского бассейна составлял 20-27 м³/с, в том числе подземных вод – 0,6-0,7 м³/с, что не превышает 3% от водозабора. Использовалось 14,5-24,1 м³/с воды, при тех же 3% доли подземных вод. Основным водопотребителем является сельское хозяйство – 13,8-23,4 м³/с, или до 95% суммарного потребления воды. Доли регулярного орошения и залива сенокосов составили соответственно до 54 и 48%. Основное использование подземных вод связано с хозяйственно-питьевыми нуждами – 0,2-0,3 м³/с.

Современный годовой отбор подземных вод на месторождениях достигал 0,97 м³/с (немногим более 6% от эксплуатационных запасов), в том числе хозяйственно-питьевое водоснабжение – 0,12 м³/с (14,6 %) и производственно-техническое водоснабжение – 0,72 м³/с (84,6 %) (таблица 2). Использование подземных вод для водоснабжения сельских населенных пунктов и орошения невелико – до 0,5% (по отчетности).

Таблица 2 – Водоотбор на месторождениях подземных вод территории исследований

| Гидрогеологический подрайон | Един. измер. | Забрано всего | Использовано всего | ХПВ | ПТВ | СХВ | Потери |
|--|-------------------|---------------|--------------------|------|------|------|--------|
| Междуречье Шу-Талас | м ³ /с | 0,97 | 0,85 | 0,12 | 0,72 | 0,01 | 0,12 |
| | % | 100 | 87,5 | 14,6 | 84,6 | 0,8 | 12,5 |
| <i>Примечание.</i> ХПВ – хозяйственно-питьевое водоснабжение, ПТВ – производственно-техническое водоснабжение и СХВ – водоснабжение сельских населенных пунктов. | | | | | | | |

Перспективы применения подземных вод предгорий Киргизского Алатау оценивались начиная с советского времени до современного периода [5-8]. Необходимо только четко определять приоритеты.

Дефицит чистой пресной поверхностной воды заставляет многие страны активнее использовать подземные воды, которые как источник водоснабжения имеют ряд преимуществ по сравнению с поверхностными водами. Прежде всего пресные подземные воды обладают лучшим качеством, более надежно защищены от загрязнения и заражения, меньше подвержены сезонным и многолетним колебаниям и в большинстве случаев их использование не требует дорогостоящих мероприятий по водоочистке. Тенденция максимально возможного использования пресных подземных вод для питьевого водоснабжения населения, особенно в связи с участвовавшими случаями непредвиденного (аварийного) загрязнения поверхностных водоисточников, становится

определяющей в общей стратегии повышения надежности систем хозяйственно-питьевого водоснабжения.

По оценкам международных экспертов, важность подземных вод возрастет в предстоящие десятилетия, поскольку прогнозируется усиление временных колебаний количества осадков, влажности почвы и поверхностных вод в связи с более частыми и интенсивными экстремальными климатическими явлениями, связанными с глобальным изменением климата. В свете устойчивости подземной гидросферы к экстремальным гидрологическим условиям ресурсы подземных вод играют стратегическую роль в поддержании снабжения питьевой водой в чрезвычайных условиях [9].

Жамбылская область относится к регионам, не испытывающим дефицита в источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения. В связи с благоприятными гидрогеологическими условиями хозяйственно-питьевое водоснабжение населения осуществляется преимущественно за счет подземных вод аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений конусов выноса и предгорных равнин Киргизского Алатау, а также аллювиальных отложений долин рек Шу, Талас и Аса. Поверхностные воды используются крайне редко [10].

По оценкам В. А. Смоляра (2011), перспективная потребность в пресных подземных водах в Жамбылской области для хозяйственно-питьевых нужд составит $4,2 \text{ м}^3/\text{с}$, в том числе городского населения – $2,6 \text{ м}^3/\text{с}$ и сельского – $1,6 \text{ м}^3/\text{с}$. Принимая во внимание, что разведанные месторождения подземных вод в долинах рек Шу, Талас и Аса освоены для централизованного коммунального водоснабжения городов Тараз и Шу, отдельных крупных районных центров и железнодорожных станций, то утвержденные эксплуатационные запасы в $4,0 \text{ м}^3/\text{с}$ по промышленным категориям полностью перекрывают потребности городского населения. Водопотребности сельского населения региона обеспечивают месторождения предгорий Киргизского Алатау на междуречье Шу-Талас. Тем самым резервы пресных подземных вод для развития регулярного орошения оцениваются в $9 \text{ м}^3/\text{с}$ по запасам промышленных категорий (А+В) и в $15 \text{ м}^3/\text{с}$ по суммарным запасам категорий А+В+С₁. В советский период месторождения предгорной равнины в основном были разведаны для орошения земель.

Комплексный подход к управлению водными ресурсами, объединяющий подземные и поверхностные воды, может значительно снизить уязвимость человека к экстремальным климатическим явлениям и изменениям и способствовать усилению водной и продовольственной безопасности. По экспертным оценкам, совместное использование подземных и поверхностных вод, при котором поверхностные воды применяются для орошения и водоснабжения во время влажных периодов, а подземные воды – в период засухи, сыграет важную роль.

Мировой опыт развития ирригации показывает, что проблему устойчивого роста сельхозпроизводства и конкурентоспособности товаропроизводителя, создания комфортных условий для проживания местного населения можно решить за счет реконструкции оросительной сети, совершенствования элементов техники полива, применения новых технических средств ирригации, повышения культуры земледелия и продуктивности орошаемых земель. Выбор технических средств и технологических операций по водосбережению и воспроизводству плодородия почв должен оцениваться не темпами выщелачивания солей из зоны аэрации, а уровнем оптимизации водно-солевого и пищевого режима почв. Традиционные методы систем орошения обычно предусматривают оптимизацию параметров элементов техники полива, режима работы дренажной системы, использования дренажно-сбросных вод на орошение, повышения КПД оросительной сети и технических средств полива, снижения технологических потерь оросительной воды на фильтрацию, сброс и физическое испарение.

В настоящее время широко развивается капельное орошение особенно на юге Казахстана. Капельное орошение – способ полива, при котором вода небольшими порциями подается к корням растений из наземных трубопроводов через отверстия с капельницами в *поливных лентах или трубках, проложенных в почве или на ее поверхности. Сущность капельного орошения состоит в том, что поливается почва непосредственно в корневой зоне растения.*

В данное время развивается использование дождевальных установок на юге Жамбылской области. По данным отдела «технологии и техники полива» Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства при использовании дождевальных установок средняя урожайность по всем культурам возрастает в полтора раза, а средняя норма полива уменьшается на 13 %.

По данным Жамбылского филиала РГП «Казводхоз» за сезон вегетации средняя норма полива по сельскохозяйственным культурам Байзакского, Меркенского районов составляет 29 281 м³/га (данные на 2024 год).

С учётом утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод 4 месторождений для орошения по категории А+В+С₁+С₂ понадобится 1 363 684,9 м³/сут., или 497 744 988,5 м³/год. Следовательно, дополнительно можно оросить 16 999 га поверхностным поливом или 19 209 га оросить с помощью метода дождевания.

Предполагается, что месторождения подземных вод будут использоваться для полива капельным способом и методом дождевания. Это позволит существенно сократить объем используемой подземной воды и увеличить урожайность.

Обсуждение. За последнее время территория исследования испытывает большие проблемы с поверхностными водами, так как они трансграничные. В связи с изменением природно-климатических условий и антропогенным фактором мы наблюдаем снижение уровня и объемов поверхностных вод, которых не хватает для орошения региона. Правительством принято решение использовать для полива и хозяйственно-питьевого назначения месторождения подземных вод региона.

Закключение. Комплексные подходы к управлению водными ресурсами, объединяющие подземные и поверхностные воды, могут значительно снизить уязвимость человека к экстремальным климатическим явлениям и способствовать усилению водной и продовольственной безопасности. По экспертным оценкам совместное использование подземных и поверхностных вод, при котором поверхностные воды применяются для орошения и водоснабжения во время влажных периодов, а подземные воды – в период засухи, сыграет важную роль.

За счёт утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод данных 4 месторождений для орошения по категории А+В+С₁+С₂ можно использовать 1 363 684,9 м³/сут., или 497 744 988,5 м³/год, и дополнительно оросить 16 999 га поверхностным поливом или 19 209 га оросить с помощью метода дождевания.

Исследование показало, что регулирование и управление эксплуатацией подземных вод 4 месторождений на предгорной территории позволит увеличить объем водных ресурсов для расширения площади орошаемых земель, повысить экономические показатели и занятость местного населения.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан («Ресурсы подземных вод как основной резерв устойчивого орошаемого земледелия Казахстана», № BR 21882211).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гидрогеология СССР. Т. XXXVI. Южный Казахстан. – М., 1970. – 472 с.
- [2] Джакелов А. К. Формирование подземных вод Чу-Сарысуьского артезианского бассейна, их ресурсы и перспективы использования. – Алматы: Ғылым, 1993. – 240 с.
- [3] Смоляр В. А., Буров Б. В. и др. Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние): Справочник. – Алматы: НИЦ «Ғылым», 2002. – 596 с.
- [4] Ахмедсафин У. М., Шлыгина В. Ф. Формирование подземных вод. – Алма-Ата: Наука, 1985. – 160 с.
- [5] Подземные воды Казахстана. Ресурсы, использование и проблемы охраны. – Алма-Ата: Ғылым, 1999. – 284 с.
- [6] Подземные воды Казахстана – резерв орошаемого земледелия. – Алма-Ата, Наука, 1988. – 128 с.
- [7] Тажиев С. Р. Использование подземных вод предгорья Киргизского Алатау // Труды Сатпаевских чтений «Инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии». – Алматы, 2018. – С. 160-163.
- [8] Тажиев С. Р. Экономическая целесообразность использования южной части Талас-Ассинского месторождения подземных вод для некоторых аулов Жамбылского и Байзакского районов Жамбылской области // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – Т. 1. – С. 395-396.
- [9] Taylor R.G., Bridget R. Scanlon, Petra Doll, Matt Rodell, Rens van Beek, et al. Groundwater and climate change // Nature Climate Change, 2013, 3, pp. 322-329. ff10.1038/nclimate1744ff. ffinsu-00817351
- [10] Абсаметов М. К., Муртазин Е. Ж. и др. Ресурсыный потенциал подземных вод Казахстана как источник устойчивого питьевого водоснабжения. – Алматы, 2023. – 304 с.

REFERENCES

- [1] Hydrogeology of the USSR. Vol. XXXVI. South Kazakhstan. M., 1970. 472 p. (in Russ.).
- [2] Dzhakelov A.K. Formation of groundwater in the Chu-Sarysu artesian basin, their resources and prospects for use. Almaty: Gylym, 1993. 240 p. (in Russ.).

- [3] Smolyar V. A., Burov B. V. et al. Water resources of Kazakhstan (surface and underground waters, current state): Directory. Almaty: Scientific Research Center Gylym, 2002. 596 p. (in Russ.).
- [4] Akhmedsafin U. M., Shlygina V. F. Formation of groundwater. Alma-Ata: Science, 1985. 160 p. (in Russ.).
- [5] Groundwater in Kazakhstan. Resources, use and protection issues. Alma-Ata: Gylym, 1999. 284 p. (in Russ.).
- [6] Groundwater in Kazakhstan is a reserve for irrigated agriculture. Alma-Ata: Nauka, 1988. 128 p. (in Russ.).
- [7] Tazhiev S. R. Use of groundwater in the foothills of the Kyrgyz Alatau // Proceedings of the Satpayev readings “Innovative solutions to traditional problems: engineering and technology”. Almaty, 2018. P. 160-163 (in Russ.).
- [8] Tazhiev S. R. Economic feasibility of using the southern part of the Talas-Assinsky groundwater deposit for some villages of the Zhambyl and Bayzak districts of the Zhambyl region // Problems of geology and subsoil development: proceedings of the XXIII International Symposium of Students and Young Scientists named after Academician M. A. Usov students and young scientists, dedicated to the 120th anniversary of the birth of academician K. I. Satpayev, 120th anniversary of the birth of Professor K. V. Radugin. Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2019. Vol. 1. P. 395-396 (in Russ.).
- [9] Taylor R.G., Bridget R. Scanlon, Petra Doll, Matt Rodell, Rens van Beek, et al. Groundwater and climate change // Nature Climate Change, 2013, 3, pp. 322-329. ff10.1038/nclimate1744ff. ffinsu-00817351
- [10] Absametov M. K., Murtazin E. Zh. et al. Resource potential of groundwater in Kazakhstan as a source of sustainable drinking water supply. Almaty, 2023. 304 p. (in Russ.).

С. Р. Тажиев*¹, Е. Ж. Муртазин², Л. Ю. Трушель³

^{1*} Ғылыми қызметкер (У. М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты, Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан; sula_tashiev@mail.ru)

² Директордың ғылым жөніндегі орынбасары (У. М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты, Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан; ye_murtazin@list.ru)

³ Жетекші ғылыми қызметкер (У. М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты, Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан; lydmila_y_t@mail.ru)

**ЖАМБЫЛ ОБЛЫСЫНЫҢ АУЫЛДЫҚ ЕЛДІ МЕКЕНДЕРІН СУАРУ ЖӘНЕ
ШАРУАШЫЛЫҚ-АУЫЗ СУМЕН ЖАБДЫҚТАУ ҮШІН
ҚЫРҒЫЗ АЛАТАУЫ БӨКТЕРІНІҢ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ БӨЛІГІНІҢ ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫ
КЕНОРНЫН ПАЙДАЛАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ**

Аннотация. Осы аумақта болды барланған 4 ірі кен орнының жер асты сулары, оның ішінде суару үшін. Пайдалану перспективалары жер асты суларының кен орындарын Қазақстандық бөлігінің тау бөктеріне, Қырғыз Алатауының үшін суару және шаруашылық-ауыз сумен жабдықтауға ауылдық елді мекендердің оңтүстік бөлігін, Жамбыл облысының қамтамасыз етеді экономикалық өсу және дамыту, ауыл шаруашылығы өңір.

Түйін сөздер: Жер асты суларының кен орындары, су үнемдеу технологиялары, гидрогеологиялық ұңғыма, дебит, тау етегі, минералдану.

S. R. Tazhiev*¹, Ye. Zh. Murtazin², L. Yu. Trushel³

¹*Researcher (Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafina, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; sula_tashiev@mail.ru)

² Deputy Director for Science (Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafina, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; ye_murtazin@list.ru)

³ Leading researcher (Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafin, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; lydmila_y_t@mail.ru)

**PROSPECTS FOR USE OF GROUNDWATER DEPOSIT OF THE KAZAKHSTAN PART
OF THE FOOTHMOUNTS OF THE KYRGYZ ALATAU
FOR IRRIGATION AND DOMESTIC DRINKING WATER SUPPLY
OF RURAL SETTLEMENTS OF THE ZHAMBYL REGION**

Abstract. In this area, 4 large deposits of groundwater were explored, including for irrigation. Prospects for the use of groundwater in the Kazakhstan part of the foothills of the Kyrgyz Alatau for irrigation and domestic and drinking water supply to rural settlements in the southern part of Zhambyl region to ensure economic growth and development of agriculture in the region

Keywords: groundwater deposits, water-saving technologies, hydrogeological well, flow rate, foothills, mineralization.

**Семинар «Укрепление устойчивости стран Центральной Азии
путем содействия региональному сотрудничеству в области оценки
ниважно-гляциальных систем для разработки комплексных методов
устойчивого развития и адаптации к изменению климата»**

3-4 апреля 2024 г. в Алматы прошел семинар, посвященный новому Региональному проекту, финансируемому Глобальным экологическим фондом (ГЭФ) совместно с ПРООН, и реализуемый ЮНЕСКО. ГЭФ направляет 6,1 млн долларов на проект, который должен создать общую систему наблюдений за криосферой (снежный покров, ледники, вечная мерзлота) в Центральной Азии. В проекте примут участие пять государств Центральной Азии, а также международные организации.

Цель семинара – укрепление сотрудничества между специалистами разных стран в области исследований криосферы, определение приоритетных направлений, обзор ключевых идей по изменению климата, мониторингу криосферы, сбору и обмену данными. Новый проект подчеркивает важность гляциально-ниважных систем для поддержания регионального водобеспечения и устойчивости сельского хозяйства и энергетики.

В семинаре приняли участие представители министерств, крупных научно-исследовательских организаций, специалисты гидрометеорологических служб из пяти стран Центральной Азии, а также Швейцарии и Германии. В гендерно сбалансированных выступлениях и панельных дискуссиях приняли участие сотрудники ряда институтов, Казселезащиты. Центральнo-Азиатский региональный гляциологический центр категории 2 под эгидой ЮНЕСКО представляли академик НАН РК, д. г. н. проф. Северский И. В., директор, д. пед. н. проф. Балыкбаев Т. О. и другие сотрудники.



И. В. Северский рассказал о методах исследования криосферы гор Центральной Азии (фото В. Капицы)

Семинар проходил в течение двух дней в режиме онлайн и офлайн. Представлены 33 устных сообщения. Рабочие языки семинара – русский и английский с синхронным переводом.

Со словами приветствия к участникам семинара обратились г-н Амир Пирич – директор Регионального офиса ЮНЕСКО в Алматы и г-н Анил Мишра – специалист Международной гидрологической программы (МГП). В соответствии с программой проходили сессии и проводились панельные дискуссии.

Особые дискуссии вызвали правовые аспекты обмена информацией и ресурсами по международным водным проблемам, оценка качества и достоверности информации, региональная ответственность. Оказалось, что многие проблемы являются общими для различных стран: мнением ученых государственные чиновники зачастую пренебрегают, спорные вопросы решаются прежде всего исходя из ведомственных интересов. Участники из стран Центральной Азии обозначили большую проблему – кадровый голод: не хватает гидрологов, мерзлотоведов, лавиноведов. Молодые специалисты охотно уходят в коммерческие организации, если не видят перспектив творческого роста. В западных странах к мониторингу окружающей среды и участию в научных исследованиях все чаще привлекают сознательных граждан-добровольцев (так называемый проект Citizen Scientists), о чем в своих онлайн-выступлениях упоминали коллеги из Фрибургского университета (Швейцария).



Участницы семинара – исследователи криосферы (ЦАРГЦ, Казахстан) (фото А. Егорова)

Во время семинара с коллегами из ближнего и дальнего зарубежья рассмотрены результаты исследований изменений климата, деградации оледенения, вопросы восстановления сети наземных наблюдений и подготовки молодых специалистов. Обсуждались новые практики взаимодействия науки и политики в области принятия решений по климату и криосфере, мониторинга криосферы, методы инструментальных наблюдений. Обсуждены планы дальнейшего сотрудничества, в частности намечено совместное участие в ряде онлайн и офлайн семинаров, тренингов, летних школ в Узбекистане и Кыргызстане с привлечением студентов различных специальностей.

Цели семинара включали обучение подготовке планов (TDA/SAP), которые являются требованием ГЭФ и состоят из двух частей. Сотрудниками Фрибургского университета на основании данных стран ЦА выполнен Трансграничный диагностический анализ (ТДА), представленный г-жой Мартиной Барандун. Предстоит сформулировать и принять Стратегический план действий (СПД).

Итоги. Выбраны приоритетные проблемы, решение которых, по мнению участников, является наиболее важным: состояние горных водохранилищ, отсутствие единой базы данных, нехватка специалистов. В целом одобрен план совместных действий по обмену информацией, преодолению дефицита кадров. Представлены сайты, на которых в открытом доступе выполнена информация: <https://iwlearn.net> – это международная сеть обмена знаниями по водным ресурсам Глобального экологического фонда. Проект IW:LEARN был создан для улучшения управления трансграничными водами во всем мире путем сбора и обмена передовым опытом, извлеченными уроками и инновационными решениями общих проблем в портфеле международных вод ГЭФ. Он способствует обучению менеджеров проектов, официальных лиц страны, агентств-исполнителей и других партнеров.

Институт ЦАИИЗ (Кыргызстан) предложил систему хранения сенсорных данных (SDSS) на сайте <http://sdss.caiag.kg>. Она представляет собой хранилище в виде базы данных, содержащей информацию от датчиков измерительных станций, и служит для их использования и управления.

Предложен свободный доступ к сайту www.swisseduc.ch/glaciers, на котором размещено много фотографий. Glaciers online представляет фотографии и краткие пояснения о ледниках со всего мира. Основная цель проекта – обогатить и стимулировать преподавание наук о Земле и физической географии, в частности гляциологии. Glaciers online – это совместный проект Юрга Алеана из Kantonschule Zürcher Unterland в Бюлахе, Швейцария, и Майкла Хэмбри из Центра гляциологии Аберистутского университета, Великобритания.

Пиманкина Н. В.,
*руководитель лаборатории мониторинга динамики
снежных и ледовых ресурсов ЦАРГЦ*

**Выездное заседание членов Парламентской комиссии
по мониторингу реализации национальных целей и задач
в области устойчивого развития Республики Казахстан на тему
«Обеспечение рационального использования водных ресурсов и
вопросы санитарии в рамках реализации
Целей устойчивого развития»**

29 марта 2024 г. в городе Туркестане состоялось выездное заседание членов Парламентской комиссии по мониторингу реализации национальных целей и задач в области устойчивого развития Республики Казахстан на тему «Обеспечение рационального использования водных ресурсов и вопросы санитарии в рамках реализации Целей устойчивого развития (ЦУР 6)» с участием председателя Сената Парламента Республики Казахстан М. С. Ашимбаева.

Цель заседания – оценить достижение Казахстаном ЦУР 6 по специальным индикаторам.

ЦУР 6 признана ООН наиболее «сквозной целью», которая прямо влияет на следующие ЦУР: ЦУР 1 – ликвидация нищеты; ЦУР 2 – ликвидация голода; ЦУР 3 – достижение хорошего здоровья; ЦУР 4 – качественное образование; ЦУР 8 – обеспечение достойной работой; ЦУР 10 – уменьшение неравенства; ЦУР 13 – борьба с изменением климата и ЦУР 17 – укрепление партнерства в интересах устойчивого развития.

Заседание проходило под председательством председателя Сената Парламента РК М. С. Ашимбаева. В нем приняли участие представители Парламентской комиссии, министерств, акимата и маслихата Туркестанской области, общественных организаций Туркестанской области, а также ветераны водного хозяйства.

Заседание проходило в течение одного дня в режиме офлайн. Рабочие языки заседания – казахский, английский и русский.

Участниками заседания обсуждены проблемные вопросы в достижении ЦУР 6 для Казахстана:

- доступ населения к безопасным санитарным условиям, в том числе очищение сточных вод, забор пресной воды и дефицит потребления воды;
- обзор ситуации с очисткой хозяйственно-бытовых (антропогенных) сточных вод;
- статистика забора воды;
- дефицит потребления воды, воплощенный в импорте.

В ходе заседания также были озвучены сопутствующие факторы, усложняющие достижение ЦУР 6:

- неэффективное управление водными ресурсами;
- отсутствие четких регуляторных механизмов использования трансграничных рек;
- дефицит кадров соответствующей квалификации.

Участниками заседания была дана оценка рисков достижения ЦУР 6:

- увеличение водопотребления в стране;
- ухудшение состояния водных ресурсов;
- рост потребности в водных ресурсах ввиду развития искусственного интеллекта (ИИ).

Отмечено, что в мире существует достаточно положительных примеров в вопросах водосбережения, например, такими странами, как Венгрия, Сингапур, Израиль, Великобритания.

Итоги. Предложены меры по улучшению системы управления водными ресурсами в стране в различных направлениях для достижения ЦУР 6.

В обсуждениях и выработке рекомендаций для протокола заседания приняли активное участие сотрудники АО «Институт географии и водной безопасности» МНВО РК: главный научный сотрудник лаборатории ландшафтоведения и проблем природопользования, д.т.н., профессор Мустафаев Ж. С. и старший научный сотрудник лаборатории гидрохимии и экологической токсикологии, доктор PhD Бурлибаева Д. М. Они дали ценные рекомендации по направлениям будущего развития водной отрасли для достижений Цели устойчивого развития (ЦУР 6).



Выступление Бурлибаевой Д. М. (АО «Институт географии и водной безопасности»)



Участники заседания с министром водных ресурсов и ирригации РК Нуржигитовым Н. М.

*Бурлибаева Д. М.,
СНС лаборатории гидрохимии и экологической токсикологии
АО «Институт географии и водной безопасности» МНВО РК*

Оперативное реагирование рабочей группы для оценки и контроля текущей паводковой ситуации в бассейне реки Жайык

Весной 2024 года сложилась тяжелая паводковая обстановка в бассейне р. Жайык, обусловленная интенсивным таянием снега, количество которого за зиму оказалось выше нормы, дружностью прохождения весеннего половодья, предшествующим глубоким промерзанием почвы. Паводки охватили Актюбинскую, Западно-Казахстанскую и Атыраускую области Республики Казахстан. В регионе был объявлен режим ЧС природного характера. Произошли переливы талых вод через проезжую часть автодорог; размывы автодорог, мостов, переходов; прорывы дамб и плотин; подтопление населенных пунктов; эвакуация и спасение людей из затопленных территорий.

Для контроля за паводковой обстановкой в бассейне р. Жайык в г. Атырау был создан штаб оперативного реагирования при Комитете науки Министерства высшего образования и науки РК. С 15 по 20 апреля 2024 г. в работе штаба принимали участие высококвалифицированные специалисты-гидрологи, ведущие научные сотрудники лаборатории водных ресурсов Института географии и водной безопасности – к.г.н., асоц. проф. Махмудова Ляззат Камаловна и PhD Мырзахметов Ахан Бахытович.

Специалистами проведен комплексный анализ всей информации: анализ гидрологических данных за период инструментальных наблюдений, определение времени добегания воды и волны половодья, построены и проанализированы поперечные профили по гидрологическим постам основного русла р. Жайык.

На основе гидрологической информации и картографического материала получены схемы расположения русел рек, каналов, водозаборных и сбросных сооружений по длине реки р. Жайык (от пос. Январцево до Каспийского моря). Данные были уточнены материалами полевых исследовательских работ с 17 по 19 апреля 2024 г.



Сотрудники Института географии и водной безопасности в ходе работы оперативного штаба

В результате Махмудовой Л. К. и Мырзахметовым А. Б. была подготовлена аналитическая справка паводковой обстановки р. Жайык, представлены краткосрочный прогноз времени добегания уровней и расходов по длине р. Жайык, дата наступления и значения максимального уровня и максимального расхода в г. Атырау, изложены рекомендации по отведению высоких вод по рукавам Бухарка, Зарослый, Яик, способных пропустить до 300 м³/с воды для поддержания уровня воды р. Жайык в г. Атырау на более низких отметках во избежание подтопления территории города.

Во время верстки журнала на р. Жайык в г. Атырау прошел пик уровня и расхода воды. Прогнозные количественные величины, представленные в аналитической записке, совпали с наблюдаемыми измерениями, что дает право говорить о высокой оправдываемости выпущенных гидрологических прогнозов.

*Махмудова Л. К.,
к. г. н., асоц. проф.,
Мырзахметов А. Б.,
PhD*

Ғалымды еске алу

Памяти ученого

Memory of the scientist

**Егорина
Анна Васильевна**



(1946 – 2024)

С грустью в сердце и уважением к памяти мы прощаемся с выдающимся ученым Казахстана в области географии – Анной Васильевной Егориной. Ее вклад в понимание мира, его климата, ландшафтов и культурных особенностей оставит неизгладимый след в науке. Мы горюем о потере не только ученого, но и человека с великим сердцем. Ее искренняя доброта и бескорыстная помощь всегда были своеобразной визитной карточкой.

24 апреля 2024 года ушла из жизни Анна Васильевна Егорина – известный ученый, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент Казахской национальной академии естественных наук, член-корреспондент Российской академии естествознания, профессор кафедры экологии и географии НАО «Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева».

Анна Васильевна Егорина родилась 4 марта 1946 года в шахтерской семье на прииске Теректы Больше-Нарымского района Восточно-Казахстанской области. После закрытия прииска в 1948 году её семья переехала в город Усть-Каменогорск. Вся дальнейшая жизнь и деятельность будущего ученого стала неразрывно связана с ним. Здесь в 1964 году она окончила одиннадцатилетнюю школу, а в 1971 году – естественно-географический факультет Усть-Каменогорского педагогического института. С 1971 по 1975 год Анна Васильевна работала учителем географии в Средней общеобразовательной школе. Довольно быстро она приняла обязанности завуча по учебной работе села Парыгино Зырянского района Восточно-Казахстанской области. С 1975 по 1980 год она руководила методическим кабинетом биологии и географии Областного института усовершенствования учителей. С 1980 года стала преподавателем кафедры физической географии Усть-Каменогорского педагогического института.

В 1983 году наступил новый этап в жизни Анны Васильевны – она приобрела статус соискателя ученой степени кандидата наук кафедры физической географии Ленинградского государственного университета. Руководителями диссертационного исследования стали известные ученые: крупный физикогеограф, ландшафтовед и океанолог, доктор географических наук, профессор К. М. Петров и один из создателей теории метеорологических полей и авторитетный исследователь в сфере общей и горной климатологии, доктор физико-математических наук, профессор О. А. Дроздов. В 1990 году она успешно защитила кандидатскую диссертацию по специальности «25.00.23 Физическая география, геофизика и геохимия ландшафтов» на тему «Пространственно-временные особенности гидротермических компонентов в природных комплексах Восточного Казахстана». Ученое звание доцента Анне Васильевне было присвоено ВАК Республики Казахстан в 1993 году.

В 2001–2004 годы она обучалась в докторантуре Алтайского государственного университета (г. Барнаул, Российская Федерация). И снова судьба свела Анну Васильевну с известными учеными: доктором географических наук, академиком СО РАН В. С. Ревякиным, главным научным сотрудником СОПО РАН, профессором А. Ю. Ретеюм. Итогом обучения в докторантуре стала увлекательная и обстоятельная докторская диссертация «Барьерный фактор в развитии природной среды гор», успешно защищенная в 2004 году.

Анна Васильевна на протяжении 16 лет с 2008 года добросовестно и с энтузиазмом выполняла обязанности профессора кафедры экологии и географии НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева». Ее преданность научной школе прикладной климатологии не мешала, а способствовала успешным и эффективным исследованиям проблем региональной физической географии, конструктивного ландшафтоведения, геоэкологии, природоохранного проектирования, географии туризма, научно-методического обеспечения подготовки специалистов высшей школы и многим другим. Она многократно руководила ответственными научными проектами и исследованиями молодых ученых. Анна Васильевна активно, иногда в ущерб личным интересам, участвовала в общественной деятельности. Она была членом Казахского географического общества (КГО) и председателем его Усть-Каменогорского филиала, входила в состав диссертационных советов по защитах диссертаций на соискание степеней кандидата, доктора наук и доктора философии (PhD). Особо стоит отметить научно-методические проекты по созданию учебников нового поколения «Экономическая и социальная география Казахстана» на государственном и русском языках.

Анна Васильевна была не только выдающимся исследователем, но и вдохновляющим учителем, чья страсть к знаниям исходила из глубокой любви к природе и людям. Ее работы расширили горизонты казахстанской географической науки, открывая новые сферы понимания и взаимодействия с планетой Земля.

Анна Васильевна Егорина – автор более 150 публикаций, среди которых монографии, учебные пособия, электронные учебные пособия, курсы лекций, практикумы для вузов и др. За достижения в этой области и другую работу профессиональная деятельность Анны Васильевны Егориной отмечена многими наградами. Ее научное и педагогическое наследие будет продолжать освещать путь молодым исследователям и преподавателям, напоминая о том, что самое важное в любой работе – это человечность и доброта.

В памяти коллег, учеников и всех, кто имел честь и возможность общаться с Анной Васильевной, она замечательный, светлый, интеллигентный, добрый, понимающий, внимательный, высоко эрудированный и талантливый ученый и преподаватель. Наследие Анны Васильевны будет жить в научных работах и учениках, а также в сердцах всех тех, кто имел счастье знать ее лично. Ее теплые слова, мудрые советы и бесконечная терпеливость останутся в наших сердцах. Ее скромность, умение увлечь и вдохновить других останутся в наших воспоминаниях навсегда. Коллеги, ученики, друзья и географическое сообщество Казахстана будут хранить воспоминания об этом уникальном человеке. Коллективы АО «Институт географии и водной безопасности» и факультета географии и природопользования НАО «Казахский национальный университет им. аль-Фараби» выражают самые искренние соболезнования и скорбят об утрате ученого и преподавателя.

*Скоринцева И. Б., доктор географических наук, доцент,
Плохих Р. В., доктор географических наук, доцент*

МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ – CONTENTS
**Гидрология и водное хозяйство
Гидрология және су шаруашылығы
Hydrology and water management**

- Мустафаев Ж. С., Кудерин А. А., Омаров А. Н., Тулетаяев А. Б.* Нормирование водопотребления сельскохозяйственных угодий и культур с учетом пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических факторов..... 3
(*Mustafayev Zh. S., Kuderin A. A., Omarov A. N., Tuletayev A. B.* Rating of water consumption of agricultural lands and crops taken into account of spatio-temporal variability of hydrometeorological factors)
- Загидуллина А. Р., Смагулов Ж. Ж., Биримбаева Л. М., Сайлаубек А. М.* Тенденции многолетних изменений стока основных рек, формирующихся в Жайык-Каспийском водохозяйственном бассейне..... 15
(*Zagidullina A. R., Smagulov Zh. Zh., Birimbayeva L. M., Sailaubek A. M.* Trends of long-term changes in the characteristic water flow rates of the main rivers of the Zhaiyk-Caspian water basin)
- Яковлев П. И.* Использование тепловых космических снимков при выявлении участков повышенного подземного притока в реки, озера и водохранилища (на примере Тверской области)..... 27
(*Yakovlev P. I.* Use of thermal space images in identifying areas of increased underground inflow into rivers, lakes and reservoirs (based on the example of the Tver region))
- Турсунова А. А., Мырзахметов А. Б., Баспакова Г. Р., Сайлаубек А. М., Салаватова Ж. Т.* Историческая справка о гидрологических характеристиках наводнений на реке Жайык..... 40
(*Tursunova A. A., Myrzakmetov A. B., Baspakova G. R., Sailaubek A. M., Salavatova Zh. T.* Historical information on the hydrological characteristics of floods on the Zhaiyk river)
- Лайсханов Ш. У., Каймулдинова К. Д., Алиаскаров Д. Т.* Тарихи карталардағы Арал теңізі акваториясының динамикасы..... 52
(*Laiskhanov Sh. U., Kaymuldinova K. D., Aliaskarov D. T.* Dynamics of the Aral Sea water on area historical maps)
- Молдахметов М. М., Махмудова Л. К., Мусина А. К., Абдуллаева Ә. С.* Жазықтық Қазақстан өзендері ағындысының көпжылдық тербелісіндегі тұрақсыздықты зерттеу..... 64
(*Moldakmetov M. M., Makhmudova L. K., Mussina A. K., Abdullayeva A. S.* Studying the non-stationarity of river flow during long-term fluctuations in plain rivers of Kazakhstan)
- Вагапова А. Р., Калиева К. Е., Набиоллина М. С., Ботантаева Б. С.* Шу өзенінің мысалында су таратуды оптимизациялау әдісі..... 83
(*Vagapova A. R., Kaliyeva K. Ye., Nabiollina M. S., Botantaeva B. S.* Method for optimizing water distribution by the example of the Shu River)
- Саркынов Е., Яковлев А. А., Жакупова Ж. З., Алимбетова А. Ж.* Обоснование исходных параметров необходимых типоразмеров усовершенствованной гидротаранной насосной установки для водоподъема из водотоков..... 91
(*Sarkynov Ye., Yakovlev A. A., Zhakupova Zh. Z., Alimbetova A. Zh.* Justification of the initial parameters of the required standard sizes of an improved hydraulic ram pumping unit for water lifting from watercourses)

**Гляциология и геокриология
Гляциология және геокриология
Glaciology and geocryology**

- Жданов В. В., Кузжагельдина Н. У., Камалбекова А. Н., Алдаберген Ұ. Р.* Статистический анализ многолетних данных о сходе снежных лавин и снежно-метеорологических условий в горах Иле Алатау.... 99
(*Zhdanov V. V., Kuzhageldina N. U., Kamalbekova A. N., Aldabergen U. R.* Statistical analysis of long-term data on snow avalanches and snow-meteorological conditions in the Ile Alatau mountains)

**Экономическая география
Экономикалық география
Econometical geography**

- Жакупова А. С., Аскарова М. А., Медеу А. А., Бауыржан У. Б.* Зеленое финансирование для устойчивого управления водными ресурсами..... 111
(*Zhakupova A. S., Askarova M. A., Medeu A. A., Bauyrzhan U. B.* Financing green technologies for sustainable water management)

Геоэкология – Геоэкология – Geocology

- Медешова Н. А., Утегенова М. А., Орынбек А. М., Ауелхан Е. С., Муртазин Е. Ж.*
Оценка и анализ радиационной безопасности Северного Торгая..... 121
(*Medeshova N. A., Utegenova M. A., Orynbeke A. M., Auelkhan Ye. S., Murtazin Ye. Zh.*
Assessment and analysis of radiation safety of Northern Torgai)

Топонимика – Топонимика – Toponymy

- Yeginbayeva A. Ye., Saparov K. T., Abdullina A. G., Shakhantayeva Zh. R.* Geographical problems
of unification of the toponymic system of Kazakhstan..... 134
(*Егинбаева А. Е., Сапаров Қ. Т., Абдуллина А. Г., Шахантаева Ж. Р.* Географические проблемы
унификации топонимической системы Казахстана)

Обзорные статьи – Шолу мақалалар – Review articles

- Tazhiev S. R., Murtazin E. Zh., Trushel L. Yu.* Перспективы использования месторождений
подземных вод казахстанской части предгорий Киргизского Алатау для орошения и
хозяйственно-питьевого водоснабжения сельских населенных пунктов Жамбылской области..... 143
(*Tazhiev S. R., Murtazin Ye. Zh., Trushel L. Yu.* Prospects for use of groundwater deposit
of the Kazakhstan part of the foothmounts of the Kyrgyz Alatau for irrigation and domestic
drinking water supply of rural settlements of the Zhambyl region)

Хроника – Хроника – Chronicle

- Семинар «Укрепление устойчивости стран Центральной Азии путем содействия региональному
сотрудничеству в области оценки нивально-гляциальных систем для разработки комплексных методов
устойчивого развития и адаптации к изменению климата»..... 152
Выездное заседание членов Парламентской комиссии по мониторингу реализации
национальных целей и задач в области устойчивого развития Республики Казахстан на тему
«Обеспечение рационального использования водных ресурсов и вопросы санитарии
в рамках реализации Целей устойчивого развития»..... 154
Оперативное реагирование рабочей группы для оценки и контроля текущей паводковой ситуации
в бассейне реки Жайык..... 157

Ғалымды еске алу – Памяти ученого – Memory of the scientist

- Егорина Анна Васильевна (1946-2024)..... 159

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

В журнале публикуются статьи, посвященные проблемным вопросам географической науки и геоэкологии, а также научные сообщения теоретического, методического, экспериментального и прикладного характера, тематические обзоры, критические статьи и рецензии, в том числе в виде писем в редакцию, библиографические сводки, хроника научной жизни. Тексты статей и других материалов могут предоставляться на казахском, русском или английском языках. Редакция принимает материалы в электронном виде, набранные в текстовом редакторе Microsoft Word, в сопровождении идентичной бумажной версии. Поля: верхнее и нижнее – 2,4 см, правое и левое – 2,2 см. Текст (шрифт «Times New Roman») дается в одну колонку через межстрочный интервал 1,0 и для него устанавливается автоматический перенос. Страницы нумеруются. Материал статьи (текст, включая аннотации на казахском, русском и английском языках, рисунки, таблицы, список литературы) оформляется одним файлом. Объем статьи со всеми структурными элементами не должен превышать 50 000 знаков с пробелами (до 12 стр.), других материалов – 20 000 знаков с пробелами (до 4 стр.).

Рукописи статей оформляются следующим образом: 1) УДК (выравнивание текста «левый край», кегль 10); 2) через один интервал инициалы и фамилии всех авторов через запятую (выравнивание текста «по центру», начертание «полужирный», регистр «начинать с прописных», кегль 11; если авторов несколько, после фамилии каждого указывается надстрочным индексом порядковый номер арабской цифрой); 3) через один интервал – ученое звание и степень автора, должность, в скобках – полное название организации, в которой он работает, город, страна (выравнивание текста «по центру», кегль 10; если авторов несколько, сведения даются о каждом из них отдельной строкой через одинарный интервал, а начинается каждая строка с надстрочного индекса порядкового номера после фамилии автора); 4) через один интервал – название статьи без переноса (выравнивание текста «по центру», начертание «полужирный», регистр «все прописные», кегль 14); 5) через один интервал – аннотация из 5–10 предложений, объемом до 1200 знаков с пробелами (начинать абзац следующим образом: «Аннотация. ... (каз. яз.)», «Аннотация. ... (рус. яз.)», «Abstract. ... (англ. яз.)») на том языке, на котором написан основной текст рукописи (абзац «0,75 см», выравнивание текста «по ширине», регистр «все строчные», кегль 10); 6) через один интервал 5–7 ключевых слов (начинать абзац следующим образом: «Түйін сөздер: ...», «Keywords: ...», «Ключевые слова: ...»), сортированных по алфавиту, на том языке, на котором написан основной текст рукописи (абзац «0,75 см», выравнивание текста «по ширине», регистр «все строчные», кегль 10).

Основной текст разбивается на структурные элементы: введение, постановка проблемы, методика исследований, источники данных, результаты исследований, обсуждение результатов, заключение (выводы), источник финансирования исследований (при необходимости), список литературы. Перед списком литературы может помещаться благодарность лицам и организациям, оказавшим помощь в написании статьи. Необщепринятые аббревиатуры должны расшифровываться в тексте при первом упоминании. Параметры текста: абзац «0,75 см», выравнивание «по ширине», регистр «как в предложениях», кегль 11.

Под заголовком «ЛИТЕРАТУРА» приводится список источников, на которые есть ссылки в тексте. Литература приводится сначала на языке оригинала, затем дублируется на английском языке «REFERENCES» (абзац «0,75 см», выравнивание «по ширине», регистр «как в предложениях», кегль 9). В тексте ссылки на номера списка даются в квадратных скобках. Запись каждой библиографической ссылки в списке начинается с ее порядкового номера в тексте: «[1] Петрова С.Н. Научно-исследовательская деятельность ...»). Список литературы оформляется по ГОСТ 7.1–2003 и тщательно выверяется автором. Транслитерация не допускается!

Далее следует резюме. Для статьи, предоставленной на *казахском языке*, требуются русский и английский переводы; на *русском языке* – казахский и английский переводы; на *английском языке* – казахский и русский переводы. Для авторов из зарубежья резюме на казахский язык переводится в редакции в соответствии с предоставленным на русском и английском языках. Структура двуязычных резюме: инициалы и фамилии всех авторов через запятую (после фамилии каждого указывается надстрочным индексом порядковый номер арабской цифрой); ученое звание и степень автора, должность, в скобках – полное название организации, в которой он работает, город, страна (если авторов несколько, сведения даются отдельной строкой через одинарный интервал, а начинается каждая строка с надстрочного индекса порядкового номера после фамилии автора); название статьи; аннотация, приведенная в начале статьи (начинать абзац следующим образом: «Аннотация. ... (каз. яз.)», «Аннотация. ... (рус. яз.)», «Abstract. ... (англ. яз.)»); ключевые слова, приведенные в начале статьи (начинать абзац следующим образом: «Түйін сөздер: ...», «Keywords: ...», «Ключевые слова: ...»).

Таблицы набираются в формате Microsoft Word (не Microsoft Excel), кегль 9. В статье даются ссылки на все таблицы. Располагать их следует сразу после упоминания в тексте или на следующей странице. Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Например, «Таблица 1 – Средний многолетний расход р. Жайык, м³/с». Размещать его следует над таблицей, без абзацного отступа (выравнивание текста «по центру», кегль 9). Не допускается перенос части таблицы на следующую страницу. Большие таблицы допускается размещать на всю страницу с ориентацией «альбомная». Таблицы и графы в них должны иметь заголовки, сокращения слов не допускаются. Повторяющийся в разных строках графы таблицы текст из одного слова после первого написания допустимо заменять кавычками. Если он состоит из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «то же», а далее – кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Рисунки должны быть выполнены в хорошем качестве, а их общее количество не превышать 5. Рисунки располагают непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Все надписи на рисунках должны хорошо читаться; по возможности их следует заменять буквами или цифрами, а необходимые пояснения давать в тексте или в подрисуночных подписях. В подрисуночной подписи необходимо четко отделить (новая строка) собственно название рисунка от объяснений к нему (экспликация). Подрисуночные подписи должны соответствовать тексту (но не повторять его) и изображениям. Например, «Рисунок 1 – Карта плотности населения в бассейне р. Жайык, чел. на 1 км²» (выравнивание текста «по центру», кегль 9). Фотографии должны быть четкими, без дефектов. Все рисунки также предоставляют отдельными файлами: для растровых изображений – в формате JPEG/TIFF/PSD, для векторных – в совместимом с Corel Draw или Adobe Illustrator. Разрешение растровых изображений в оттенках серого и RGB цветах должно быть 300 dpi, чёрно-белых – 600 dpi. Рекомендуемые размеры: ширина – 85, 120–170 мм, высота – не более 230 мм. При необходимости файлы могут быть заархивированы, предпочтительно в форматах ZIP или ARJ.

Математические обозначения и формулы нужно набирать в Microsoft equation и размещать в тексте отдельных строках, нумеруя только те, на которые есть ссылки в тексте. Русские и греческие буквы в формулах и статьях, а также математические символы и химические элементы набираются прямым шрифтом, латинские буквы – курсивом.

К статье следует приложить: 1) сопроводительное письмо; 2) рецензию на 1 стр.; 3) экспертное заключение об отсутствии секретных сведений в публикации, выданное организацией, в которой выполнена работа (в особых случаях возможно составление в редакции после внутреннего рецензирования); для нерезидентов Республики Казахстан экспертное заключение не требуется; 4) краткое заключение лаборатории (кафедры, отдела и др.), где выполнена представленная к публикации работа; 5) сведения о каждом авторе: ФИО (полностью), ученые степень и звание, должность и место работы, контактные E-mail, телефоны, факс.

Сданные в редакцию материалы авторам не возвращаются. Не соответствующие требованиям статьи не рассматриваются. Если статья отклонена, редакция сохраняет за собой право не вести дискуссию по мотивам отклонения.

Все материалы проходят внутреннее и внешнее рецензирование. Редакция просит авторов отмечать все изменения, внесенные в статью после исправления или доработки текста по замечаниям рецензента (например, цветом). При работе над рукописью редакция вправе ее сократить. В случае переработки статьи по просьбе редакционной коллегии журнала датой поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта. За достоверность приведенных в статье научных фактов полную ответственность несет автор (авторы в равной мере, если их несколько).

Адрес редакции журнала «География и водные ресурсы»:

Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Пушкина, 99,

АО «Институт географии и водной безопасности».

Тел.: +7(727)2918129 (приемная); факс: +7(727)2918102

E-mail: journal.ingeo@gmail.com

Сайт: <https://ojs.ingeo.kz>

Ғылыми жарияланымдардың этикасы

«География мен су ресурстары» журналының редакциялық алқасы халықаралық қоғамдастық қабылдаған жариялау этикасының қағидаттарын ұстанады, сондай-ақ беделді халықаралық журналдар мен баспалардың құнды тәжірибесін ескереді.

Баспа қызметіндегі жосықсыз тәжірибені болдырмау мақсатында (плагиат, жалған ақпаратты ұсыну және т.б.) және ғылыми жарияланымдардың жоғары сапасын қамтамасыз ету, автордың алған ғылыми нәтижелерін жұртшылықпен таныстыру мақсатында редакциялық кеңестің әрбір мүшесі, автор, рецензент, сондай-ақ баспа барысында қатысатын мекемелер этикалық стандарттарды, нормалар мен ережелерді сақтауға және олардың бұзылуын болдырмау үшін барлық іс-шараларды қабылдауға міндетті. Осы процеске қатысушылардың барлығының ғылыми жарияланым этикасы ережелерін сақтау авторлардың зияткерлік меншік құқықтарын қамтамасыз етуге, басылым сапасын арттыруға және авторлық ақпараттарды, жеке тұлғалардың мүддесі үшін заңсыз пайдалану мүмкіндігін болдырмауға ықпал етеді.

Редакцияға келіп түскен барлық ғылыми мақалалар міндетті түрде екі жақты шолудан өтеді. Журнал редакциясы мақаланың журнал бейініне, ресімдеу талаптарына сәйкестігін белгілейді және қолжазбаның ғылыми құндылығын айқындайтын және мақала тақырыбына неғұрлым жақын ғылыми мамандандырулары бар екі тәуелсіз рецензент – мамандарды тағайындайтын журналдың жауапты хатшысының бірінші қарауына жібереді. Мақалаларды рецензиялауды редакциялық кеңес және редакциялық алқа мүшелері, сондай-ақ басқа елдердің шақырылған рецензенттері жүзеге асырады. Мақалаға сараптама жүргізу үшін белгілі бір рецензентті таңдау туралы шешімді Бас редактор қабылдайды. Рецензиялау мерзімі 2-4 аптаны құрайды, бірақ рецензенттің өтініші бойынша ол ұзартылуы мүмкін.

Редакция мен рецензент қарауға жіберілген жарияланбаған материалдардың құпиялылығын сақтауға кепілдік береді. Жариялау туралы шешімді журналдың редакциялық алқасы рецензиялаудан кейін қабылдайды. Қажет болған жағдайда қолжазба авторларға рецензенттер мен редакторлардың ескертулері бойынша жөндеуге жіберіледі, содан кейін ол қайта рецензияланады. Редакция этика ережелерін бұзған жағдайда мақаланы жариялаудан бас тартуға құқылы. Егер ақпаратты плагиат деп санауға жеткілікті негіз болса, жауапты редактор жариялауға жол бермеуі керек.

Авторлар редакцияға ұсынылған материалдардың жаңа, бұрын жарияланбаған және түпнұсқа екендігіне кепілдік береді. Авторлар ғылыми нәтижелердің сенімділігі мен маңыздылығына, сондай-ақ ғылыми этика қағидаттарын сақтауға, атап айтқанда, ғылыми этиканы бұзу фактілеріне жол бермеуге (ғылыми деректерді тұжырымдау, зерттеу деректерін бұрмалауға әкелетін бұрмалау, плагиат және жалған тең авторлық, қайталау, басқа адамдардың нәтижелерін иемдену және т. б.) жауапты болады.

Мақаланы редакцияға жіберу авторлардың мақаланы (түпнұсқада немесе басқа тілдерге немесе басқа тілдерге аударылған) басқа журналға (журналдарға) бермегенін және бұл материал бұрын жарияланбағанын білдіреді. Әйтпесе, мақала авторларға авторлық құқықты бұзғаны үшін мақаланы қабылдау туралы ұсыныспен дереу қайтарылады. Басқа автор жұмысының 10 пайызынан астамын оның авторлығын және дереккөзге сілтемесіз сөзбе-сөз көшіруге жол берілмейді. Алынған көріністер немесе мәлімдемелер автор мен бастапқы көзді міндетті түрде көрсете отырып жасалуы керек. Шамадан тыс көшіру, сондай-ақ кез-келген нысандағы плагиат, оның ішінде рәсімделмеген дәйексөздер, өзгерту немесе басқа адамдардың зерттеулерінің нәтижелеріне құқықтар иемдену этикалық емес және қолайсыз. Зерттеу барысына қандай да бір түрде әсер еткен барлық адамдардың үлесін мойындау қажет, атап айтқанда, мақалада зерттеу жүргізу кезінде маңызды болған жұмыстарға сілтемелер ұсынылуы керек. Қосалқы авторлардың арасында зерттеу-ге қатыспаған адамдарды көрсету болмайды.

Егер жұмыста қате табылса, редакторға тез арада хабарлау керек және бірге түзету туралы шешім қабылдау керек.

Қолжазбаны жариялаудан бас тарту туралы шешім рецензенттердің ұсынымдарына сәйкес редакциялық алқа отырысында қабылданады. Редакциялық алқаның шешімімен жариялауға ұсынылмаған мақала қайта қарауға қабылданбайды. Жариялаудан бас тарту туралы хабарлама авторға электрондық пошта арқылы жіберіледі.

Редакциялық алқа мақаланы жариялауға жіберу туралы шешім қабылдағаннан кейін редакция бұл туралы авторға хабарлайды және жариялау мерзімін көрсетеді.

Этика научных публикаций

Редакционная коллегия журнала «География и водные ресурсы» придерживается принятых международным сообществом принципов публикационной этики, а также учитывает ценный опыт авторитетных международных журналов и издательств.

Во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (плагиат, изложение недостоверных сведений и др.) и в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, признания общественностью полученных автором научных результатов каждый член редакционного совета, автор, рецензент, а также учреждения, участвующие в издательском процессе, обязаны соблюдать этические стандарты, нормы и правила и принимать все меры для предотвращения их нарушений. Соблюдение правил этики научных публикаций всеми участниками этого процесса способствует обеспечению прав авторов на интеллектуальную собственность, повышению качества издания и исключению возможности неправомерного использования авторских материалов в интересах отдельных лиц.

Все научные статьи, поступающие в редакцию, подлежат обязательному двойному слепому рецензированию. Редакция Журнала (ответственный секретарь Журнала) устанавливает соответствие статьи профилю Журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на первое рассмотрение, определяет научную ценность рукописи и назначает двух независимых рецензентов – специалистов, имеющих наиболее близкие к теме статьи научные специализации. Рецензирование статей осуществляется членами редакционной коллегии, а также приглашенными рецензентами из других стран. Решение о выборе того или иного рецензента для проведения экспертизы статьи принимает главный редактор. Срок рецензирования составляет 2-4 недели, но по просьбе рецензента он может быть продлен.

Редакция и рецензент гарантируют сохранение конфиденциальности не опубликованных материалов. Решение о публикации принимается редакционной коллегией Журнала после рецензирования. В случае необходимости рукопись направляется авторам на доработку по замечаниям рецензентов и редакторов, затем она повторно рецензируется. Редакция оставляет за собой право отклонить публикацию статьи в случае нарушения правил этики. Ответственный редактор не должен допускать к публикации информацию, если имеется достаточно оснований полагать, что она является плагиатом.

Авторы гарантируют, что представленные в редакцию материалы являются новыми, ранее не опубликованными и оригинальными. Они несут ответственность за достоверность и значимость научных результатов, а также соблюдение принципов научной этики, в частности недопущение фактов нарушения научной этики (фабрикация научных данных, фальсификация, ведущая к искажению исследовательских данных, плагиат и ложное соавторство, дублирование, присвоение чужих результатов и др.).

Направляя статью в редакцию, авторы подтверждают, что данная статья не была ранее опубликована и не передавалась в другой журнал(ы) как в оригинале, так и в переводе на другие языки или с других языков. В противном случае статья немедленно возвращается авторам с рекомендацией отклонить статью за нарушение авторских прав. Не допускается дословное цитирование работы другого автора без указания его авторства и ссылок на источник. Заимствованные фрагменты или утверждения должны быть оформлены с обязательным указанием автора и первоисточника. Чрезмерные заимствования, а также плагиат в любых формах, включая неоформленные цитаты, перефразирование, перевод или присвоение прав на результаты чужих исследований, неэтичны и неприемлемы. Необходимо признавать вклад всех лиц, так или иначе повлиявших на ход исследования. В частности, в статье должны быть представлены ссылки на работы, которые имели значение при проведении исследования. Среди соавторов недопустимо указывать лиц, не участвовавших в исследовании. Если обнаружена ошибка в работе после подачи статьи, необходимо срочно уведомить редактора и вместе принять решение об исправлении.

Решение об отказе в публикации рукописи принимается редакционной коллегией в соответствии с рекомендациями рецензентов. Статья, не рекомендованная решением редакционной коллегии к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Сообщение об отказе в публикации направляется автору по электронной почте.

После принятия редколлегией Журнала решения о допуске статьи к публикации редакция информирует об этом автора и указывает сроки публикации.

Ethics of scientific publications

In order to avoid unfair practices in publishing activities (plagiarism, presentation of false information, etc.) and in order to ensure the high quality of scientific publications, public recognition of the scientific results obtained by the author, each member of the editorial board, author, reviewer, as well as institutions involved in the publishing process, must comply with ethical standards, rules and regulations and take all measures to prevent their violations. Compliance with the rules of ethics of scientific publications by all participants in this process contributes to ensuring the rights of authors to intellectual property, improving the quality of the publication, and excluding the possibility of illegal use of copyright materials in the interests of individuals.

All scientific articles submitted to the editorial office are subject to mandatory double-blind review. The editorial board of the Journal (Responsible secretary) establishes the correspondence of the article to the profile of the Journal, the requirements for registration and sends it for the first consideration, determines the scientific value of the manuscript and appoints two independent reviewers - specialists who have scientific specializations closest to the topic of the article. Reviewing of articles is carried out by members of the editorial board, as well as invited reviewers from other countries. The decision on choosing a reviewer for the examination of the article is made by the editor-in-chief. The review period is 2-4 weeks, but it can be extended at the request of the reviewer.

The editorial board and the reviewer guarantee the confidentiality of unpublished materials. The decision on publication is made by the editorial board of the Journal after reviewing. The manuscript is sent to the authors for revision based on the comments of reviewers and editors if necessary. After which, it is re-reviewed. The editors reserve the right to reject the publication of an article in case of a violation of the rules of ethics. The executive editor should not allow information to be published if there are sufficient grounds to believe that it is plagiarism.

The authors guarantee that the submitted materials to the editorial office are new, previously unpublished, and original. Authors are responsible for the reliability and significance of scientific results, as well as adherence to the principles of scientific ethics, in particular, the prevention of violations of scientific ethics (fabrication of scientific data, falsification leading to distortion of research data, plagiarism, and false co-authorship, duplication, appropriation of other people's results, etc.).

The submission of an article to the Editorial Board means that the authors did not transmit the article (in original or translation into other languages or from other languages) to another journal (s), and this material has not been previously published. Otherwise, the article is immediately returned to the authors with a recommendation to reject the article for copyright infringement. Verbatim quoting of the work of another author is not allowed without indicating his authorship and references to the source. Borrowed fragments or statements must be made with the obligatory indication of the author and the source. Excessive borrowing as well as plagiarism in any form, including unofficial quotations, paraphrasing, or appropriation of rights to the results of other people's research, is unethical and unacceptable. It is necessary to recognize the contribution of all persons, who in one way or another influenced the course of the research. In particular, the article, should contain references to works that were of importance in the conduct of the research. Among the co-authors, it is inadmissible to indicate persons who did not participate in the study.

If an error is found in work, it is necessary to notify the editor and together make a decision on the correction.

The decision to refuse publication of the manuscript is made at a meeting of the editorial board by the recommendations of the reviewers. An article not recommended for publication by the decision of the editorial board is not accepted for reconsideration. The refusal to publish is sent to the author by e-mail.

After the editorial board of the Journal decides on the admission of the article for publication, the editorial board informs the author about it and indicates the terms of publication.

Журналдың жауапты хатшысы –
PhD, аға ғылыми қызметкер
Ж. К. Наурызбаева

Ответственный секретарь журнала –
PhD, старший научный сотрудник
Ж. К. Наурызбаева

Responsible Secretary of the Journal –
PhD, Senior Researcher
Zh. K. Naurozbayeva

Редакторы *Т. Н. Кривобокова*
Компьютерлік беттеген
Д. Н. Қалқабекова

Редактор *Т. Н. Кривобокова*
Верстка на компьютере
Д. Н. Калкабековой

Editor *T. N. Krivobokova*
Makeup on the computer of
D. N. Kalkabekova

Басуға 20.06.2024 қол қойылды.
Пішіні 60x88¹/₈. Офсеттік басылым.
Баспа – ризограф. 10,5 п.л.
Таралымы 300 дана.

Подписано в печать 20.06.2024.
Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная.
Печать – ризограф. 10,5 п.л.
Тираж 300.

Passed for printing on 20.06.2024.
Format 60x88¹/₈. Offset paper.
Printing – risograph. 10,5 p/p.
Number of printed copies 300.

«Нурай Принт Сервис» ЖШС
баспаханасында басылып шықты.
050026, Алматы қ.,
Муратбаев көшесі 75, оф.3.
Тел.: +7(727)234-17-02

Отпечатано в типографии
ТОО «Нурай Принт Сервис».
050026, г. Алматы,
ул. Муратбаева, 75, оф. 3.
Тел.: +7(727)234-17-02

Printed in the publishing house
of the LLP «Nurai Print Service».
050026, Almaty,
Muratbaev str., 75, off. 3.
Tel.: +7(727)234-17-02