

МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ, ГЕОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КОМИТЕТ ПО ВОДНЫМ РЕСУРСАМ

ТОО «КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА»
(ТОО «КазНИИВХ»)



Климат и водные ресурсы: мелиорация и экология
Климат және су ресурстары: мелиорация және экология
Climate and water resources: land reclamation and ecology

*Материалы Международной конференции
посвященной 70 летнему юбилею Б.М. Койбакова
академика КАСХН, д.с-х.н.*
Сборник научных трудов

Тараз 2022

**МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ, ГЕОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

КОМИТЕТ ПО ВОДНЫМ РЕСУРСАМ

**ТОО «КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА»
(ТОО «КазНИИВХ»)**



Климат и водные ресурсы: мелиорация и экология

Климат және су ресурстары: мелиорация және экология

Climate and water resources: land reclamation and ecology

*Материалы Международной конференции
посвященной 70 летнему юбилею Б.М. Койбакова
академика КАСХН, д.с-х.н.*

Сборник научных трудов

Тараз 2022

УДК 551.58
ББК 23.237
К 49

Рекомендовано к изданию Ученым советом КазНИИВХ (протокол № 3 от 28.09.2021 г.).

Рецензенты: **Абдураманов А.А.** – доктор технических наук, профессор кафедры ТарПУ им М.Х.Дулати. **Ибатуллин С.Р.** – доктор технических наук, профессор, директор КФ «Международный учебный центр по безопасности гидротехнических сооружений».

Редакционная коллегия: **Балгабаев Н.Н.** – доктор сельскохозяйственных наук (гл. редактор), Генеральный директор ТОО «КазНИИВХ»; **Койбаков С.М.** доктор технических наук ТарПУ; **Ибраев Т.Т.** – кандидат технических наук, заместитель Генерального директора по научной работе и внедрению ТОО «КазНИИВХ», **Койбакова Е.С.** - кандидат сельскохозяйственных наук; **Калдарова С.М.** – кандидат технических наук, **Таттибаев Х.А.** – кандидат технических наук, **Ли М.А.** – кандидат технических наук, **Кудайбергенова И.Р.**

К 49 Климат и водные ресурсы: мелиорация и экология:
Сб. науч. тр. / ТОО «КазНИИВХ», - Тараз, 2022. – 282 с.
ISBN 978-601-7790-15-8

В сборник включены статьи научных сотрудников и специалистов водного хозяйства, раскрывающие вопросы эффективного управления и использования водных ресурсов, влияние изменения климата на водные ресурсы Евразии, ресурсы бассейнов трансграничных рек и угрозы их сохранению, перспективы развития мелиоративного земледелия в условиях дефицита воды, экологические проблемы в свете роста потребления воды и изменения климата.

Жинаққа су ресурстарын тиімді басқару және пайдалану, климаттың өзгеруінің Еуразияның су ресурстарына тигізетін әсері, трансшекаралық өзендер бассейндерінің ресурстары және оларды сақтау қаупі, су тапшылығы жағдайында мелиоративтік егіншілікті дамыту перспективалары, су тұтынудың өсуі және климаттың өзгеруі аясындағы экологиялық мәселелерін ашатын су шаруашылығының ғылыми қызметкерлері мен мамандарының мақалалары енгізілген.

The collection includes articles by researchers and specialists of water management, revealing the issues of effective management and use of water resources, the impact of climate change on the water resources of Eurasia, the resources of transboundary river basins and threats to their conservation, prospects for the development of reclamation agriculture in conditions of water scarcity, environmental problems in the light of increasing water consumption and climate change.

УДК 551.58
ББК 26.237

ISBN 978-601-7790-15-8

© КазНИИВХ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
Балгабаев Н.Н. Койбакову Бауржану Мельдебековичу 70 лет.....	7
Рау А.Г. Повышение продуктивности каштановых почв на орошаемых землях Центрального и Северного Казахстана (<i>по тропам науки ученого, академика А.С.Х.Н. РК Бауржана Мельдебековича Койбакова</i>).....	10
 1 ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ЕВРАЗИИ	
Duhovny V., Ibatullin S., Ziganshina D., Central Asia Expert Platform and Research Fund on Water Security, Sustainable Development and Future Studies	19
Медеу А.Р., Алимкулов С.К., Турсунова А.А. Антропогенная нагрузка на водные ресурсы Казахстана	24
Зәуірбек Ә.К. Рябцев А.Д. Кененбаев Т.С. Омарова Г. Е. Концептуальные основы развития орошаемого земледелия с учетом антропогенной деятельности в условиях изменения климата	32
Черняк О.Н Влияние изменение климата на внутригодовое распределение стока воды крупных рек республики Беларусь	37
Хайдаров А.Р. Влияние изменения климата на водные ресурсы Узбекистана	41
 2 РЕСУРСЫ БАСЕЙНОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК И УГРОЗЫ ИХ СОХРАНЕНИЮ	
Мусаев А.И., Турекельдиева Р. Оценка ресурсного потенциала возвратных вод южного региона Казахстана.....	44
Балгабаев Н.Н., Байзакова А.Е., Калашников П.А., Джабаев К.Е., Боровиков Э.А., Власов А.О. Моделирование распределения речного стока на основе пространственной корреляции	51
Сенников М.Н. Омарова Г.Е., Ержанова Н.К., Джакияев Б.Д. Влияние русловых процессов на эксплуатацию гидроузлов юга Казахстана.....	55
Гусева Т.М., Мажайский Ю.А Сравнительная характеристика гидрохимических показателей малых рек Окского бассейна.....	60
Тулегенов Ш.А. Құрманғазы Е. Жоғары жылжамдық ағынды гидравликалық есептеу.....	63
Ангольд Е.В., Жарков В.А. Пути повышения эффективности использования доступных водных ресурсов в Республике Казахстан.....	65
Таттибаев Х. А. Мамучев Р.А., Усеров, К. М., Расманбетов Т.А., Батырбаев А. Анализ водных ресурсов и мелиоративного состояния орошаемых земель по Арало-Сырдарьинскому водохозяйственному бассейну	70
Махмудова Л.К., Канатұлы Ә., Жакен Қ., Абиев М.А., Амангельді Р. Оценка многолетних колебаний стока рек бассейна р. Есиль.....	75
Карлыханов О.К., Ли М.А., Бакбергенев Н.Н., Иманалиев Т.К., Жакашов А.М., Понкратьев Д.М. Обобщение результатов научных исследований по внедрению приборов водоучета и технологии управления водными ресурсами на водных объектах.....	80
Ли М.А. Бакбергенев Н. Н. Иманалиев Т. К. Техническое состояние и оснащенность водоаккумулирующих объектов бассейна реки Тобыл	91
Джурумбаева Р, Кожамкулова Г.Е. Қазақстанның трансшекаралық өзендерінің су ресурстарын пайдалану мәселерері.....	96
Бердібекова Ш.С. Шомантаев А.Ә. Қазақстан Республикасы аумағындағы Арал-Сырдария бассейнінің су ресурстарын ықпалдастықпен басқару.....	99
Кененбаев Т.С. Влияние качественного уровня эксплуатации и технического содержания оросительных систем на эксплуатационные потери поливной воды.....	102

3 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ

Ибатуллин С.Р. Нарастание водного дефицита как угроза продовольственной безопасности Центральной Азии.....	109
Касымбеков Ж.К., Касымбеков Г.Ж. Обоснование конструкции и параметров микрогидроэлектростанции гидроциклонного типа для систем водоснабжения.....	116
Токтамысов Э.М., Шермагамбетов К., Баимбетова Г.З., Елеуова Э.Ш. Системы обработки почвы в ресурсосберегающих технологиях возделывания риса.....	122
Джумабеков А.А. Абдешев К.Б. Режим грунтовых вод и радиус действия скважин вертикального дренажа.....	125
Мищенко Н.А. Технологические и технические особенности полива рассадно-овощных культур, выращиваемых кассетным способом в защищенном грунте.....	130
Калашников А.А. Отработка технологии возделывания лука с применением водосберегающих технологий.....	134
Тагаев А. Влияние приемов обработки почвы на физические свойства сероземов.....	146
Парамонов А.И., Басманов А.В., Мирдадаев М.С., Цхай М.Б., Калдарова С.М., Басманов И.В. Агротехнологические приемы повышения продуктивности мелиорируемых земель Казахстана	149
Джайсамбекова Р.А., Балгабаев Н.Н., Басманов А.В., Салимбаев Р.Р. Почвенно-мелиоративное состояние Мактааральского массива орошения.....	153
Басманов А.В., Мирдадаев М.С., Койбакова Е.С., Джайсамбекова Р.А., Басманов А.В., Кабыл Т.М. Оценка энергетических параметров зональных почв Казахстана.....	160
Калашников П.А., Байзакова А.Е., Боровиков Э.А., Попандопуло Г.П., Власов А.О. Применение возобновляемых источников энергии в системах капельного орошения	164
Калдарова С.М., Цхай М.Б., Попандопуло Г.П., Халимбетова А.А. Қорғалған грунты суаруды нормалау.....	173
Грушин А.В., Гжибовский С.А., Коломеев А.В. Повышение эффективности оросительной техники.....	177
Сейітқазиев Ә.С., Құдайбергенова И.Р. Тозған жерлерді жақсартудың тәсілдерін анықтау	182
Кали Ә. С., Таттибаев Х. А. Суармалы жерлердің бетін тегістеу, ауылшаруашылық өндірісіндегі мелиорация құрамының маңызды жұмыстарының бірі	186
Дюйсенхан А.Ж. Жапаркулова Е.Д., Жандосов Д.Д. Влияние грунтовых вод на водообеспеченность и мелиоративное состояние орошаемых земель	189
Norkuziyeva N. S. Khikmatov M.F., Fayzullayev N.E. Safety technique in the operation of hydromelioration machines.....	192
Gadaev N., Nasirova M.S., Amanov O., Qurbonov F., Yakshiev Sh., Kandaxarov Z. Cotton irrigation with a polymer-polymer complex screen.....	195
Gadaev N., Nasirova M.S., Amanov O., Qurbonov F., Yakshiev Sh., Kandaxarov Z. Mathematical calculations of water saving during furrow irrigation of cotton using a screen from an interpolymmer complex.....	199
Қанжар Ғ.Ә. Әбдісадыққызы А. Қызылорда облысы Шиелі ауданының суғармалы жерлердің су-тұз тәртібін реттеу жолдары.....	203
Жұмашев.Н.Қ, Әбдісадыққызы А. Қызылорда суармалы жерлерін тиімді пайдаланудың ғылыми негіздемесі	206
Куртебаев Б. М., Мамучев Р. А. Оценка применимости технических средств орошения дождеванием в предгорной зоне южного региона РК	209
Таттибаев Х. А., Калдарова С. М., Джабаев К. Е., Кали А.С., Усеров К. М. Технологические операции и требование при дискретной технологий орошения.....	213

4 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В СВЕТЕ РОСТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Мажайский Ю.А., Шевченко В.А., Макарова Л.Ю., Шешенев Н.В. Использование ПК МИКЕ в процессе проектирования систем обводнения осушенных торфяников.....	218
Вагапов Р.И., Вагапова А.Р. Водообеспеченность и кормоемкость природно-хозяйственных систем низовий реки Шу.....	223
Ибатуллин С.Р. Задачи развития научно-образовательного потенциала, в сфере водных ресурсов РК.....	228
Зәуірбек Ә.К., Калыбекова Е.М., Жандияр Е. Оценка влияния качества воды на здоровье населения.....	238
Круглов Л.В., Круглов С.Л. Защита подвалов зданий от подтопления.....	242
Гриценко Н.В. Кудайбергенова И.Р., Өтепберген Г.С. Қазақстанның оңтүстігінің экологиялық мәселелері.....	246
Абдураманов Н.А., Рысмаханов Н.К., Попандопуло Г.П., Боровиков Э.А., А.С.Кали Способы берегозащитного крепления земляных каналов	251
Тельгараева Г.Е. Рациональное использование минерализованных вод питьевого водоснабжения на летних отгонных пастбищах	253
Устабаев Т.Ш. Исследование и разработка технических средств утилизации рассолов при опреснении минерализованных вод на отгонных пастбищах республики Казахстан.....	256
Джоланов Е.Е. Климаттың өзгеруінің экологиялық мәселелері.....	258
Әбубәкір Ә., Зулпибекова С.Б., Ануарбеков К.К. Таза ауыз суды дайындаудың қазіргі жүйесі.....	262
Улугхожаева У. А. Яхёхужаева А. М. Роль организации охраны труда в гидромелиоративной отрасли.....	265
Norkuziyeva N. S. Khikmatov M.F., Fayzullayev N.E. Safety technique in the operation of hydromelioration machines.....	268
Набиоллина М.С. Акимова И.Н. Орал қаласының төгінді суларын тазарту технологиясы.....	270
Yalcin Bozkurt, Alina Vagapova Long-term effects of artificial fertilizer applications on natural grasslands within the aspect of ecologically sustainable grazing systems in the highlands of the Eastern Turkey.....	273
Meldebekova G.S. Koibakov S.M. Modeling hydrological ecosystem services and trade-offs under land use land cover change scenarios in the Syrdaryariver Basin, Central Asia....	277

ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата оказывает негативное воздействие на самые различные аспекты нашей жизни, в том числе это касается и водных ресурсов. Во-первых, повышение температуры приводит к ускоренному испарению воды. В результате, все чаще возникает проблема дефицита питьевой воды, а также необходимых ресурсов для ведения сельского хозяйства. Во-вторых, наблюдается увеличение частотности таких стихийных бедствий, как сели, оползни и наводнения. Таким образом, мы видим, что проблема водных ресурсов непосредственно связана с происходящими климатическими изменениями, что, безусловно, требует от нас принятия незамедлительных адаптационных мер.

Согласно данным ЮНЕСКО, на сегодняшний день 2,1 млрд. человек по всему миру элементарно не имеют доступа к питьевой воде. Недаром обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех стало 6-ой из 17 Целей Устойчивого Развития, принятых Генеральной Ассамблеей ООН в рамках Повестки Дня до 2030 года. Что же касается конкретно региона Центральной Азии, то, согласно мнению многих ученых, данный регион является одним из наиболее уязвимых перед изменением климата. Существует серьезный риск того, что повышение температуры здесь будет более значительным в сравнении со среднемировым значением. Следовательно, водные ресурсы нашего региона также подвержены еще большей угрозе. Так, к примеру, 2/3 населения Таджикистана, которая по-прежнему проживает в сельской местности, испытывает острый дефицит пресной воды. В свою очередь, в Узбекистане, больше половины населения элементарно не имеет доступа к центральной водопроводной сети. Тем не менее, хотелось бы подчеркнуть, что ни проблема изменения климата, ни вопрос управления водными ресурсами не имеют четких территориальных границ. Как отмечает Силер Мюллер, вице-президент Всемирного банка по региону Европы и Центральной Азии, «Изменение климата - с его отрицательным воздействием на водные ресурсы, гидрологический цикл, потоки поверхностных и подземных вод - не могут рассматриваться в контексте границ одной страны. Меры реагирования на изменение климата и эффективное управление водными ресурсами неизбежно требуют сотрудничества между всеми странами на национальном, региональном и глобальном уровнях». Иначе говоря, борьба за сохранение водных ресурсов требует объединения усилий на уровне всего региона Центральной Азии и принятия соответствующих адаптационных мер.

Таким образом, мы видим, что управление водными ресурсами зачастую является вопросом регионального масштаба и требует мобилизации всех возможных сил. Поэтому нам всем следует помнить, что вода - основа жизнедеятельности. Иначе говоря, борьба за ее сохранение касается каждого из нас без исключения. И, если мы найдем в себе силы мобилизовать все возможные ресурсы на решение этой проблемы, «вода действительно может стать источником развития и процветания в Центральной Азии».

В юбилейный сборник, посвященный 70-летию академика КАСХН, д.с.-х.н. Б.М. Койбакова включены статьи научных сотрудников и специалистов водного хозяйства, раскрывающие вопросы эффективного управления и использования водных ресурсов, влияния изменения климата на водные ресурсы Евразии, ресурсы бассейнов трансграничных рек и угрозы их сохранению, перспективы развития мелиоративного земледелия в условиях дефицита воды, экологические проблемы в свете роста потребления воды и изменения климата.

КОЙБАКОВУ БАУРЖАНУ МЕЛЬДЕБЕКОВИЧУ 70 ЛЕТ

Балгабаев Н.Н. – доктор сельскохозяйственных наук, Генеральный директор
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства»,
г. Тараз, Казахстан



Койбаков Бауржан Мельдебекович родился 3 января 1952 года в с. Шымбулак Жуалынского района Жамбылской области. Отец – Койбаков Мелдебек, 1914 года рождения. Участник Великой Отечественной войны, демобилизовался в 1947 году. На войне был пулеметчиком, когда вернулся после Великой Победы, его грудь украшали боевые награды. Особенно он ценил медаль «За отвагу», которую получил под Курском. В колхозе работал почтальоном-инкассатором. На лошадях и в зной и стужу развозил почту, пенсии. В 1976 году его не стало. Но свои самые лучшие черты характера он передал своим детям. Именно отец приучил своих детей к труду, желанию хорошо учиться, привил тягу к книгам и знаниям. Мать Койбакова Бакира, 1928 года рождения, «Мать-Героиня», вырастила и воспитала 5 сыновей и 5 дочерей.

Б. Койбаков в 1969 году окончил среднюю школу им. Орджоникидзе станции Бурное Жуалынского района Жамбылской области. В этом же году поступил в Джамбулский гидромелиоративно-строительный институт на гидромелиоративный факультет, который закончил в 1974 году. После окончания института, он как способный к научной работе молодой специалист, был направлен на работу младшим научным сотрудником в Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства (КазНИИВХ).

Вся трудовая деятельность Б. Койбакова прошла именно в этом институте, где были пройдены все этапы карьерного роста, начиная от младшего научного сотрудника до заведующего отделом «Орошение» КазНИИВХ. Б. Койбаков хорошо освоил особенности исследовательской работы и показал себя успешным ученым, умеющим самостоятельно ставить и решать научные проблемы.

Научная деятельность Б. Койбакова посвящена комплексным научным исследованиям водосберегающих технологий орошения сельскохозяйственных культур и рациональному использованию водных ресурсов, в основном, Северного и Центрального Казахстана, по агроэкологическим проблемам орошаемого земледелия всей степной зоны Казахстана. Результатам этих научных исследований посвящена диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук.

Решением Совета во ВНИИ хлопководства (Узбекистан) от 28 марта 1983 г. Койбакову Бауржану Мельдебековичу присуждена ученая степень Кандидата сельскохозяйственных наук. Тема диссертации: «Использование минерализованных вод для орошения сельскохозяйственных культур на легких каштановых почвах в зоне канала Иртыш-Караганда».

С 1986 по 1992 годы он руководит Северо-Казахстанским комплексным отделом КазНИИВХ, находящимся в городе Павлодаре, где под его руководством успешно проводились научные исследования орошаемого региона зоны канала Иртыш-Караганда и Павлодарского Прииртышья. В 1992 году Б. Койбаков возвращается в г. Джамбул и возглавляет отдел «Орошение» КазНИИВХ. Затем была успешная защита докторской диссертации.

Решением Высшей аттестационной комиссии Узбекского института хлопководства 28 ноября 1996 года Койбакову Бауржану Мельдебековичу присуждена ученая степень Доктора сельскохозяйственных наук. Тема докторской диссертации: «Водосберегающая технология орошения сельскохозяйственных культур и совершенствование оросительных систем в степной зоне Казахстана»

В 1997 году доктор сельскохозяйственных наук, Бауржан Койбаков был избран членом-корреспондентом, а в 1998 году – действительным членом Академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан, как крупный ученый в области мелиорации и орошаемого земледелия. Он был талантливым ученым и самым молодым академиком сельскохозяйственных наук.

Результаты научных исследований Б. Койбакова показали возможность получения дополнительной высококачественной продукции сельскохозяйственного производства без существенного увеличения орошаемых площадей, при значительном сокращении использования дефицитной в нашей республике речной воды. Затрагиваются проблемы технологии орошения земель в условиях острого дефицита водных ресурсов, нормирования водопотребности для орошения, оперативного управления поливами, совершенствования систем лиманного орошения, надежности работы гидромелиоративных систем, защите обводнительно-оросительных каналов от заносов в условиях интенсивной ветровой деятельности и др.

Водосберегающие технологии орошения в степной зоне (канал Иртыш-Караганда им. акад. К. Сатпаева). Ввод в эксплуатацию канала Иртыш-Караганда им. К.Сатпаева обеспечил создание новой зоны орошаемого земледелия в центральном Казахстане. В этой зоне были созданы крупные оросительные системы в Карагандинской области с площадью регулярного орошения 18 тыс. га, в Павлодарской области с площадью регулярного орошения 19 тыс. га. Однако ограниченность водных ресурсов канала, который выполняет в основном функцию водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов сдерживает дальнейшее увеличение орошаемых площадей, что предопределяет необходимость изыскания дополнительных источников орошения.

В этой связи научные исследования Б. Койбакова в этом регионе были направлены на разработку технологий использования коллекторно-дренажных, подземных и сточных вод, водосберегающей технологии орошения зерновых культур.

Получены результаты многолетних исследований в северном и центральном Казахстане по решению следующих эколого-мелиоративных проблем:

- дана оценка качества и возможности использования дренажно-сбросных, подземных и сточных вод для орошения;
- определены допустимые пределы минерализации вод и технология использования их для полива сельскохозяйственных культур;
- установлены закономерности формирования водного, солевого и питательного режимов почв и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур;
- разработаны ресурсосберегающие технологии орошения минерализованными водами;
- дан прогноз засоления и осолонцевания почв при орошении минерализованными водами;
- разработаны различные технологические схемы повторного использования дренажно-сбросных вод на местах их формирования, с учетом конструктивных особенностей инженерных оросительных систем и почвенно-мелиоративных условий;
- разработаны водоохранные мероприятия по смягчению отрицательного воздействия слабоминерализованных вод на экологические условия оросительных систем;
- разработан режим орошения зерновых культур при дефиците водных ресурсов;
- разработаны научно-обоснованные мероприятия по предупреждению и уменьшению заносимости русел каналов продуктами ветровой эрозии.

Результаты его научных разработок нашли широкое применение в аграрном секторе экономики Казахстана. Им опубликовано более 60 научных трудов, которые получили высо-

кое признание в нашей стране и за рубежом. В том числе в 2000 году посмертно издана монография «Орошение в северном и центральном Казахстане», где характеризуется состояние орошаемого земледелия страны в переходный период, вскрываются причины кризиса в водном и сельском хозяйстве, намечаются пути их решения, используя рыночный подход к проблеме. Выпущено учебно-методическое пособие для курсового и дипломного проектирования по технологии и организации работ, по устройству коллекторно-дренажной сети на оросительных системах.

Ставя и решая проблемы в целом по республике, Б. Койбаков большое внимание уделял решению научных задач в Жамбылской области. По инициативе и непосредственном его участии разработаны и внедрены рекомендации по технологии возделывания кукурузы в пустынной зоне Жамбылской области, в широком масштабе сельскохозяйственного производства области внедрены биостимуляторы, заложен и осуществлен опыт возделывания безвирусных сортов картофеля в Жуалынском районе, который показал перспективность получения хорошего посевного материала и продовольственного картофеля.

Большое внимание он уделял подготовке молодых научных работников, являясь руководителем аспирантов и соискателей. Коллеги, аспиранты, соискатели постоянно получали у него высококвалифицированные консультации и советы по методике постановки и проведения научных исследований.

Научные руководители – Кван Рем Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, родился 14 ноября 1933 года в с. Гайдамак Приморского края России. После окончания в 1957 году Киргизского сельскохозяйственного института по специальности инженер-гидротехник он направляется в Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства. Вся его научная деятельность связана с этим институтом, являющимся первым научно-методическим центром в области мелиорации и водного хозяйства нашей страны.

Основные направления деятельности «Отдела орошения» института, которым руководил Р.А. Кван в течение продолжительного времени, являлись:

- исследование и разработка режимов орошения основных сельскохозяйственных культур всех природно-климатических зон Казахстана;
- совершенствование существующих приемов орошения (при поверхностных поливах и дождевании) сельскохозяйственных культур и разработка новых ресурсосберегающих технологий на орошаемых землях, включая рисовые севообороты и системы лиманного орошения;
- комплексные исследования по оросительной мелиорации в зоне канала им. К. Сатпаева (Иртыш - Караганда) и на массивах, намечавшихся к орошению по проекту переброски части стока сибирских рек в бассейн Аральского моря;
- гидромодульное районирование и районирование орошаемых площадей по технике полива в республике, влияющих на режим орошения и элементы техники полива сельскохозяйственных культур и направленных на водоснабжение и охрану почв.

Итогом полувекового исследовательского пути Р.А. Кван стали более 250 научных трудов, свыше 10 диссертационных работ на соискание ученых степеней кандидатов и докторов наук, защищенных под его научным руководством. Как ученый-мелиоратор Р.А. Кван хорошо известен не только в нашей стране, но и за рубежом, особенно в странах СНГ, когда многие годы приходилось совместно работать с ведущими учеными и специалистами России, Украины, Белоруссии, Узбекистана, Кыргызстана, Азербайджана и других республик.

Вышпольский Франц Францевич, кандидат сельскохозяйственных наук, родился 10 января 1934 года, г. Винница, Украина. В 1961 году окончил Казахский Государственный Университет им. Кирова, по специальности «Почвоведение». В июле 1961 года поступил на работу в Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства, где трудился до 80 лет. В 1971 году успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по теме «Разработка и обоснование рациональных промывных норм засоленных земель». Область научной деятельности: совершенствование конструкции оросительных систем, разработка оптимальных мелиоративных режимов на орошаемых зем-

лях, оросительных норм сельскохозяйственных культур по природно-климатическим зонам Казахстана, утилизация минерализованных вод путем использования на орошение, совершенствование технологии мелиорации почв на орошаемых землях.

Основные этапы работы: Разработка технологии освоения засоленных земель массива АРТУР (1964-1970 гг.), проведена комплексная мелиорация орошаемых земель в зоне канала им. Сатпаева (Иртыш-Караганда, 1970-1985 гг.), разработаны система мероприятий по предупреждению и ликвидации засоления орошаемых земель, технологии и технические средства регулирования водно-солевого режима почв; выполнены научно-исследовательские работы по обессолеванию дренажно-сбросных вод Карагандинской области методом вымораживания (1986-1990 гг.). С 1990-х годов участвует в разработке теоретических основ водо- и ресурсосбережения, воспроизводства плодородия орошаемых земель при ухудшении качества оросительных вод. С 1999-2006 гг. Подготовил 2-х докторов и 8 кандидатов наук.

Им опубликовано более 180, в том числе нормативы, методические указания, рекомендации, 4 авторских свидетельств и патентов. 3 монографии.

Под его руководством защищено 7 кандидатских диссертаций. Выполнял научные работы с международными организациями, в частности ИКАРДА и ИВМИ. Выступал с докладами на республиканских и международных научно-практических семинарах. Получил признание ученых ближнего и дальнего зарубежья, им опубликованы статьи в Японии, США, Сирии, и в России.

Бауржан Койбаков принимал активное участие не только в общественной жизни института (в различные годы возглавлял партийную и профсоюзную организации), но и города – избирался депутатом Центрального районного Совета народных депутатов и членом мандатной комиссии райисполкома, был организатором 2-х Международных научно-технических конференций по проблеме экологии и охраны окружающей среды. Избирался в состав диссертационного совета по присуждению докторской степени при Таразском Государственном университете им. М.Х.Дулати, являлся членом ученого совета КазНИИ водного хозяйства, КазНИИ земледелия им. В.Р.Вильямса, председателем квалификационной комиссии Павлодарского индустриального института и Таразского Государственного университета им. М.Х.Дулати.

Академик Бауржан Мельдебекович Койбаков своей высокой эрудицией, требовательностью к себе, честным служением науке, высокой культурой отношений снискал себе заслуженный авторитет и глубокое уважение среди окружающих его людей.

В целях увековечивания памяти известного ученого, академика Академии сельскохозяйственных наук 18 ноября 1999 года установлена мемориальная доска на доме, где он проживал. А 14 января 2000 года, решением Таразского городского маслихата и акима города, одной из улиц города присвоено имя Бауржана Койбакова.

УДК 631.4

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО И СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА *(по тропам науки ученого, академика АСХН РК Б.М. Койбакова)*

Рау А.Г. академик НАН РК, доктор технических наук, профессор,
Казахский национальный аграрный исследовательский университет

В 2022 г. исполнилось бы 70 лет крупному ученому, талантливому организатору мелиоративной науки Казахстана, академику АСХН Республики Казахстан Бауржану Мельдебековичу Койбакову. Отмечая юбилей ученого, мы в очередной раз признаем исключительную роль Бауржана Мельдебековича в развитии мелиорации земель Северного и Центрального Казахстана, им впервые были разработаны агро-мелиоративные технологии,

обеспечивающие повышение продуктивности каштановых почв на орошаемых землях. Его труды не только обогатили мелиоративную науку, но являются незаменимым пособием для мелиораторов и аграрников.

Б.М. Койбаков (1952-1998 гг.) после окончания Джамбулского гидромелиоративно-строительного института работал в Казахского НИИ водного хозяйства, проводил комплексные исследования на оросительных системах Казахстана по изучению параметров орошения и дренажа, водосберегающей технологии полива сельскохозяйственных культур, влаго-солепереноса в почвогрунтах, повышения плодородия и продуктивности почв на орошаемых землях. В 1983 г. он защитил кандидатную диссертацию, в 1995 г. докторскую, в 1987 г. избирается членом корреспондентом АСХН. РК, в 1988 г. – действительным членом АСХН РК.

С 1986 г. по 1992 г. Б.М. Койбаков являлся руководителем Северо-Казахстанского комплексного отдела Казахского НИИ водного хозяйства. В этот период он лично проводил широкомасштабные комплексные исследования на орошаемых землях каштановых почв Центрального и Северного Казахстана, полученные им данные имеют большое научное и производственное значения. Впервые были изучены энергоэффективные мелиоративные технологии ресурсосберегающих способов полива сельскохозяйственных культур, обработка почв, повышающие их плодородие и продуктивность, борьба с ветровой эрозией и др.

Научные разработки Бауржана Мельдебековича Койбакова на орошаемых землях Центрального и Северного Казахстана позволяли увеличить урожайность картофеля на 15 ц/га, морковь – на 20 ц/га, капусты на 30 ц/га, зерновых на 4,5 ц/га.

Наша современная наука всегда отличалась своим прочным методологическим фундаментом. Материализм, системность, стремление к широким обобщениям на основе стихийного диалектического подхода были уже свойственны таким русским естествоиспытателям, как В.В. Докучаев – основоположник науки о почве, В.И. Вернадский - заложивший основы современной экологии, А.Н. Костяков - основоположник мелиоративной науки. А.Н. Костяков отмечал: «Ученые мелиораторы должны постараться не только о накоплении и осмысливании новых знаний в области мелиорации, но и об упорядочении ее методологического фундамента», именно это мы видим в трудах ученого академика Б.М. Койбакова.

При описании природно-климатических условий Северного и Центрального Казахстана Б.М. Койбаков исходил из энергетического потенциала каштановых почв и климатических условий, по теплообеспеченности влияющие на производство сельского хозяйства. Многие ученые (А.Н. Костяков, Д.Н. Прянишников, Е.Н. Мишустин и др.) указывают на эффективность освоения каштановых почв для ведения сельского хозяйства [1, 2].

В своей монографии Б.М. Койбаков дает подробное описание каштановым почвам и климату Центрального и Северного Казахстана, который отличается суровостью и засушливостью, резкой континентальностью и сильными ветрами [3]. Как отмечает Б.М. Койбаков для всей рассматриваемой территории характерны весенне-летние, реже осенние засушливые и суховеино-засушливые периоды. Ущерб, наносимый засухой, зависит от ее продолжительности, от осенних и ранне-весенних запасов влаги в почве. Вероятность сухих лет в сухостепной зоне составляет 38%, при этом недостаточность увлажнения сказывается не только в сухие, но и во влажные годы по обеспеченности естественными осадками. Растения не испытывают недостатка тепла в течении всего вегетационного периода, но часто страдают от недостаточного увлажнения, наиболее остро проявляющегося в периоды атмосферных засух.

Количество осадков вегетационного периода сухостепной зоны колеблется от 110 до 130 мм, однако максимум осадков перемещается на ранневесенние месяцы. Посевы яровой пшеницы уже в фазе трубкования страдают от дефицита влаги в почве. К этому времени запасы влаги в пахотном слое составляют 10-20 мм, в полуметровом - 30-50 мм, в метровом - 50-100 мм. Во время колошения, цветения и налива зерна дефицит влаги в почве увеличивается. Налив зерна происходит при суховеях продолжительностью от 3 до 10 дней и повторяемостью 50-70%. Причем растения в рассматриваемой зоне испытывают недостаток про-

дуктивной влаги в метровом слое почвы не только в средне сухой (год 75% обеспеченности), но и в средний по влажности год. Специфической особенностью степной зоны Казахстана является то, что дефицит запасов влаги в почве наблюдается не в целом за вегетационный период, а лишь в отдельные его периоды. В зоне сухих степей в период сева оптимальная влагообеспеченность наблюдается один раз в 5 лет. В засушливо-степной зоне - 9 лет из 10.

Поэтому, чтобы баланс влаги и тепла соответствовал оптимальному, здесь необходимо дополнительное увлажнение. О необходимости регулярного или дополнительного орошения в степной зоне Северного и Центрального Казахстана говорится в работах многих авторов [1, 2, 3, 4].

По многолетним климатическим данным метеостанции Павлодар дефицит водопотребления пшеницы отмечается с мая месяца по сентябрь, при относительной влажности воздуха 40%, суммарное водопотребление превышает осадков на 10 – 30% (рисунок 1).

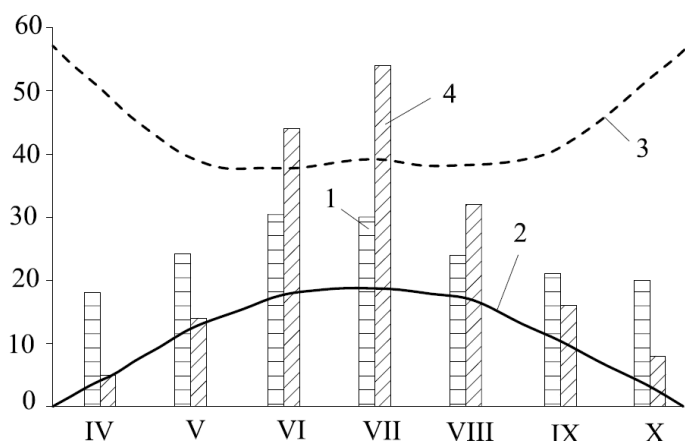


Рисунок 1 – Многолетние климатические данные метеостанции Павлодар (1930-1980 гг.) среднемесячные данные: 1 – осадки, мм; 2 – температура воздуха, °C; 3 – относительная влажность воздуха в 13 часов, 4 – водопотребление пшеницы.

Анализируя агроклиматические показатели, количественную и качественную их характеристику, а также оценку почвенных ресурсов, Б.М. Койбаков обосновывал целесообразность применения оросительных мелиораций в Северном и Центральном Казахстане, которые обеспечивают в оптимальных пределах водный, питательный и воздушный режимы почв [2].

В 20-е годы А. Н. Костяков развивал мысль о необходимости подходить к мелиорации как к средству непосредственного регулирования не только водного, но также воздушного, теплового и химико-биологического режимов почвы [1]. Ее сущность состоит в управлении совокупностью основных факторов жизнедеятельности растений инженерными средствами. В исследованиях по комплексным мелиорациям вода рассматривается и как экологический фактор, и как орудие труда, осуществляющее ряд агротехнических функций. Как указывал В.Р. Вильямс, направления круговоротов воды и питательных веществ растений совпадают друг с другом почти во всех деталях (за исключением скорости), поскольку зольные и азотные элементы пищи растений присутствуют в воде в виде растворов. Отсюда следует, что мелиорации и так называемые простейшие «сухие», агро-мелиорации, распашка поперек склона, снегозадержание, лесополосы нельзя противопоставлять друг другу, как это иногда делается, так как они решают общую для них задачу - регулирование водного баланса территории. Во всех случаях вода выступает в качестве основы управления биологическим круговоротом веществ и энергии. Следует не противопоставлять, а разумно сочетать все виды мелиорации в целях успешного земледелия - такова задача. Подтверждение этих положений мы находим в работах Б.М. Койбакова при рассмотрении вопросов орошения каштановых почв Северного и Центрального Казахстана [1].

Костяков А.Н. считал, что оросительная мелиорация составляет вторую подсистему мелиоративно-земледельческих производительных сил. «Сама земля, - как подчеркивал К. Маркс, - есть средство труда, но функционирование ее как средства труда в земледелии в свою очередь предполагает целый ряд других средств труда и сравнительно высокое развитие рабочей силы» (К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 23, стр. 190). К этим средствам труда принадлежат и гидромелиоративные системы, назначение которых - превращать землю в средство труда, воскрешать и многократно усиливать ее главное свойство - плодородие. Гидромелиоративные системы принадлежат, по выражению К. Маркса, к классу так называемых «сосудистых» (транспортных) систем. Однако сводить их роль только к перемещению масс воды в пространстве было бы неправомерным обеднением содержания и функций гидромелиоративных систем.

Как отмечают А.Н. Костяков и Б.М. Койбаков [1, 2], при этом важно отметить превращения, которые претерпевает вода в процессе ее движения по гидромелиоративной системе. Если при заборе и транспортировании вода - предмет воздействия со стороны гидротехнических сооружений, то на выходе (в процессе орошения) она превращается в продукт работы гидромелиоративной системы - почвенную влагу, находящуюся в оптимальном для растения количестве, и создающую требуемую влажность почвы. Из физического фактора природы вода при ее потреблении превращается в физиологический элемент жизнедеятельности сельскохозяйственных культур. Она становится составной частью почвы как средства производства, но уже в другой подсистеме - подсистеме земледельческих производительных сил.

Поэтому критика П. Залыгина, согласно которой гидромелиоративная система не имеет своего конечного продукта, несостоятельна и порочна. Конечный продукт работы гидромелиоративных систем - почвенная влага, которая в качестве одной из составляющих почвы участвует в процессе производства сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях.

Опытно-экспериментальными исследованиями на каштановых почвах Северного и Центрального Казахстана Б.М. Койбаков установил, что мелиорация земель и орошаемое земледелие способны обеспечить высокоэффективное сельскохозяйственное производство, глубокое рыхление и вспашка улучшают физические и водные свойства почв, водный и пищевой режим, условия питания и развитие сельскохозяйственных растений в засушливом земледелии. Разрушение уплотненных горизонтов A_2 и B_1 и вовлечение их в пахотный слой заметно улучшают структурность, повышают скважность и водопроницаемость почв, аккумулярование осадков и весенних талых вод, впитывание их и накопление больших запасов влаги по сравнению с другими приемами основной обработки. К этому выводу приходят многие ученые почвоведы А.И. Бараев, Е.Д. Лысогоров, П.Я. Биленко, П.К. Иванов, Б.М. Койбаков и др. [2, 3, 4, 5, 6]

В работах Т.Е. Мальцева, К.Н. Зайцева, Е.Д. Лысогорова, Б.М. Койбакова отмечается, что глубокая вспашка увеличивает объем рыхлой почвы в пахотном слое [3, 4, 5, 6]. Растения развивают мощную и глубокую корневую систему, но в отличие от варианта с глубоким рыхлением, активная зона их располагается в основном в нижней, более плодородной части пахотного слоя. В связи с этим они значительно лучше используют эффективное плодородие почвы, влагу, питательные вещества и внесенные удобрения (рисунок 2).

Распашка почв резко снижает величину альбедо, что сопровождается увеличением радиационного баланса, количества фотосинтетически активной радиации ФАР и индекса сухости М.И. Будыко $I=R/(Loc)$, где R - радиационный баланс, Loc - затраты тепла на испарение осадков. Эти изменения различны в зависимости от типа почв и растительного покрова: сумма активных температур увеличивается на 9...15%, ФАР - на 5...11%, индекс сухости - на 6...15%.

В степной, сухостепной и полупустынной зонах распашка и увеличение радиационного баланса сопряжены с увеличением засушливости территории и некоторым снижением продуктивности. Здесь для полного использования биоклиматического потенциала требуется

искусственное увлажнение почв с целью компенсации нарушенного распашкой гидротермического режима.

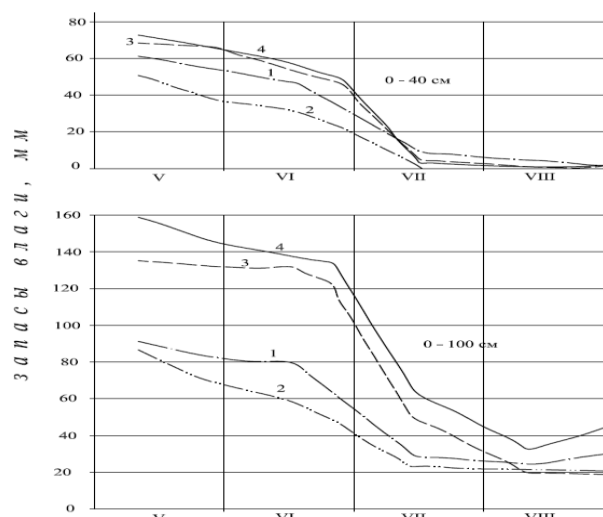


Рисунок 2 – Динамика доступной растениям влаги в темнокаштановой карбонатной почве в зависимости от обработки: 1 – при дисковании; 2 – при рыхлении глубоком; 3 – при вспашке нормальной; 4 – при вспашке глубокой

Урожайность конкретной культуры даже при находящихся в оптимуме всех регулируемых факторах будет изменяться из года в год в зависимости от количества фотосинтетически активной радиации (ФАР) F . Поэтому показатели мелиоративных режимов надо обосновывать для совокупности лет разной обеспеченности, т.е. для многолетних условий.

Урожайность (Y) с 10; 25; 50; 75 и 90%-ной обеспеченности по естественной влажности определяется по зависимости $Y = O_c - E_{pot}$ (где O_c – сумма атмосферных осадков, E_{pot} – суммарное испарение при оптимальной влажности почвы) и это позволяет оценить среднеемноголетнюю потребность в орошениях, изменение гумуса и питательных элементов. Помимо этого, появляется возможность изменения количества ФАР и его влияние на урожайность в конкретном году. $Y_o = K_i Y$, где Y_o – урожайность данной культуры в многолетнем разрезе, полученная на сортоиспытательных участках, в оптимальных условиях и при стандартной агротехнике; K_i – коэффициент, учитывающий изменчивость ФАР по годам. $K_i = F_p / F$, где F_p – количество ФАР в год p -й обеспеченности, F – среднеемноголетнее значение.

Многолетними полевыми исследованиями Б.М. Койбаков установил, что в жаркие годы всегда увеличивается фотосинтетически активная радиация (ФАР) F , урожайность культур и их водопотребление. В жаркий год 1988 г. урожайность и водопотребление пшеницы выше, чем в прохладный 1987 год (рисунок 3).

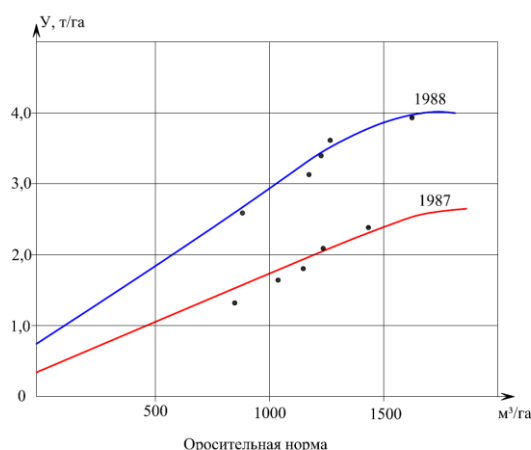


Рисунок 3 – Зависимость урожая яровой пшеницы от оросительной нормы

Опытно-экспериментальными исследованиями на каштановых почвах Северного и Центрального Казахстана Б.М. Койбаков установил, что при глубоком рыхлении и вспашке улучшаются физические и водные свойства, водный и пищевой режим светло-каштановых и темно-каштановых почв, условия питания и развитие сельскохозяйственных растений в засушливом земледелии. Разрушение уплотненных горизонтов A_2 и B_1 и вовлечение их в пахотный слой заметно улучшают структурность, повышают скважность и водопроницаемость почв, аккумуляцию осадков и весенних талых вод, впитывание их и накопление больших запасов влаги по сравнению с другими приемами основной обработки. Подтверждение этому мы находим у многих ученых почвоведов А.И. Бараева, Е.Д. Лысогорова, П.Я. Биленко, П.К. Иванова и др [6, 7, 8, 9].

Водопроницаемость почв зависит от ее обработки, глубокое рыхление и вспашка почв 25-30 см обеспечивает быстрое поглощение талых, дождевых, поливных вод и исключает поверхностный сток, а также поверхностное переувлажнение почв при орошении (рисунок 5).

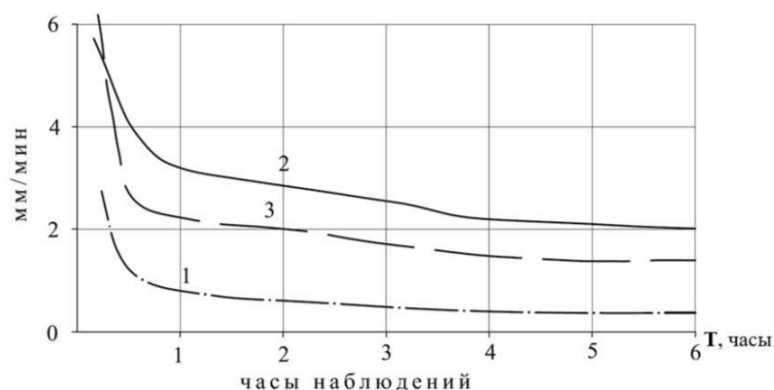


Рисунок 5 – Водопроницаемость темнокаштановой карбонатной почвы в зависимости от обработки почв: 1 – при дисковании; 2 – при рыхлении глубоком; 3 – при вспашке нормальной

Учитывая природно-климатические особенности и направленность хозяйств на всех орошаемых землях наиболее перспективным, механизированным и высокопроизводительным способом полива в условиях степной зоны является дождевание, при котором вода распыляется над орошаемой площадью с помощью специальных дождевальных агрегатов и машин [2]. С применением более совершенных дождевальных машин появляется возможность осуществления поливов на участках с неблагоприятным рельефом без проведения планировочных работ, полив дождеванием способствует качественному выполнению таких сельскохозяйственных работ, как посев, борьба с вредителями и болезнями растений, сорняками и заморозками. При этом, улучшается использование поливной воды за счет более равномерного распределения ее по поверхности поля и точного соблюдения поливных норм.

Сельскохозяйственные культуры в Павлодарской области возделываются в основном на локальных оросительных системах инженерного типа с широкозахватными дождевальными машинами «Волжанка», «Фрегат», «Днепр», работающими с забором воды из гидрантов высоконапорных закрытых трубопроводов и дождевальными машинами ДДА-100МА, ДДН-70 (100) и «Кубань», питающимися из открытых оросителей, в которые вода подается по сети низко- и средненапорных трубопроводов и лотковых каналов.

Многоопорная автоматизированная дождевальная машина «Фрегат» предназначена для полива всех возделываемых сельскохозяйственных культур (за исключением овощей), лугов и пастбищ. Дождевание проводится при движении машины по кругу с забором воды из гидрантов закрытой оросительной сети или скважин. Водоподача в сеть осуществляется стационарными или передвижными насосными станциями. К гидранту оросительной сети или скважине машина присоединяется при помощи стояка неподвижной опоры. Поливная норма составляет 240-1200 м³/га. Привод машины гидравлический за счет напора воды в оросительном трубопроводе. Для применения в различных природно-климатических и хозяйст-

венных условиях выпускаются различные модификации данной машины. Базовой моделью машин «Фрегат» является машина ДМ- 454-100 длиной 454 м и с расходом 100 л/с. Модификации машин этого типа ДМУ выпускаются в двух вариантах: «Фрегат-1» (ДМУ-А) и «Фрегат» (ДМУ-Б).

Значительные тепловые ресурсы (сумма активных температур - 2400-2600°C) позволяют возделывать в рассматриваемой зоне многие культуры: зерновые, зернофуражные, однолетние и многолетние травы, злаково-бобовые смеси, силосные и др., вегетационный период которых не превышает 135 дней.

Указывая на ведущую роль растений в земледелии К.А. Тимирязев отмечал: «растение составляет центральный предмет деятельности земледельца», «Истинный кормилец крестьянина не земля, а растение» (К. А. Тимирязев. Избр. соч., т. 3, стр. 21) [12].

Теплообеспеченность зоны засушливой степи позволяет возделывать большой набор сельскохозяйственных культур, в том числе сильные и твердые сорта пшеницы. Среднемноголетние значения урожайности зерновых культур на полях колеблются в пределах 1,1-1,8 т/га, вероятность получения их составляет 40-60%. Колебания урожайности между благоприятными годами по влагообеспеченности достигают значительных величин. Во влажные годы получают от 2,0 до 4,0 т/га зерна яровой пшеницы (вероятность их получения 10-20%), а в сухие годы урожай этой культуры не превышает 0,45-0,5 т/га (вероятность получения составляет 20-35%).

Для выявления эффективности орошения в различных областях степной зоны Казахстана были рассмотрены данные об урожаях по 9 Государственным сортоиспытательным участкам за 34 года.

Полученные материалы свидетельствуют о том, что естественная продуктивность в этих областях невысокая ($S=0,41-0,58$), самые низкие значения естественной продуктивности, а значит и самая высокая эффективность орошения будет в районах Павлодарской, Торгайской, Акмолинской областях. Поэтому применение орошения на посевах яровой пшеницы с целью получения стабильных урожаев во все годы является правомерным мероприятием, направленным на создание базы гарантированного производства зерна.

Разработанная Б.М. Койбаков технология использования сточных вод для орошения каштановых почв в Павлодарской области, которая имеет научный интерес и большое производственное значение, позволяет наряду с экономией чистой оросительной воды, улучшить экологическую обстановку области, решить проблему кормопроизводства. Сточными водами допускается поливать однолетние и многолетние травы, технические, кормовые, зерновые и силосные культуры, а также древесные насаждения.

На оросительных системах с использованием сточных вод, как отмечает Б.М. Койбаков, рекомендуется поливать интенсивные кормовые севообороты: прифермские и сенокосно-пастбищные. Первые предназначены для производства сочных силосных и зеленых кормов и располагаются вблизи животноводческих комплексов и источников орошения, а вторые для орошения многолетних и однолетних трав на сено, некоторых технических, зерновых культур и для устройства культурных пастбищ, систем лиманного орошения на базе сточных вод.

Среди кормовых культур ведущее место должны занимать многолетние травы (до 65%), которые благодаря мощной корневой системе обеспечивают наибольший эффект почвенной доочистки сточных вод. При подборе видов многолетних трав рекомендуется учитывать почвенно-климатические условия, целевое использование и биологические особенности травостоя.

В Павлодарской области ежегодно образуется около 1732,2 млн. м³ сточных вод и только около 1,5% этого количества отводится на очистные сооружения и используется для орошения [2]. Остальное количество сбрасывается в поверхностные водоемы. Только сброс стоков в р. Ертис и р. Усолка после Павлодарских городских сточных очистных сооружений составил 62,0 млн. м³. К 2000 году, в области предусматривалось развитие орошения сточными водами (включая животноводческие стоки) на площади около 30 тыс. га, при этом особое значение необходимо отводить городским сточным водам, которые в наибольшей

степени соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству поливной воды. Использование сточных вод для орошения в Павлодарской области позволит наряду с экономией чистой оросительной воды, улучшением экологической обстановки в регионе, решить проблему кормопроизводства и выращивания древесных насаждений.

Об удобрительной ценности этих вод можно судить по усредненным данным для городских сточных вод, согласно которым в 1000 м³ воды содержатся 10-15 кг азота, 1-6 кг фосфора, 13-15 кг калия. При оросительной норме 3000 м³/га в почву дробно поступают 30-45 кг азота, 12-18 кг фосфора, 40-45 кг калия.

При орошении сточными водами наблюдается значительное увеличение урожайности кормовых культур по сравнению с контрольным. Так урожайность кукурузы увеличилась в 1,57-1,94 раза, амаранта в 1,6-3,07 раза, сорго - в 1,58-2,3 раза. Максимальное увеличение урожайности наблюдается на втором варианте (при дополнительной предпосевной обработке семян и посадочного материала стимулятором роста растений - гуматом натрия) (таблица 5) [2].

Таблица 5 - Средняя урожайность сельскохозяйственных культур на вариантах опыта, т/га

Наименование культуры	Варианты опыта		
	1 (контроль)	2 вариант	3 вариант
Кукуруза (силосная масса)	18,8	36,4	29,6
Амарант (силосная масса)	15,3	47,0	24,5
Топинамбур (силосная масса)	-	29,4	18,9
Сорго (зеленая масса)	17,2	39,5	27,2

По результатам своих исследований Б.М. Койбаков установил, что использование сточных вод для полива сельскохозяйственных культур является одним из возможных и рациональных путей решения охраны водных источников от загрязнения и интенсификации сельского хозяйства. Использование сточных вод позволяет одновременно уменьшить забор чистых природных вод для целей орошения, повысить плодородие почвы и получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур, вовлекать в дополнительный оборот малопродуктивные, без удобрительного полива, земли.

Проводя многолетние опытно-экспериментальные исследования и внедрения их в производство академик Б.М. Койбаков приходит к выводу, что мелиорация имеет два значения - как деятельность по коренному улучшению каштановых почв на орошаемых землях для получения высоких и устойчивых урожаев и как наука по регулированию компонентов экосистем орошаемых массивов с учетом ландшафтного земледелия. Он считал, что обеспечивая оптимальные условия для развития сельскохозяйственных культур, урожайность их можно увеличить в несколько раз. Задача заключается в том, чтобы создавать оптимальные условия развития культурных растений в производственных условиях конкретного года. Для этого необходимо систематически устранять отрицательные и лимитирующие факторы, находить и создавать наиболее благоприятное сочетание климата и почвенно- мелиоративных условий.

Дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства в рассматриваемой зоне предполагает последовательное проведение работ по мелиорации земель, сохранение и повышение плодородия почв, широкое внедрению научно-обоснованных систем ведения орошаемого земледелия. Поэтому, наряду с технологическим совершенствованием оросительных систем (повышение КПД, строительство дренажа и др.), важное значение имеют разработка мероприятий, направленных на предупреждение засоления орошаемых массивов; рассоления земель, вышедших из сельскохозяйственного оборота.

Б.М. Койбаков является видным ученым в области мелиорации орошаемых земель Казахстана, в последние годы он проводил большие научные работы на орошаемых землях Джамбулской области, его работы известны в стране и зарубежом, вошли в учебные пособия для студентов университетов по специальности «Водные ресурсы и мелиорация».

Б.М. Койбаков являлся ученым, инженером и исследователем, который щедро делился знаниями и опытом с производственниками, коллегами по работе и особенно с молодыми специалистами. Научные интересы Б.М. Койбаков были обширны и включали не только мелиорации орошаемых земель, но и использование сточных вод для полива кормовых культур, конструкции каналов от ветровой эрозии, предотвращающих занос снегом и растительными остатками, теоретическими работами по влагосолепереносу в почвогрунтах и др.

Смерть человека – это трагедия. Смерть ученого в полном расцвете научной мысли – трагедия вдвойне. За моим сухим изложением его научных работ стоит научное становление инженера – гидротехника и ученого, человека с мудрым и глубоким взглядом на жизнь, человека никогда не унывающего, несмотря на сложности и проблемы, которые вставали на его пути.

Красной нитью через всю жизнь Б.М. Койбаков пронес полное отрицание лжи и лукавства. Это был человек чести в науке и работе, что представляет огромную ценность в современном мире.

В нашей памяти Б.М. Койбаков остался как видный ученый мелиоратор, ответственный, решительный и требовательный организатор водохозяйственной науки Казахстана. Добродушный наставник молодежи, всегда улыбающийся со светлой аурой на лице, не хочется верить, что его нет среди нас, мне кажется завтра его встречу улыбающегося от радости нашей встречи, как коллеги, товарищи обсудим проблемы мелиорации орошаемых земель. Честно скажу мне очень не хватает его общения.

Волей судьбы он стал ученым мелиоратором-водником, проработавшим все годы в Казахском НИИ водного хозяйства, который проводит юбилейную научно-практическую конференцию и мой доклад посвящен юбилею ученого. Хочется отметить, что в нашем институте работали многие видные ученые, которые впоследствии стали докторами наук: Н.С. Горюнов, Г.В. Воропаев, В.Ф. Носенко, Н.В. Данильченко, А.Г. Рау, А.А. Джумабеков, Б.М. Койбаков, В.Н. Мухамеджанов, Н.Н. Балгабаев, Р.К. Бекбаев, О.К. Карлыханов и др. Сегодня Казахский НИИ водного хозяйства продолжает традицию подготовки научных кадров водников-мелиораторов в лице Н.Н. Балгабаева, А.А. Калашникова, О.К. Карлыханова и др.

Литература

1. А.Н. Костяков «Избранные труды в двух томах». М. 1961.
2. Б.М. Койбаков. Орошение в Северном и Центральном Казахстане. Алматы, 2000. - 245 с.
3. А.И. Голованов. Избранные труды. М., 2011. - 431 с.
4. В.В. Шабанов. Влаagoобеспеченность яровой пшеницы и ее расчет. Л: Гидрометиздат. 1981 г.
5. И.В. Матьшук. Обработка и плодородие каштановых почв Центрального Казахстана. Академия наук КазССР, 1962. – 165 с.
6. А.И. Бараев. Система обработки почв на вновь освоенных землях Казахстана. М. Сельхозиздат, 1958.
7. А.А. Зайцева. Яровая пшеница в острозасушливых районах. М. Сельхозиздат, 1957
8. В.В. Докучаев. Сочинения. М., Из-во АН.СССР.
9. Г.В.Кирное. Вопросы обработки почвы в засушливой зоне Северного Казахстана. Агробиология, 1956, №2.
10. Т.С. Мальцев. Новая система обработки почвы и ее эффективность. Земледелие, 1958, №11.
11. В.Н.Соколов. Проблемы устойчивого развития сельских регионов Канады// США, Канада, экономика политика, культура. 2003, №2.
12. К.А.Тимирязев. Избранные сочинения. М, 1948.

1 ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ЕВРАЗИИ

CENTRAL ASIA EXPERT PLATFORM AND RESEARCH FUND ON WATER SECURITY, SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND FUTURE STUDIES

Viktor Duhovny, SIC ISWCCA, prof, **Saghit Ibatullin**, KazSRI for WE, prof;
Dinara Ziganshina, SIC ISWCCA, PhD;
Up de Shutter, University Hague, Netherlands

A concept paper for a think tank for applied research in service of a shared development vision and joint investment action as cornerstones for a Central Asia future

The Central Asia Expert Research Fund is an initiative of: EECCA Network of Basin Organisations, Tashkent Uzbekistan, November 2019. Water Partner Foundation, The Hague Netherlands, November 2019. New Perspectives for Central Asia.

The countries of Central Asia, share a long common history going back to the times of the Silk Road that brought new science, architecture and models for balanced use of natural resources onward to the period of Soviet colonization and realism that brought new perspectives for technological development and regional governance. However, the current situation with regard to socio-cultural, political and economic development in the region is guided by a complex transition process, following on the collapse of the Soviet Union, which left Central Asia in a condition where newly independent countries need to find a new balance between national priorities and shared common interests. In their search for answers to cope with these challenges new governance structures were rapidly developed, using the existing framework of scientific and design institutions as a main source of management and research capacity, to keep the industrial and agriculture system going. Despite the obvious willingness to join forces to deal with regional and trans-boundary issues (such as energy, water, environment, transport, trade and security), regional cooperation, based on commonly financed institutions feeding the research and development agenda for the region, emerged only very slowly and under very limited mandates¹. The fact also that these regional institutions mainly concerned themselves with water and environment issues, without integrating other sectors such as trade, energy and security, has left the region with a policy research gap that should be urgently filled in, in view of the current geopolitical developments.

The main conclusion is that currently ongoing demographic, economic, geo-political, security, environmental and climate change challenges in Central Asia make strategic interstate policy research cooperation more important than ever before. In answer to both this need as well as with regard to principles of operation, President Sh. M. Mirziyoyev at an IFAS summit on August 24, 2018 rightfully stated *“today it is impossible to find solutions for current, resource sharing, problems without effective scientific cooperation. Therefore, it is imperative to conduct joint interdisciplinary research, including that of the scientific information centers of the Interstate Commission for both Water and Sustainable Development”*. Water security, sustainable development and prosperity, must be the lead elements of enhanced future interstate strategic, scientific, research cooperation. The key-principle is that collectivity of operation will produce more creative and productive results than added-on separate national efforts.

Proposed Mechanism, Global Results and Added Value. In answer to this challenge, it is proposed to create an independent Central Asia Expert platform (Fund, Club) for water security, sustainable development and future studies, to research new integration processes related to the nexus, with water as a guiding principle. This idea was first presented to the international conference on security and sustainable development in Samarkand, 2017. It obtained full support from

¹ Examples are the scientific information institutions for water (SIC-ICWC) and for sustainable development (ICSD) under the Interstate Fund for the Aral Sea (IFAS)

experts of the Network of Water Management Organisations from Eastern Europe, Caucasus and Central Asia (INBO-EECCA)² at the meeting in Tashkent on 6-7 November 2018³ and participants of a Central Asian expert forum organized by the Institute of Strategic and Interregional Studies under the President of the Republic of Uzbekistan and the UN Regional Center for Preventive Diplomacy for Central Asia (UNRCCA) in October 2018. A lead group of experts originating from the EECCA network was established to assist and oversee further steps in the development of the platform on the basis of a survey organized in January 2019. Based on the conclusions of this survey the principle mechanism of operation for the proposed platform is that, independent from vested institutions and spheres of interest, it should bring together experts from different areas and background to, on the basis of a joined agenda, develop and analyze scenarios, strategies and policies important to the common interests of the Central Asian countries.

As a consequence, a most important, and unique, added value is that the platform (actually a regional think tank for policy research) will bring together experts and researchers from many different institutions and organizations, without setting up a new, formal, institution or without the need for participating research partners to leave their institutions or companies. The participating, partly purposely contracted, experts will work in an independent setting, as partners in science on subjects identified by a commonly decided regional agenda. Their evidence-based recommendations, expert assessments and analytical reports will demonstrate new opportunities for shared beneficial use of common (water) resources under nexus (agriculture, energy, climate change, nature conservation, etc.) conditions, to contribute to safety and prosperity. This research will move away from the boundaries of sectoral approaches to go towards application of new principles of integration, where expertise from a wide variety of disciplines (including economics, trade and transport and legal and security issues), contribute to new development scenario's leading to new regional cooperation policies. The platform and its program of action will interact between strategic studies institutions, scientific research institutions and sector organizations involved in policy making, planning and decision support. The platform will also work on openness of information, data sharing and best practices for industry specific and inter-sectoral solutions on regional level. The initiative for the platform is inspired by the very successful experience of think tanks around the globe such as Bruegel (European think tank specializing in economics), Bertelsman foundation (promoting transatlantic relationships and the Carnegie Moscow Center (peace research).

Mission, Organization and Principles of Operation. The platform will organize partnerships that bring together the best national expertise available from institutes for strategic research and macroeconomic policy; from design institutes and companies involved in water, energy, agriculture and environment business, and from universities and other interested organizations and individual experts. It will closely cooperate with national and regional institutions such as UNRCCA, CAREC, IFAS, SCO and other regional, international, programs and partners. International financing institutions and specific interest groups such as the WB, GEF, ADB, UN, ENVSEC and AIIB as well as research agencies of third countries (China, Russia, USA, EU) who may serve to finance as well as to contribute to the various programs of the platform (research fund). The platform will stimulate and coordinate research, organize and improve dissemination and communication of research results and contribute to increased understanding of what regional cooperation can achieve with regard to controversial issues on all (regional, national, local) levels. Development of the research agenda of the platform is an issue for the future but some key policy research questions for the region can be identified early on⁴ such as:

² www.eecca-water.net/

³ www.eecca-water.net/content/view/14605/75/lang,russian/

⁴ under its regular mode of operation the platform will have a Board of Directors and an International Scientific Advisory Council who will advise and decide on the research program in close cooperation with associated partner institutions and clients

- Regional climate change adaptation strategies including an assessment of possible water scarcity scenarios for 2020-2035, 2035-2050 and beyond; all based on the various climate change projections, population growth and water resources requirements for the countries (inclusive of Afghanistan) of the Aral Sea Basin.

- Documents discussing the planned “Regional Water Management Programme” (already under discussion among specialists) and a “Diagnostic Report on the State of Water and Land Resources of Central Asia (also for discussion among national expert teams)

- Planning and feasibility studies for, common, integrated water, energy, food and environment nexus policies on a regional scale;

- Planning and feasibility studies for modernized, integrated, water and agriculture policies exploring options going from sub-national (planning zone) to national and regional perspectives

- Development of regional (water) nexus strategies in coordination with the roadmap “Decade for Water Development” as formulated in the Dushanbe resolution and including application of appropriate legal frameworks;

- Organization of a regional program for capacity development for future researchers, water leaders and diplomats on different (regional, national, local) level;

- Security issues related to the situation in Afghanistan and other countries in the region and that continues to be dependent on policies of external (mainly western) parties, alliances and powers;

- Issues of common, regional, interest related to the China led Belt and Road initiative aiming at a new silk road infrastructure facilitating trade between China, Europe and the rest of the world and how Central Asia should commonly deal with these challenges and opportunities;

The expert platform (think tank) will be created as an independent network of organizations and individual researchers and link up with the policy research programs of regional organizations such CAREC, UNRCCA, IFAS, SCO, etc. It will seek cooperation with international (financing) institutions, donors, UN agencies and interested public and private partners from other countries. It will also work in close cooperation and coordination with the existing national "Institutions for Strategic and Regional Studies" of the countries of the region in order to avoid controversies and duplications and be eligible for access to required data and statistics. There will be a secretariat (bureau) of limited size and capacity, but capable to run an administration, to support organization and coordination of international research and training programs and support promotion and fund-raising activities.

There will preferably be a donor trust fund as the main financing vehicle next to research programs and projects implemented under contract and under coordination of the platform. Funding will be arranged through contacts and contracts with individual donor organizations (examples are UN, EU, WB, ADB) and international cooperation agencies of specific countries (for example SDC, Dutch IGG, German GIZ, SOC, etc.) as well as specific organizations and private businesses with an interest in the policy research capacity of the platform. A selected group of donor agencies is expected to contribute the baseline costs of operation of the secretariat of the platform for at least the first five years of its operation. There will be both a Board of Directors and a Scientific Advisory Board with representatives of leading research institutes and individual high level regional and international experts to ensure efficient operation and close contact and interaction with the partners and funders of the platform. The foreseen organization structure for the platform is shown in the figure below.

Based on this structure, the Central Asia Expert Platform will be in a position to serve as a think tank that through advanced application of integrated policy analysis concepts and tools, develops strategies and scenarios to propose solutions to the most pressing economic, political, social, environmental challenges impacting the regional policies in Central Asia. Its mission is to bring together the best of academic potential available to improve the quality and applicability of regional

policy analysis and future studies for sustainable development and water security with evidence-based research, analysis and debate. In order to achieve this mission, the platform will:

- bring together leading experts from different areas, disciplines and background in an independent setting to work as partners in science on subjects identified by a common regional development agenda;

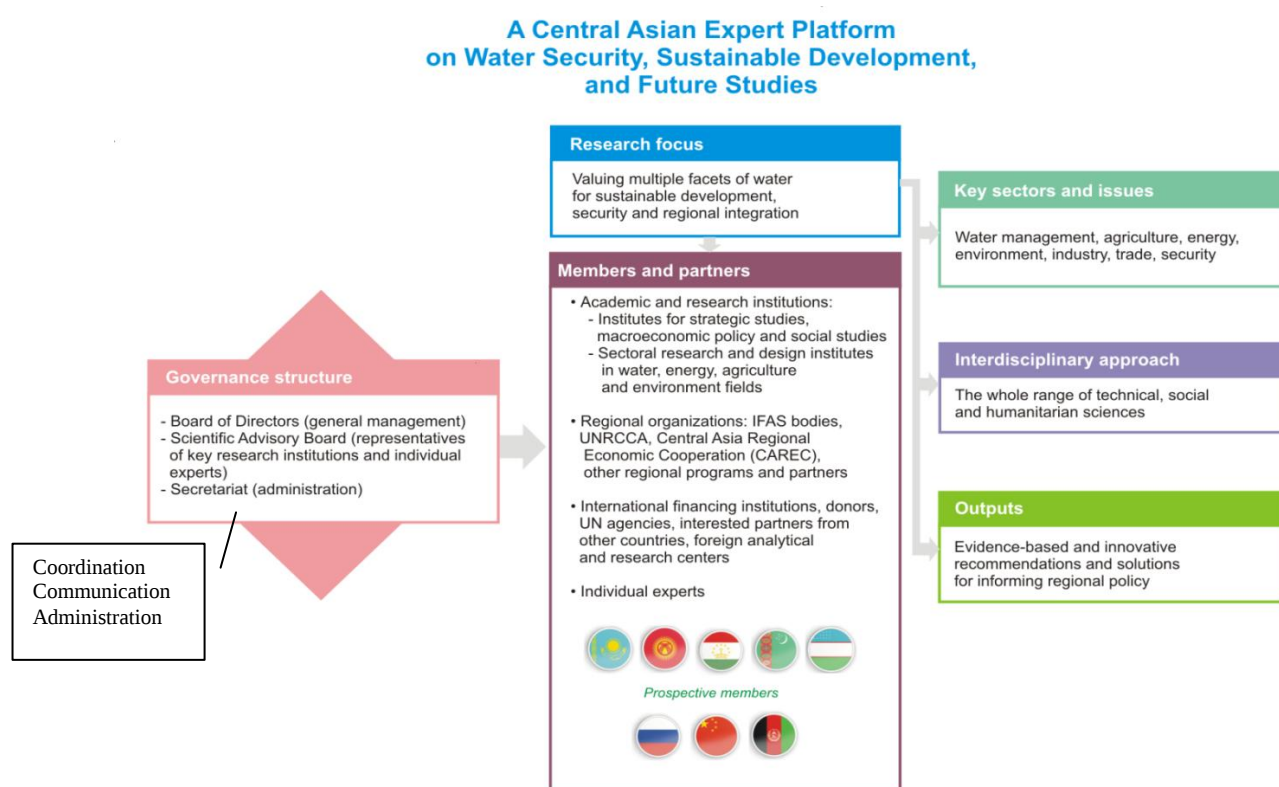
- perform cutting edge and high impact sustainable development research that will contribute to the process of future strategic planning in and between the states and institutions of Central Asia;

- deliver high quality research reports, assessments and other products on the basis of advanced data systems analysis models and tools required for its research;

- contribute to strengthening capacity and support education in the field of sustainable development.

and:

- It is proposed to establish a Research Fund within the platform from which grants can be awarded by the Scientific Committee according to established criteria and research agenda.⁵



Mode of Operation and Financing. Apart from the base subsidy that will take care of the coordination, administration and promotion function, the operations of the platform will operate project and program based. One core requirement for the functioning of the platform is access to official data and statistics of the partner countries. As a consequence, the platform will need official endorsement on government level for which academic and strategic research institutions of the region and internationally will be contacted. Cooperation to this extent will a.o. be sought with national institutions for strategic and regional studies of the countries, with SIC-ICWC, ICSD and IFAS and other institutions and centers that have both the interest and the capacity to participate in research assignments of the platform. A representative selection of key staff of these partner organ-

⁵ This fund could operate in a way similar USAID PEER program
http://sites.nationalacademies.org/PGA/PEER/PGA_147205

izations will be invited to make up the 5 persons board of directors of the platform. The office director of the platform will function as the secretary of this board.

The platform will develop presence in the strategic research community of Central Asia and internationally by inviting research institutions, universities and other academic institutions and individuals to become partners in research, preferably on the basis of ongoing programs and project assignments. Formation of such a research community structure is necessary to serve as proof of quality and capacity towards clients and partners and will allow to bring together the best available strength with regard to the proposed program or project. The board of directors will oversee this process of partner selection whereas the scientific advisory board will contribute to assess capacity and quality of both institutional and individual potential partners in the platform on request. The scientific advisory council has a specific role to play in the identification and assessment of strategic directions of the research program of the platform as well as in overseeing the quality assurance of the work done. Involvement, in the work of the platform, of both individual members of the board of directors as well as of the scientific advisory board will be on a cost basis and no salaries will be paid.

Although, with regard to the work of the platform, emphasis will be on the research work done and the individuals and institutions partnering in projects and programs, the platform will require a central capacity assuring its functioning. To that extend there will be set up a secretariat that will serve three base functions which are coordination (bringing partners together), communication (connecting partners, clients and the general public) and administration (organize and oversee the production processes). The secretariat will need office space (3 rooms at 100 m² approximately) and an office inventory and will consist of a professional staff of 5-6 persons covering the following functions:

- Platform office director (full time)
- Secretary (full time)
- IT and communications specialist (full time)
- Administrator (part time)
- Program manager (one or two persons full time)

Office space at start will consist of 3 rooms complete with desks, office equipment (computers, printers, etc.) and communications (phone, internet, etc.) facilities. Eventually early (very course) estimates about costs of operation of the platform show a figure of some 180-200.000 US\$ / year. This figure should be compared to cost figures of similar research and service organizations in Central Asia in order to decide a go/no go policy for the platform.

Start-up and Consolidation. The organization and feasibility for establishing the platform has been investigated and advised by a lead group of experts on the basis of a survey among stakeholders of the region. Based on the results of more extensive formal consultations, it is planned to finalize the idea of the platform, including its legal status, organizational form and principles of operation.

This initiative, very shortly after the actual start-up of the platform, is to be followed up by a wider target group survey (interviews, presentations, e-mail surveys) that should produce the outline research program and funding needs and structure for the platform. These findings in return will be shared for comment and improvement with the main stakeholders in the region (institutes of strategic research, ministries, universities, business sector, etc.) and selected international partners and donors. In the future, apart from policy documents based on the results of the research the platform will produce annual reports, maintain a website for sharing discussion and information and will organize a series of seminars and specific training events for partners and clients. As has been the case with many think tanks around the world, the Central Asia Expert Platform can and should find its own way to build up indigenous analytical capacity for security, prosperity, economy and trade and sustainable development in Central Asia and neighboring countries and that will guarantee its relevance and continuity towards the future.

Next steps / Short term. As a next step it is proposed to (in the short term) investigate and verify the interest in the formation of the proposed Central Asian Think Tank. It is proposed:

1. Identify and engage a few key donor agencies (for example, WB, SDC, ADB and German or Dutch development cooperation) to be involved and willing to support the proposed investigation of interest in the countries and elaboration on the procedure of establishment and preferred form of the platform.

2. Assign (and finance) a small core group of experts to present and discuss the idea with candidate government representatives and relevant (stakeholder) institutions of the region. For reasons of efficiency and consistency the team should preferably not consist of more than 5 persons. A small team of selected experts (from the region and internationally) should be asked to function as a sounding board.

3. Based on conducted consultations, the expert group must:

a. test and investigate the opinion of major (potential) stakeholders in the region before actually deciding on its (the platform) final character and organization;

b. identify a list of potential partner institutions and individuals that can (and are potentially willing to) cooperate on a (specific) program basis;

c. propose a potential format for establishment and organization of the activities (reviewing examples of think tanks in other regions and countries);

d. prepare a project proposal and feasibility study with a roadmap for next steps to take towards the starting up of the platform and research fund;

e. analyze the current information capacities (SWOT) of regional institutions such as IFAS, ICWC, UNRCCA, CAREC, and other institutions that provide and communicate information.

4. Organize a closing seminar to present and discuss the conclusions and recommendations of the expert group as well as decide on follow up with core government initiators (at least two countries of Central Asia) and candidate financing agencies.

УДК 556.048

АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ КАЗАХСТАНА

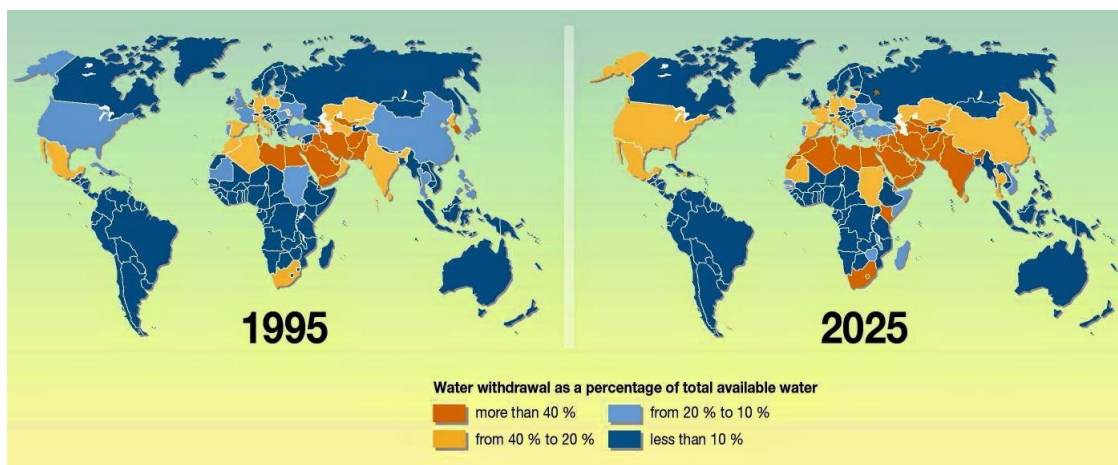
Медеу А.Р., академик НАН РК, доктор географических наук, **Алимкулов С.К.**, кандидат географических наук, **Турсунова А.А.**, кандидат географических наук

АО «Институт географии и водной безопасности», г. Алматы, Казахстан

Водные ресурсы являются одним из важнейших компонентов окружающей среды, возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом, обеспечивающим экономическое, социальное, экологическое благополучие населения страны и существование растительного и животного мира региона.

В ближайшем будущем многие страны, по-видимому, столкнутся с серьезным дефицитом пресной воды в ближайшие два десятилетия. В настоящее время более одной трети населения мира (2,4 миллиарда человек) проживает в странах с дефицитом воды, и к 2025 году эта доля, как ожидается, вырастет на две трети (рисунок 1). К 2025 году число людей, живущих в странах с дефицитом воды, увеличит отметку в 3 миллиарда. Так как снег и количество атмосферных осадков относительно постоянны, возобновляемая вода по существу ограничена. Многие страны сокращают запасы подземных вод - и новые источники воды, такие как айсберги или ледники, слишком дороги, чтобы предложить какие-либо конкретные решения.

В пределах крупных водохозяйственных бассейнов, на водные ресурсы обычно влияют одновременно множество антропогенных факторов, главным с точки зрения воздействия на количество речного стока, является изъятие воды из водных источников или водопотребление.



Водозабор в % от общего количества доступной воды. Красный цвет – более 40%, оранжевый от 40-20%, голубой цвет – от 20-10%, темно-синий цвет – менее 10%.

Рисунок 1 - Мировой водный стресс [<https://vividmaps.com/global-water-stress/>]

Речной сток на территории Республики Казахстан распределен крайне неравномерно, изменяется во времени и пространстве, колебания в основном определяются климатическими факторами, но в последнее время, а именно начиная со второй половины XX века роль антропогенного воздействия соизмерима с природным влиянием.

Надежная количественная оценка антропогенного изменения речного стока представляет из себя одну из сложнейших задач современной гидрологии. Проблема особо актуальна для нашей страны со слабой сетью наблюдений за стоком рек, и ненадежностью данных о водозаборах и сбросах вод в природные водные объекты. Нередки случаи даже полного отсутствия таковых данных, не говоря уже о сведениях, характеризующих время, масштабы и интенсивность проведения в пределах водосборов хозяйственных мероприятий.

В настоящее время при определении изменения количественных характеристик водных ресурсов широко используется понятие «водный стресс» или коэффициент использования водных ресурсов. Водный стресс (waterstress) определяется соотношением забора воды из поверхностных водных источников к доступным возобновляемым водным ресурсам [1-5]. Коэффициент использования водных ресурсов, который нашел применение в работах ученых РФ и бывших союзных республик [6-11], рассчитывается как отношение объема водопотребления к водным ресурсам соответствующей обеспеченности.

Для оценки антропогенной нагрузки разработана методика, основанная на комплексном применении разнообразных приемов, с детальным изучением состояния безвозвратного водопотребления в отраслях экономики, которые в целом можно объединить в две группы [6-11]:

1) Статистические методы - в основе которых лежит совместный анализ многолетних колебаний стока и естественных факторов, а также динамики хозяйственной деятельности в бассейне;

К методам первой группы отнесены приемы и способы восстановления естественного стока за период с нарушенным водным режимом с помощью уравнений регрессии, связывающих величину стока в рассматриваемом створе:

- со стоком одной или группы рек-аналогов, режим которых находится в естественном состоянии;

- со стоком неизмененного хозяйственной деятельностью участка бассейна или частных площадей бассейна;

- с метеорологическими факторами.

Восстановленные ряды сравниваются с фактическими и на основе этого выявляется и оценивается изменение речного стока, вызванное хозяйственной деятельностью.

2) Воднобалансовый метод - расчеты выполняются на основе данных по учету использования воды и изменений элементов водного баланса в бассейне реки в результате воздействия каждого вида хозяйственной деятельности в отдельности.

К методам второй группы отнесены те методы и приемы исследований, которые предусматривают раздельный учет каждого вида хозяйственной деятельности. В основе этого лежит анализ изменения элементов водного баланса под влиянием хозяйственной деятельности с применением принципа сохранения водных масс, выражаемого уравнением водного баланса.

Оценка антропогенных нагрузок на водные ресурсы. В нашей работе мы были нацелены на ориентировочную оценку безвозвратного водопотребления, дифференцировали их по отдельным районам и отраслям экономики, что позволило бы в дальнейшем получить относительно надежные сценарии перспективного влияния антропогенных нагрузок на водные ресурсы.

На первом этапе проведена оценка антропогенного изменения речного стока по основным опорным пунктам наблюдений на основе метода гидрологической аналогии. Метод дает вполне надежные результаты, хотя они представляют из себя интегральные значения изменений и ограничены для оценки роли отдельных отраслей или видов хозяйственной деятельности. Эти результаты как наиболее надежные будут использованы в качестве контролирующих материалов при дальнейшей детализации антропогенных изменений. Согласно результатам, наибольшие изменения произошли в Арал-Сырдаринском, Балкаш-Алакольском, Ертисском, Шу-Таласском, наименьшие - в Есильском, Нура-Сарысуском водохозяйственных бассейнах (далее ВХБ), что вполне соответствует уровню освоения водных ресурсов на территории Казахстана. В каждом ВХБ в конечном ГП фиксируется суммированные антропогенные влияния по главной реке в бассейне.

На рисунке 1 графически отображена антропогенная нагрузка на водные ресурсы относительно суммарных и местных водных ресурсов в различные по водности годы по 8 ВХБ. Под местными ресурсами здесь подразумевается речной сток непосредственно ежегодно возобновляемый речной сток на территории, а в суммарном ресурсе учтены также притоки из сопредельных стран и фактический межбассейновые переброски речного стока.

По всем основным рекам ВХБ РК в пределах водохозяйственных участков (далее ВХУ), составлены русловые водные балансы в естественных и фактических условиях. Учтены наиболее значимые составляющие водного баланса, такие как речной сток, атмосферные осадки, испарение с водной поверхности, взаимосвязь поверхностных и подземных вод, боковая приточность.

Результаты дают ясное представление о преобразованиях всех главных элементов водного баланса под воздействием хозяйственной деятельности. Здесь удается четко определить роль русловых изменений и изменений притока воды (боковой приток) с участка. Таким образом, имея оценки по опорным гидростворам с одной стороны, и оценки полученные на основе руслового водного баланса с другой, имеем более полное представление об антропогенных преобразованиях стока по ВХУ и ВХБ РК.

Сопоставление имеющихся данных по водозаборам и результатов антропогенного изменения речного стока по ВХУ дает возможность приближенно оценить величины безвозвратного водопотребления в каждом регионе и соотношения между объемами безвозвратного и полного водопотребления. Как уже указывалось выше, полученные таким образом данные по величинам безвозвратного водопотребления крайне ориентировочны, тем не менее можно отметить некоторые закономерности в величинах указанных соотношений, которые по регионам изменяются в очень больших пределах в зависимости от структуры водопотребления и климатических условий.

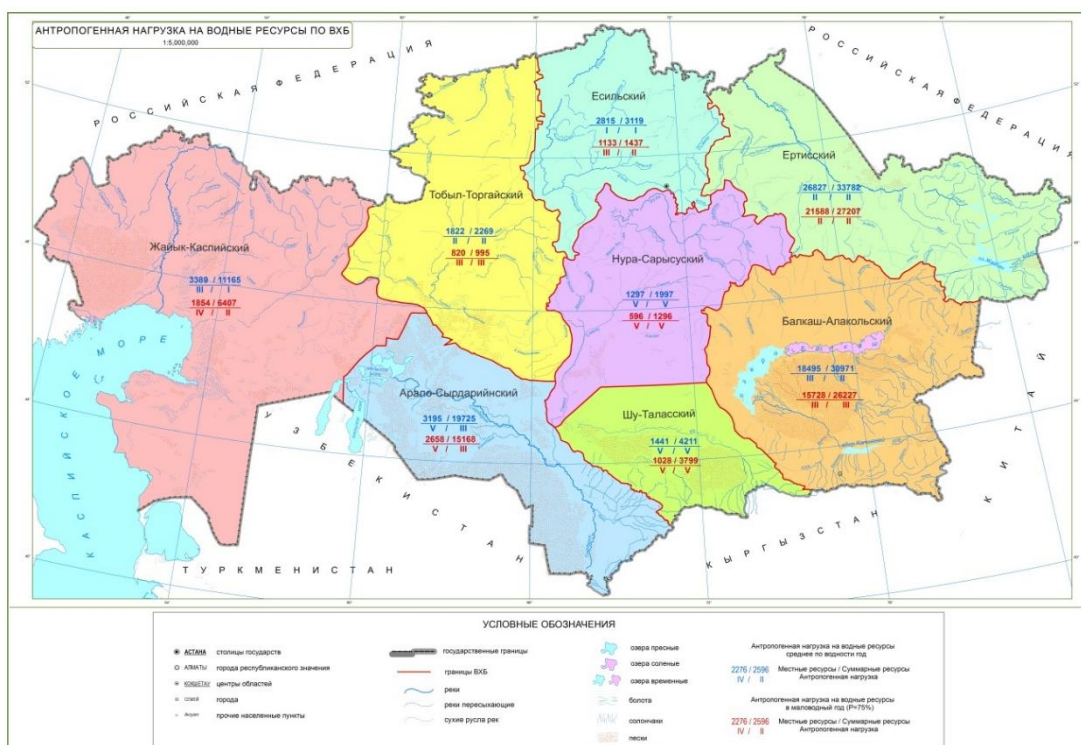


Рисунок 1 - Антропогенная нагрузка на водные ресурсы по водохозяйственным бассейнам РК

Выполненные оценки величин нагрузки на водные ресурсы, а также совместный анализ их с данными о водопользовании позволяют дать анализ состояния использования водных ресурсов в каждом административном районе. Однако, по объективным причинам, оценить непосредственно к какому ресурсу района отнести то или иное водопользование невозможно. Как отмечали [12-14], при оценке и прогнозе возобновляемых ресурсов речного стока, что для любой административной территории (в данном случае для административных районов РК), в зависимости от его географического расположения, ресурсы речного стока состоят из набора нескольких характеристик (местного стока, притока вод, общих ресурсов, оттока вод, транзитный сток и пр.). И в каждом случае число характеристик может существенно различаться. Спрос к воде, несмотря на изначальное формирование на уровне административных районов, распределяется обычно исходя из общего водохозяйственного баланса, на уровне ВХБ, далее ВХУ.

Такая проблема существует во всех странах, где управление водными ресурсами проводится в разрезе административно-водохозяйственных территорий. В таких условиях большее внимание обращается на нормирование антропогенной нагрузки, как инструмент управление спросом. В настоящее время в Казахстане недостаточно разработан вопрос нормирования предельной антропогенной нагрузки на водные ресурсы. Определенные видение проблемы, с позиции определения экологического стока высказаны в трудах [15]. Нормирование зависит от многих факторов, от стратегии освоения водных ресурсов и принципов принятых в каждой стране. Например, на территории КНР нормы нагрузок на речной сток колеблются от 40 % до 80 % в зависимости от водности региона, социально-экономических и прочих условий [16].

Многие ученые водной отрасли стран СНГ широко пользуют классификацию по коэффициенту использования $K_{исп}$ или нагрузки на водные ресурсы. Так, согласно исследованиям [7,9] для анализа состояния антропогенного изменения в любом регионе мира может быть применена следующая классификация.

I категория: $K_{исп} < 10\%$ — низкая нагрузка на водные ресурсы.

II категория: $K_{исп} = 10-20\%$ — умеренная нагрузка на водные ресурсы.

III категория: $K_{исп} = 20-40\%$ — высокая нагрузка на водные ресурсы.

IV категория: Кисп = 40-60% — очень высокая нагрузка на водные ресурсы.

V категория: Кисп > 60% — критически высокая нагрузка.

При коэффициенте использования водных ресурсов до 20 % (I и II категории антропогенной нагрузки) возможно планирование увеличения использования водных ресурсов. Выше III категории, территории уже имеют высокую нагрузку на водные ресурсы и требуют особого внимания при дальнейшем освоении, здесь рекомендуется повсеместное внедрение эффективных водосберегающих технологий, но лучше всего ограничить непосредственные заборы воды из природных объектов. Для устойчивого развития необходимо регулировать предложение и спрос на воду.

Особенное внимание необходимо уделять при освоении водных ресурсов на регионы, где коэффициент использования превышает 40% (IV, V). При антропогенной нагрузке от 40 до 60 % (IV) имеет место серьезный дефицит воды и настоятельно рекомендуется регулирование спроса и ограничения водопотребления, привлечения дополнительных источников водообеспечения. Дефицит водных ресурсов становится фактором, сдерживающим экономический рост и повышение уровня благосостояния населения. При превышении использования 60 % имеющихся ресурсов (V), дефицит водных ресурсов становится критическим фактором развития экономики и жизнедеятельности.

Согласно нашим оценкам, средние по территориям ВХБ РК величины антропогенной нагрузки на суммарные водные ресурсы в средние по водности годы доходят до 62,8 %, в маловодные – до 69,6 % (таблица 1). В Арало-Сырдаринском, Шу-Таласском и Нура-Сарысууском ВХБ спрос превышает местные собственные ресурсы. Такие же оценки проведены по всем ВХУ, административным областям (таблица 2) и районам Казахстана.

Таблица 1 - Нагрузка на речной сток относительно суммарных и местных водных ресурсов в различные по водности годы по 8 ВХБ

ВХБ	Водные ресурсы, млн.м ³ /год				Нагрузка на водные ресурсы, %							
	Среднее по водности год		Маловодный год (P=75%)		Среднее по водности год				Маловодный год (P=75%)			
	W _{мест.}	W _{сум.}	W _{мест.}	W _{сум.}	Мест.	К _{мес.т.}	Сум.	К _{сум.}	Мест.	К _{мест.}	Сум.	К _{сум.}
Арало-Сырдаринский	3195	19725*	2658	15168*	226	V	22,5	III	271	V	29,3	III
Балкаш-Алакольский	18495	30971*	15728	26227*	22,2	III	18,5	II	36,5	III	21,9	III
Жайык-Каспийский	3389	11165*	1854	6407*	28,5	III	8,64	I	52,0	IV	15,0	II
Есильский	2815	3119*	1133	1437*	8,79	I	7,94	I	21,8	III	17,2	II
Тобыл-Торгайский	1822	2269	820	995	15,5	II	12,5	II	34,5	III	28,4	III
Нура-Сарысууский	1297	1997*	596	1296*	142	V	92	V	310	V	143	V
Ертисский	26827	33782*	21588	27207*	13,6	II	10,8	II	16,9	II	13,4	II
Шу-Таласский	1441	4211*	1028	3799*	184	V	62,8	V	257	V	69,6	V

Примечание: * - суммарные ресурсы с учетом фактического притока из сопредельных стран и фактического межбассейновой переброски речного стока

Под местными ресурсами подразумевается речной сток непосредственно ежегодно возобновляемый речной сток на территории, а в суммарном ресурсе учтены также притоки из сопредельных стран и фактический межбассейновые переброски речного стока.

Таблица 2 – Антропогенная нагрузка на водные ресурсы относительно суммарных и местных водных ресурсов в различные по водности годы по административным областям

Область	Водные ресурсы, млн.м ³ /год				Нагрузка на водные ресурсы, %							
	Среднее по водности год		Маловодный год (P=75%)		Среднее по водности год				Маловодный год (P=75%)			
	W _{мест.}	W _{сум.}	W _{мест.}	W _{сум.}	Мест.	К _{мест.}	Сум.	К _{сум.}	Мест.	К _{мест.}	Сум.	К _{сум.}
Акмолинская	1736	2987*	681	1369*	11,5	II	7,41	I	29,2	III	18,7	II
Актюбинская	2276	2596	1163	1250	12,5	II	11,0	II	21,8	III	20,3	III
Алматинская	15271	28470*	13192	24419*	22,7	III	12,2	II	26,3	III	14,2	II
Атырауская	199	8956*	23,7	5924*	106	V	2,35	I	889	V	3,55	I
Восточно-Казахстанская	29352	33269*	23775	26963*	1,80	I	1,43	I	2,21	I	1,76	I
Жамбылская	1486	5583*	1134	4700*	160	V	43,3	III	215	V	51,9	IV
Западно-Казахстанская	1256	9932*	764	5845*	38,0	III	4,81	I	62,5	V	8,17	I
Карагандинская	2089	2609*	1019	1539*	86,8	V	69,5	V	178	V	118	V
Костанайская	1 204	1 959	596	936	20,0	II	12,3	II	40,5	IV	25,8	III
Кызылординская	140	13485*	93,0	10076*	3074	V	29,3	III	4293	II	39,2	II
Мангыстауская	27,9	29,7	0,31	0,61								
Павлодарская	291	26799*	97,5	23610*	726	V	7,89	I	2168	V	8,95	I
Северо-Казахстанская	912	2877	379	1180	8,47	I	2,63	I	19,9	II	6,41	I
Туркестанская	3039	18018*	2367	13497*	115	V	18,1	II	138	V	24,1	III

Примечание: * - суммарные ресурсы с учетом фактического притока из сопредельных стран и фактического межбассейновой переброски речного стока.

В связи с тем что Мангыстауская область для своих нужд забирает воду с Каспийского моря, антропогенная нагрузка на местные, так и на суммарные ресурсы не рассматривался.

В соответствии с приведенными данными в таблице 1, в *Арал-Сырдаринском ВХБ* в средневодные и маловодные годы нагрузка на местные ресурсы составляет соответственно 226 и 271 %, т.е. спрос превышает ресурсы и удовлетворяется только за счет притока воды извне. Нагрузка на суммарные ресурсы как маловодные, так и в средние по водности годы выше 20 %, что согласно вышеприведенной классификации считается высокой нагрузкой, и требует обратить внимание на меры регулирования предложения и спроса на воду.

Балкаш-Алакольский ВХБ. Антропогенная нагрузка на местные ресурсы здесь 22,2 и 36,5 % в средневодные и маловодные годы соответственно. По отдельным регионам бассейна, в отличие от *Арал-Сырдаринского ВХБ*, величина нагрузки различна. В Южной Джунгарии, в бассейне реки Шарын, Иле Алатау, низовых бассейна реки Иле нагрузка на местные ресурсы высокая. В маловодные годы в Иле Алатау (зона БАКа) и в бассейне р. Курты возникает дефицит воды, что требует дополнительных источников водных ресурсов для водопотребления.

Жайык-Каспийский ВХБ. В средние по водности годы нагрузка на местные ресурсы составляет менее 30 %, на суммарные - менее 10 %. В маловодные годы нагрузка соответственно увеличивается на местный сток до 52 %, на суммарный – до 15 %.

Есильский ВХБ. В соответствии с приведенными данными, в средние по водности годы имеет нагрузку относительно суммарных водных ресурсов менее 10 %, в маловодные годы (75 % обеспеченность) нагрузка увеличивается до 22 %.

Тобыл-Торгайский ВХБ. Нагрузка на местные ресурсы составляют 15,5 % в средневодный год, 34,5 % в маловодный. На суммарные же нагрузка в соответствующие по водности годы меняются от 12,5 до 28,4 %.

Нура-Сарыуский ВХБ. Нагрузка на водные ресурсы в бассейне является критически высокой (категория V). Местных водных ресурсов бассейна недостаточно для водопотребления и использования, что необходимо учитывать при планировании водохозяйственных мероприятий. В различные по водности годы для обеспечения потребностей водой необходимое

количество воды используется только за счет переброски стока по каналу Ертис-Караганда, о чем свидетельствуют данные приведенные в таблице 2.

Ертыский ВХБ. Нагрузка на местные ресурсы составляет менее 20% (13,6 и 16,9 %) как в средние, так и в маловодные годы, относительно суммарных водных ресурсов эти величины снижаются на 3-4 %.

Шу-Таласский ВХБ. Местные ресурсы ограничены, ниже существующего спроса, даже в средние годы нагрузка превышает ресурсы. И относительно суммарных ресурсов ситуация критическая - нагрузка более 60 %.

В соответствии с приведенными данными в таблице 2, в разрезе административных территорий можно оценить антропогенную нагрузку на местные и суммарные ресурсы областей страны.

В целом, в маловодные годы имеются достаточные запасы местных ресурсов только в Восточно-Казахстанской области, относительно небольшие нагрузки наблюдаются в Северо-Казахстанской, Актобинской и Алматинской областях.

Сложная ситуация водообеспеченности сохраняются в Жамбылской, Карагандинской и Кызылординской областях, даже с учетом притока (переброски) из-за пределов областей, нагрузка на суммарные ресурсы в этих областях достигли очень высокого уровня согласно примененной классификации. Не менее сложна дальнейшее освоение водных ресурсов в Атырауской, Западно-Казахстанской, Костанайской, Туркестанской областях с учетом неопределенностей перспектив притоков с территорий соседних стран.

Выполнена оценка антропогенной нагрузки на водные ресурсы в разрезе ВХУ и административных районов Республики Казахстан. Для оценки разработана методика, основанная на комплексном применении методов гидрологической аналогии, водного баланса и способа определения безвозвратного водопотребления по отраслям экономики. Оценка антропогенной нагрузки на водные ресурсы по водохозяйственному и административному делениям, с применением комплексного методического подхода и анализа для территории Казахстана выполняется впервые.

Согласно нашим оценкам, средние по территориям ВХБ РК величины антропогенной нагрузки на суммарные водные ресурсы в средние по водности годы доходят до 62,8 %, в маловодные – до 69,6 %. В Арало-Сырдаринском, Шу-Таласском и Нура-Сарысуйском ВХБ спрос на воду превышает местные собственные водные ресурсы.

В разрезе административных территорий, в маловодные годы имеются достаточные запасы местных ресурсов только в Восточно-Казахстанской области, относительно небольшие нагрузки наблюдаются в Северо-казахстанской, Актобинской и Алматинской областях.

Для целей планирования дальнейшего дополнительного освоения водных ресурсов или других водохозяйственных планов, считаем необходимым учитывать современное состояние антропогенного влияния, а также нормирование антропогенной нагрузки на водные ресурсы, к сожалению до сих пор в нашей стране нет четких нормативно-регламентирующих руководств уровня нагрузки на водные ресурсы.

Исследования выполнены в рамках проекта «Рациональное использование водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по всем водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан до 2021 года», по программе «Научно-технологическое обоснование по рациональному использованию водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по всем водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан до 2021 года» мероприятие «Оценка и прогноз ежегодно возобновляемых водных ресурсов возможных к использованию для целей орошения по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан. Расчеты по оценке антропогенного изменения речного стока произведены сотрудниками лаборатории «Водных ресурсов» А.Б. Мырзахметовым, А.А. Сапаровой, Г.Р. Баспаковой, К.М. Кулебаевым. Были использованы многолетние гидрометеорологические данные сети «КазГидромет», а также данные по водопользованию Комитета по водным ресурсам Министерства экологии, геологии и природных ресурсов.

Литература

1. EntekhabiD., AsrarCh., BettsA.K. et. al. An Agenda for Land Sur-face Hydrology Research and Call for the Second International Hydrological Decade // Bull. Amer. Meteorol.Society. – 1999. – V. 80. – № 10. – P. 2043-2058.
2. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. – М.: Наука, 2006. – 221 с.
3. Global water: issues and insights / Ed. R.Q. Grafton, P. Wyrwoll, C. White, D. Allendes. – Canberra: ANU Press, 2014. – 239 p.
- 4.WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. – Paris: UNESCO,2015. – 122 p.
5. McLellan R., Iyengar L., Jeffries B., Oerlemans N. WWF. Living Planet Report 2014:species and spaces, people and places. – Gland: WWF, 2014. – 176 p.
6. UN/WMO/SEI. 1997. Comprehensive Assessment of the World. Report prepared for the 5th Session of the UN Comission on Sustainable Development. Stockholm. UN/World Meteorological Organization. Stockholm Environment Institute.
7. ВодныересурсыРоссииииихиспользование. – СПб, 2008. – 600 с.
8. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / под. ред. Коронкевича Н.И., Зайцевой И.С. – М.: Наука, 2003. - 367 с.
9. Воскресенский К.П., Соколов А.А., Шикломанов И.А. Ресурсы поверхностных вод СССР и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности // Водные ресурсы. – 1974. – № 2. – 33-58.
10. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 335 с.
11. Shiklomanov I.A. Water resources as a challenges of the twenty-first century. Tenth WMO lecture / WMO. – 2004. – №. 959. – P. 13-146.
12. S. Alimkulov, A. Tursunova, A. Saparova, K. Kulebaev, A. Zagidullina, A. Myrzahmetov “Resources of River Runoff of Kazakhstan” International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Volume-8 Issue-6, August 2019, pp. 2242-2250
13. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / под. научн.ред. Р.И. Гальперина. – Алматы, 2012. – Том II. – Кн.2. – 684 с.
14. Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Турсунова А.А. Методы прогнозирования и оценки ресурсов и запасов поверхностных вод // Матер. межд. научно-теорет. конф. «Ресурсы подземных вод –важнейший элемент устойчивого развития экономики Казахстана». – Алматы, 2013. – С. 105-118.
15. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана / под редакцией академика РАВН, д.т.н., профессора М.Ж. Бурлибаева. – Алматы, Издательство «Қағанат», 2014. – 408 с.
16. Прохорова Н. Политика КНР по изменению структуры естественного распределения внутренних водных ресурсов // Проблемы Дальнего Востока. – № 5. – С. 96-107.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ С УЧЕТОМ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Зәуірбек Ә.К. доктор технических наук, **Рябцев А.Д.** доктор технических наук,
Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы,
Казахстан

Кененбаев Т.С. кандидат сельскохозяйственных наук
ГУП ПУИД-2 Комитета по водным ресурсам МЭГПР РК г. Нұр-Сұлтан, Казахстан

Омарова Г. Е. доктор технических наук
Таразский Региональный университет им. М.Х.Дулати, г. Тараз, Казахстан

Суммарные водные ресурсы Республики Казахстан, по мере развития отраслей экономики на территории сопредельных государств постепенно сокращаются. Так, если в 1960-е годы поступало $54,59 \text{ км}^3$, то к 2010 году – $44,0 \text{ км}^3$. Откуда суммарные водные ресурсы в 1960 годы были равны $115,0 \text{ км}^3$, а в 2010 году составляли $100,5 \text{ км}^3$. Собственные водные ресурсы, формирующиеся на территории Казахстана были уточнены и составляют $56,5$, вместо $60,4 \text{ км}^3$ воды в год [1]. Однако, если учесть, что среднемноголетний сток в 2010 году был $100,5$, а на перспективу предполагается соответственно: $2030-85,9 \text{ км}^3$ и $2050-75,0 \text{ км}^3$ и того положения, что изменяется сток рек в разрезе многолетнего периода, то расчетные значения на 2010 год при средней водности ($P=50\%$) - $90,4$, в маловодный год ($P=75\%$) - $78,4$ и катастрофический маловодный год ($P=95\%$) был $56,3 \text{ км}^3$. Эти же показатели соответственно на 2030 год могут оказаться: $77,3 \text{ км}^3$, $67,0 \text{ км}^3$ и $48,1 \text{ км}^3$. Точно также на 2050 год, эти показатели соответственно станут равны: $67,5 \text{ км}^3$, $58,5 \text{ км}^3$ и $42,0 \text{ км}^3$.

В перспективе, на размеры формируемого стока будут влиять и наступление предполагаемых глобальных климатических изменений. Как отмечено, до сегодняшнего дня много внимания уделялось изменению температурного режима и подъему уровня воды мирового океана. Согласно прогнозам МГЭИК [2,3] относительно небольшое изменение температуры воздуха, всего на несколько градусов, приведет к увеличению стока рек и водообеспеченности на 10-40% в одних регионах, в то время как в других они уменьшатся на 10-30%. Таким образом, потребуется разработка специальных мероприятий по адаптации к изменению климата.

Удовлетворение требований отраслей экономики показывают, что расчеты надо вести не на средний по водности год и не на маловодный или же на катастрофически маловодный год, а на расчетную обеспеченность удовлетворения потребности в воде водопотребителей в рассматриваемом бассейне реки или же на рассматриваемой территории. Водохозяйственная практика показывает, что этот уровень удовлетворения потребности в воде водопотребителей, обычно указывает, на 90% обеспеченность.

Общая потенциальная площадь ирригационного освоения в Казахстане составляет $16,0$ млн. га. В последние годы из $2,35$ млн. га ранее орошавшихся земель, используется порядка $1,3-1,4$ млн. га. Водопотребление для этих целей с $16,8 \text{ км}^3$ в 1992 г. снизилось до $8,1 \text{ км}^3$ в 2005 г. В 2011 году объем забранной воды для орошения составил $11,14 \text{ км}^3$, из них из поверхностных вод - $11,12 \text{ км}^3$, объем использованной воды $8,76 \text{ км}^3$ и в том числе поверхностной $8,60 \text{ км}^3$. Состояние орошаемого земледелия за последние годы характеризуется значительными изменениями: ухудшается технический уровень мелиоративных объектов, снижается продуктивность и наблюдается выпадение из оборота значительных площадей орошаемых земель. В результате всего этого резко падает экономическая эффективность орошаемого земледелия. Значительно снизилась урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях. Наиболее острые проблемы текущего состояния водной отрасли в Казахстане: низкий КПД оросительных систем, устаревшая

инфраструктура, слабый механизм тарифообразования, нехватка квалифицированных кадров, вопросы водodelения с сопредельными государствами [4,5].

Анализ показывает, что реальное значение удельной водообеспеченности тыс. м³/год на человека в расчете на местный сток в среднем по Казахстану с 8,43 тыс. м³/год в 1950 г. снизились до 3,31 тыс. м³/год в 2012 г. [6] и на перспективу будут еще ниже и составлять 2,78 тыс. м³/год к 2030 г. В разрезе отдельных водохозяйственных районов, порядка 1,0 тыс. м³/год на человека (Есильский и Нура-Сарысуский ВХР, соответственно – 1,32 тыс. м³/год и 1,15 тыс. м³/год на человека).

Водопотребление Узбекистана в 1980-х годах составляло в пределах 64 км³, а в настоящее время не превышает 51-53 км³/год. Водосберегающие технологии внедрены на площади более 130 тыс. га, до 2025 года планируется охватить 1 млн. га [7]. Динамика водопотребления в Центральной Азии, в 80-е годы прошлого столетия на душу населения составляли около 5000 м³ воды в год, а в начале 1990-х этот показатель снизился до 3000 м³ в год. В 2010 году было 2600 м³/год на человека в, а в 2016-м был перейден рубеж в 2000 м³. Мир потребляет около 700 м³/год на человека [8].

До настоящего времени в концепции развития водного хозяйства приняты проработки, в основу которых положены: полное использование внутренних источников и частичное привлечение ресурсов рек Ертис, Волга и Жайык. Тогда, расчетные орошаемые площади в Казахстане должны были бы равным 7,7 млн. га, в том числе 5,3 млн. га регулярного и 2,4 млн. га лиманного орошения [институт им. С.Я. Жука], и 5,5 млн. га регулярного орошения [Средазгипроводхлопок и Казгипроводхоз]. Однако, сейчас орошается 1,3млн. га земель, и в то же время, требования природных комплексов удовлетворяется не в полной мере.

В документе, утвержденном еще в 2016 г. Правительством РК [9] приводятся прогнозные объемы водозаборов отраслями экономики относительно 2015 года, на перспективные расчетные периоды возрастают на: 2020 (4%), 2030 (9,6%), 2040 (15,2%). Располагаемые водные ресурсы Республики Казахстан на перспективу должны составлять: в маловодные годы на уровне 2030 года – 10 км³, на уровне 2040 года – 9,9 км³; в средние по водности года на уровне 2030 года – 20,4 км³, на уровне 2040 года – 23,1 км³. Если сопоставить, располагаемые водные ресурсы на 2030 год в маловодном году (P=75%) равной 10 км³ с объемами водозабора равной 22, 1 км³, то можно увидеть, что дефицит стока составить 12,1 км³ в год.

Например, рассмотрим возможные объемы воды, для развития отраслей экономики и орошения в бассейне реки Иле. Если, учитывать полное удовлетворение потребности в воде приоритетных водопотребителей и сохранение экологических требований озера Балкаш, то, на развитие отрасли орошения при малой водности выделялось бы всего 0,44 км³, а в катастрофический маловодный год 0,0 км³ воды в год. В перспективный период при тех же условиях, для орошения можно выделить только в многоводный и средний по водности года и то в пределах 0,4-0,5 км³ воды в год.

Поэтому на перспективу необходимо принимать неординарные и кардинальные мероприятия по рациональному использованию и охране водных ресурсов как в разрезе водохозяйственных районов, так и в целом по республике. В условиях недостаточности водных ресурсов имеются следующие пути.

1. Удовлетворить потребности в воде водопотребителей за счет ущемления требований природных комплексов. Результаты. В дальнейшем, появятся новые очаги зон катастрофических экологических бедствий, похожих как в бассейне Аральского моря и Приаралья.

2а). Удовлетворять в полной мере требования природных комплексов к режиму и качеству воды и развитие отраслей экономики должны базироваться только на располагаемых водных ресурсах.

2б). Имеет смысл уточнение оптимальных значений обязательных затрат по бассейнам рек. Очевидно, оптимальные их значения будут несколько ниже сегодняшних величин равных 69,6 км³ обязательных затрат по бассейнам рек.

Все мировое сообщество, и в том числе отдельно взятые государства, для создания комфортных условий для своего устойчивого развития, всемерно должны снижать, хотя бы поэтапно, влияние антропогенной нагрузки на окружающую среду. При этом, Республика Казахстан, для решения амбициозной цели по вхождению в число 30 развитых государств мира, должна идти в числе лидирующих государств. Внедрение инновационных и водосберегающих технологий, не только в орошаемой земледелии, но и во всех отраслях экономики и, соответственно, разработка мероприятий по управлению водными ресурсами являются основами рационального использования водо-земельного потенциала региона, и также основой будущего выживания общества.

В методологии, в основу принят вариант 2б. Цель - Достижение экономических оптимального и экологического безопасного уровня водопользования, геоэкологической устойчивости гидро-агроландшафтов в бассейнах рек, регионах и в целом по территории Казахстана. Удовлетворение требований к режиму и качеству воды водопотребителей (водопользователей) и обеспечение экологической устойчивости в бассейнах рек (регионах) на основе внедрения инновационных и водосберегающих технологий с целью уменьшения уровня водопотребления на 10% и улучшения экологического состояния природных комплексов на 10% к 2030 г. по сравнению с базовым 2020 г. Обязательные затраты по бассейнам рек приняты равным 56 км^3 воды в год. Исходные позиции концептуальных основ:

1. Назначаются лимитированные объемы и режимы водопотребления отраслей экономики в разрезе водохозяйственных районов (участков и бассейнов рек) на уровне расчетного 2020 года. Они в свою очередь сокращаются в соответствии с намеченными показателями к рассматриваемым расчетным уровням.

2. Назначаются лимитированные уровни концентрации загрязняющих веществ в водоотводящих трактах и объемы сброса сточных вод в водные или в другие понижения участков местности на уровне расчетного 2020 года. Состояние окружающей среды должно улучшаться в соответствии с намеченными показателями к рассматриваемым расчетным уровням.

3. Увеличение объемов водопользования допускается для отдельных отраслей экономики (которые не получили должного развития) и целей: поддержание пластового давления; прудовое рыбное хозяйство; рекреация; гелио и ветроэнергетические установки; обводнение пастбищ и сельскохозяйственное водоснабжение (СХВ) на базе подземных вод; лиманное орошение (на базе временных водотоков), залив сенокосов и попуски в Ертискую пойму, подача в Коргалжынские озера.

4. Развитие отраслей экономики осуществляются за счет объемов экономии водных ресурсов, лимитированных для них на уровне 2020 года в разрезе каждого водохозяйственного района (участка и бассейна реки).

5. Органы бассейновых инспекции должны контролировать ход выполнения установленных показателей (нормативов) экономии воды в отраслях экономики по использованию водных ресурсов и улучшению качества воды, а также проблем выдачи разрешений на спецводопользование в зонах своей деятельности.

6. Подземные водные ресурсы являются стратегическим ресурсом, использование его запасов осуществляются, только для питьевого и СХВ, а также для обводнения пастбищ. Использование их, для других целей, требует своего строгого и детального обоснования.

7. Запрещаются использование водных ресурсов рек (малых водотоков), сток которых в среднемноголетнем исчислении не превышает $0,10 \text{ м}^3/\text{с}$.

8. Плата за воду, как за природный ресурс, а также технико-экономическое обоснование эффективности водохозяйственных и водоохраных мероприятий должно осуществляться с учетом социальных, экологических и экономических условий в зонах влияния и отражения как положительных, так и отрицательных последствий.

9. Необходимо осваивать, оставшиеся бесхозно, практически бесконечные источники живительной влаги - сточные воды промышленных и других объектов, населенных пунктов, городов и мегаполисов республики. В первую, очередь, их очистить, до

уровня, когда возможно их применять для полива кормовых культур или лесонасаждений. Развитие животноводческих комплексов на основе использования кормов, возделываемых на землях орошаемых сточными водами. Этому направлению развития орошаемого земледелия можно приступить безотлагательно. Является приоритетным мероприятием, как и реконструкция оросительных систем.

Пути экономии водных ресурсов в отраслях экономики, подробно освещены в литературных источниках, в частности в работе [10]. Предлагается внедрять рекомендации «Сценария устойчивого развития государственного гидрологического института» СУР ГГИ (Россия) [11] во всех отраслях экономики, и в том числе прогрессивные технологии и водосберегающие мероприятия в орошаемом земледелии.

В отрасли орошения необходимо внедрять водосберегающие технологии: повышение КПД оросительных систем (ОС); применение интенсивных технологий орошения (закрытый грунт), в том числе капельного орошения и инъекционного полива; улучшение эколого-мелиоративного состояния ОС; внедрение новых способов и техники полива, выведение новых засухоустойчивых и мало потребляющих влагу сельскохозяйственных культур; уменьшение расходов воды на единицу продукции; очистка и использование коллекторно-дренажных вод; перевод водоемких сельскохозяйственных культур на не водоемкие; пересмотр специализации хозяйств в отрасли орошения и др. Субсидии надо выделять тем подразделениям, которые выполнили поставленную задачу: кто улучшил эколого-мелиоративное состояние орошаемого массива или повысил плодородие почвы или же повысил отдачу от использования воды.

Тогда, контрольные предельные показатели использования поверхностных вод по водохозяйственным районам РК на перспективные расчетные периоды (таблица 1) согласно, принятой методологии, к 2030 году водопотребления будут сокращены на 10% и к 2040 году на 20%).

Анализ показывает, что всего объемы водозабора по РК в 2030 годы на 10% ниже, и составят 19756,82 млн. м³ против объемов водозабора на 2017 год равной 20188,62 млн. м³ воды в год.

Рекомендуемая специализация в бассейнах рек. Иле-Балкашский водохозяйственный район. Основная специализация: плодово-виноградниковые и ореховые плантации. Применяется капельное орошение, возможно, применение инъекционного полива. В бассейнах малых водотоков, прудово-рыбохозяйственные комплексы с автономным энергоснабжением. На побережье оз. Балкаш можно развивать комплексы по использованию энергетических потенциалов ветра и энергии солнца. Использование оригинальных природных свойств самой воды оз. Балкаш в районе пролива Узун-Арал для оздоровительных целей.

Таблица 1- Сводные показатели водозабора отраслями экономики к 2030 и к 2040 годам, млн. м³, выполнены на базе данных [9] с изменениями

Показатели	Объемы водозабора по годам				
	1990 г.	2012 г.	2015 г.(приняты как за 2017 г.)	2030 год (сокращение на 10% по сравнению с 2017 г.)	2040 год (сокращение на 20% по сравнению с 2017 г.)
1	2	3	4	6	7
Всего водозабор воды	35573,66	17465,45	20188,62	19756,82	18443,92
Коммунальное хозяйство	1416,66	843,58	866,63	779,97	693,30
Промышленность	7110,70	4230,16	4482,23	4034,01	3585,78
Сельское хозяйство, в том числе:	26622,63	12255,03	14642,59	14616,10	13799,62
регулярное орошение	21539,94	11186,18	12124,86	10912,37	9699,89
лиманное орошение	1916,63	152,28	408,93	1079,22	1342,62
залив сенокосов	2073,26	550,53	778,39	1062,00	1062,00
попуски в Ертискую пойму и подача в Коргалжынские озера	0,00	0,00	837,00	877,00	875,00
Сельхозводоснабжение	479,60	267,61	364,29	540,16	667,35

Продолжение таблицы 1

обводнение пастбищ	613,20	98,43	129,12	145,35	152,76
Поддержание пластового давления	0,00	38,99	40,94	49,28	54,50
Рыбное хозяйство	417,74	94,92	118,64	213,10	242,14
Рекреационная сфера и прочие нужды	5,92	2,76	37,59	64,36	68,58

В Кызылординской области вместо рисового, необходимо постепенно переходить на овоще-бахчевые севообороты. Возможно и развитие направления плодово-виноградниковых плантаций. Полив капельный, подпочвенный или дождевание. Создаются благоприятные условия для развития рыбного и рекреационного кластеров. В Туркестанской области развиваются хлопковые и плодово-виноградные плантации с использованием капельного, подпочвенного орошения или дождевания. В Жамбылской области развиваются овоще-бахчевые севообороты и технические культуры. Также развиваются плодово- виноградные плантации с использованием капельного, подпочвенного орошения или дождевания. В дополнение ко всем бассейнам рек. Вблизи крупных городов и мегаполисов, создаются национальные оздоровительные центры.

Литература

1. Зәуірбек Ә.К. Проблемы управления водными ресурсами в маловодные и многоводные года (на примере отдельных рек Республики Казахстан). Уч. пособие. -Алматы: ТехноЭрудит, 2018.-240 с.
2. Изменения климата – 2007: Воздействия изменения климата, адаптация и уязвимость. Доклад Рабочей группы 2 МГЭИК. 2007 г.
3. Изменение климата – 2007: научно-физическая основа. Доклад Рабочей группы 1 МГЭИК.
4. Эффективное управление водными ресурсами Казахстана//Министерствосельского хозяйства Республики Казахстан. Слайды, всего 33.
5. План развития орошаемых земель до 2028 года//МСХ РК Комитет по водным ресурсам. - Астана, 2018 г. Слайды, всего 32.
6. Рябцев А.Д. Вода как источник будущего развития Казахстана //. Конференция СУ АРНАСЫ-2015 «Водопользование: действительность, проблемы и перспективы».- г. Астана, 2015. Слайды, всего 32.
7. Страны ЦА находят общий язык по использованию водных ресурсов, 31 января 2020 года // <https://novosti-uzbekistana.ru/strany-ca-nahodyat-obshhij-yazyk-po-ispolzovaniju-vodnyh-resursov/>.
8. На рубеже водного дефицита нужна стратегия водосбережения» — Виктор Духовный. Интервью профессора Виктора Духовного о водном настоящем и будущем Узбекистана и Центральной Азии.
9. Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от « 8 » апреля 2016 года, № 200.
10. Пособие по составлению раздела проекта (рабочего проекта) «Охрана окружающей природной среды» (к СНиП 1.02.01.-85). -М.: ЦНИИПроект, 1988. -187 с.
11. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. И. А. Шикломанова.- СПб.: ГГИ, 2008. - 600 с.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВНУТРИГODOVOE РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА ВОДЫ КРУПНЫХ РЕК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Черняк О.Н. магистр технических наук

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

Начиная с 1989 г. на территории Республики Беларусь наблюдается продолжительный и интенсивный период потепления, продолжающийся в настоящее время. Период потепления характеризуется повышением температуры атмосферного воздуха на 1,3°C. Наибольший рост температур зафиксирован в зимние и первые весенние месяцы. Потепление сказалось на частоте и интенсивности выпадения атмосферных осадков. Для территории Республики Беларусь установлено превышение нормы атмосферных осадков в зимний сезон [1, 2].

Колебания климатических характеристик сказываются на гидрологическом режиме рек, основной характеристикой которого является внутригODOVOE распределение стока (ВРС) [3]. Ввиду этого, целью данных исследований является оценка изменений ВРС воды крупных рек Республики Беларусь в складывающихся современных природно-климатических условиях.

Исходными данными являются ряды многолетних наблюдений за среднемесячными расходами воды в створах крупных рек площадью водосборов свыше 10000 км² (таблица 1), представленные республиканским гидрометеорологическим центром Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Для выявления количественных изменений во ВРС многолетние ряды наблюдений разбиты на периоды: 1) 1961 – 1988 гг.; 2) 1989 – 2015 гг.

Таблица 1 – Речные створы крупных рек Беларуси

№ п/п	Река-пост	Площадь водосбора (А), км ²
1	р. Березина – г. Бобруйск	20200
2	р. Днепр – г. Орша	18000
3	р. Днепр – г. Могилев	20800
4	р. Днепр – г. Жлобин	30300
5	р. Днепр – г. Речица	58200
6	р. Западная Двина – г. Витебск	27300
7	р. Западная Двина – г. Полоцк	41700
8	р. Нёман – с. Белица	16700
9	р. Нёман – пгт. Мосты	25600
10	р. Нёман – г. Гродно	33600
11	р. Припять – пгт. Туров	71400
12	р. Припять – г. Мозырь	101000
13	р. Сож – г. Славгород	17700
14	р. Сож – г. Гомель	38900

Метод исследований – метод компоновки сезонов, основанный на равенстве обеспеченностей годового стока, стока лимитирующего периода и лимитирующего сезона [4]. В соответствии с методом приняты общие границы гидрологических сезонов. Для территории Республики Беларусь: весна (март-май); лето-осень (июнь-ноябрь); зима (декабрь-февраль). За лимитирующий период – лето-осень и зима; лимитирующий сезон – лето-осень.

Оценка изменений, произошедших во ВРС воды крупных рек Республики Беларусь, выполнена посредством сравнения гидрографов стока воды двух принятых периодов наблюдений, построенных для пяти градаций лет по водности: очень многоводной (обеспеченность

P = 5 %), многоводной (P = 25 %), средней (P = 50 %), маловодной (P = 75 %) и очень маловодной (P = 95 %). Гидрографы речного стока воды построены в относительных величинах, переход к которым осуществлен отношением [5]:

$$ОВС = \frac{Q_{м.ср.}}{Q_{м.р.9\%}}, \quad (1)$$

где $Q_{м.ср.}$ – средний многолетний месячный расход, м³/с; $Q_{м.р.9\%}$ – расчетный расход заданной обеспеченности, м³/с.

Полученным относительным величинам стока (ОВС) воды крупных рек для двух периодов наблюдений присвоены обозначения: а) 1961 – 1988 г. – ОВС₁; б) 1989 – 2015 гг. – ОВС₂. Разница между ними (Δ) представляет собой изменения ВРС воды крупных рек в результате колебания климатических характеристик, т.е. $\Delta = ОВС_2 - ОВС_1$. Результат изменения ВРС по месяцам отображен графически (рисунок 1). На рисунке 1 представлено шесть речных створов, т.е. по одному модельному створу рек Березина, Днепр, Западная Двина, Неман, Припять и Сож.

Сезонное распределение стока воды внутри года рассмотрено в отдельности для каждой крупной реки.

Сток воды лимитирующего периода р. Березина – г. Бобруйск увеличился на 4,4 %. Его доля в период наблюдений 1989 – 2015 гг. составляет 60,6 %, из них 38,9% – летне-осеннего и 21,7 % – зимнего. По отношению к периоду наблюдений 1961 – 1988 гг. установлено увеличение летне-осеннего и зимнего стока воды на 1,2 %, 3,2 % соответственно. Весенний сток воды уменьшился. Его доля в годовом составляет 39,4 %. Для сравнения, в период наблюдений 1961 – 1988 гг. – 43,8 %.

На всех створах реки Днепр установлено следующее изменение сезонного стока воды: уменьшение весеннего и увеличение летне-осеннего, зимнего. Доля весеннего стока воды уменьшилась значительно. Так, на р. Днепр – г. Орша процент изменения составляет 10,8 %. Наименьшее изменение зафиксировано на р. Днепр – г. Речица (7,2 %). Доля летне-осеннего стока воды, в годовом, колеблется в пределах 32,0 – 35,1 %. Для сравнения, в 1961 – 1988 гг., размах соответствующих значений составлял 26,4 – 33,3 %. Наибольшее увеличение летне-осеннего стока воды установлено на р. Днепр – г. Орша (6,9 %), наименьшее – 1,8 % (р. Днепр – г. Речица). На створах в г. Жлобин и г. Могилев процент изменения летне-осеннего стока воды, в среднем, составляет 5,1 %. Доля зимнего стока воды увеличилась, в среднем, на 4,4 %. Наибольшее увеличение зафиксировано на створе в г. Речица. Его доля, в годовом, для периода наблюдений 1989 – 2015 гг., составляет 20,6 %.

Доля лимитирующего периода в 1989 – 2015 гг. р. Западная Двина составляет 49 %, что на 9 % больше, чем в 1961 – 1988 гг. Доли летне-осеннего и зимнего стока воды увеличились, в среднем, на 4,4 % и 4,6 % соответственно. Доля весеннего стока воды уменьшилась на 9,4 % в створе г. Витебска, и на 8,6 % – в г. Полоцк.

На створах р. Неман отмечено уменьшение доли весеннего стока воды, в годовом, в среднем на 7,2 %. Наибольшее его уменьшение (8,3 %) зафиксировано на р. Неман – с. Белица. Относительно летне-осеннего стока воды, установлено как уменьшение его доли (0,4 %) на р. Неман – с. Белица, так и незначительное увеличение в створах, установленных в пгт. Мосты и г. Гродно. Доля зимнего стока воды увеличилась. Это зафиксировано на всех речных створах. Наибольшее увеличение (8,7 %) отмечено на р. Неман – с. Белица, наименьшее (6,1 %) – р. Неман – с. Гродно.

На р. Припять – пгт. Туров зафиксировано уменьшение весеннего (8,9 %) и увеличение летне-осеннего, зимнего стока воды (1,0 %, 7,9 % соответственно). Доля стока воды лимитирующего периода в 1989 – 2015 гг. составляет 58,3 %. На р. Днепр – г. Мозырь летне-осенний сток уменьшился. Уменьшение незначительно. Весенний сток воды уменьшился на 6,7%, в то время, как зимний увеличился на 7,7%. Доля стока воды лимитирующего периода, в годовом, – 56,6 %.

На створах р. Сож зафиксировано следующее изменение сезонного стока воды: уменьшение весеннего и увеличение летне-осеннего, зимнего. На створе, установленном в г. Славгород весенний сток воды уменьшился на 9,9 %, а летне-осенний и зимний увеличился на 3,1 % и 6,8 % соответственно. На створе в г. Гомель процент уменьшения весеннего стока воды составляет 7,6. Проценты увеличения летне-осеннего и зимнего стока воды – 2,8 % и 4,8 %. Доля лимитирующего периода в 1989 – 2015 гг. значительно выше, чем в 1961 – 1988 гг. и, в среднем, составляет 51,5 % в годовом.

Произошедшая трансформация ВРС обусловлена не только колебаниями климатических характеристик, но и некоторыми особенностями речных водосборов. Так, уменьшение доли весеннего стока воды обосновано значительным испарением с водной поверхности вследствие повышения среднемесячных температур атмосферного воздуха. Уменьшение доли весеннего стока воды, в годовом, статически значимо, о чем свидетельствуют значения изменений, превышающие «порог» в 5 %. Увеличение доли летне-осеннего стока воды в большинстве речных створов не превышает 5 %. Исключением являются: р. Западная Двина – г. Витебск (5,3 %), р. Днепр – г. Орша (6,9 %), р. Днепр – г. Жлобин (5,3 %). Изменения летне-осеннего стока воды обусловлены только колебаниями климатических характеристик. Увеличение зимнего стока воды крупных рек Республики Беларусь вызвано ростом температур атмосферного воздуха, в большей степени в феврале месяце, и увеличением количества атмосферных осадков за зимний сезон. Среднее значение увеличения доли зимнего стока воды, в годовом, составляет 5,6 % (рисунок 1).

Литература

1. Логинов В.Ф. Климат Беларуси. – Минск: ИГН НАН РБ, 1996. – 235 с.
2. Справочник по климату Беларуси. Ч. 1. Температура воздуха и почвы. Ч. 2. Осадки. Ч. 3. Снежный покров / под ред. М.А. Гольберга. – Минск, 1998–2001.
3. Волчек А.А. Синхронности в колебаниях стока рек Беларуси и его оценка // Природные ресурсы. №2. – Брест, 2013. – С. 44 – 48.
4. Андреянов В.Г. Внутригодовое распределение речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 319 с.
5. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения. ТКП 45 – 3.04 – 168 – 2009. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2009.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ УЗБЕКИСТАНА

Хайдаров А.Р. PhD докторант, ассистент преподаватель

Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Узбекистан

Климат Земли меняется, и в ряде международных публикаций рассматриваются проблемы, вызываемые глобальным изменением климата. Изменение климата - это многогранная и междисциплинарная проблема, требующая комплексных ответных мер, основанных на принципах устойчивого развития и сосредоточении внимания на изменении моделей потребления и производства. Изменение климата все больше влияет на человеческую культуру и природные экосистемы. Хотя широко признается, что некоторые изменения климата неизбежны, растет признание того, что многих негативных последствий изменения климата можно избежать с помощью скоординированных усилий. Это потребует скоординированных усилий в таких важных секторах, как энергоэффективность, транспорт, защита водных ресурсов и биоразнообразия, а также возобновляемые источники энергии [1].

Растущая нехватка воды - одна из самых острых проблем Центральной Азии. Виноваты опустынивание и быстрое таяние ледников в высокогорье.

Таяние ледников может усугубить многие проблемы, а также поставить под угрозу продовольственную безопасность [4].

С каждым годом актуальность управления водными ресурсами и безопасности в Центральной Азии растет в результате широко распространенных, быстрых и усиливающихся изменений климата.

Водные ресурсы неразрывно связаны с безопасностью, энергией, продуктами питания и окружающей средой в Центральной Азии, что делает ее одним из немногих мест в мире, где они находятся.

В последние годы произошли колоссальные изменения погоды, и это может вызвать серьезные опасения в будущем.

С точки зрения изменения климата Узбекистан считается уязвимой страной. В Узбекистане повышение среднегодовых температур воздуха происходит на фоне значительной естественной изменчивости, что приводит к заметным годовым изменениям. На метеостанциях Фергана и Ташкент зафиксировано наибольшее повышение средней температуры воздуха (1,6 ° C и 1,8 ° C соответственно). В Узбекистане среднее повышение температуры за десять лет составляет 0,27 градуса по Цельсию.

Горные ледники водосборного бассейна Аральского моря имеют решающее значение для создания водных ресурсов в Республике Узбекистан. Скорость отступления ледников варьируется в зависимости от региона и исторического периода и составляет от 0,1 до 1,65% в год [7].

В связи с возможным сокращением стока растений и увеличением потребления воды во всех секторах экономики в результате роста населения и изменения климата, риски крайней нехватки воды и засухи, особенно в низовьях бассейна Амударьи, были выделены в национальном сообщении по изменению климата (Республика Каракалпакстан, Хорезмская и Бухарская области). Особенно уязвимы будут регионы, водоснабжение которых зависит от течения малых рек. Изучено влияние воздушной засухи на пашню, пастбища и луга. Согласно консервативному сценарию выбросов парниковых газов, пахотные земли с высоким риском засухи составляют 35 процентов, а пастбища и луга с высоким риском засухи могут достигать 28 процентов [3, 5, 6].

Климат стран Центральной Азии отличается высокой континентальностью, что определяется большой амплитудой колебаний температуры воздуха за год и низким показателем осадков. Степные ландшафты преобладают на северных равнинах Центральной Азии, в то время как пустынные и полупустынные ландшафты преобладают в южных и центральных регионах.

Климат этого региона делится на три категории:

1. Умеренный климат (примерно 41-42 градуса северной широты) на юге); 2. Горный климат Тянь-Шаня, Памиро-Алая, Памира, Копетдага с четко выраженной высотной зональностью: долинно-предгорная зона (0,2-1,2 км), среднегорная зона (1,2-2,2 км), альпийская зона (2,2-3,5 км), нивальная зона (2,2-3,5 км); 3. Климат засушливой субтропической зоны (южнее 41-42 ° (более 3,5 км). Основным источником изменения климата в Центральной Азии, согласно объективным исследованиям, является сильное повышение температуры приземного воздуха. Таким образом, средняя годовая температура в каждой стране повышалась на 0,29°C каждые десять лет в Узбекистане (1950-2005); на 0,260 С каждые десять лет в Казахстане (1936-2005); на 0,18°C каждые десять лет в Туркменистане (1961-1995); на 0,10°C каждые десять лет в Таджикистане (1940-2005) и 0,08°C каждые десять лет в Кыргызстане (1883-2005) [2].

В целом рост минимальных температур опережал рост максимальных. Например, с 1951 года средняя скорость потепления на территории Узбекистана составляла 0,22 °С, а минимальная - 0,36 °С. Отступающая зона Аральского моря является особой, с очень высокими темпами роста максимальных температур и практически без повышения минимальных температур из-за сокращения площади моря.

Будущий прогноз изменения климата для Узбекистана определяется заданными планами выбросов парниковых газов, состоянием климатической системы в целом и моделями, используемыми для получения результатов предполагаемой оценки стока. Влияние изменения климата на сток варьируется в зависимости от сценария из-за различий в прогнозируемом количестве осадков. Расчетный сток рассчитан в двух вариантах с учетом значительной естественной изменчивости осадков на станциях региона и отсутствия явных закономерностей в их изменении, а также некоторой неопределенности в сценарии.

- в случае выпадения осадков и изменения температуры по сценарию;
- при изменении температуры в сценарии и современных основных нормах осадков.

Математическая модель развития стока горных рек была использована в качестве методического подхода к оценке влияния климатических изменений на сток, который был практически реализован в виде автоматизированной информационной системы гидрологических прогнозов и расчетов [2].

Лето в Узбекистане стало короче и жарче (участились сезонные засухи) по мере того, как Аральское море сократилось, а осенне-зимний период стал длиннее и холоднее.

В контексте глобального изменения климата исчезновение Аральского моря привело к увеличению темпов потепления в районе бассейна Аральского моря более чем в 2 раза по сравнению с глобальным потеплением с 1980-х годов. Мы можем наблюдать двукратное увеличение количества дней с температурой выше 40 °С в регионе Аральского моря и полуторакратное увеличение в остальной части Узбекистана как явный индикатор изменения климата.

Структура переноса влаги по воздуху по всей Средней Азии также изменилась в результате такого изменения температурного режима. Потоки с севера, несущие влагу из Северного Ледовитого океана, и потоки с юга, несущие влагу в Индийский океан, в некоторой степени стали входить в первичный поток переноса влаги с запада на восток. В то же время осадки начали выпадать преимущественно в теплое время года, что привело к ежегодному сокращению объема горных ледников на Памире и Тянь-Шане на 0,2–1%. Кроме того, в бассейнах горных рек региона отмечено уменьшение запасов снега, что привело к ухудшению условий ведения сельского хозяйства в регионе.

В целом, регион уже переживает:

- более продолжительные периоды сухой жары
- Увеличение количества дней с сильными дождями и их высокая изменчивость
- Уменьшение запасов снега в горах и деградация ледников
- Увеличение частоты экстремальных явлений, засух и низкого уровня воды
- Повышенное испарение в низинных и предгорных районах.

Из-за изменения климата регион уже испытывает:

Количество осадков резко сократилось на бывших побережьях Аральского моря. Среднее количество осадков в настоящее время колеблется от 100 до 150 мм с большими сезонными ко-

лебаниями. При снижении влажности воздуха на 10% наблюдается высокая скорость испарения (всего около 1700 мм в год). Ожидается, что уровень воды в Токтогульском водохранилище в Джалал-Абадской области Кыргызстана упадет до уровня «мертвой границы» в результате недавнего падения осадков. Объем водохранилища на 22 июля 2010 года составлял 18,2 миллиарда кубометров, но к 30 марта 2021 года уровень воды упал до 8,7 миллиарда кубометров и продолжает падать. По мнению экспертов, дефицит воды может продлиться еще пять лет.

Зимой температура воздуха снизилась на 2-3 градуса по Цельсию, а летом повысилась на 2-3 градуса по Цельсию. Летом преобладают высокие температуры (до +49 ° C). В районе Аральского моря часты сильные ветры. Как все эти гидрометеорологические изменения, а также изменение климата в целом повлияют на водные ресурсы бассейна Аральского моря?

Даже один из климатических сценариев, изученных Узгидрометом, не предполагает увеличения имеющихся водных ресурсов, согласно многообещающей оценке водных ресурсов региона из-за потепления климата. По оценкам, объем речного стока в бассейне Амударьи может сократиться на 10-15% к 2045-2050 годам, а река Сырдарья - на 2-5%. Количество засушливых и засушливых лет увеличится с потерей стока до 25-40% в это время, что приведет к быстрому увеличению потребности в воде и ее дефициту в регионе Аральского моря.

Использование гидрологических моделей для оценки колебаний осадков и температуры воздуха в бассейнах горных рек, а также расчет запасов снега показывает, что исключительно низкий уровень воды возникает при нехватке осадков и высоких температурах воздуха в январе-марте. В этих условиях наблюдается недостаточное накопление снега, что может привести к дефициту стока в течение всего вегетационного периода.

При неудовлетворенном спросе на воду увеличение нормы орошения на 5% к 2030 году, на 7-10% к 2050 году и на 12-16% к 2080 году может привести к значительным потерям урожая, создавая серьезную угрозу для продовольственной безопасности и препятствуя устойчивому развитию.

В результате изменение климата увеличивает антропогенную нагрузку на водные ресурсы Узбекистана, увеличивая опасность экологических проблем, особенно с точки зрения истощения водных ресурсов, как в качественном, так и в количественном отношении.

Литература

1. ANPED (2008) *Action on Climate Change: From a Divided Europe to a Common Purpose*. Available at: <http://www.anped.org/media/actionclimatechange-2008.pdf>
2. Ибатуллин С. Р., Ясинский В. А. Мироненков А. П. Электронная почта: map@eabr.org Влияние изменения климата на водные ресурсы в Центральной Азии. Отраслевой обзор, Алматы, 2009 г.
3. Крейцберг-Мухина Е.А., Мирабдуллаев И.М., Тальских В.Н. Основные результаты экологического мониторинга ветланда Судочье // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: Материалы Центральноазиатской Международной научно-практической конференции. – Алматы-Ташкент, 2003. – с.355-363.
4. НИЦ МКУР стран Центральной Азии (2006) *Оценочные доклады по приоритетным экологическим проблемам в Центральной Азии. Ашхабад*.
5. Тальских В.Н., Беглов Е.О. Влияние климатических факторов на водные экосистемы и меры адаптации // Последствия изменения климата, меры адаптации. – Бюллетень № 7. – Ташкент: НИГМИ, 2008. – с. 53-61.
6. Третье национальное сообщение Республики Узбекистан по РКИК ООН. Ташкент, 2016. -220с.
7. Тучин А.И., Громыко К.В., Рузиев И.Б. Экологические проблемы Южного и Северного Приаралья и предложения по их реабилитации и стабилизации функционирования // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: Материалы Центральноазиатской Международной научно-практической конференции. – Алматы-Ташкент, 2003. – с. 341-351.

2 РЕСУРСЫ БАССЕЙНОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК И УГРОЗЫ ИХ СОХРАНЕНИЮ

УДК: 631.674 (574)

ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОЗВРАТНЫХ ВОД ЮЖНОГО РЕГИОНА КАЗАХСТАНА

Мусаев А.И. доктор технических наук, профессор
Турекельдиева Р. кандидат биологических наук, доцент
Таразский региональный университет имени М.Х.Дулати, г.Тараз

На территории южного Казахстана водный фактор приобретает ведущую роль в устойчивости окружающей природной среды, особенно в низовьях рек, где основная причина экологических проблем речных бассейнов является загрязненность и хронический дефицит воды. В связи с этим проблема обеспечения населения и различных отраслей народного хозяйства водой в необходимом количестве требуемого качества является одной из важнейших проблем нынешнего времени.

Современный уровень нагрузок на водные ресурсы определяется, с одной стороны, количественными показателями водопользования, а с другой – качественными показателями отходов жизнедеятельности, поступающих в водные источники и их совместимости с природной средой.

Несмотря на продолжающееся уменьшение сбросов сточных вод, качество воды практически во всех водных объектах остается неудовлетворительным.

Территория Южного региона в зависимости от административных границ и гидрографических условий поверхностных вод разделена на три водохозяйственных речных бассейна:

- Арало-Сырдарьинский водохозяйственный речной бассейн. В административных границах включает Южно-Казахстанскую и Кызылординскую области;
- Балхаш-Алакольский водохозяйственный речной бассейн. В административных границах включает Алматинскую область и г.Алматы;
- Шу-Таласский водохозяйственный речной бассейн. В административных границах включает Жамбылскую область и Созакский район Южно-Казахстанской области.

Водохозяйственные речные бассейны отличаются друг от друга не только географическими и природно-климатическими условиями, но и агроэкономическими, водохозяйственными и социально-экономическими условиями.

В Южном регионе проживает 48% населения республики (таблица 1). По сравнению с 2000 годом количество населения возросло на 10%. Здесь самая большая плотность на 1 км² – 6-9,8 человек, тогда как в среднем по республике – 5,7 человек. При этом доля численности сельского населения преобладает над городским и составляет 60-70% от общей численности.

Таблица 1 – Плотность проживания населения в водохозяйственных бассейнах на 20.08.2021 г.

Водохозяйственный бассейн	Площадь, тыс.км ²	Население, чел.	Население на 1км ² , чел
Арал-Сырдарьинский	302,3	4002008	13,24
Балхаш-Алакольский	386,5	4109970	10,63
Шу-Таласский	167,6	1146664	6,84
Всего по югу РК	856,4	9258642	10,81
Всего по РК	2714,7	19222830	7,08

В Южных областях республики и самый большой прирост населения. По сравнению с 2010 годом численность населения возросла на 20%, тогда как по республике население за этот период увеличилось всего на 15%.

Водопотребление народным хозяйством Казахстана на современном уровне колеблется от 30 до 35 км³. Водозабор из источников составляет от 33,0 до 38 км³. Колебания используемых объемов воды обусловлены водностью лет, и спадом производства.

Сфера использования водных ресурсов в глобальном масштабе включает три крупных блока: орошение – 73%, промышленное использование – 21% и коммунальное водоснабжение – 6%. В масштабах отдельных стран это соотношение меняется: в разных странах более 40% воды потребляется промышленностью, в развивающихся – основные объемы ее идут на орошение.

Основным потребителем водных ресурсов в республике является орошаемое земледелие – 43-61%, промышленность – 21-24%, коммунально-бытовое хозяйство – 3,7-4%.

После распада Советского Союза период, начиная с 1990 по 2000 г. охватывающий практически все сферы производственно-хозяйственной деятельности, характеризуется сокращением водопотребления в республике, в том числе и в сельском хозяйстве, а затем с началом развития экономики страны объемы использования воды во всех отраслях экономики тоже начали увеличиваться. Соответственно увеличиваются и объемы водоотведения.

Анализ состояния структуры водозабора и его использования в последние годы в рассматриваемых бассейнах показывает, что имеются некоторые различия. Так, например, в Шу-Таласском бассейне использование поверхностных вод составляет 97% от всего использования водных ресурсов, а в двух других бассейнах процент использования поверхностных вод несколько меньше – 85-95% (таблицы 2-4).

Таблица 2 – Основные показатели забора и использования водных ресурсов в Балхаш-Алакольском бассейне

Показатели	Ед.изм.	Год		
		2005	2010	2020
Население	млн.чел	2,8	3,2	4,1
Площадь используемых орошаемых земель	тыс.га	515,5	512,4	546,3
Суммарное использование вод, в т.ч. поверхностных подземных	млн.м ³ /год	2981,8	2787,9	2884,59
	млн.м ³ /год	2645,3	2350,7	2390,74
	млн.м ³ /год	290,91	330,6	377,79
Использовано воды на орошение	млн.м ³ /год	2217,4	1990,36	2073,87
Использовано на хозяйственно-питьевые нужды	млн.м ³ /год	394,67	411,22	436,5
Удельное использование на орошение	м ³ /га	4300	3900	3800
Удельное использование на душу населения хозяйственно-питьевых вод	л/сут на 1 чел	395	402	420

В структуре водопользования доля орошаемого земледелия в Шу-Таласском бассейне составляет 35-40%, почти в 1,52 раза меньше, чем в Балхаш-Алакольском и Арало-Сырдарьинском бассейнах, где этот показатель соответственно равен 70-75% и 60-65%.

Таблица 3 – Основные показатели забора и использования водных ресурсов в Арало-Сырдарьинском водохозяйственном бассейне

Показатели	Ед.изм.	Год		
		2005	2010	2020
Население,	млн.чел	2,85	3,2	4,0
в т.ч. Туркестанской области		2,23	2,5	3,2
Кызылординской области		0,62	0,68	0,8

Продолжение таблицы 3

Площадь используемых орошаемых земель, в т.ч. в Туркестанской области в Кызылординской области	тыс.га	610,17 464,73 145,44	607,55 4581 149,45	599,94 454,0 145,94
Суммарное использование воды, в т.ч. поверхностных подземных	млн.м ³ /год	8970,21 8100,1 162,68	11304,63 10875,41 179,75	8114,0 7911,0 179,19
Использовано воды на орошение, в т.ч. в Туркестанской области в Кызылординской области	млн.м ³ /год	5417,33 2806,2 2625,93	5245,2 2467,22 2785,24	5353,41 2493,67 2868,86
Использовано на хозяйственно-питьевые нужды, в т.ч. в Туркестанской области в Кызылординской области	млн.м ³ /год	52,15 30,73 21,42	76,07 54,86 21,21	65,43 42,87 22,56
Удельное использование на орошение в среднем в бассейне, в т.ч. в Туркестанской области в Кызылординской области	м ³ /га	9000 6000 18000	9000 5400 19000	9000 5500 20000
Удельное использование хозяйственно- питьевых вод в среднем в бассейне, в т.ч. в Туркестанской области в Кызылординской области	л/сут на 1 чел	52 39 96	74 68 95	63 52 100

Показатель удельного использования воды, на 1 га орошаемой площади больше всех в Кызылординской области – 20000-25000 м³/га (где возделываются в основном культуры рисового севооборота). В Шу-Таласском и Балхаш-Алакольском бассейне величина использования воды на 1 га орошаемых земель составляет 3500-5000 м³/га.

Орошаемое земледелие, располагаясь в бассейнах рек по объемам отведения загрязненных коллекторно-дренажных и сбросных вод с оросительных систем, является одним из основных источников загрязнения поверхностных вод.

Таблица 4 – Основные показатели забора и использования водных ресурсов в Шу-Таласском водохозяйственном бассейне

Показатели	Ед.изм.	Год		
		2005	2010	2020
Население	млн. чел.	1,0	1,03	1,15
Площадь используемых орошаемых земель	тыс.га	147,7	165,02	
Суммарное использование воды, в т.ч. поверхностных подземных	млн. м ³ /год	1963,6 1902,4 56,6	1856,8 1798,9 52,8	1448,7 1399,4 44,6
Использовано воды на орошение	млн. м ³ /год	745,8	575,1	500,7
Использовано на хозяйственно-питьевые нужды	млн. м ³ /год	30,14	29,94	27,8
Удельное использование на орошение	м ³ /га	5000	3500	
Удельное использование на душу населения хозяйственно-питьевых вод	л/сут на 1 чел	84	83	76

В Балхаш-Алакольском бассейне орошаемое земледелие в основном расположено в бассейнах рек Иле, Каратал, Чарын. По сравнению с 1990 годом объем отводимых коллекторно-дренажных вод (в основном в р. Иле) сократился почти в 5 раз, с 560,28 млн. м³/год до 110,115 млн. м³/год, тогда как объем отводимых сточных вод остался примерно на том же уровне (таблица 5).

Таблица 5 – Основные показатели водоотведения в Балхаш-Алакольском бассейне

Показатели	Год			
	1990	2000	2010	2020
Население, млн. чел	2,25	2,42	3,26	4,11
Площадь орошаемых земель, тыс.га	551,4	475,2	491,2	513,2
Количество водоотведения, млн. м ³ /год,	838,2	602,82	428,6	376,76
в т.ч. сточных вод	271,33	242,05	271,6	263,21
коллекторно-дренажных вод	560,28	360,78	154,22	110,15
Удельное отведение сточных вод на 1 жителя, л/сут	330,0	270	266	253
Удельное отведение коллекторно-дренажных вод, м ³ /га	1016	759,2	300,97	201,6

Коллекторно-дренажные воды в основном формируются в Балхашском и Каратальском водохозяйственных системах и в настоящее время ежегодно в объеме 150-200 млн.м³ отводятся с высоким содержанием органических, азотосодержащих и взвешенных веществ в р. Иле и Каратал.

В бассейне р.Сырдарьи в настоящее время имеется в наличии 732 тыс.га орошаемых земель, из которых используется 608 тыс.га. Объем возвратных вод с орошаемых массивов составляет 2842 млн. м³, из них сбрасываются в р. Сырдарью 1485 млн. м³, остальной объем – в озерные системы и притоки. Минерализация дренажно-сбросных вод изменяется в широких пределах – от 1,8 до 7,5 г/л

На Тасоткельском массиве (Шу-Таласский бассейн) с уменьшением посевов водоемких технических культур произошло уменьшение объемов водозабора и соответственно стока дренажных вод. В 1997 году при водозаборе 175 млн. м³ объем дренажного стока составлял около 30 млн. м³ или 17% от величины забора воды из источника. В настоящее время эта величина снизилась до 3% забора воды (116,4 млн. м³).

Дренажные воды в основном сульфатно-гидрокарбонатные, магниевые-кальциевые.

Минерализация вод изменяется от 0,6 до 2,7 г/л.

Во всех рассматриваемых водохозяйственных бассейнах коллекторно-дренажные воды, отводимые в больших объемах в поверхностные воды бассейна, не подвергаются никакой очистке. Единственным водоохраным мероприятием является использование части КДВ на повторное орошение, что естественно снижает в некоторой степени негативное воздействие мелиоративных систем на водные и другие объекты окружающей среды бассейна.

Несмотря на продолжающееся уменьшение сбросов коллекторно-дренажных и сточных вод, качество воды практически во всех водных объектах остается неудовлетворительным (таблица 6).

Таблица 6 – Динамика забора использования и водоотведения в РК, млн. м³

Показатели	Год			
	1990	2000	2010	2020
Забор воды всего	34 017,65	19 830,06	24 797,50	21 244,34
Использование воды, всего	27 477,36	14 058,77	21 422,28	18 441,97
Водоотведение всего	8 717,68	4 055,63	7 121,53	6 021,22
в т.ч. в поверхностные водные объекты	6 934,20	3 404,08	3 791,23	4 296,72
в подземные горизонты	0 009,13	0 001,56	-	-
в накопители и рельеф местности	1 774,35	0 649,99	3 330,30	1 724,49

Так за последние 15 лет объемы потребления водных ресурсов сократились:

- на питьевые нужды населения в 2-2,4 раза;

- в сельской местности более чем в 5 раз;
- на производственные нужды в 1,2-1,6 раза;
- на орошение земель в 2,1-2,4 раза.

При этом величина водоотведения всеми водопользователями изменялась в пределах 4,06-8,7 км³, что составляет 16-26% от величины водозабора, причем 54-84% отводимых вод сбрасывается в водные объекты, являясь основными источниками их загрязнения.

Сбросные воды возвращаются в гидрологическую систему через поверхностный сброс или грунтовое просачивание, очистка возвратных вод путем их использования в сельском хозяйстве повышает водообеспеченность орошаемых земель, особенно в маловодные годы. При этом одним из существенных факторов использования возвратных вод для орошения является его качественный состав. После водозабора на коммунально-бытовые нужды населения, доля возвращаемой воды еще больше.

Воздействие городов на природные условия экономику региона очень велико. Они производят около 80% продукции в стоимостном выражении. При этом рост концентрации промышленных предприятий, автомобилей, населения сопровождается значительными изменениями природных условий и ландшафтов в городах и пригородах, ухудшением экологического качества не только самой городской среды, но и пригорода, так как свыше 80% всех выбросов в атмосферу и сбросов загрязняющих веществ в гидросферу приходится на города. Причем степень сложности экологических проблем находится в прямой зависимости с их величиной. На территории городов дислоцированы различные промышленные, производственные и коммунальные предприятия, которые сбрасывают свои сточные воды в общегородскую канализацию (таблица 7).

Таблица 7 – Оценка современного уровня водопользования основных городов Южного Казахстана

Показатели оценки уровня водопользования	Город			
	Алматы	Тараз	Шымкент	Кызылорда
1. Количество предприятий, функционирующих на территории города, шт., в т.ч. промышленной категории, из них имеют локальные сооружения очистки	2586 240 141	91 60 13	68 57 12	69 13 7
2. Численность населения на 01.01.2020 г., тыс. чел.	2000,0	358,1	1,200	242,4
3. Объем водопотребления, млн.м ³ /год	378,02	134,53	148,85	37,2
4. Объем использованной воды, млн. м ³ /год, в т.ч. на производственные нужды	225,01 67,2	129,81 55,71	179,43 70,86	36,5 24,61
на хозяйственные нужды	155,18	39,02	75,77	11,71
на сельскохозяйственные и прочие нужды	2,63	35,08	32,3	0,18
5. Объем отводимых сточных вод, млн.м ³ /год	241,4	38,56	74,08	26,18

Низкая обеспеченность промышленных стоков на городской территории системами эффективной глубокой очистки не позволяет автономно утилизировать стоки и твердые отходы предприятий-водопользователей, в результате чего сложный многокомпонентный производственный сток подается в общегородской канализационный коллектор, смешивается с большими объемами хозяйственных стоков, транспортируется на общегородские сооружения механической и биологической очистки (если они есть), понижая их технологические возможности.

Обычно расход воды на коммунально-бытовые нужды городского населения с развитием цивилизации и ускорением прогресса непрерывно растет, соответственно растет и расход отводимых сточных вод. Между тем хорошо известно, что значительные объемы воды из централизованной системы водоснабжения расходуются на промышленных, коммунальных и транспортных предприятиях, на нужды городского благоустройства, пожаротушения, тех-

нологические операции по эксплуатации и на аварийно-восстановительные работы системы подачи и распределения воды и т.д. Совершенно очевидно, что разная степень благоустройства жилья, обеспеченности санитарно-техническим оборудованием обуславливает различные уровни водопотребления. Кроме того, возможное влияние оказывает и географическое расположение города. Так, например, водоснабжение в Ташкенте – 1020, Алматы – 720, Бишкеке – 661 л/сут.чел. Для сравнения, в Сингапуре – 458, Шанхае 577, Гонконге – 402, Санкт-Петербурге – 550, Москве и Нью-Йорке – 600 л/сут. чел. В разрезе стран: в России – 430, США – 190, Германии – 130 л/сут. чел. В городах Южного Казахстана в среднем расходуется 450 л/сут. чел. Здесь надо отметить, что к комплексу факторов, влияющих на удельное водопотребление, относится также ценовая политика и состояние системы контроля за водопотреблением. Так, например, стоимость 1 м³ питьевой воды в России 0,1 \$/м³, США – 2,10 \$/м³, Дании – 3,4 \$/м³, Германии – 1,96 \$/м³. В городах Южного Казахстана – в среднем 0,16 \$/м³ – 0,13-0,218.

Нами проведена сравнительная оценка зарубежной и отечественной ситуации в этой области.

Здесь очевиден факт уменьшения водопотребления с ростом стоимости воды, однако по характеру зависимости можно сделать также вывод, что сокращение потребления воды примерно в 3 раза сопровождается 20-кратным увеличением ее стоимости. Для укрупненной оценки снижения потребления в сутки можно принять 0,01 доллар США. Этот показатель может быть использован для планирования мероприятий по уменьшению не только удельного водопотребления, но и соответственно удельного водоотведения с учетом реальной социально-экономической ситуации.

Влияние ценовой политики на уровень удельного водопотребления иллюстрируется также сравнением относительных затрат населения на услуги системы водоснабжения, выражаемых в долях к душевому доходу. В Южном Казахстане эта доля составляет 0,21%, в большинстве развитых стран она колеблется от 0,5 до 1%.

Следовательно, сокращение объема потребления водных ресурсов в республике на коммунально-бытовые нужды населения в 2-2,5 раза связаны не только с экономическим спадом, но и ценовой политикой и внедрением средств водоучета.

Снижение отводимых сточных вод наблюдается по городам Жамбылской области (Тараз, Каратау, Жанатас, Шу) (таблица 8).

Таблица 8 – Динамика водоотведения по городам Жамбылской области, млн. м³/год

Показатели	Год			
	1995	2000	2010	2020
Всего по области	72,6	48,84	41,44	31,5
В том числе в водные объекты	18,7	12,81	1,34	0,57
В накопители, поля фильтрации и др.	53,9	36,03	40,1	30,98
Всего по городам области	69,45	47,57	28,73	25,3
В том числе: г. Тараз	55,32	42,78	24,5	21,98
г. Каратау	8,92	3,87	1,45	1,27
г. Жанатас	3,34	-	1,88	1,31
г. Шу	1,87	0,92	0,9	0,74

По химическому составу и своим качествам сточные воды городов относятся к хозяйственно-бытовым сточным водам, так как доля хозяйственных сточных вод в 2-3 раза преобладает над производственными. Соотношения хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод колеблются в пределах: 75-90% – хозяйственные и 10-25% – производственные (таблица 9).

Таблица 9 – Объем водопотребления и водоотведения городами Южного Казахстана (средние за 2010-2020 гг.)

Город	Водопотребление, Водоотведение, млн. м ³	Соотношение бытовых и производственных сточных вод, %
Алматы	300-350/150-235	60-85/15-40
Тараз	40-45/25-30	70-80/20-30
Шымкент	35-40/40-45	75-80/20-25
Кызылорда	7-12/3-15	90-95/5-10

Увеличение доли хозяйственно-бытовых сточных вод от ее общего количества объясняется сокращением промышленного производства и увеличением численности населения города.

Практика показывает, что промышленные предприятия и коммунальное хозяйство безвозвратно расходует только 5-10% забираемой воды из водоемов. Остальное количество сточной воды находится в загрязненном состоянии.

Приведенный анализ по водопользованию показывают, что водоотведение составляет 25-30% от количества водозабора, при этом основная ее часть (50-85%) отводится в поверхностные водные объекты.

Для обезвреживания сброшенных вод даже после основательной биологической очистки требуется 6-12-кратное разбавление свежей чистой водой. На обезвреживание сточных вод во всем мире ежегодно требуется 5500 км³ чистой воды, втрое больше, чем на все другие нужды населения. Эта величина составляет около 30% устойчивого стока всех рек Земного шара. Сброс 1 м³ неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод в реки делает непригодным к использованию 10-50 м³ поверхностных вод. В Казахстане для обезвреживания отводимых вод путем разбавления свежей чистой водой требуется 40-70 км³ чистой воды, что превышает формируемый объем речной воды на территории республики. В связи с этим, выбирая оптимальное решение в области охраны водных ресурсов от загрязнения и его рационального использования, необходимо применять целый комплекс возможных мероприятий, применительно к каждому конкретному объекту. Для условий южного Казахстана эффективным и в то же время наиболее долговечным, простым в устройстве и эксплуатации является применение почвенно-биологического метода доочистки сточных вод, который обеспечивает охрану и рациональное использование водных ресурсов, и экономию материальных средств на сооружение доочистки использование экономии сточных вод при улучшении водообеспеченности поливного земледелия региона.

Литература

1. Новиков Ю.В. Воде быть чистой. – М.: Московский рабочий, 1977. – 128 с.
2. Руководство по коммунальной гигиене. /под ред. проф. С.Н. Черкинского. – М.: Медгиз, 1962. Том II. – 763 с.
3. Тойчиев Е.А. Использование городских сточных вод для орошения земель – важное природоохранное мероприятие//Водные ресурсы. – 1978. – №5. – С.172-176.
4. Кузнецов В.В., Козина А.С. Использование сточных вод в различных отраслях народного хозяйства: аналитический обзор. – М.:ВНТИцентр, 1983.– 128с.
5. Зубаиров О.З. Орошение сточными водами в Казахстане. – Алматы: КазСХИ, 1994. – 177с.
6. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. – М.: Колос, 1967. – С.312.
7. Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара //Изв. АН СССР. Сер.География и геофизика. – 1941. – №3. – С.15-32.
8. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата //Мировой агроклиматический справочник. – Л.: Гидрометеиздат, 1937. – С.5-27

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОРРЕЛЯЦИИ

Балгабаев Н.Н. доктор сельскохозяйственных наук, **Байзакова А.Е.** кандидат технических наук, **Калашников П.А.** кандидат технических наук, **Джабаев К.Е.**, младший научный сотрудник, **Боровиков Э.А.**, конструктор, **Власов А.О.**, конструктор
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства»,
г. Тараз, Казахстан

В Послании Первого Президента РК Н.А. Назарбаева народу Казахстана «Казахстан-2050» острый дефицит воды назван одним из десяти глобальных вызовов 21 века. «Вода - крайне ограниченный ресурс и борьба за обладание водоисточниками становится важнейшим фактором геополитики, являясь одной из причин напряженности и конфликтов на планете. 2050 год - реальный срок, на который сегодня ориентируется в своем развитии мировое сообщество» [1,2]. В связи с этим, изучение закономерности распределения возобновляемых водных ресурсов по территории Республики Казахстан, которые являются главным источником чистой воды, в данное время очень актуально.

Для решения поставленных задач в 2020 году был выполнен комплекс исследований, основанных на методах, распространенных в гидрологии, рассматриваемых пространственные закономерности изменения речного стока.

В настоящих исследованиях использовались следующие методические основы расчетов водных ресурсов и использование следующий метод картирования.

По мере накопления стационарных данных, стали применять метод оценки водных ресурсов на основе пространственной интерполяции характеристик речного стока, так называемый метод картирования. Для построения карты норм годового стока, которые обычно выражают в модуле стока или слое стока, предварительно по данным фактических наблюдений вычисляли нормы стока для отдельных речных бассейнов и их частей. Для построения карт стока использовали среднемноголетние величины стока репрезентативных гидрологических постов (ГП) за 1974-2015 период и полученные на основе их анализа региональные зависимости модуля стока от средневзвешенной высоты водосбора ($q=f(H)$) и площади водосбора ($q=f(F)$).

Несмотря на сложность процесса влияния характера земной поверхности на образование поверхностного стока, можно выделить основные факторы: ориентация горных склонов относительно господствующих в регионе влагонесущих атмосферных масс, а также высоту местности. Эти показатели дают достаточно приемлемое на практике представление о среднемноголетних характеристиках стока рек. Проведение изолиний основано на положении о том, что среднемноголетний сток при относительном постоянстве характера земной поверхности, является функцией преимущественно климатических факторов, имеющих зональное распределение.

Посредством специальных модулей программы ArcGis и цифровой модели рельефа SRTM на основе проведенного анализа данных о стоке рек была составлена карта распределения модуля стока. Полученная карта стока дает отчетливое представление об особенностях распределения стока на той или иной территории. Карта распределения среднего годового модуля стока рек может использоваться для подсчета стока слабоизученных в гидрологическом отношении районов. Однако обоснованность применения такого метода тесно связана с изученностью территории, т.е. метод и его точность напрямую зависят от натурных материалов.

Модуль стока (удельный сток на квадратный км, т.е. сток, стекающий в единицу времени с единицы площади водосбора) в районах недостаточного увлажнения Центрального и Северного Казахстана уменьшается с увеличением площади водосбора, так как в

равнинных районах величина модуля стока зависит от площади водосбора (чем больше бассейн, тем меньше его значение), также существенное влияние оказывает уклон водосбора. При прочих равных условиях, чем больше значение коэффициента стока, тем меньше потери в пределах водосбора на испарение и фильтрацию. В равнинных районах грунтовые воды, залегающие глубоко, дренируются только наиболее значительными реками с глубоким эрозийным врезом русла. Здесь соотношение стока больших и малых рек определяется дополнительными потерями на испарение и инфильтрацию в различных бессточных понижениях на водосборах и в руслах рек и условиями аккумуляции осадков, в частности условиями снегонакопления, играющего большую роль в формировании стока рек в степных районах Казахстана. Большие и малые водосборы в этом отношении значительно отличаются друг от друга. Модули стока уменьшаются с увеличением площади водосбора.

Наибольшей водоносностью на территории Казахстана характеризуется высокогорная зона верховья р. Катунь (более 50 л/сек*км²) (рисунок 1).

Благодаря значительной увлажненности западного Алтая годовой сток достигает 30-50 л/сек*км² на обширных территориях бассейнов рек Уба, Ульби, Тургысын, также высокой удельной водоносностью характеризуются юго-западные склоны хр. Тарбагатай, где сток достигает 25-30 л/с*км², западные склоны Жетысу Алатау более 30 л/с*км² и центральная часть северного склона Иле Алатау [3]. Указанные районы наряду со значительными абсолютными высотами имеют благоприятную ориентацию и свободный доступ для проникновения влажных воздушных масс.

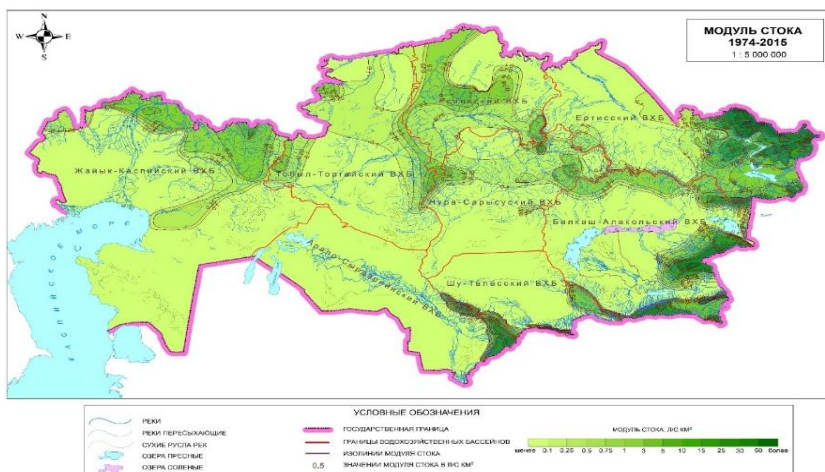


Рисунок 1 – Среднегодовое количество осадков

Наиболее низкий сток наблюдается в Прикаспийской низменности в низовьях рек Сагиз, Ойыл и реки Северного Прибалкашья, где сток колеблется от 0 до 0,5 л/с*км². Районы полуострова Мангышлак и плато Устюрт, где выпадает наименьшее количество осадков можно рассматривать как бессточный район.

Территориальная согласованность годового стока является одним из наиболее сложных, вместе с тем практически актуальных проблем гидрологии и служит основой методов гидрологических расчетов и прогнозов. При определении территориальной согласованности колебания стока используется парный коэффициент корреляции r , изменяющийся от минус единицы (синхронность противоположная асинхронность) до плюс единицы (полная синхронность) [4,5].

Пространственная корреляционная функция свидетельствуют о преобладании тенденции к согласованности колебаний гидрометеорологических характеристик во всем Казахстане. Положительны почти все коэффициенты парной корреляции. Также отмечается что, соответствующее чередование с севера на юг природных зон и изменение в этом направлении гидрометеорологических характеристик, характеризует зональную асинхронность.

Вдоль меридиана коэффициенты парной корреляции стока и осадков ослабевают втрое быстрее, чем вдоль параллели.

В таблице 1 представлены коэффициенты парной корреляции местного стока по всем водохозяйственным бассейнам Казахстана.

Таблица 1 - Коэффициенты корреляции связей годового стока за 1974-2015 гг. по местным ресурсам водохозяйственных бассейнов РК

Водохозяйственный бассейн	Арал-Сырдаринский	Балкаш-Алакольский	Ертисский	Есильский	Жайык-Каспийский	Нура-Сарысуский	Тобыл-Торгайский	Шу-Таласский
Арал-Сырдаринский	1	0,60	0,37	0,42	0,44	0,28	0,39	0,77
Балкаш-Алакольский	0,60	1	0,53	0,25	0,34	0,43	0,33	0,69
Ертисский	0,37	0,53	1	0,28	0,01	0,48	0,06	0,40
Есильский	0,42	0,25	0,28	1	0,61	0,56	0,76	0,27
Жайык-Каспийский	0,44	0,34	0,01	0,61	1	0,29	0,70	0,20
Нура-Сарысуский	0,28	0,43	0,48	0,56	0,29	1	0,48	0,29
Тобыл-Торгайский	0,39	0,33	0,06	0,76	0,70	0,48	1	0,22
Шу-Таласский	0,77	0,69	0,40	0,27	0,20	0,29	0,22	1

Как видно из таблицы 1 коэффициенты парной корреляции имеют положительные значения. На стоках рек юга и юго-восточной части Казахстана наблюдается территориальная согласованность стока. Между местным стоком Жайык-Каспийского и Ертисского ВХБ наблюдается асинхронность стока.

Территориальная согласованность сильно связано с орографией и климатическими условиями местности. Рельеф территории Казахстана характеризуется сложным сочетанием разнообразных форм рельефа. Из-за сложного характера рельефа на территории действуют как факторы, способствующие согласованности гидрометеорологической обстановки, так и возникновению различий. В следствие перечисленных причин даже внутри водохозяйственных бассейнов сток не во всех случаях согласуется по территории.

Для рек Казахстана свойственны большей частью либо слабое согласованность стока. Лишь для ряда соседних речных бассейнов наблюдается довольно значительная корреляция. Поэтому территориальную согласованность стока лучше рассматривать не по водохозяйственным бассейнам, а внутри однородных гидрологических или гидроклиматических районов.

Территориальная закономерность согласованности стока была рассмотрена внутри макрорегионов Казахстана – западный, северный, центральный, восточный, юго-восточный и южный регионы. Анализ территориальной согласованности колебаний стока макрогидроклиматических регионов были сделаны по однородным гидрологическим районом, внутри гидрологических районов сток хорошо согласуется. Как в случае анализа закономерности колебания стока, территориальная согласованность рассматривали по направлении с запада на восток.

Прогнозные оценки речного стока на основе климатических сценариев, свидетельствуют о том, что в целом, изменения относительно нормы современного цикла водности (1974-2015 гг.) незначительные, в пределах точности гидрологических измерений и расчетов. Повсеместное увеличение климатического стока следует ожидать в высокогорных районах юга-востока страны, когда как на равнинных регионах Центрального, Западного Казахстана, по всей вероятности, будет наблюдаться незначительный спад водности. Таким образом, естественный сток в ближайшей перспективе будет колебаться в пределах 5-10 % около многолетней нормы.

При водосберегающем сценарии для территории всего Казахстана полученные прогнозные характеристики стока с учётом возможных изменений климата и антропогенного

влияния на периоды с 2020-2035 гг., показывают разнообразные тенденции поведения речного стока в будущем по всем регионам. Местные водные ресурсы по стране увеличатся от нормы 1974-2015 в средние по водности годы до 13,4%, в маловодные периоды наблюдается уменьшение речного стока до 38 %. Для южных, юго-восточных и восточных регионов незначительное увеличение и уменьшение местного стока обусловлено естественным прогнозным увеличением речного стока. Для Северного и Центрального Казахстана в маловодные периоды наблюдается критическая нагрузка более 60%, воды катастрофически не будет хватать для водообеспечения экономики и населения.

1. Прогнозные оценки речного стока на основе климатических сценариев, свидетельствуют о том, что повсеместное увеличение климатического стока следует ожидать в высокогорных районах юга-востока страны, когда как на равнинных регионах Центрального, Западного Казахстана, по всей вероятности, будет наблюдаться незначительный спад водности. Таким образом, естественный сток в ближайшей перспективе будет колебаться в пределах 5-10 % около многолетней нормы.

2. Местные водные ресурсы по стране увеличатся от нормы 1974-2015 в средние по водности годы до 13,4%, в маловодные периоды наблюдается уменьшение речного стока до 38 %.

3. Для Северного и Центрального Казахстана в маловодные периоды наблюдается критическая нагрузка более 60%, воды катастрофически не будет хватать для водообеспечения экономики и населения.

Работа выполнена в рамках реализации прикладных научных исследований по научно-технической программе «Научно-технологическое обоснование по рациональному использованию водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по всем водохозяйственным бассейнам республики Казахстан до 2021 года» (ИРН BR06249255, Шифр О.0864.) БП № 267 «Повышение доступности знаний».

Авторы выражают искреннюю благодарность Заместителю директора, АО «Институт географии и водной безопасности» С.К. Алимкулову, принявшему активное участие в проведении исследовательских работ.

Литература

1. Стратегия «Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства: Послание Президента Республики Казахстан - Лидера нации Н.А. Назарбаева народу Казахстана. – Астана, 14 декабря 2012 г.

2. Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017-2021 годы. – Астана, 2018. – 124 с.

3. ИРН BR06249255. Отчет о научно-исследовательской работе по нтп «научно-технологическое обоснование по рациональному использованию водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по всем водохозяйственным бассейнам республики Казахстан до 2021 года» (заключительный 2018-2020 гг., Шифр О.0864.) БП № 267 «Повышение доступности знаний»

4. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / под. научн.ред. Р.И. Гальперина. – Алматы, 2012. – Том II. – Кн.2. – 684 с.

5. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция). – Алматы, 2012. – Т. I. – 94 с.

ВЛИЯНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОУЗЛОВ ЮГА КАЗАХСТАНА

Сенников М.Н. доктор технических наук,
Омарова Г.Е., Ержанова Н.К., Джакияев Б.Д.

Таразский региональный университет им.М.Х.Дулати, г. Тараз, Казахстан

Проблема местных размывов возникла с тех пор, как началось интенсивное освоение бассейнов рек, вне зависимости от зарегулированности их стока. Все сооружения, устраиваемые на реках, вносят изменения в местные русловые процессы с учетом регулирования водного стока. Влияние этих сооружений сводится к ограничению подвижности русла и дополнительно к стеснению потока.

В процессе появления местных размывов в бьефах гидроузлов юга Казахстана можно выделить следующие основные факторы, определяющие их русловые и конструктивные особенности: геологические, гидродинамические, гидрологические и техногенные.

Данные теоретических, экспериментальных и натурных исследований обоснованно показывают, что пропуск воды через стесненные сооружениями русло, приводит, особенно в паводковый период, к увеличению скоростей и изменению гидравлического режима потока на локальном участке реки, образуя винтообразные размывающие течения с усиленной турбулентностью, это в свою очередь приводит к размывам и подмывам различных элементов гидроузла. Основной проблемой оценки размывов может стать неадекватная и противоречивая информация о состоянии русла, подошвы элементов сооружения и их примыканий, наличии донных гряд, особенности при смещении оси течения и др. Многочисленные примеры разрушений наблюдаемые на подавляющем большинстве действующих гидротехнических сооружений (более 65%) юга Республики Казахстан, определяют актуальность проблемы прогнозирования местного размыва. В период эксплуатации невозможно обеспечить целостную картину фактического состояния работы сооружения так как изменения могут произойти в течении одного паводка, кроме того может измениться и режим использования воды. В настоящее время отсутствуют мониторинг и эффективные методики прогнозирования возможных появлений местных размывов у сооружений гидроузлов в руслах рек южного Казахстана и доступные дешевые технологии их устранения [1-9].

Один из вопросов, с которым приходится сталкиваться при проектировании русловых процессов - это прогноз местных размывов в бьефах сооружений. На основе данного прогноза и для надежной эксплуатации сооружения предусматривается регламент проведения ремонтно-восстановительных и закрепительных работ. Глубина местного размыва тесно связана с гидравлическими особенностями потока, как в конце крепления на подходе к воронке размыва, так и теми изменениями, которые претерпевает поток, проходя над размывом. Последние, в свою очередь, зависят от глубины и очертаний размыва. Водосбросные сооружения сжимают поток по ширине, поэтому основной особенностью потока на сходе с креплений являются увеличенные удельные расходы воды.

Кроме стеснения реки водосбросными сооружениями, к увеличению удельных расходов в нижних бьефах приводит также и явление сбоя. Сбой потока за водосбросными сооружениями образуется в пространственных условиях сопряжения бьефов. При этом удельные расходы воды могут значительно отличаться от удельного расхода на водосливе и чаще всего превышают его.

Отклонение режима потока от условий плоского течения возникает в нижнем бьефе при сбросе воды относительно узким водосливным фронтом в широкое русло реки, при частичной работе водосливного фронта, а также при неравномерном распределении удельных расходов по фронту водослива [7-12].

Пропуск воды частью водосливного фронта приводит к образованию в нижнем бьефе водоворотных зон, располагающихся по бокам транзитного потока. При определенных условиях эти водоворотные зоны как бы сжимают транзитную струю и заставляют ее сужаться. Сужения или расширения транзитного потока происходят только там, где истечение узким фронтом в широкий бьеф (внезапное расширение границ потока) сочетается с изменением скоростей течения в вертикальной плоскости. Местами таких изменений являются, во-первых, область прыжка, внутри которой по мере продвижения воды в сторону нижнего бьефа происходит перераспределение скоростей по глубине потока, и, во-вторых, зона резкого увеличения (или уменьшения) глубины русла. Причина рассматриваемого явления заключается в своеобразии условий равновесия потока при наличии застойных пазух (водоворотных зон).

Теоретические основы расчетов распределения скоростей течения и удельных расходов воды в нижнем бьефе сооружений были предложены К.И. Россинским и М.А. Михалевым [3,7,12]. Ниже с учетом этих рекомендаций рассматриваются конкретные приемы натурных обследований и методы прогнозирования местных размывов у сооружений гидроузлов юга Казахстана, на реках Талас (Таласский, Темирбекский, Жиембетский, Уюкский); Асса (Ассинский, Терс-Ащибулакский).

Опыт эксплуатации этих сооружений показывает, что значения неразмывающей средней скорости потока v_h увеличивается с глубиной, поэтому величину неразмывающей средней скорости потока относят к глубине, которой она соответствует. Известны, нормы на проектирование гидротехнических сооружений, которые дают нормируемые значения неразмывающей скорости для глубины в 1 м [12].

При осветленном потоке и нормальном режиме скоростей в конце крепления наибольшая глубина потока в воронке размыва удовлетворяет равенству

$$h = K_p \frac{q}{v_h}, \quad (1)$$

где: q - удельный расход воды; v_h - неразмывающая дно средняя скорость течения при глубине h ; K_p - коэффициент, учитывающий условия размыва и зависящий от устройства концевой части крепления.

Обычно значение неразмывающих скоростей возрастает пропорционально глубине, возведённой в степень 0,2. Соответственно переход от нормируемых значений к фактической неразмывающей скорости при заданной глубине h может быть найден из соотношения

$$v_h = v_n \left(\frac{h}{K_p} \right)^{0.2}, \quad (2)$$

где v_n - неразмывающая скорость при глубине 1м.

Совместное решение равенств (1) и (2) дают расчётные формулы для определения глубины плоского потока в месте наибольшего размыва при затопленном режиме и нормальном распределении скоростей в конце рисбермы, а также планировать мероприятия по их устранению

$$h = K_p^{1.2} \sqrt[1.2]{\frac{q}{v_n}}. \quad (3)$$

При выборе коэффициента K_p необходимо учитывать, что в верхних бьефах, где на подходе к водосливному плотинам скорости течения нормально распределены по глубине по-

тока, размыв останавливается при неразмывающих скоростях. Соответственно, величина коэффициента равна $K_p = 1$.

По формуле (3) можно определить глубину размыва в зоне стеснения потока на подходе к сооружению (перед понуrom), полагая, как уже отмечалось, $K_p = 1$. Эта же зависимость (3) применяется и в случаях сброса в нижний бьеф значительного количества руслоформирующих фракций наносов, это происходит, при заниженном верхнем бьефе в период строительства или при незначительных напорах на гидроузле при пропуске половодий. В этом случае вместо неразмывающей скорости в формулу вводится скорость течения в верхнем бьефе с поправкой на его глубину, т.е. принимается

$$v_n = \frac{v_B}{h_B^{0.2}}, \quad (4)$$

где v_B - скорость течения в верхнем бьефе до крепления перед плотиной; h_B - глубина на воды в верхнем бьефе.

Для случая пропуска максимальных сбросных расходов через все полностью открытые пролеты плотины, когда последняя работает равномерно по всему фронту, удельный расход воды в месте размыва определяется из соотношения

$$q = K_n q_0, \quad (5)$$

где K_n - коэффициент, учитывающий неравномерности распределения удельных расходов под влиянием промежуточных бычков плотины; q_0 - удельный расход воды, осредненный по фронту плотины.

Величина коэффициента K_n принимается в зависимости от удельного расхода воды и размера бычков. При обычных размерах бычков и удельном расходе воды до $q_0 = 40 \text{ м}^2 / \text{сек}$ он равен 1,20-1,30. При больших расходах (или утолщенных бычках) он повышается.

Если одновременно с расчетами производится гидравлическое моделирование, то величина K_n берется на основе данных модельных испытаний [7-12]. При неравномерном сбросе по фронту плотины происходит сжатие потока на входе в зону местного размыва.

В этом случае удельный расход воды определяется по формуле К.И. Россинского [12]

$$\frac{q_0}{q} = \frac{1}{2} \frac{\alpha_0 h}{\alpha h_0} + \frac{1}{4} \frac{B_0}{B} \left(1 - \frac{\alpha_0 h}{\alpha h_0} \right) + \sqrt{\frac{1}{4} \frac{\alpha_0^2 h^2}{\alpha^2 h_0^2} + \frac{1}{2} \frac{B_0}{B} \left(1 - \frac{\alpha_0 h}{\alpha h_0} \right) \cdot \left[\frac{1}{8} \frac{B_0}{B} \left(1 - \frac{\alpha_0 h}{\alpha h_0} \right) + \frac{1}{2} \frac{\alpha_0 h}{\alpha h_0} + 1 \right]}, \quad (6)$$

где B_0 , h_0 - ширина и глубина транзитной струи на подходном участке (на горизонтальной рисберме); B - полная ширина нижнего бьефа; h - глубина в месте размыва; α_0 , α - корректирующие множители соответственно для подходного участка и участка размыва.

А для расчета местного размыва при необходимости определения только глубины размыва h без удельного расхода за рисбермой q возможно использовать номограмму представленную на рис. 1.

Порядок использования этой номограммы показан пунктирной линией. Номограмму можно применять для соотношений не больше 3, т.е. $\frac{\alpha_0 h}{\alpha h_0} \leq 3$. Экстраполяция значений выше этой цифры влечет к неточностям.

В случае работы сооружения всем фронтом, но при резко неравномерном по ширине сбросе, можно использовать формулу (6), но принимать

$$\frac{B_0}{B} = \frac{B_1 + B_2 \frac{q_2}{q_1}}{B_1 + B_2} \quad (7)$$

где B_1 - ширина потока в той части, где имеются большие удельные расходы q_1 ; B_2 - ширина потока в части фронта с малыми удельными расходами q_2 .

Неравномерность потока может возникнуть не только в результате неравномерного открытия водосбросных отверстий, но и является следствием конструктивных особенностей совмещенных гидроузлов. При таком сбросе явление протекает иначе, чем в рассмотренных выше случаях. Обычно сбоя струй на водобое не происходит, имеет место слияние отдельных струй и постепенное к концу рисбермы затухание неравномерности.

Существенное влияние на глубину размыва оказывает неоднородность грунта. Даже относительно небольшое содержание крупных частиц в мелком подвижном грунте может вследствие образования естественной отмостки дна ограничить размыв и воспрепятствовать его развитию до той глубины, которая была бы достигнута при отсутствии в грунте крупных включений. Поэтому при неоднородности грунта предлагаем вести расчет не на одно значение неразмывающей скорости течения, а на несколько.

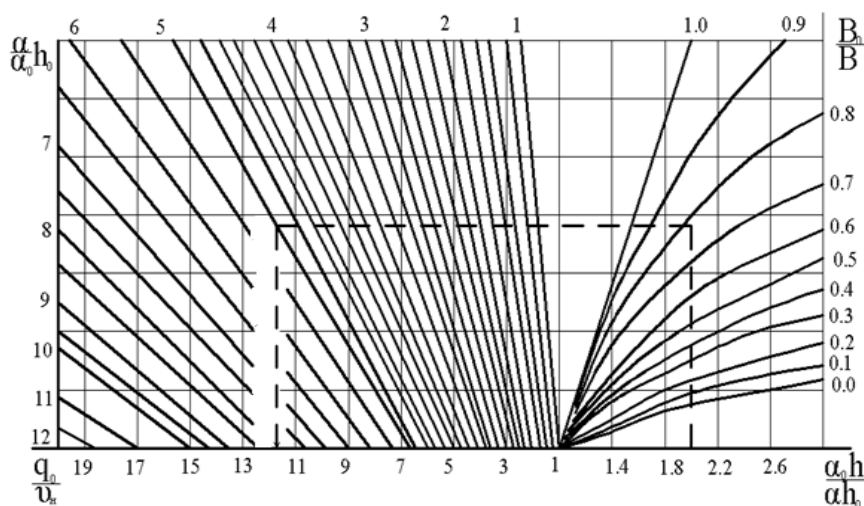


Рисунок 1. Номограмма для расчета местного размыва (q - удельный расход воды; q_0 - удельный расход воды, осредненный по фронту плотины; B_0 , h_0 - ширина и глубина транзитной струи на подходном участке (на горизонтальной рисберме); B - полная ширина нижнего бьефа; h - глубина в месте размыва; α_0 , α - корректирующие множители соответственно для подходного участка и участка размыва; v_n - неразмывающая скорость при глубине 1 м).

Расчет в таком случае выполняется по слоям, имеющие разные значения v_n . Сначала в расчете принимается величина v_n , отвечающая верхнему слою. Если результат расчета показывает, что верхний слой вымывается полностью, то расчет ведется по значению v_n для следующего слоя и далее до тех пор, пока не будет получено решение, т.е. полученная отметка размыва дна окажется в пределах слоя или не достигнет его поверхности (в последнем случае размыв должен остановиться на поверхности данного слоя).

В случае включения в относительно мелкий несвязанный грунт небольшого количества более крупного материала, способного образовать естественную отмостку дна при вымыве мелких фракций, расчет ведется с учетом естественной отмостки. Для этого используется формула (3), но с поправкой

$$h = K_p^{1.2} \sqrt{\frac{q}{v_n}} + \frac{\Delta}{n}, \quad (8)$$

где Δ – рекомендуемая толщина слоя сплошной отмостки, м; n - относительное содержание крупных включений по объему.

Наиболее опасными местами в компоновке всех рассматриваемых гидроузлов является разрушение нижнего бьефа, которое может привести к значительному местному размыву как сбросного фронта, так и береговых примыканий. Прогнозная эффективность надежности гидроузла будет достигнута за счет снижения последствий влияния избыточной энергии воды на элементы конструкции нижнего бьефа [7-10].

Однако при расчетах местных размывов необходимо учитывать, что образование отмостки имеет и свою специфику. Ниже размыва отмостка формируется под действием хотя и пульсирующих, но постоянно направленных в одну сторону скоростей, и приобретает плотное чешуйчатое строение. В результате этого общие размывы в отличие от местных прекращаются на относительно меньших глубинах. В пределах же зон местного размыва частицы гравия, находясь под действием только переменных по знаку пульсационных скоростей (так как осредненная скорость у дна за откосом близка к нулю), непрерывно расшатываются и не образуют на дне плотного слоя. Отдельные зерна совершают колебательные движения и время от времени выбрасываются пульсационными скоростями за пределы ямы размыва. Песок, обнажившийся на месте выброшенной частицы, легко размывается до тех пор, пока вновь не откроется следующее зерно гравия, лежавшее до этого времени в толще песка. Пополнившийся слой отмостки сохранится на поверхности песка до следующего скоростного толчка, способного удалить расшатанную частицу гравия. Это подтверждается и исследованиями проведенными и на других гидроузлах, а также при моделировании местного размыва на моделях за водосбросами [7-9].

В таких условиях граница углубления дна определяется не столько сопротивлением гравийного слоя, сколько устойчивостью песчаной и гравийной толщи. Поэтому учет отмостки при определении глубины местного размыва возможен и тогда, когда в проекте крепления дна за водобоем предусматривается устройство ковша.

Обеспечение длительной устойчивости (не менее 7-10 лет) основания рисбермы, кроме того, будет достигнуто оптимальной организационно-технологической подготовкой и проведением ремонтно-восстановительных работ по всей ширине рисбермы в межлетний период.

Литература

1. Schodro A.E., 2007. River bed deformations near banks and hydraulic structures due to river flow. River Basin Management IV, Fourth International Conference on River Basin Management Including all Aspects of Hydrology, Ecology, Environmental Management, Flood Plains and Wetlands. WIT-Press. Southampton. Boston. Pp: 381-387.
2. Раткович Д.Я., 2003. Актуальные проблемы водообеспечения. Рос. акад. наук. Ин-т вод. проблем. Москва: Наука, С. 352 .
3. [Россинский](#) К.И. 1980. Речные наносы. Наука, С. 215.
4. Hamidifar H., MH. Omid and M. Nasrabadi, 2011. Scour downstream of a rough rigid apron. World Appl Sci Journal 14(8): 1169–1178.
5. Высоцкий И.С. 2004. Гидроактивный способ защиты оголовков речных водозаборов от местного размыва. ЭКВАТЕК-2004. ВОДА: экология и технология: Шестой Междунар. конгресс. Москва., С. 243-244.
6. Vysotsky L.I., Vysotsky I.S., 2002. Hydroactive method of protection of bodies such as bridge pier from local scour. International symposium IAHR: general issues of water works hydraulics, safety and reliable functioning of hydraulic structures, dam failures and it's consequences. St.Peterburg, Pp. 243.

7. Михалев М.А., 2015. Физическое моделирование местного размыва русла за водосбросами с помощью мелкодисперсного сыпучего материала. Природообустройство. #4: 57-59.
8. Антонова Н.А., Домашенко Ю.Е., Васильев С.М. 2014. Оценка возможности возникновения кавитационной эрозии при осуществлении прогнозов местных размывов на сопрягающих сооружениях. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. #54: 84-87.
9. Патент РК #3612 на полезную модель, от 30.01.2019. “Водозаборный узел”. /Сенников М.Н., Джакияев Б.Д. и др.
10. Патент РК #3783 на полезную модель, от 14.03.2019. “Устройство для регулирования русловых процессов” /Сенников М.Н., Джакияев Б.Д. и др.
11. Сенников М.Н., and Н.К. Ержанова, 2017. Совершенствование управления трансграничными водными ресурсами по Шу–Таласскому бассейну Республики Казахстан. Проблемы управления речными бассейнами в условиях изменения климата. ВЕКЦА. Ташкент: 89-95.
12. Россинский, К.И. and К.М. Арбулиева, 1977. Обтекание тел в турбулентном потоке вблизи твердой поверхности. Водные ресурсы. #6.

УДК 504.054

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАЛЫХ РЕК ОКСКОГО БАСЕЙНА

Гусева Т.М., кандидат сельскохозяйственных наук,
Рязанский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова, г. Рязань, Россия
Мажайский Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук,
Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации Российской
академии наук, г. Рязань, Россия

Вопрос рационального использования и экологической безопасности водных ресурсов остается одним из актуальных для многих стран. Для решения данной проблемы необходим мониторинг качества поверхностных вод для оценки состояния водных объектов. На гидросферу постоянно воздействует сложная система природных и антропогенных компонентов, непрерывно взаимодействующих между собой. Поверхностные воды – это индикаторы влияния человека на природу, так как они подвергаются воздействию как в пределах городских территорий, так и на сельскохозяйственных ландшафтах. Антропогенная нагрузка способна нарушить комплекс гидрологических и гидрохимических процессов в водных экосистемах. Особо подвержены негативному воздействию малые реки, получающие в черте города стоки от промышленных предприятий и коммунальной сферы, а в пределах сельскохозяйственного ландшафта – стоки, формирующиеся на мелиорированных территориях. Актуальна проблема экологического состояния малых рек и для Окского бассейна.

Исследования проводились в южной части Нечерноземной зоны России, на территории Рязанской области, основная площадь которой находится в пределах бассейна р. Оки. Цель - оценка гидрохимических показателей малых рек Окского бассейна, находящихся в условиях городского и сельскохозяйственного ландшафтов.

Ока - одна из крупнейших рек Европейской части России. Бассейн р. Оки имеет площадь 245 тыс. км². Наибольшие площади в пределах бассейна занимают: Владимирская (100%), Рязанская (99%), Калужская (85%), Тульская (80%), Московская (75%). Промышленный потенциал бассейна р. Оки - один из крупнейших в России, хорошо развито сельское хозяйство. Ока является основной водной артерией Рязанской области, протяженность ее в пределах области составляет 489 км, площадь водосбора - 38,3 тыс. км². На территории Ря-

занской области находится 879 рек, относящихся к категории «малые реки». Ширина поймы на малых реках не превышает 1 км, ширина русла 10-15 м, средние глубины на малых реках - 0,8-1,5 м.

Развитие промышленного и сельскохозяйственного производства, коммунального хозяйства и связанный с этим рост водопотребления и водоотведения, нерациональное использование ресурсов привело к ухудшению экологической обстановки в регионе Окского бассейна. Экологическая ситуация в отдельных областях и районах бассейна сформировалась в результате сложного взаимодействия и влияния производственных, природных, а также социальных факторов, которые определили неравномерность распределения антропогенных нагрузок по территории бассейна. Высокий уровень загрязнения воды р. Оки отмечается в Рязанской области. Здесь функционирует 269 предприятий, имеющих вредные выбросы, из них сосредоточено в Рязани - 65. Увеличению техногенной нагрузки на водные объекты бассейна способствуют стоки с сельскохозяйственных угодий, животноводческих комплексов и птицефабрик, нерациональное использование и смыв удобрений и ядохимикатов, дренажный сток с мелиорированных земель, свалки бытовых и промышленных отходов в необорудованных местах (их площадь в Рязанской области составляет 38,9 га), а также атмосферный перенос загрязнителей, поступающих от промышленности и транспорта, высокая степень износа очистного оборудования [1-4].

Эффективность проведения природоохранных мероприятий в бассейне р. Оки может быть обеспечена только при наличии достоверной и своевременной информации о гидрохимических показателях. Объектом исследования являлись малые реки, одна из которых целиком протекает в черте города – водный объект №1, другая - является коллектором, принимающим с сельскохозяйственного ландшафта поверхностный и внутрипочвенный стоки – водный объект №2. Характеристики объектов исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 Характеристики малых рек Окского бассейна

Водный объект	Длина, км	Площадь водосбора, км ²	Средняя ширина, м	Средняя глубина, м
№1	10,0	790,0	6,0	0,9
№2	6,4	30,0	1,0	0,4

В водный объект №1 поступают бытовые стоки и твердые бытовые отходы. Исследуемый водоем №2 на протяжении значительного промежутка времени испытывает антропогенную нагрузку в результате функционирования в его водосборе системы орошения, искусственного дренажа, наличия дачных участков, земель частного использования. Следовательно, можно предположить, что все это отразится на гидрохимической характеристике водоемов.

С целью оценки гидрохимических характеристик пробы речных вод извлекались в нижнем течении, где возможное загрязнение максимально. Отбор проб проводили по стандартной методике [5]. Водородный показатель (рН) определяли методом потенциометрии, аммиак – фотоэлектроколориметрическим методом с реактивом Несслера, нитриты – с реактивом Грисса, нитраты – с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редуторе, фосфаты – с молибдатом аммония в кислой среде, сульфаты – турбидиметрическим методом. Для определения концентрации кислорода использовали метод йодометрического титрования, хлоридов – аргентометрический метод. Микроэлементы и тяжелые металлы определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Результаты представлены в таблице 2.

При растворении в воде химических веществ природного или техногенного происхождения происходит изменение уровня рН, что может изменить степень коррозионной агрессивности воды и токсичность загрязняющих веществ. В исследованных водных объектах рН везде находится на уровне нормы, но в городском водоеме вода имеет слабощелочную реакцию, в водоеме сельскохозяйственного ландшафта – слабокислую. Важными гидрохимическими показателями оценки качества воды являются биогены (азот аммонийный, нитритный,

нитратный, фосфаты). Азотосодержащие вещества (аммиак, нитраты, нитриты) свидетельствуют о наличии в воде продуктов распада мочевины и белков. Аммиак (аммонийный азот) и повышенное содержание нитритов - показатели свежего фекального загрязнения. Высокая концентрация нитратов означает более давнее фекальное загрязнение воды. Содержание аммиака и нитритов превышает ПДК в обоих объектах, но в водоеме, принимающем стоки с сельскохозяйственного ландшафта, превышение более значительное. Присутствие высоких концентраций фосфатов – это следствие загрязнения как техногенными стоками, так и стоками с сельскохозяйственных полей. Присутствие значительного количества фосфатов стимулирует развитие сине-зелёных водорослей, при отмирании которых в воду поступают токсичные вещества. По данному показателю также зафиксировано превышение в воде изучаемых малых реках. Косвенным свидетельством органического загрязнения воды можно считать биохимическое потребление кислорода (БПК₅). Этот показатель везде превышает ПДК. Содержание железа, меди, цинка превышено в обоих водоемах. Концентрация свинца превышена только в малой реке сельскохозяйственного ландшафта.

Таблица 2 Гидрохимические показатели малых рек Окского бассейна

Показатели (мг/дм ³)	Водный объект		ПДКр/х*
	№1	№2	
Водородный показатель, (ед. pH)	7,95	6,5	6,0-9,0
Растворенный O ₂	6,7	6,9	6,0
БПК ₅	4,6	5,2	2,0
Азотаммонийный	0,51	3,0	0,4
Азотнитритов	0,11	1,5	0,02
Азотнитратов	1,4	1,4	9,0
Фосфаты(пофосфору)	0,64	0,3	0,2
Сульфаты	54	25	100
Хлориды	22,07	16,3	300
Железообщее	0,32	1,2	0,1
Медь	0,0019	0,004	0,001
Цинк	0,1290	0,026	0,001
Свинец	0,0029	0,01	0,006

*ПДКр/х – предельно допустимая концентрация вредных веществ в водных объектах рыбохозяйственного назначения [6].

Таким образом, оценка гидрохимических характеристик малых рек Окского бассейна, находящихся в условиях как городского, так и сельскохозяйственного ландшафтов, показала, что данные водотоки испытывают значительную антропогенную нагрузку, что представляет потенциальную опасность для Окского бассейна.

Литература

1. Мажайский Ю.А., Гусева Т.М. Влияние техногенного загрязнения на экологическое состояние малых рек окского бассейна / Сборник научных статей Международной научно-практической конференции «Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания» - Республика Беларусь, Брест, часть 3, 2014, С.178-183.
2. Мажайский Ю.А., Гусева Т.М. Мониторинг тяжёлых металлов в экосистеме малой реки Окского бассейна // «Теоретическая и прикладная экология», №2, 2017, с.57-62.

3. Гусева Т.М. Влияние тяжелых металлов на гидробиологические показатели и микробиом малых рек бассейна реки Оки // Актуальные вопросы современной науки, Томск, 2019. С. 21-24.

4. Подоль С.Р., Попова З.И. Гидрохимическое состояние поверхностных вод города Рязани // «Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова», №4, 2014, с.79-83.

5. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Стандартинформ, 2019.

6. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016. №552. – М., 2016.

УДК 532.529

ЖОҒАРЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ АҒЫНДЫ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУ

Тулегенов Ш.А. т.ғ.д., профессор, Құрманғазы Е., аға оқытушы
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Нұр-Сұлтан қаласы

Су өткізгіштерді жобалау кезінде гидравликалық конструкциялар үшін «еркін бетті» және қақпаның астынан ашық су құбырына ағып жатқан жоғары жылдамдықты ағынның аэрация дәрежесін орнату қажет болады. Көрсетілген сипаттамалар қақпаның артындағы су өткізгіш құбырды жобалау үшін қажет. Бұл мәселені нашар білуге байланысты, қазіргі уақытта жоғары жылдамдықты ағынның гидравликалық сипаттамаларын анықтау үшін сенімді есептелген тәуелділіктер жоқ. Бұл жұмыста автор теориялық және ауқымды тәжірибелік зерттеулер негізінде [1, 2, 3] есептелген тәуелділіктерді және аэрацияланған ағындарды гидравликалық есептеу әдісін ұсынды.

Аэрация ағынының процестері мен қозғалыстарын математикалық модельдеу кезінде көп фазалы орталардың математикалық сипаттамасының негізгі түсініктері қолданылады [4]. Жұмыс моделінің негізі келесі схемалау болып табылады: аэрацияланған ағын екі қабаттан тұрады – төменгі, су-ауа, диффузиялық жуықтауда біртекті қоспа ретінде қарастырылады, ал жоғарғы, ауа-су, гетерогенді қоспа ретінде қарастырылады. Олардың арасындағы интерфейс ретінде ауа (су) фазасының 50% көлемдік концентрациясы бар бет (еркін бет) алынады. Бұдан әрі су-ауа қабаты су ағыны деп аталады және оның ауамен қанығуы деп біз көрсетілген қабаттағы ауаның көлемдік концентрациясын айтамыз.

Ұсынылған есептеу келесі реттілікпен жүзеге асырылады:

1. Аэрация ағынының параметрлеріне әсерін есепке алмай, дәстүрлі әдіспен еркін беттің қисық сызығын есептеу (бірінші жуықтау).

2. Белгілі тәуелділіктер бойынша «бастапқы қиманың» ұзындығын анықтау, мысалы, [5] формуласы бойынша:

$$L_n = 9.35 \delta_{\max} \ln \left(\frac{\delta_{\max}}{\bar{\Delta}} + 2 \right), \quad (1)$$

$\delta_{\max}$ - шекаралық қабаттың максималды мүмкін қалыңдығы;

$\bar{\Delta}$ - абсолютті эквиваленттік кедір-бұдырлық.

3. Аэрацияланған ағынның бос бетінің гидравликалық үйкеліс коэффициентін ескере отырып, бос беттің қисығын нақтылау (екінші жуықтау).

3.1 Қалыпты тереңдікті λ_n ескере отырып, мына формула бойынша анықтау:

$$Q = \Omega_w C_a \sqrt{Ri}, \quad (2)$$

мұндағы $Ca = \sqrt{8g/\lambda_a}$ - аэрацияланған ағынның Шези коэффициенті;

$\lambda_a = \lambda + \lambda_n \frac{B}{\chi}$ - аэрацияланған ағынның гидравликалық үйкеліс коэффициенті;

$$\lambda_n = 0,035 \exp(-0,25We); (3)$$

$We = \frac{\sigma_w}{\mu_w U_w}$ - Вебер критерийі; σ_w и μ_w - сәйкесінше судың беттік керілу және

динамикалық тұтқырлық коэффициенттері; U_w - ағын жылдамдығы.

Айта кету керек, берілген ағын жылдамдығында және құбыр түбінің көлбеулігінде, біркелкі ағын режимінде ағынның аэрацияланбайтындығы, яғни $\lambda_n = 0$ мәні болуы мүмкін.

3.2 λ_n мәндері өткізгіштің ұзындығы бойынша орнатылады.

Ln қимасындағы және одан әрі төмен қарай λ_n мәндері (3) тәуелділікпен анықталады. Бастапқы бөлімдегі λ_n мәндері тәуелділікпен анықталады:

$$\lambda_n = \lambda_{nn} \left[1 - \exp\left(-5 \frac{L}{L_n}\right) \right], \quad (4)$$

мұндағы L – қақпаның артындағы сығылған учаскеден қарастырылып отырған учаскеге дейінгі қашықтық; λ_{nn} - туралаудағы гидравликалық үйкеліс коэффициенті $L = L_n$.

3.3 Еркін беттің қисығын λ_n ескере отырып есептеу (екінші жуықтау, әдетте, инженерлік есептеулер үшін жеткілікті; дәлірек есептеулер үшін үшінші жуықтауды тазартылған бос бет қисығы арқылы жүзеге асыруға болады). Есеп белгілі әдістер бойынша, бірақ аэрацияланған ағын үшін Шези коэффициентін Ca енгізу арқылы жүргізіледі.

4. Су өткізгіштің ұзындығы бойынша ауа құрамын есептеу.

4.1. $L = L_n$ кесіндісіндегі ағынның тереңдігі бойынша ауа құрамы мына тәуелділікпен анықталады:

$$S = \left\{ 1 + \exp\left(\frac{2S-1}{1-S}\right) \left[\frac{\alpha_D - \eta}{\sqrt{\eta(\alpha_D - 1)}} \right] \frac{\omega_o \cos \theta}{k U_*} \right\}^{-1}, \quad (5)$$

Мұндағы S – судағы ауаның көлемдік концентрациясы;

$\omega_o = 0,24$ м/с – судағы ауа көпіршіктерінің гидравликалық бөлшектер мөлшерінің орташа коэффициенті;

θ - құбыр түбінің көкжиекке еңіс бұрышы;

$U_* = U_w \sqrt{\lambda_a/8}$ - динамикалық ағын жылдамдығы;

$k = 0,36 - 0,4$ – коэффициент Кармана;

$\eta = Y/H$ - нүктенің салыстырмалы ординатасы;

Y – құбыр түбінен қарастырылатын нүктеге дейінгі қашықтық;

H – ағынның тереңдігі;

α_D - ағындағы турбулентті диффузияны сипаттайтын және тәуелділікпен анықталатын

$$\text{шама: } \alpha_D = \left[\exp\left(\frac{1}{3} \frac{\sigma_w}{\mu_w U_w} + 2\right) + 1 \right]^{-1}.$$

Айта кету керек, белгісіз S шама тәуелділіктің (5) екі бөлігіне де кіретіндіктен, есептеу фитинг әдісімен жүргізіледі.

$$S_{cp} = \frac{1}{2D_o} \exp(-D_o) \quad (6)$$

Мұндағы D_o мәні тәуелділіктен орнатылады:

$$S = 0.5 \exp[-D_o(1-\eta)], \quad (7)$$

ол дәлірек (5) жуықтайды.

4.3 Бастапқы қиманың учаскелеріндегі ауа құрамын есептеу D_o мәндері тәуелділікпен анықталатын (6) және (7) формулалар бойынша жүзеге асырылады:

$$D_o = 100 \frac{A}{L/L_n + A}, \text{ мәні қайда } A = \frac{D_{он}}{100 - D_{он}}; D_{он} - \text{мәні } D_o \text{ теңестіруде } L = L_n.$$

4.4 $L > L_n$ бастапқы қимасынан тыс су өткізгіштің учаскелеріндегі ауа құрамын есептеу (5) және (6) тәуелділіктер бойынша жүргізіледі.

4.5 Ауа концентрациясы диаграммасының бос бетке қатысты симметрия шартынан ауа-су қабатындағы ауа құрамын анықтаймыз.

Суретте бос беттің қисығын және қақпаның астынан бойлық еңісі $i = 0,01$, ені $B = 4\text{ м}$, салыстырмалы абсолютті кедір-бұдырлылығы бар ашық тікбұрышты өткізгішке ағып жатқан жоғары жылдамдықты ағынның ауа құрамын есептеу нәтижелері көрсетілген. $0,00025\text{ м}$; шығыны $Q_w = 218\text{ м}^3/\text{с}$, ысырманың артындағы сығылған секциядағы шығын $U_w = 27,3\text{ м/с}$.

1 Жоғары жылдамдықты ағынды дәстүрлі әдіспен гидравликалық есептеуге жол берілмейді, өйткені бос беттегі ығысу кернеулерінің әсерінен газдалған ағындарда ағыс тереңдігі артады.

2 Су өткізгіштің бойында ағынның аэрациясы монотонды түрде артып, максимумға жетеді, содан кейін төмендейді. Ағынның максималды аэрациясы шекаралық қабат жер бетіне жеткен аймақта байқалады.

3 Сығылған (бастапқы) учаскеден айтарлықтай қашықтықта су өткізетін жолдың төменгі бөлігінің кішкене еңісі кезінде ағынның аэрациясы болмауы мүмкін.

Әдебиеттер

1. Тулегенов Ш.А. Анализ интегро-дифференциального уравнения воздушной концентрации неравномерного плавно изменяющегося аэрированного потока и его решение//Вестник ЕАУ им. Л.Н. Гумилёва. - Астана, 2000.- С.181-190.

2. Тулегенов Ш.А. Средняя скорость и гидравлическое сопротивление равномерного аэрированного потока // Материалы международной научно-практической конференции «Валихановские чтения – 9». - Кокшетау, 2004. – Т. XI. - С. 125-128.

3. Тулегенов Ш.А. Воздухонасыщение высокоскоростного потока, вытекающего из-под затвора в открытый водовод// Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. – Астана, 2006.- № 5 . С. – 125 - 132

4. Гидравлические расчеты водосбросных гидротехнических сооружений. Справочное пособие. – М.:

УДК 631.67

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОСТУПНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Ангольд Е.В., кандидат технических наук, **Жарков В.А.**, кандидат технических наук
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства»,
г. Тараз, Казахстан

На современном этапе развития экономики Казахстана водные ресурсы играют все более важную роль в аграрном секторе экономики. Это обусловлено многими обстоятельствами: необходимостью увеличения производительности сельского хозяйства, неблагоприятными агроклиматическими условиями во многих сельскохозяйственных районах, диспропорциями в

соотношении земельного потенциала и возможностей его обеспечения водными ресурсами и другими факторами.

Несмотря на достигнутый страной относительный прогресс в развитии орошаемого земледелия многие проблемы резко обострились. Одной из главных причин такого положения является дефицит водных ресурсов в районах интенсивного ведения сельского хозяйства, где капитальные вложения в мелиорацию дают наибольший эффект. В настоящее время площадь земель, требующих дополнительной влаги, исходя из планируемого их увеличения до 3 млн. га к 2030 году, примерно в два раза превышает размеры существующих орошаемых угодий.

В Посланиях от 1 сентября 2020 года и 2 сентября 2019 года [2, 3] Глава государства Касым-Жомарт Токаев указал, что «Серьезным барьером остаются технологически устаревшие системы орошения. Потери воды достигают 40%. Для вододефицитного Казахстана такие показатели недопустимы», а также «... направления развития орошаемого земледелия страны путем широкого внедрения водосберегающих технологий орошения с доведением орошаемой площади до 3 млн. га к 2030 году».

Следовательно, одной из важнейших проблем в орошаемом земледелии является интенсификация использования водных ресурсов, решение которой требует комплексного подхода. В нем можно выделить две взаимосвязанные задачи: во-первых, уменьшение потерь воды, которая доводится до полей, что при сохранении размеров водозабора дает возможность повысить общую эффективность и, во-вторых, сокращение расходов воды на производство единицы сельскохозяйственной продукции за счет упорядочения водопользования и повышения урожайности. Иначе говоря, не повышая водоемкости сельского хозяйства в целом, необходимо увеличить конечные результаты использования водных ресурсов, что достигается за счет совершенствования технического уровня мелиоративных систем, повышения уровня управления и организации водопользования, применения прогрессивных технологий.

Наиболее весомым мероприятием экономии воды в орошении является улучшение конструкции и эксплуатации оросительных систем. Целью такой реконструкции является повышение водообеспеченности орошаемых земель за счет снижения потерь воды во всех звеньях оросительной сети и исключить их засоление и заболачивание. Основными мероприятиями, направленными на повышение технического уровня оросительных систем, являются облицовки магистральных и распределительных каналов, строительство технически более совершенных закрытых систем, реконструкция действующих устаревших систем.

Применительно к способам и технологиям полива, применение которых на орошаемых землях не позволяет обеспечить рациональное 100% использование оросительной воды без потерь на фильтрацию, сброс, испарение с поверхности почвы и т.д., главным мероприятием является необходимость применения при всех способах полива водосберегающих технологий. Самыми прогрессивными технологиями в орошаемом земледелии является подпочвенное и капельное орошение, а также дождевание, особенно приземное, при которых на орошение используется до 95% от объема поданной воды. Подпочвенное орошение позволяет существенно снизить расходы воды на полив по сравнению с другими способами, обеспечить оптимальный водный режим почвы, рационально использовать водные и земельные ресурсы, автоматизировать процессы распределения и дозирования оросительной воды. При капельном орошении вода, чаще всего смешанная с удобрениями подается непосредственно к корням растений расположенными на поверхности земли полиэтиленовыми лентами или трубками. К растениям подается до 95% от объема поданной воды. Предупреждается ирригационная эрозия и заиливание грунта. Капельное орошение требует больше расходов по сравнению с традиционными оросительными системами. Однако этот вид орошения позволяет получить значительно больший эффект: резко повышается урожайность, сокращаются затраты труда, водных ресурсов, минеральных удобрений, многих материально-технических средств - металла, труб, бетона. При дождевании экономия воды достигается за счет возможностей варьирования режима полива в пределах, не допускающих сброс и сток воды, полного ее усвоения растениями. К растениям подается до 90% от объема поданной воды. Использование стационарных, полустационарных и передвижных средств орошения дает возможность оперативнее использовать во-

ду, осуществлять выборочный полив в местах недостаточного увлажнения. При этом применение систем и машин дождевания с пристеблевым орошением растений позволяет их использовать в регионах со скоростями ветра до 15 м/с.

Экономия оросительной воды при поверхностном орошении обеспечивается при применении технологий полива растений через борозду, дискретным поливом, с применением средств малой механизации (оголовки, щитки, сифоны, поливные трубки) и других.

Анализ текущей ситуации показывает, что водные ресурсы Казахстана весьма ограничены по сравнению со многими соседними странами. При этом наблюдается региональный дефицит в отдельных речных бассейнах, отчего происходят потери в рыбной отрасли и сельском хозяйстве, деградация озер, рек, водно-болотных угодий.

На основе анализа информации по основным направлениям повышения эффективности использования доступных водных ресурсов в странах мира [1-8] предложены пути повышения эффективности использования доступных водных ресурсов в Республике Казахстан, такие как:

- разработка стратегии по водной безопасности,
- разработка Государственной программы развития агропромышленного комплекса РК на перспективу,
- разработка и согласование вопросов по вододелению с сопредельными государствами,
- устранение дефицита квалифицированных кадров в отрасли водного хозяйства,
- разработка механизма тарифообразования в водном секторе и переход на экономически обоснованные тарифы для всех потребителей при эффективном перераспределении водных ресурсов и максимизации выгоды для экономики,
- внедрение технологий водосбережения при всех способах полива, обеспечивающих сокращение потребления для более рационального использования водных ресурсов,
- строительство новых и реконструкция существующих каналов, водохранилищ, орошение новых земель, мелиоративное улучшение земель,
- увеличение объема доступных водных ресурсов с обеспечением доступа к дополнительным объемам доступных водных ресурсов и доступа к подземным водам как источникам пресной воды для решения проблемы дефицита воды,
- пересмотр распределения водных ресурсов между потребителями с анализом экономической эффективности потребления водных ресурсов,
- обеспечение поддержания в исправном техническом состоянии мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений,
- обеспечение вовлечения в сельскохозяйственный оборот земель после реконструкции мелиоративных систем, восстановление водорегулирующих и переездных сооружений,
- совершенствование механизмов государственной поддержки местных производителей, а также покупателей водосберегающих технологий,
- увеличение доли каналов с бетонным покрытием в структуре каналов ирригационной системы при повышении КПД системы ирригации и оросительных сетей,
- уменьшение площади орошаемых площадей с низким уровнем водообеспечения,
- уменьшение площади засоленных земель,
- уменьшение орошаемых земельных площадей с критическим уровнем грунтовых вод (0 - 2 метра),
- повторное введение в оборот вышедших из сельскохозяйственного оборота,
- строительство и восстановление гидрологических постов на реках с оснащением автоматизированным оборудованием на основе цифровых технологий,
- перевод на автоматизированное управление водными ресурсами на основе цифровых технологий крупных объектов водного хозяйства,
- перевод межхозяйственных и внутрихозяйственных оросительных каналов и других хозяйственных объектов на баланс БВИ РК,
- строительство новых аккумулирующих сооружений,
- создание дополнительных наливных водохранилищ, прудов и накопителей на местном стоке для сбора паводковых, ливневых и предварительно очищенных сточных и сбросных вод,

- развитие системы наблюдений при мониторинге водохозяйственных систем,
- использование дренажных вод с помощью замкнутых контуров или с прямой откачкой их из дренажных каналов,
- сбор поверхностного стока с управляемой территории водосбора. Такая технология включает расположенные непосредственно на полях системы, отклоняющие воду в борозды с растениями или системы, направляющие сток в резервуары для ее хранения, а также в террасы и дамбы,
- применение сточных вод (при отсутствии загрязняющих веществ, представляющих опасность для окружающей среды и здоровья человека),
- внедрение альтернативных засухоустойчивых культур,
- изменение структуры посевных площадей с ориентацией на более ценные и менее водоемкие культуры,
- выбор оросительной техники с учетом агроклиматических, гидрогеологических особенностей региона и биологических особенностей возделываемых культур,
- применение новых компьютеризированных технологий точного орошения на основе GPS для самоходных дождевальных машин и систем капельного орошения, позволяющих фермерам более точно использовать воду и агрохимикаты в соответствии с условиями и потребностями почвы и растений,
- применение систем микроорошения с биоразлагаемой пластиковой мульчей для снижения испарения почвы и дальнейшего увеличения потенциальной экономии воды,
- оптимальное распределение водных ресурсов как по территории, так и между отраслями народного хозяйства и максимальное обеспечение каждой из них водой,
- разработка и внедрение научно обоснованной системы управления водными ресурсами и водохозяйственными комплексами в бассейнах больших и средних рек, и особенно их качеством, для учета глобальных и региональных закономерностей формирования водных экосистем,
- разработка и внедрение научно обоснованной системы водопользования и водопотребления для максимального обеспечения всех отраслей народного хозяйства водой и не допущению таких изменений в водных экосистемах, которые бы в будущем могли привести к их деградации и истощению,
- разработка и внедрение методов регулирования стока с поверхности водозаборных бассейнов, искусственного пополнения подземных вод и водного режима почв,
- создание водоохраных комплексов в местах чрезмерной концентрации загрязнителей водных объектов и внедрение автоматизированных систем управления водоохраными комплексами,
- разработка и внедрение технически совершенных мелиоративных систем с очень высоким коэффициентом полезного действия,
- разработка и внедрение оросительных и поливных норм для обеспечения новых сельскохозяйственных культур влагой и предотвращения чрезмерной фильтрации воды, подтопления, затопления, засоления земель,
- разработка и внедрение эколого-экономической оценки водных ресурсов, ее использование при планировании водопотребления, водопользования и осуществления водоохраных мероприятий,
- рациональное размещение производительных сил с учетом водного фактора, научно обоснованное размещение водосодержащих отраслей народного хозяйства, избежание чрезмерной концентрации промышленных предприятий, потребляющих большое количество воды, в маловодных и безводных районах,
- контроль работы очистных сооружений и сброса промышленных, дренажных, коммунально-бытовых и сельскохозяйственных сточных вод,
- организация эксплуатации межотраслевых водохозяйственных сооружений и систем,

- разработка проектов перспективных и годовых планов развития водного хозяйства и охраны воды, государственных водохозяйственных балансов и планов распределения воды между водопользователями в бассейнах рек,
- учет потребления и распределения воды,
- контроль выполнения правил эксплуатации водоемов и т.д.

Основные пути повышения эффективности использования доступных водных ресурсов направлены на оптимизацию использования имеющихся водных ресурсов для повышения эффективности орошаемого земледелия.

Работа выполнена в рамках реализации прикладных научных исследований в области агропромышленного комплекса по научно-технической программе «Технологии и технические средства орошения при вводе новых земель орошения, реконструкции и модернизации существующих оросительных систем», финансируемой Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764920).

Литература

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. - URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22100059> (дата обращения 06.09.2021).
2. Стратегия управления водными ресурсами и развития сектора ирригации в Республике Узбекистан на 2021 — 2023 годы [Электронный ресурс]. – Национальная база данных законодательства, 25.02.2021 г., № 07/21/5005/0154.- Приложение № 1 к постановлению Президента Республики Узбекистан от 24 февраля 2021 года № ПП-5005. - URL: <https://lex.uz/uz/docs/5307921> (дата обращения 06.09.2021).
3. Государственная программа развития ирригации Кыргызской Республики на 2017-2026 годы [Электронный ресурс]. – Постановление правительства Кыргызской Республики от 21 июля 2017 года № 440. - URL: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/preview/ru-ru/100162/10?mode=tekst> (дата обращения 07.09.2021).
4. Сейтумеров Э.Э. Актуальные проблемы водообеспечения Крыма // Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия». - Выпуск № 2 (66). - Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ», 2017. -С.21-27. - ISSN 2313-2248.
5. Piedra-Muñoz L., Galdeano-Gómez E., Giagnocavo C. How to Improve Water Usage Efficiency? Characterization of Family Farms in A Semi-Arid Area // Water. -2017. - Vol. 9, iss. 10. -785 p.
6. Berbel J., Expósito A., Gutiérrez-Martín C., Mateos L. Effects of the Irrigation Modernization in Spain 2002–2015 // Water Resources Management. – 2019. - Vol. 33. – P. 1835-1849.
7. Rai R.K., Singh V.P., Upadhyay A. Planning and Evaluation of Irrigation Projects // Methods and Implementation. – Ch. 18 -Scheme Irrigation Efficiency. – 2017. – P. 525-538.
8. Martin F., Saavedra F. Irrigated Agriculture // Water Policy in Chile. – 2018. – P. 165-177.

АНАЛИЗ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО АРАЛО-СЫРДАРЬИНСКОМУ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМУ БАСЕЙНУ

Таттибаев Х. А. кандидат технических наук, **Мамучев Р.А.**, младший научный сотрудник, **Усеров, К. М.**, конструктор, **Расманбетов Т.А.**, конструктор, **Батырбаев А.**, конструктор
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства»
г. Тараз, Казахстан

Арало-Сырдарьинский водохозяйственный бассейн включает две административные области - Туркестанскую и Кызылординскую. Река Сырдарья является основной рекой бассейна. Начало реки находится за пределами Казахстана в Ферганской долине в месте слияния рек Нарын и Карадарья. Общая длина реки от места слияния этих рек 2212 км, а от истока Нарына - 3019 км. Протяженность реки в пределах Казахстана от Шардаринского водохранилища до Аральского моря составляет 1627 км, в том числе на территории Туркестанской области - 346 км, Кызылординской - 1281 км [1].

Крупными притоками реки Сырдарьи на территории Казахстана являются реки Келес, Арысь, Бадам, Боролдай, Бугунь. Мелкие реки вытекают с юго-западных склонов хребта Каратау.

Площадь бассейна реки Сырдарья от истоков до железнодорожной станции Тюмень-Арык, где расположена водораздельная линия, составляет 21900 кв. км. В зоне формирования стока (горная часть бассейна) основным источником питания являются талые воды сезонного снежного покрова, меньший удельный вес составляют воды ледников и «вечных снегов», а также дождевые воды.

Водные ресурсы бассейна реки Сырдарья составляют в среднем 37,9 куб. км. Преобладающий объем стока, составляющий 70%, формируется в верхней части бассейна до выхода из Ферганской долины. Сток правобережных притоков выше Шардаринского водохранилища достигает 21-23% от общих водных ресурсов, поступающих в Казахстан. Доля стока реки Арысь и других рек, стекающих с хребта Каратау, в Казахстане составляет 9-7% [1].

В состав Арало-Сырдарьинского водохозяйственного бассейна (код 01) входит Сырдарьинский водохозяйственный район (код 01.00.01), включающий 6 водохозяйственных участков (коды с 01.00.01.01 по 01.00.01.06). Карта-схема расположения водохранилищ, метеорологических и гидрологических станции и постов в Арало – Сырдарьинском бассейне показана на рисунке 1 [2]. Размещение водохозяйственного района и водохозяйственных участков, административных областей и районов по природным и соответствующим им агроклиматическим зонам увлажненности в Арало-Сырдарьинском водохозяйственном бассейне показано в таблице 1.

В Арало-Сырдарьинском ВХБ водные ресурсы в средний по водности год оцениваются в 17,92 км³/год, в маловодные годы - 14,24 км³/год. При этом обязательные затраты стока оцениваются в 5,82 км³/год. Сток в объеме 2,8 км³/год расходуется на испарение с поверхности водохранилищ и русел рек, на фильтрацию в ложе и руслах рек. Располагаемые к использованию водные ресурсы составляют 12,02 км³ в годы средней водности и 9,3 км³ в маловодные годы повторяемостью один раз в 20 лет [2]. Водные ресурсы рек и временных водотоков Арало-Сырдарьинского ВХБ приведены в таблице 2.

Арало-Сырдарьинский бассейн характеризуется сложной водохозяйственной ситуацией, особенно в низовьях реки Сырдарья, что вызвано увеличением безвозвратного забора воды в среднем течении реки в связи с расширением площадей орошаемых земель. Сокращение естественного стока реки и увеличение загрязнения речной воды привели к резкому ухудшению качества природной среды и условий жизни населения Приаралья. Дельта реки утратила свою водорегулирующую способность, как для самого комплекса низовья, так и для Аральского моря в целом [2].

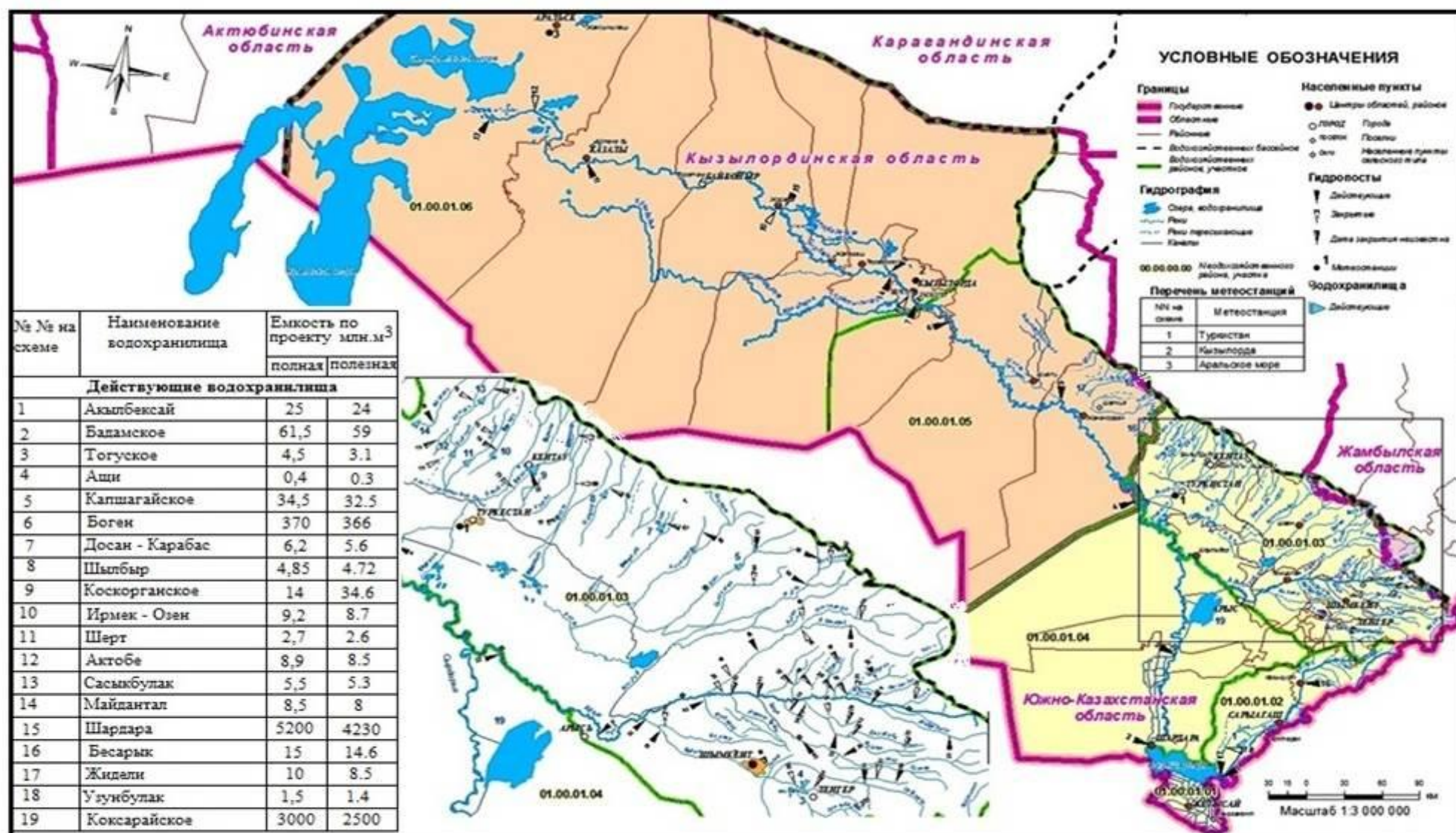


Рисунок 1– Карта схема расположение водохранилищ, метеорологических и гидрологических станции и постов в Арало – Сырдарыинском бассейне

Таблица 1- Размещение водохозяйственного района и водохозяйственных участков, административных областей и районов по природным и соответствующим им агроклиматическим зонам увлажненности в Арало-Сырдарьинском водохозяйственном бассейне [2]

Наименование водохозяйственного района, код	Код водохозяйственных участков	Природные зоны и коэффициент увлажненности (K_u)	Административные области и районы
01 Арало-Сырдарьинский водохозяйственный бассейн			
Сырдарьинский 01.00.01	01.00.01.01	Пустыня южная - Пю, $K_u \leq 0,10$	Туркестанская область: Мах-тааральский
	01.00.01.02 01.00.01.03	Пустыня южная - Пю, $K_u = 0,10-0,15$	Сарыагашский, Казыгурт-ский
		Предгорная степь – ПГС, $K_u = 0,25-0,30$	Жамбылская область: северо-западная часть Жуалынского района
		Предгорная полупустыня - ППП, $K_u = 0,20-0,25$	Туркестанская область: Тюлькубасский, Тoleбийский
		Пустыня южная - Пю, $K_u = 0,15-0,20$	Ордабасынский, Сайрамский, Байдыбекский
		Пустыня южная - Пю, $K_u \leq 0,10$	Туркестанский
	01.00.01.04	Пустыня южная - Пю, $K_u \leq 0,10$	Арысский, Отырарский, Шардаринский
	01.00.01.05	Пустыня южная - Пю, $K_u \leq 0,10$	Кызылординская область: Жанакорганский, Шиелий-ский
	01.00.01.06	Пустыня южная - Пю, $K_u \leq 0,10$	Сырдарьинский, Жалагаш-ский, Кармакшинский, Каза-линский, Аральский

Процесс опустынивания охватил территорию в 2 млн. га. Сброс в Сырдарью коллекторно-дренажных вод, сточных вод населенных пунктов, промышленности и сельского хозяйства ведет к химическому и бактериальному загрязнению воды и росту заболеваемости населения. Сложность решения водной проблемы в регионе заключается в том, что ресурсы поверхностных вод в целом по бассейну практически полностью вовлечены в хозяйственную деятельность.

Существующий дефицит водных ресурсов невозможно сократить одними только водосберегающими мероприятиями на уровне существующих хозяйствующих структур. Для этого требуются принципиальные преобразования в базовых отраслях экономики, главным образом, в орошаемом земледелии, и усиление межгосударственной кооперации, а также активизация участия общественности в решении водных проблем.

Анализ современного мелиоративного состояния орошаемых земель по водохозяйственному бассейну и административным районам проведен в разрезе Кызылординской и Туркестанской областей.

Кызылординская область общей площадью 226076 км² (за минусом территории города Байконур, находящегося в Кармакшинском районе) расположена к востоку от Аральского моря в нижнем течении реки Сырдарья, в основном в пределах Туранской низменности (высота 50-200 м). По левобережью Сырдарьи - обширные пространства бугристо-грядовых песков Кызылкумов, прорезаемых сухими руслами Жанадарьи и Куандарьи; по правобережью встречаются возвышенности (Егизкара, 288 м), участки песков (Арысум и др.), неглубокие котловины, занятые солончаками. На севере - массивы бугристых песков (Малые Барсуки и Приаральские Каракумы). На крайнем юго-востоке в пределы Кызылординской области заходят северо-западные отроги хребта Каратау (высота до 1419 м). Единственным источником орошения области является трансграничная река Сырдарья, берущая свое начало в

горах Кыргызстана и проходящая через долины Таджикистана, Узбекистана и две области Казахстана (Туркестанская и Кызылординская) [2].

Таблица 2 - Водные ресурсы рек и временных водотоков Арало-Сырдарьинского ВХБ [2]

Административная область	Бассейн озера, реки	Среднеголетний сток, млн. м ³ /год	Сток различной обеспеченности, млн. м ³ /год		
			50%	75%	95%
Туркестанская	Сырдарья	14610	14610	12310	12310
	Приток к Шардаринскому водохранилищу	12000	12000	10000	10000
	Подача воды в Голодную степь, ЧАКИР, сток рек Келес и Курук-келес	2610	2610	2310	2310
	Арысь	2347	2230	1890	1647
	Реки юго-западного склона хр. Каратау	850	729	459	237
	Итого по области	17807	17569	14659	14194
Кызылординская	Реки юго-западного склона хр. Каратау	109	97	71	48
Всего по ВХБ		17916	17666	14730	14242
В том числе по бассейнам	Сырдарья	16957	16840	14200	13957
	Реки юго-западного склона хр. Каратау	959	826	530	285

Значительная часть территории занята песками, почти лишенными растительности; на закрепленных песках полынно-типчаковая, солянковая растительность, а весной и эфемеровая на бурых и серозёмных супесчаных и солонцеватых почвах; в понижениях среди песков произрастают астрагалы, джугуны, виды пырея. Бугристые пески закреплены белым саксаулом, тамариском, терескеном, биюргуном, полыньями. В пойме Сырдарьи - аллювиально-луговые, часто засоленные почвы, покрытые луговой растительностью с редкими тугайными лесами и кустарниками (ивы, туранга и лох), в дельте и вдоль берегов - обширные заросли тростника. Область очень засушливая, атмосферные осадки чрезмерно минимальные, а испарение с открытой водной поверхности достигает 1500 мм, что в 10 раз превышает количество осадков. Основное количество осадков выпадает в зимние и весенние периоды. Поэтому на территории региона возможно только поливное земледелие.

Результаты многолетних наблюдений за мелиоративным состоянием почвенного покрова орошаемых земель области показывают, что в процессе эксплуатации орошаемых земель происходит постоянное снижение плодородия почв, проявляющееся в уменьшении запасов гумуса и элементов питания, ухудшении водно-физических свойств почв, развитии процессов эрозии, засоления и осолонцевания почв.

Наиболее интенсивное развитие эти процессы получили за последние 7-8 лет вследствие реформирования сельского хозяйства. На ирригационных системах не проводится ремонт оросительных и коллекторно-дренажных систем, постоянно происходят нарушения режимов орошения, не соблюдается агротехника, система ротации и соблюдения севооборотов. В процессе этих нарушений ухудшается мелиоративное состояние орошаемых земель и активизируются процессы засоления и эрозии почв.

Процессы засоления почв имеют место практически по всей территории области. В зависимости от типа почв, водного режима, соблюдения агротехники, гидрогеологических и климатических условий и других причин засоление проявляется с различной интенсивностью. Под рисом происходит вторичное засоление в пониженных рельефах при недостаточном действии дренажа.

Туркестанская область (до 2018 г. Южно-Казахстанская область) общей площадью 116280 км² расположена на юге Казахстана, в пределах восточной части Туранской низменности и западных отрогов Тянь-Шаня. Большая часть территории равнинная, с бугристо-грядовыми песками Кызылкум, степью Шардара (на юго-западе, по левобережью Сырдарьи) и Мойынкум (на севере, по левобережью реки Чу) [2].

Северная часть занята пустыней Бетпак-Дала, на крайнем юге - Голодная степь (Мырзашоль). Среднюю часть области занимает хребет Каратау (гора Бессаз - 2176 м), на юго-востоке - западная окраина Таласского Алатау, хребты Каржантау (высота до 2824 м) и Угамский (высочайшая точка - Сайрамский пик - 4238 м).

Наиболее крупные реки - Сырдарья (с притоками Келес, Куруккелес, Арыс, Бугунь и др.) пересекает территорию области с юга на северо-запад, и река Чу (нижнее течение), протекающая на севере и теряющаяся в песках Мойынкум.

Орошаемая территория Туркестанской области характеризуется многообразием типов и подтипов почв, что связано с разнообразием рельефа, климатических условий, растительности, а также характером материнских пород. Следует отметить, что почвенный покров области формируется не только под воздействием широтной зональности, но и высотной поясности (таблица 3).

Таблица 3 – Зональные типы почв Туркестанской области [2]

Поясно-высотные зоны	Условия почвообразования	Зональные почвы и их площади, тыс. га	Административные районы распространения почв
«А» зона пустыни и переходная к сероземам	Коэффициент увлажнения <0,1; годовое количество атмосферных осадков <200мм. Продолжительность периода со средней $t^{\circ}>10C^{\circ}$ составляет 120-200 дней. Почвообразующие породы элювиально-аллювиальные отложения	Серо-бурые, такыровидные, такырносероземные, остаточные аллювиально-луговые: 54,0	Сузакский, части Отырарского, Арысского и Шардаринского районов
«Б» зона эфемерных степей	Коэффициент увлажнения <0,1-0,2; годовое количество атмосферных осадков 200-300мм. Продолжительность периода со средней $t^{\circ}>10C^{\circ}$ составляет 200-220 дней. Почвообразующими породами являются аллювиальные, пролювиальные, а также смешанные отложения	Светлые сероземы, сероземно-луговые, лугово-сероземные, луговые: 388,3	Мактааральский, Арысский, Туркестанский, Ордабасинский, Байдибекский районы
«В» и «Г» зона разнотравных степей	Коэффициент увлажнения <0,2-0,3; годовое количество атмосферных осадков >300мм. Продолжительность периода со средней $t^{\circ}>10C^{\circ}$ такая же как и в зоне «Б» -200-220 дней. Почвообразующими породами являются пролювиальные, аллювиальные, делювиальные, а также смешанные отложения	Темные, типичные сероземы: 124,3	Сарыагашский, Казыгуртский, Толебийский, Сайрамский, Тюлькубасский районы

Общими характерными свойствами почв Туркестанской области являются: слабая гумусированность при заметной растянутости гумусового профиля; слабая дифференциация профиля на генетические горизонты; отсутствие ясно выраженной макроструктуры при хорошо выраженной микроструктурности; высокая пористость и рыхлое сложение; карбонатность всего профиля при заметной ее уменьшенности в верхней части; щелочная реакция почвенного раствора, обусловленная высоким содержанием карбонатов.

Грунтовые воды орошаемой территории формируются за счет ирригационных вод, атмосферных осадков и подземного притока. Динамика УГВ подвержена колебанию по сезонам года.

В настоящее время из-за неудовлетворительного технического состояния на системах орошения наблюдаются значительные потери воды. В силу несовершенства способов и техники полива 20-30% объема водозабора уходит на сброс, что вызывает эрозию и вторичное засоление почвы, вымывание внесенных удобрений и др. На всех оросительных системах области коллекторно-дренажная сеть развита слабо. Износ основных мелиоративных фондов области составляет 60-70%. Снижение технического уровня оросительных каналов и сооружений на них в значительной мере ухудшают условия хозяйственного освоения оросительных систем, что ведет к значительному снижению продуктивности орошаемой пашни [2].

Дальнейшее улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель области зависит от уровня технической эксплуатации оросительной, коллекторно-дренажной сети и скважин вертикального дренажа, сроков и качества проведения агромелиоративных мероприятий, своевременного и в полном объеме внесения органических и минеральных удобрений, научно-обоснованных норм внедрения современных водосберегающих технологий, проведения промывок засоленных земель с соблюдением рекомендованных технологий. Своевременное и качественное проведение вышеперечисленных мероприятий в конечном итоге позволит улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель и повысить продуктивность орошаемого земледелия Туркестанской области.

Работа выполнена в рамках реализации прикладных научных исследований в области агропромышленного комплекса по научно-технической программе «Технологии и технические средства орошения при вводе новых земель орошения, реконструкции и модернизации существующих оросительных систем» (ИРН BR06249255).

Литература

1. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республика Казахстан за 2017 год. -Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан, Комитет по управлению земельными ресурсами, Астана, 2018.

2. Отчет НИР по мероприятию 2: «Рациональное использование водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан до 2021 года» (промежуточный) / НЦП «Научно-технологическое обоснование по рациональному использованию водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по всем водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан до 2021 года». № гос. регистрации 0118РК01216, инв. № 0218РК01357, Тараз, 2018.

УДК 556.535

ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ СТОКА РЕК БАССЕЙНА Р. ЕСИЛЬ

Махмудова Л.К., Канатұлы Ә., Жакен Қ., Абиев М.А., Амангельді Р.

Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан

Проблеме глобального изменения климата и его прогнозу сейчас уделяется огромное внимание в мире, эта проблема отражена, в частности, в следующих научных работах [1-4]. Согласно научным исследованиям, приведенных в [1] следует, что, по меньшей мере, с начала XX века происходит рост глобальной проблемы – по сглаженным значениям на 0,75 °C. После временного похолодания с середины 1940-х по середине 1960-х гг. прошлого века отмечался уже непрерывный рост температуры, но, это очень показательно, исключительно мощное потепление происходит с середины 1970-х гг. Это явление отмечено гораздо раньше

– так, О.А. Дроздов [5] указал на то, что новое потепление в мире началось в 1973 г. и на этой основе было высказано сомнение в возможности предсказания будущих водных ресурсов на основе длительных рядов наблюдений.

По исследованиям В.П. Мелешко [2, 3] вероятность потепления с середины XX века связана с концентрацией парниковых газов более 90 %, из этого следует, что потепление будет продолжаться. Мало того, что непрерывно увеличивается выброс газов в атмосферу, но даже при сокращении эмиссии уже накопленные там парниковые газы так или иначе будут вызывать увеличение температуры. Следовательно, возврат к той ситуации, которая была, к примеру, в середине прошлого века, до середины 70-х гг., мало вероятен, и временную гидроклиматическую обстановку надо оценивать по данным лишь последних десятилетий. В России потепление больше среднего глобального, за период 1972-2006 гг. температура приземного воздуха повысилась на $1,35 \pm 0,4$ °C [3], при этом за холодный период она в среднем повысилась даже на 2,5 °C [4]. В Казахстане уже к 1990 гг. повышение температуры составило 1-1,3 °C [6, 7], по сведениям [8] только за период 1954-2003 гг. годовая температура воздуха повысилась на 1,5 °C, как показывают данные длиннорядных метеорологических станций, а по некоторым метеостанциям (Павлодар, Семипалатинск) повышение на 2-2,5 °C. По данным РГП «Казгидромет», в среднем по территории Казахстана, за период с 1976-2019 гг. наблюдается повышение среднегодовой температуры воздуха, составляющее 0,31 °C каждые 10 лет. Тренды годового количества осадков на большей территории Казахстана были, в основном, положительны, но незначимы, статистически значимое уменьшение количества осадков (7-10 %/10 лет) отмечено на метеорологических станциях Центрального и Южного Казахстана [9]. В связи с этим на равнинных реках республики происходит уменьшение стока из-за увеличения испарения и уменьшения величины осадков.

Существенное изменение температуры естественно влечет за собой изменение других метеорологических характеристик, а также речного стока, и эти изменения особенно заметны с 1970-х гг., в частности, с середины 1970-х гг. систематически увеличивается повторяемость зональных форм макроциркуляции атмосферы. При рассмотрении вопроса о влиянии вековых колебаний солнечной активности на характер изменений основных типов атмосферных циркуляции (по Г.Я. Вангенгейму) В.В. Голубцовым [10] произведено сопоставление интегральных кривых аномалий годовых значений чисел Вольфа с интегральными кривыми ежемесячных аномалий чисел дней с формами циркуляции *E*, *W*, *C* за период 1891-1957 гг. и показано, что на фазе спада векового цикла солнечной активности в атмосфере развиваются процессы типа *W*, а на фазе подъема получают развитие типы циркуляции *E* и *C*. Это сравнение показывает, что однозначная зависимость широтного *W* и меридиональных *E* и *C* типов атмосферной циркуляции от солнечной активности проявляется только за довольно длительные периоды – фазы вековых циклов. Переломы в ходе кривой чисел Вольфа и кривых типов циркуляции *W* и *E+C* происходит почти одновременно. Это дает основание считать, что атмосферные процессы сравнительно быстро реагируют на вековые изменения солнечной активности.

Для рек территории Казахстана В.В. Голубцов [10] показывает достаточно тесную зависимость водности рек от изменения солнечной активности и развития макроциркуляции. Он выделил в Казахстане районы с одинаковым характером колебаний водности рек по отношению к вековым изменениям солнечной активности. Агарков С.Г. [11] показал, что для каждого типа атмосферной циркуляции статистически значимыми являются две-четыре составляющие с продолжительностью циклов от 2-3 до 25-35 лет.

В Казахстане в большем числе случаев проявляются в стоке рек 5-7 летние циклы. Вторыми по достоверности, указывает Агарков С.Г., являются 2-3 летние, а третьими – 3-4 летние. Иногда выявляются 8-9, 17-22 и 13-15 летние циклы. В многолетних колебаниях атмосферной циркуляции, атмосферных осадков и годового стока рек четко выделяются 2-4 статистически значимые составляющие. Среди них чаще встречаются короткопериодические, а некоторые являются преобладающими. Следовательно, гипотеза о неслучайности циклов

разной продолжительности во всех рассматриваемых условиях должна быть признана более правдоподобной, чем гипотеза об их случайности.

При сопоставлении водных ресурсов на значительной части европейской территории России за период 1978-2005 гг. с предыдущим периодом 1946-1977 гг. наблюдается их увеличение [4]. В научных исследованиях [3] содержится следующее утверждение в распределении водных ресурсов в будущем: в районах избыточного увлажнения водные ресурсы будут увеличиваться, а в районах, где водообеспеченность сейчас недостаточна, предвидится дальнейшее её уменьшение. По-видимому, такая особенность динамики водных ресурсов характерна и для Казахстана. Действительно, во внутриконтинентальных районах средних широт повышение температуры вызывает увеличение испарения, сокращение периода снегонакопления [12], что отрицательно сказывается на речном стоке. Но, кроме того, при глобальном потеплении уменьшаются меридиональные контрасты температуры, ослабляется общая циркуляция атмосферы, и эти районы становятся менее доступны влагоносным воздушным массам, поставляемым океаном. Таким образом, климатические тенденции не обязательно должны иметь одинаковый знак даже на сравнительно ограниченной территории.

Река Есиль – левобережный приток Ертиса, длина реки 2450 км, площадь водосбора – 177000 км², в том числе активная 141000 км². Основные притоки – рр. Калкутан, Жабай, Акканбурлык, Иманбурлык. Равнинность значительной части территории, количество бессточных понижений создают благоприятные условия для задержания вод поверхностного стока и образования озерных водоемов.

Сведения о стоке рек получены из данных наблюдений на сети Республиканского государственного предприятия «Казгидромет», опубликованных кадастровых материалов, приведённых в следующих источниках: «Гидрологический ежегодник», «Основные гидрологические характеристики», «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Все расчеты выполнены в соответствии с нормативным документом Свод правил СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» и Методическими рекомендациями по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии, недостаточности, отсутствии данных гидрометрических наблюдений и по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным [13-14].

Выбор расчетного периода в условиях меняющегося климата для такой большой и сложной в орографическом отношении территории, как Казахстан, очень непросто. В-первых, трудно ожидать полной согласованности колебаний гидроклиматических характеристик во всех бассейнах. В-вторых, на сток рек влияет хозяйственная деятельность, но она неодинакова в различных частях территории и существенно меняется во времени. Далее, вполне очевидно, что общие гидроклиматические закономерности должны лучше проявляться в больших бассейнах. Практически на всех крупных и средних реках Казахстана климатический сток сильно искажен, в частности, водохранилищами, в том числе и в Есильском водохозяйственном бассейне. При анализе нужно иметь в виду особенности временных рядов стока на значительной части Казахстана: исключительное, не имеющее вследствие аналогов, маловодье в 1930-е гг., и очень высокий сток в 1940-е гг.

Разностные интегральные кривые широко используются для выявления фаз повышенной и пониженной водности рек, моменты смены этих фаз. Но, следует иметь в виду, что они иллюстрируют ход накопленной аномалии только относительно выборочного среднего. Анализ динамики стока рек рассматриваемого региона показывает, что колебания стока происходят циклично (таблица 1), что неоднократно отмечалось большинством исследователей [15, 16]. Анализ данных по всем гидрологическим рядам рассматриваемой территории выявляет одну общую черту многолетнего хода, – рост значений стока с середины 70-х гг. независимо от того, относится этот период к маловодной или многоводной фазе. Момент перехода к многоводной фазе соответствует данным по многолетнему ходу глобальных метеорологических характеристик [4, 10].

Многоводные фазы продолжительностью 10-23 лет сменяются маловодными фазами продолжительностью от 4 лет. За период гидрологических наблюдений выявлено два полных цикла (1940-1982 гг. и 1983-2013 гг.). Наиболее низкие среднегодовые расходы воды в г. Петропавловск наблюдались в 1968 г. (1,38 м³/с) и в 1977 г. (7,26 м³/с). Наиболее высокие среднегодовые расходы воды наблюдались в 1941 г. (175 м³/с), в 1948 г. (227 м³/с), в 1990 г. (127 м³/с) и в 2007 г. (139 м³/с).

Таблица 1 – Многоводные и маловодные периоды на реках Есильского бассейна

Маловодные периоды			Многоводные периоды			Продолжительность цикла	Средний расход за период, м ³ /с
Период, годы	Цикл, лет	Средний расход за период, м ³ /с	Период, годы	Цикл, лет	Средний расход за период, м ³ /с		
р. Есиль – г. Петропавловск							
1933-1939	7	13,9	1940-1949	10	111	17	70,7
1950-1953	4	18,7	1954-1964	11	66,8	15	54,0
1965-1969	5	22,8	1970-1974	5	67,2	10	45,0
1975-1982	8	26,5	1983-1997	15	81,9	23	62,7
1998-2001	4	15,5	2002-2007	6	69,6	10	48,0
2008-2013	6	19,5	2014-2016	3	105	9	48,1
р. Силеты – с. Изобильное							
1933-1939	7	4,25	1940-1948	9	11,8	16	8,51
1949-1951	3	5,20	1952-1964	13	7,70	16	7,24
1965-1969	5	3,12	1970-1973	4	10,3	9	6,33
1974-1982	9	1,46	1983-1988	6	9,21	15	4,56
1989-1994	6	3,94	1995-1997	3	8,95	9	5,61
1998-2001	4	2,96	2002-2008	7	6,80	11	5,40
2009-2016	8	2,35					
р. Жабай – г. Атбасар							
1933-1939	7	3,17	1940-1942	3	11,0	10	5,51
1943-1945	3	3,93	1946-1949	4	13,1	7	9,19
1950-1952	3	2,80	1953-1955	3	8,82	6	5,81
1956-1960	5	5,72	1961-1966	6	7,79	11	6,85
1967-1977	11	5,11	1978-1995	18	12,3	29	9,56
1996-2000	5	4,09	2001-2007	7	10,1	12	7,60
2008-2013	6	5,50	2014-2016	3	22,9	9	11,3

При сопоставлении динамики годового стока основных притоков р. Есиль обнаруживается асинхронность их колебаний (рисунок 1).

Сток р. Жабай (правый приток р. Есиль) после 1974 г. вырос в 2,5-2,8 раза по сравнению с периодом до 1973 г. (норма годового стока за период 1933-1973 гг. составляет 6,60 м³/с, а за период 1974-2016 гг. составляет 9,98 м³/с). Сток р. Калкутан (правый приток р. Есиль) после 1974 г. вырос в 1,5 раза по сравнению с периодом до 1973 г. (норма годового стока за период 1933-1973 гг. составляет 6,00 м³/с, а за период 1974-2016 гг. составляет 8,75 м³/с).

В стоке рек Ертис – Есильского междуречья наблюдается снижение стока на р. Силеты (сток уменьшился в 1,5 раза, норма годового стока за период 1933-1973 гг. составляет 7,53 м³/с, а за период 1974-2016 гг. составляет 4,64 м³/с). На р. Шагалады наблюдается незначительное увеличение стока - норма годового стока за период 1933-1973 гг. составляет 1,06 м³/с, а за период 1974-2016 гг. составляет 1,51 м³/с.

Решающее влияние на распределение циклических фаз элементов климата и гидрологического режима по территории оказывают процессы атмосферной циркуляции. Кроме того, в этом распределении также немалую роль играют условия подстилающей поверхности, особенно в отношении циклических фаз атмосферных осадков и речного стока. Выявленная цикличность стока может быть связана как с регулирующей способностью водосборов, так и с другими факторами (особенности циркуляции атмосферы и т.д.). Отражением климатической изменчивости может быть и изменение вариации стока во времени. Под циклами водности понимается ряд смежных лет стока, включающий по одной маловодной и многоводной

группе лет одного порядка продолжительности. Изменения водности в указанные периоды обусловлены преобладанием определенных типов атмосферных циркуляций.

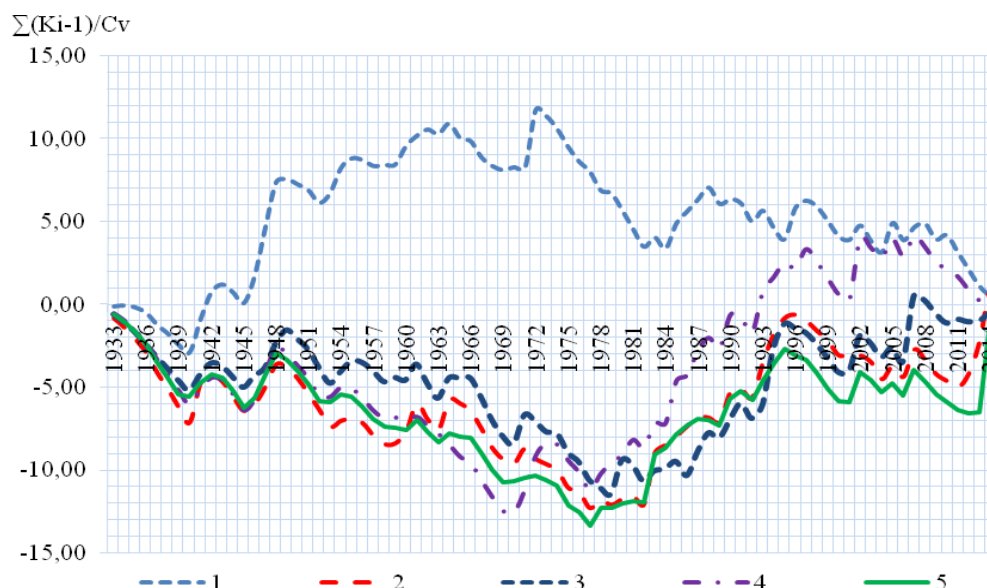


Рисунок 1 – Разностные интегральные кривые годового стока притоков р. Есиль
1 –р. Силеты–с. Изобильное, 2 –р. Шагалалы–с. Павловка, 3 –р. Акканбурлук–с. Ковыльное,
4 –р. Калкутан–с. Калкутан, 5 –р. Жабай–г. Атбасар

Таким образом, есть все основания считать, что определенная фаза климата и стока, характеризующая текущий период, началась в 60-70 гг. XX столетия, интенсификация хозяйственной деятельности в Казахстане также произошла в этот период. С 70-х гг. началась новая фаза в изменениях водных ресурсов огромных территорий, при этом некоторое замедление процесса или даже группировки лет противоположного знака аномалии с конца 90-х гг. не дают оснований считать, что эта фаза закончилась и сменилась новой, это просто случайные группировки на фоне установившейся тенденции. Современным периодом в многолетнем ходе водности рек рассматриваемой территории можно считать период с середины 70-х гг. прошлого столетия. Для рек бассейна Есильского водохозяйственного бассейна характерна цикличность стока с периодом 10-25 лет.

Литература

1. Современные глобальные изменения природной среды. Т.1 – М.: Научный мир, 2006. – 696 с.
2. Мелешко В.П. и др. 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.
3. 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.
4. Водные ресурсы России и их использование / Под. ред. Шикломанов И.А. – СПб., 2008. – 600 с.
5. Дроздов О.А. Надежность использования аналогов прошлого для прогнозов водного режима на будущее // Водные ресурсы, 1992, № 4. – С. 7-12.
6. Чичасов Г.А. Технология долгосрочных прогнозов погоды. Спб: Гидрометеиздат, 1991. – 304 с.

7. Долгих С.А. Мониторинг и сценарий изменения климата Республики Казахстан с учетом глобального потепления. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. – Алматы, 1999. – 23 с.
8. О состоянии окружающей среды в РК в 2003 году Национальный доклад Министерства окружающей среды РК. – Астана, 2005. – 256 с.
9. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2019 год. – Министерство экологии, геологии и природных ресурсов (РГП «Казгидромет»). – Нур-Султан, 2020. – 62 с.
10. Голубцов В.В. О внутривековых колебаниях водности рек // Тр. КазНИГМИ. – 1967. – Вып. 26. – С. 33-53.
11. Агарков С.Г. Многолетние колебания речного стока в Западной Сибири: автореф... канд. геогр. наук. – М.: МГУ, 1973. – 16 с.
12. Молдахметов М.М., Махмудова Л.К. Солтүстік Қазақстан аумағының қаржамылғысына паттамаларының аймақтық климаттық өзгерістерінен беріндігін амыкасы // Гидрометеорология и экология, 2013, №4. – С. 32-44
13. Свод правил СП 33-101-2003 Определение основных расчётных гидрологических характеристик. Издание официальное. – М.: Госстрой России, 2004 – 73 с.
14. Стандарт организации. Государственный Гидрологический Институт 52.08.41-2017. Основные гидрологические характеристики при нестационарности временных рядов, обусловленной влиянием климатических факторов. Рекомендации по расчету. – Санкт-Петербург: ГГИ, 2017 – 48 с.
15. Гальперин Р.И. Нюансы статистической интерпретации гидрологических рядов // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы гидрометеорологии и экологии». Алматы: КазНИИМОСК, –2001. –С. 103-105
16. Makhmudova, L., Moldakhmetov, M., Mussina, A., Kanatuly, A. Perennial fluctuation of the runoff of the Yesil river basin (2021) Periodical of Engineering and Natural Sciences, 9 (4), pp. 149-165. doi:10.21533/pen.v9i4.2306

УДК 626.841/621.31

ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВНЕДРЕНИЮ ПРИБОРОВ ВОДОУЧЕТА И ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Карлыханов О.К., доктор технических наук, заведующий отделом «Управление водными ресурсами», **Ли М.А.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
Бакбергенов Н.Н., старший научный сотрудник, **Иманалиев Т.К.**, научный сотрудник,
Жакашов А.М., научный сотрудник,
Понкратьев Д.М., младший научный сотрудник
 ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства»
 г. Тараз, Казахстан

В условиях низкой водообеспеченности в традиционно приоритетном в республике направлении экономики - в АПК, рациональное и экономное использование воды не может быть осуществлено без обоснованного планирования, учета, контроля и распределения водных ресурсов. Их можно составить при наличии соответствующего расчетного инструмента. Для того чтобы распределение воды по всем направлениям отраслей экономики происходило согласно принятого плана, необходимо установить жесткий контроль расхода воды на гидроузлах, водохранилищах, по коллекторно-дренажной системе и, самое главное, по каналам, доставляющим воду до потребителей и до конечной точки подачи воды - на поля орошения.

К сожалению, низкое водообеспечение АПК республики тесно связано с низкой эффективностью водопользования. Оно связано не только морально устаревшими методами и под-

ходами управления водными ресурсами, но и климатически обусловленным снижением общего объема водных ресурсов. В этих условиях устойчивое социально-экономическое развитие регионов возможно при рациональном и экономном использовании воды в каждом речном бассейне на основе совершенствования методов управления водными ресурсами современной технологией, основанной на цифровизации процессов.

На современном этапе ведутся работы в направлении внедрения информационных технологий на вновь создаваемых (проектируемых) и существующих (подлежащих реконструкции) оросительных системах. К главным задачам внедрения информационных технологий на мелиоративных системах относятся автоматизация водозабора, водораспределения, регулирования уровня вод и их учета. Исходя из того, что технологический процесс на оросительной системе рассматривается как единое целое, предусматривается автоматизация всех составных частей системы, постепенно выводя их к одному уровню.

Анализ ряда технологических и технических разработок прошлых лет показал, что на рынке средств измерений появилось большое количество средств и приборов, которые могут быть использованы при модернизации информационного обеспечения существующих оросительных систем и, прежде всего, систем водоучета. Обзор современных технологий и средств измерений общего назначения имел целью выработать определенные технические требования и практические рекомендации по их широкому применению на мелиоративных объектах.

Одним из прогрессивных направлений совершенствования методов управления водными ресурсами - это переход к автоматизированной системе водоучета, управления и мониторинга за фактическим расходом воды по длине оросительных каналов. В этом случае информационная технология по планированию, учету, контролю и распределению водных ресурсов представляет единый комплекс инструментарий управления водными ресурсами.

Суть информационной технологии заключается в разработке и внедрении программного обеспечения обмена информацией между комплексами управления нижнего и верхнего иерархического уровней коммуникационной сети, информационных баз данных, реализация которых обеспечивает значительное повышение технического уровня оросительных систем, экономии водных и энергетических ресурсов, нормальную экологическую обстановку в агроландшафтах.

Поэтому в статье поставлена цель - обобщение результатов научных исследований последних лет, проведенных по бюджетным программам (БП): 254 – «Научное обеспечение рационального использования водных ресурсов и разработка технологий мелиорации земель сельскохозяйственного назначения» по теме «Разработка и внедрение инновационных технологий по автоматизации водохозяйственных объектов РК» в 2015-2017 годах [1], 267 – «Повышение доступности знаний и научных исследований» по теме «Создание информационных технологий по планированию, учету, контролю и распределению водных ресурсов в бассейнах рек для повышения эффективности водопользования» в 2015-2017 годах [2], 019 - «Услуги по распространению и внедрению инновационного опыта» по теме «Внедрение и распространение технологии автоматизированного управления водными ресурсами водохранилища Бугуньское» в 2019 году [3] по обеспечению водных объектов приборами водоучета и разработке технологии управлению водными ресурсами в речных бассейнах путем создания информационной системы.

В настоящее время к недостаткам управления водораспределением на оросительной системе можно отнести [4]:

- технологически необоснованное завышение заборов воды в оросительную сеть, что приводит к излишним затратам на ее транспортировку, образованию дефицита для потребителей и непроизводительным сбросам, а также возможности возникновения аварийных ситуаций, связанных с возможными переливами или опорожнениями каналов;

- низкую оперативность управления подачей воды водопользователям, приводящую к нарушению сроков и норм полива и, в конечном итоге, к снижению урожайности или гибели сельскохозяйственных культур.

Сведение потерь оросительной воды к минимуму, обеспечение соответствия объемов водозабора и водопотребления возможно при условии существенного повышения качества управления процессами водораспределения путем автоматизации узловых сооружений оросительной сети.

Объем информационных технологий на оросительной системе зависит от типа системы, особенностей ее конструкций и технологии работы и состоит из автоматизации учета и контроля протекания технологического процесса, состояния оборудования; автоматизации защиты от возможных аварий и повреждений; автоматизации работы объекта в целом, т. е. автоматизации совокупности различных операций, определяющих технологию работы объекта; комплексной автоматизации объектов и систем, включающей сочетание мероприятий, необходимых для осуществления всех технологических операций на системе.

Степень информационных технологий на оросительной системе зависит от степени развития производственных процессов и конструктивного исполнения мелиоративной системы в целом.

Для осуществления внедрения информационной технологии необходимо наличие разработанного и проверенного в производственных условиях алгоритма управления; создание необходимых средств автоматизации; применение компьютерных программ управления; накопление опыта эксплуатации средств автоматизации; наличие квалифицированного персонала по обслуживанию, профилактике и ремонту всех средств автоматики.

В связи с этим, представляет большой практический интерес опыт внедрения IT-технологий систем управления и мониторинга в Казахстане и зарубежных странах.

Обзор работ зарубежных авторов по автоматизации и IT-технологии показывает, что в этом направлении имеются перспективные разработки. например, в бассейне р.Инд в Пакистане проходит одна из самых крупных ирригационных систем в мире протяженностью 90 000 км с орошением приблизительно 25 миллионов акров (10 117 500 га) земли. Такой большой системой нельзя управлять с высокой эффективностью, не используя информационные технологии управления и мониторинга, в качестве которой была предложена кибер физическая система (CPS) – «умная водная сетка». Автоматизированные измерения потока стали первым шагом к установке еще более высоких уровней автоматизации таких, как управление затворами. все это позволило решить очевидные логистические проблемы в сборе данных, улучшить точность измерений водного потока в реальном времени, чтобы выполнить оценку ситуации, разработку и принятие соответствующих решений [5].

Обеспечение надежного контроля за уровнем воды в магистральном канале, состоящем из 24 гидropостов, расположенном в центральном Иране при значительных колебаниях притока в периоды засухи было успешно реализовано с использованием информационных технологий и средств автоматизации (контроллерами PI и LQR) [6].

В этих исследованиях использованы фундаментальные (теоретические исследования) и прикладные (натурные исследования) подходы изучения и исследования процессов и технологии автоматизированного управления водными ресурсами, тестирование датчика уровня воды на водном объекте.

Методика проектирования и внедрения автоматизированных систем мониторинга и управления включает обследование технико-эксплуатационного состояния и оценку существующих систем управления водными ресурсами в речном бассейне. На данном этапе проводятся все работы, связанные с исследованиями технологического процесса на водохозяйственном объекте, поиск путей и оценка возможности модернизации и автоматизации систем управления технологическим процессом. Источником для получения данных сведений могут служить устав и регламенты эксплуатирующей объект организации и другие нормативно-правовые акты. На базе полученных данных выявляются основные функциональные и пользовательские требования к предмету автоматизации.

Аппаратная реализация системы автоматизации и мониторинга будет опираться, в основном, на продукцию производителей стран СНГ. Это обусловит упрощение обслуживания и

уменьшение материальных затрат по обслуживанию аппаратуры при дальнейшей эксплуатации системы.

Исследования будут выполняться в соответствии с действующими нормативными документами и утвержденными методиками, нормами и правилами технологической и экологической безопасности, отраженным в законодательных актах РК и ИСО 9001 [7].

В последние годы на оросительных системах республики наблюдается сокращение количества пунктов водоучета с одновременным снижением уровня их технического состояния. Современное состояние эксплуатационной гидрометрии и ее метрологическое обеспечение находится в кризисном положении. Гидрометрическая сеть не соответствует нормативным и метрологическим требованиям (рис. 1).

Износ и полное отсутствие средств учета расхода и стока на внутрихозяйственной сети приводит к нарушению планового водопользования, увеличению непроизводительных сбросов.

Существовавший ранее измерительные приборы эксплуатационной гидрометрии практически не работают из-за их морального и физического износа, выхода из строя отдельных узлов, отсутствия технического обслуживания, ремонта и метрологической поверки [1,2,3].



Рисунок 1- Современное состояние эксплуатационной гидрометрии

Износ и полное отсутствие средств учета расхода и стока на внутрихозяйственной сети приводит к нарушению планового водопользования, увеличению непроизводительных сбросов.

Существовавший ранее приборное обеспечение эксплуатационной гидрометрии практически утерян из-за морального и физического износа измерительных приборов, выхода из строя отдельных узлов, отсутствия технического обслуживания, ремонта и метрологической поверки.

Для контроля за расходом воды в открытых каналах оросительных систем применяют мобильные и стационарные водомерные гидростолы - пункты учёта воды. Но главный недостаток в их работе - это отставание по модернизации системы получения и передачи информации в автоматизированном режиме.

Анализ ряда технологических и технических разработок прошлых лет показал, что на рынке средств измерений появилось большое количество средств и приборов, которые могут быть использованы при модернизации информационного обеспечения существующих оросительных систем и, прежде всего, систем водоучета. На практике количество средств и приборов очень много, для примера приведем наиболее часто упоминаемых в зарубежных и отечественных обзорах датчиков воды (табл.1).

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики датчиков уровня воды разных производителей, часто сравниваемых между собой при выборе того или иного вида датчиков уровня воды, а на рис. 2 - их внешний вид:

1. Датчик уровня воды ДУВ 2/0,005-5 (Казахстан, ТОО "КазНИИВХ");

2. Ультразвуковой измеритель уровня жидких сред INNOLevelECHOIL-EC-A (Россия);

3. Siemens Sitrans Probe LU, (Германия).

Датчик водоучета ДУВ 2/0,005-5 (рис. 2а) является продукцией ТОО "КазНИИВХ", запатентован и зарегистрирован в реестре новых приборов РК, имеет собственное программное обеспечение (ПО).

Прибор позволяет передавать гидрологическую информацию (уровень и расход воды в канале, объем поданной воды за любой промежуток времени) в диспетчерский пункт или на сайт www.duv2.kz.

Таблица 1 - Сравнительные технические характеристики датчиков уровня воды различных производителей

Диапазон измерений, м	Срок службы, лет	Автомат. передача данных в сеть	Вычисление расходов	Диагностика сети и ПО	Цена, тыс.тенге
1	2	3	4	5	6
Датчик уровня воды ДУВ 2/0,005-5 Казахстан, энергопотребление 220 V, 12 V, солнечная панель					
5-10 м	10-15	да	да	да	200
Ультра звуковой измеритель уровня жидких сред INNOLevelECHOIL-EC-A Россия, энергопотребление 220 V					
5-10 м	8-10	нет	нет	нет	287
Уровнемер Siemens sitrans Probe LU 7ML5221 Германия, энергопотребление 220 V					
5-15 м	10-12	нет	нет	нет	485

Характеристики датчика ДУВ 2/0,005-5 приведены в научных отчетах отдела УВР [1,2,8] и техническом паспорте [8].



а)



б)



в)

Рисунок 2 - Ультразвуковые уровнемеры: а) ДУВ 2/0,005-5 (Казахстан); б) ультразвуковой измеритель уровня жидких сред INNOLevelECHOIL-EC-A (Россия); в) «Siemens Sitrans Probe LU» (Германия)

Ультразвуковой измеритель уровня жидких сред INNOLevel ECHO IL EC относительно дорогой ультразвуковой уровнемер для жидкостей с аналоговым токовым выходом или Modbus (RS 485) и 2 релейными выходами (рисунок 2б).

Краткие технические характеристики INNOLevel ECHO: диапазон измерения уровня – 0...15 метров, значение «мертвой зоны» - 0,25...0,6 метра, точность измерений – 0,3% от основного диапазона, допустимое давление процесса – 1 бар, токовый сигнал – 4...20 мА, температура окружающей среды -20°...+80°С. Диапазон измерения INNOLevel ECHO 0,6-15 метров. Напряжение питания уровнемера INNOLevel ECHO 24VDC.

Более подробные характеристики и другую необходимую информацию о измерителе уровня жидких сред INNOLevelECHOIL-EC-A можно найти в [9].

Ультразвуковые датчики уровня Siemens Sitrans Probe LU широко используются для измерения и контроля объема жидких и сыпучих веществ в резервуаре и уровня заполнения емкости (рисунок 2в) [10].

Принцип работы ультразвуковых уровнемеров точно такой же как в ДУВ 2/0,005-5 и основан на том, что звуковые волны отражаются от препятствия, которыми являются объекты измерения.

Уровнемер SitransProbe LU подходит для измерений уровня воды, сточных вод и химикатов. Диапазон измерения ультразвукового уровнемера SiemensProbe LU составляет от 6 м до 12 м в зависимости от конфигурации.

В процессе исследований, в КазНИИВХ разработано 3 опытных образцов датчика уровня воды (рис. 3), из которых прибор ДУВ 2/0,005-5 впоследствии рекомендовано для использования в водном хозяйстве как измерительное средство расхода воды и объема стока.

Преимуществом ДУВ 2/0,005-5 (рис. 3в) в отличие от других образцов (рис. 3а и 3в) точность, безотказность и более мобильное измерение уровня воды на гидропостях и оперативность последующей обработки полученных данных.



Рисунок 3- Опытные образцы датчиков уровня воды, разработанные в ТОО "КазНИИВХ" в последние годы

На ДУВ 2/0,005-5 получен сертификат №15168 от 11.07.2018 г. об утверждении типа средств измерений, № KZ58VTN00002590, который дает право к серийному выпуску и эксплуатации в Республике Казахстан.

Механизм работы ДУВ 2/ 0,005-5. Прибор оснащен платформой Arduino Uno R3, модулем Icomsat sim900 v1.1 и ультразвуковым датчиком HC RS-04. (рис. 4). Датчик HC RS-04 отправляет ультразвуковые волны в направление воды, от воды волна отражаясь обратно направляется к датчику. Датчик HC RS-04 с помощью ультразвукового импульса передает контроллеру Arduino Uno R3 полученные данные.

Схема подключения IComsat v1.1 в Arduino Uno показано на рис. 4а. Схема подключения Arduino Uno с ультразвуковым дальномером HC-SR04 и аккумуляторной батареей 1800 мАч (рисунок 4б).

Arduino Uno контроллер построен на ATmega 328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки.

Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC.

Характеристики ультразвукового дальномера HC-SR04: измеряемый диапазон 2 - 500 см; точность - 0,3 см; угол обзора $< 15^{\circ}$; напряжение питания 5V.

Технические данные: Модуль ввода-вывода V - положительный контакт питания; Trig - цифровой вход. Для запуска измерения необходимо подать на этот вход логическую единицу на 10 мкс. Следующее измерение рекомендуется выполнять не ранее чем через 50 мс; Echo - цифровой выход. После завершения измерения, на этот выход будет подана логиче-

ская единица на время, пропорциональное расстоянию до объекта; GND - отрицательный контакт питания.

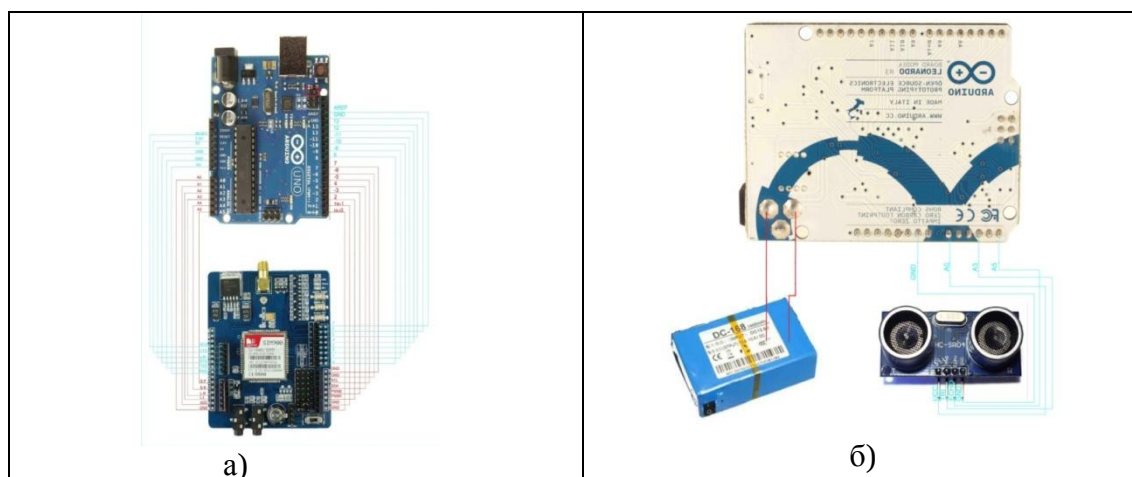


Рисунок 4 – Схема подключения: а) IComsat v1.1 в Arduino Uno и б) Arduino Uno с HC-SR04 и аккумуляторной батареей 1800 мАч

Ультразвуковой дальномер генерирует звуковые импульсы на частоте 40 кГц и слушает эхо. По времени распространения звуковой волны туда и обратно можно однозначно определить расстояние до объекта. В отличие от инфракрасных дальномеров, на показания ультразвукового дальномера не влияют засветки от солнца или цвет объекта. Но могут возникнуть трудности с определением расстояния до пушистых или очень тонких предметов. В отличие от ультразвукового дальномера URM37, этот дальномер не обладает таким большим выбором интерфейсов и режимов работы. Но этот «недостаток» компенсируется простотой работы с ним.

Разработанный опытный образец датчика ДУВ 2/0,005-5 позволяет дистанционно получать информацию об уровне воды. Измерения проводятся без контакта с водой с помощью ультразвукового измерителя расстояния (ультразвуковой дальномер HC-SR04). Питание автономное, информационная связь осуществляется посредством встроенной SIM - карты и позволяет получать все сведения в реальном масштабе времени на береговой центр наблюдения и в интернет. Периодичность получения информации задается программным путем по выбору оператора и составляет от нескольких минут до суток.

Данная модель является компактной с размерами 130x91x33 мм, имеет пластмассовый корпус, поэтому не подвергается коррозии. Корпус модели герметичный, защищен от проникновений воды и влаги.

Улучшение эксплуатационных качеств датчика уровня воды обеспечивается его калибровкой посредством инфракрасного излучателя с использованием преобразователя, разработанного в ТОО «КазНИИВХ».

В последующем на основе опытных образцов датчиков уровня воды получены патенты на изобретение, отличающиеся друг от друга применением для передачи и приема наиболее эффективных способов современной электроники [11-18].

Таким образом, в течении 2015-2020 годов по БП 254, БП 267 и БП 019 отделом УВР ТОО «КазНИИВХ» был решен комплекс научно-методических задач [1,2,3]:

1. Изучено и систематизировано лучшие в мировой практике системы автоматизированного управления и использования водных ресурсов с целью их адаптации в условиях Казахстана;

2. Проведены сбор, систематизация и анализ исходных данных об объектах автоматизации; общий анализ водохозяйственных систем, информационных технологий и особенностей применения их в водном хозяйстве Казахстана;

3. Обследовано технико-эксплуатационное состояние с оценкой систем управления водными ресурсами на водных объектах КЗО, ТО и ЖО;

4. Создана база данных по регулированию водообеспечения озер, ветландов, проток и др. в речных бассейнах юга Казахстана на примере дельты р. Сырдарья (озерные системы, ветланды, протоки и пр.);

5. Разработана научно-техническая основа модернизации водохозяйственных объектов по автоматизации и диспетчеризации для улучшения качества управления и рационального использованию водных ресурсов;

6. Создан первый образец датчика уровня воды, обеспечивающий непрерывный учет уровня воды на гидропостах;

7. Разработаны тестовые программы и инструкция для архивации полученных и обработанных гидрометрических данных в автоматическом режиме (расход и объем стека);

8. Созданы учебные программы для краткосрочных тренинговых центров по подготовке и переподготовке инженерных кадров по обслуживанию систем автоматизации в водном хозяйстве.

9. Проведено обследование технико-эксплуатационного состояния систем автоматизированного водоучета на гидроузлах ЖО и ТО;

10. Разработано программное обеспечение по обработке экспериментальных данных уровня воды на гидроузлах;

11. Разработаны элементы технологии автоматизированного контроля водных ресурсов с расширением функциональных действий датчика водоучета в условиях Таласского гидроузла в ЖО;

12. Проведен мониторинг системы управления водными ресурсами на гидроузлах в южном регионе Казахстана;

13. Разработана технология по автоматическому водоучету, контролю уровня воды и управлению водными ресурсами на Ассинском, Тасоткельском и Терс-Ащибулакском гидроузлах ЖО;

14. Проведены исследования, связанные с цифровизацией управления технологическими процессами водоучета на водохозяйственных объектах;

15. Создана модернизированная модель автоматизации управления водными ресурсами в лабораторных условиях;

16. Разработано программное обеспечение обмена информацией между комплексами управления нижнего и верхнего иерархических уровней коммуникационной сети.

17. Проведены подбор оборудования для системы управления затворами и системы оповещения с определением состава реализуемых функций, технических средств с последующим согласованием расстановки и выбора необходимой мощности;

18. Проведена доработка программного обеспечения систем управления затворами и оповещения для связи с радиомодемом и драйверами шагового двигателя и программного обеспечения системы сбора данных с последующей отладкой программного обеспечения датчика и программного обеспечения сбора данных;

19. Разработана рекомендация по совершенствованию системы автоматического учета и контроля уровня и управления водными ресурсами для южного региона Казахстана;

20. Разработаны алгоритмы водораспределения и SCADA-системы для диспетчерского пункта;

21. Разработан технологический регламент по созданию информационной системы по водообеспечению водохозяйственных объектов в речных бассейнах юга Казахстана на примере дельты р. Сырдарья.

22. Разработана технология управления водными ресурсами в оросительных системах в автоматизированном режиме.

В 2019 году по БП 019 в Туркестанской области внедрены результаты научных исследований с решением следующих задач:

1. Исследование фактического состояния системы водоучета на оросительных системах, подвешенных к Бугуньскому водохранилищу, Арысь-Туркестанскому и Туркестанскому магистральному каналам;

2. Проектирование системы водоучета с реализацией проектных решений: создание, отладка, калибровка и тестирование ИС, средств автоматизации и мониторинга (САМ);

3. Адаптация установленных САМ (тестирование, калибровка и пр.) к водным объектам;

4. Передача информационных и автоматизированных систем и технических средств мониторинга в опытную эксплуатацию;

5. Анализ результатов опытной эксплуатации систем информационной технологии.

При решении этих мероприятий ежегодно решались задачи по разработке и получению инновационных патентов, публикации статей, отражающих результаты НИР в научных изданиях с не нулевым ИФ, проведении дни поля и обучающих семинаров по внедрению автоматизации водных объектов в речных бассейнах Казахстана, семинаров-тренингов для специалистов по планам водопользования, диспетчеров и технического персонала.

Система автоматизации контроля уровня, учета и управления водными ресурсами была внедрена в 2016 г. на канале Базарбай Таласского гидроузла Жамбылской области, в 2017 г. на Терс-Ащыбулакском гидроузле Жамбылской области и в 2019 г. на Бугунском водохранилище с гидроузлом и Туркестанском магистральным каналом, Караспанском гидроузле с Арысь-Туркестанском и Караспанским каналами в Туркестанской области.

1. Развернутый анализ, сделанный в течение 2015-2020 годов показал неудовлетворительное состояние технико-технологической оснащенности гидроузлов и гидропостов водоучета, о низкой степени автоматизации процесса водоучета и управления водными ресурсами средствами автоматики в большинстве водохозяйственных объектов.

На водных объектах южного региона Республики, где установлена автоматика по управлению водными ресурсами, т.е. водораспределением и водоучету (Шардаринское водохранилище, Сайрамсуский гидроузел, Бугунское водохранилище и Коксарайский контррегулятор в Туркестанской области, Казалинский и Аклакский гидроузлы, вододелитель Байкадам и водоподпорное сооружение Айтек в Кызылординской области, гидроузел Жиёмбет, Терс-Ащыбулакское водохранилище, Тасоткельский Ассинский, Таласский гидроузлы в Жамбылской области и многочисленные гидропосты на оросительных каналах), существует проблема, связанная в выходом из строя информационно-управляющих программ, а специалисты-программисты по их наладке и перепрограммированию, имеющиеся в составе эксплуатирующих организаций владеют недостаточным навыком и знанием.

В нижнем течении рек (Сырдария, Шу, Талас, Келес, Аса и др.), представленном в большом количестве озерными системами, протоками, старицами и пр., являющимися буферной зоной между урбанизированными территориями и агропромышленным комплексом и показателем устойчивости экосистемы, автоматизация по регулированию водных ресурсов и процессов вододеления практически отсутствует.

2. За этот период были подготовлены соответствующие рекомендации, инструкции и технический регламент по созданию информационной системы по водообеспечению водохозяйственных объектов и автоматизации водоучета и вододеления.

Разработанная технология АСУ водными ресурсами на гидроузлах ТОО "Казахским НИИ водного хозяйства" за последние годы позволяет осуществить процессы контроля, распределения и учета воды в оперативном режиме. Разработанные алгоритмы и программное обеспечение управления водными ресурсами на водных объектах, позволяют управлять водными ресурсами на основе принципа равномерности водоподачи, минимизацию непродуктивных затрат воды, ведение объективной статистики по широкому ряду показателей качества управления за счет использования информационных технологий в процессах вододеления и водопользования.

Важно отметить, что трансферт технологии по этому направлению из России, Киргизии и Узбекистана и из дальнего зарубежья, несмотря их большой стоимости, повысит эффективность управления водными ресурсами.

3. Основными индикаторами при внедрении данной технологии являются:

- повышение точности измерения уровней, расходов, а также открытия затворов гидротехнических сооружений, за счет применения современных технических средств измерения и учета водных ресурсов (снижение погрешности измерения уровня не более 0,25%, точность измерения 0,005 м);

- повышение информационного обеспечения, за счет непрерывного сбора, хранения и обработки измеренных значений уровней и расходов воды на компьютере;

- повышение оперативности и точности управления водными ресурсами за счет увеличения скорости получения и обработки информации о технологическом процессе и принятие решения;

- повышение оперативности обнаружения и устранения неисправностей оборудования системы управления и гидротехнических сооружений.

4. В дальнейшем ТОО "Казахский НИИ водного хозяйства" намерен продолжить НИР по усовершенствованию автоматизированных систем управления водными ресурсами и по цифровизации их результатов, так как в настоящее время создана научно-техническая и проектная база по внедрению технологии управления водными ресурсами в оросительных системах в автоматизированном режиме [19-27].

Основное внимание при этом должно быть уделено подготовке специалистов в ВУЗах по автоматизации и цифровизации водного хозяйства и внедрению систем автоматизации и технологии управления водными ресурсами в рабочие проекты строительства и реконструкции водохозяйственных объектов с обязательным включением в состав рабочих проектов раздел "Модернизация объектов по автоматизации управления водными ресурсами и водочета".

Работа выполнена в рамках реализации прикладных научных исследований в области агропромышленного комплекса по научно-технической программе «Технологии и технические средства орошения при вводе новых земель орошения, реконструкции и модернизации существующих оросительных систем» (ИРН BR06249255).

Литература

1. Отчеты ТОО "КазНИИВХ" о НИР "Разработка и внедрение инновационных технологий по автоматизации водохозяйственных объектов РК за 2015-2017 гг. 1 год: Инв. № 0215РК03122. Тараз: ТОО "КазНИИВХ". 2015. -228 с., 2 год: Инв. № 0216РК02127. Тараз: ТОО "КазНИИВХ". 2016. -171 с., 3 год: Инв. № 0217РК00242. Тараз: ТОО "КазНИИВХ". 2017. -168 с.

2. Отчеты ТОО "КазНИИВХ" о НИР " за 2018-2020 гг. 1 год: Инв. № 0218РК01237. Тараз: ТОО "КазНИИВХ". 2018. -137 с., 2 год: Инв. № 0219РК00192. Тараз: ТОО "КазНИИВХ". 2019. -99 с., 3 год: Инв. № 0220РК00020. Тараз: ТОО "КазНИИВХ". 2020. -95 с.

3. Отчет ТОО "КазНИИВХ" о НИР "Внедрение и распространение технологии автоматизированного управления водными ресурсами водохранилища Бугуньское". Тараз: ТОО "КазНИИВХ". 2019. -89 с.

4. Чураев А. А., Юченко Л. В. и др. Управление процессами водораспределения на оросительных системах / Научный обзор.- Новочеркасск, 2014.- 52 с.

5. Zahoor Ahmad, Ehsan U. Asad, Abubakr Muhammad, Waqas Ahmad, Arif Anwar Development of a Low-Power Smart Water Meter for Discharges in Indus Basin Irrigation Networks / First International Conference [Wireless Sensor Networks for Developing Countries](#), Jamshoro, Pakistan, April 24-26, 2013.- P. 1-13.

6. S. M. Hashemy Shahdany, A. R. Firoozfar Providing a Reliable Water Level Control in Main Canals under Significant Inflow Fluctuations at Drought Periods within Canal Automation / Water Resources Management, September 2017.- Volume 31, [Issue 11](#), P. 3343–3354.
7. ГОСТ 34.320-96 Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Концепции и терминология для концептуальной схемы и информационной базы.- Минск: Изд-во стандартов, 2001.- 46 с.
8. Технический паспорт опытного образца технического средства контроля уровня воды "ДУВ 2/0,005-10".- Тараз: КазНИИВХ.- 2017.- 9 с.
9. Информационно - диагностическая система БИНГ - 3 для контроля состояния гидротехнических и промышленных сооружений [Электронный ресурс]. Режим доступа [http://www. niies.rushydro.ru /works services /monitoring security /bing 3/](http://www.niies.rushydro.ru /works services /monitoring security /bing 3/). - Дата обращения 10.06.2015 г.
10. Arduino [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://www.arduino.cc/>.- Дата обращения 16.01.2016 г.
11. Пат. 1817 Республика Казахстан. Датчик уровня воды. / Иманалиев Т.К., Карлыханов О.К. и др. Заявл. 02.11.15; опубл. 15.11.16, Бюл. № 15.- 3 с.
12. Пат. 2452 Республика Казахстан. Датчик уровня воды с радиомодулем. /Иманалиев Т.К., Карлыханов О.К. и др. Заявл. 25.10.2016; опубл. 30.10.2017, Бюл. № 20.- 3 с.
13. Пат. 2947 Республика Казахстан. Датчик уровня воды с лазерным дальномером. /Иманалиев Т.К., Карлыханов О.К. и др. Заявл. 26.10.2017; опубл. 07.06.2018, Бюл. № 24.- 3 с.
14. Пат. 2526 Республика Казахстан. Датчик уровня воды сенсорным управлением. /Иманалиев Т.К., Карлыханов О.К. и др. Заявл. 12.12.2016; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 25.- 3 с.
15. Пат. 3355 Республика Казахстан. Ультразвуковой датчик уровня воды сенсорным управлением и 3Д сенсорным сканер. /Иманалиев Т.К., Карлыханов О.К. и др. Заявл. 03.01.2018; опубл. 08.11.2018, Бюл. № 2018/0002.2 - 3 с.
16. Пат. 5015 Республика Казахстан. Датчик уровня воды с автоматическим управлением затвора. /Иманалиев Т.К., Карлыханов О.К. и др. Заявл. 19.09.2019; опубл. 05.06.2020, Бюл. № 2019/0813.2.- 3 с.
17. Заявка на полезную модель. Автоматический датчик уровня воды на водосливах. Иманалиев Т.К., Карлыханов О.К. и др. Заявл. 24.08.2020. Рег. № 2020/0727.2.
18. Заявка на полезную модель. Автоматический датчик уровня воды на водосливах с радиомодемом. Иманалиев Т.К., Карлыханов О.К. и др. Заявл. 24.08.2020;. Рег. № 2020/0781.2.
19. Карлыханов О.К., Баджанов Б.М., Бакбергенев Н.Н. Концепция по автоматизации и диспетчеризации по управлению и использованию водных ресурсов с разработкой механизмов комплексной модернизации гидроузлов. Тараз: ТОО «КазНИИВХ». Утв. протокол № 8 от 23.10.2015 г. 2015, 34 С.
20. Ли М.А., Карлыханов О.К. Рекомендации по обеспечению инструментального анализа технического состояния гидротехнических сооружений, Тараз: ТОО «КазНИИВХ». Утв. протокол № 8 от 23.10.2015 г., 2015, 48 С.
21. Карлыханов О.К., Ли М.А., Бакбергенев Н.Н., Иманалиев Т.К., Жакашов А.М. Рекомендации по применению датчика уровня воды (УВВ 2-/0,005) на гидростях с различными сечениями каналов. Тараз: ТОО «КазНИИВХ». Утв. протокол № 2 от 1.11.2016 г. 2016, 28 С.
22. Карлыханов О.К., Иманалиев Т.К., Ли М.А., Стульнев В.И. Малогабаритный переносной ультразвуковой датчик уровня воды .Тараз: ИП "Буралкиев Б.С.", 2016, 162 С.
23. Карлыханов О.К., Стульнев В.И., Ли М.А., Бакбергенев Н.Н. Опыт автоматизации процессов водоучета и вододеления на примере Кызылординского гидроузла. Тараз: ИП "Буралкиев Б.С.", 2016, 175 С.
24. Li M., Karlykhanov O., Ponkratyeve D., Imanaliyev T., Tazhiyeva T. Automatic Water Meter for Gauging Stations of Irrigation Canals. Anais da Academia Brasileira de Ciencias (2018) 90 (1 Suppl. 2): 1083-1094. www.scielo.br/aabc.

25. Karlykhanov O., Mirdadaev M., Imanaliyev T., Ponkratyev D., Turekeldieva R., Duisenbayeva S., Abzhanova A. Water Metering Automation and Improvement of Environmental Sustainability of Water Bodies // International Journal of Advanced Science and Technology – 2020.- Vol. 29, No. 11s. - P. 100-107.

26. Karlykhanov O., Imanaliyev T., Li M., Bakbergenov N., Tazhieva T., Zhumadilova A., Zhigitova S. The Provision of Digitalization, Safety and Environmental Sustainability of Water Facilities // International Journal of Advanced Science and Technology - 2020. -Vol. 29, No. 11s. - P. 108-121.

27. Карлыханов О.К., Ли М.А., Иманалиев Т.К., Понкратьев Д.М. Бакбергеннов Н.Н., Жакашов А.М. Технология управления водными ресурсами в оросительных системах в автоматизированном режиме – Тараз: ТОО "Формат-Принт", 2020. - 194 с.
УДК 627.8.

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ОСНАЩЕННОСТЬ ВОДОАККУМУЛИРУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ БАСЕЙНА РЕКИ ТОБЫЛ

Ли М.А. кандидат технических наук, **Бакбергеннов Н. Н.** магистр,
Иманалиев Т. К. докторант

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства»
г. Тараз, Казахстан

Дефицит воды стал одним из серьёзных проблем настоящего времени и уже привел к ухудшению экологической ситуации в регионах.

Казахстан имеет ограниченные запасы возобновляемых водных ресурсов по показателям водообеспеченности территории, что является серьезным лимитирующим фактором устойчивого экономического развития страны.

Сложность проблем водообеспечения страны определяется тем, что почти половина возобновляемых водных ресурсов Казахстана формируется за его пределами. Подземные воды также имеют крайне неравномерное распределение по территории, их качество и запасы различны по регионам страны.

Территория бассейна реки Тобыл входит в бассейн Карского моря, водохозяйственный район 14-02. Границы бассейна реки Тобыл на территории РК установлены в соответствии с зоной деятельности Тобыл-Торгайской бассейно-водной инспекции и согласно гидрографическому делению территории республики на основные речные водохозяйственные бассейны.

В бассейне насчитывается около 142 водотоков длиной более 10 км, причем более половины из них представляют временные водотоки протяженностью до 20 км. Рек длиной свыше 100 км – пять, а свыше 500 км - всего одна. Речная сеть принадлежит бассейнам р. Тобыл и бессточному междуречью Тобыл-Торгай. Густота речной и овражно-балочной сети в среднем составляет 6-7 км на 100 км² [1].

Главной водной артерией рассматриваемой территории, имеющей большое водохозяйственное значение, является р. Тобыл. Река Тобыл протекает по территории 2-х государств – Республики Казахстан Костанайской области и нескольким областям Российской Федерации.

В результате хозяйственной деятельности многие притоки и сама река зарегулированы многочисленными прудами и водохранилищами. Для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд городов, крестьянских хозяйств, садовых обществ и использования в промышленных целях в Костанайской области построено и эксплуатируется более 7 водохранилищ.

Наиболее крупными по объему водоаккумулирующими объектами в бассейне реки Тобыл в пределах Костанайской области являются: Желкуарское, Верхнее-Тобольское, Кзыл-Жарское, Каратомарское, Сергеевское, Амангельдинское (рисунок 1).

Каскад водохранилищ обеспечивает водой население, промышленность и сельхозпроизводителей Костанайской области. По состоянию на 01.01.2021 года общий фактический объем воды в водохранилищах составил 766,48 млн. м³.

В ходе выполнения НИР по научно-технической программе «Технологии и технические средства орошения при вводе новых земель орошения, реконструкции и модернизации существующих оросительных систем» были проведены анализ и оценка технического состояния и оснащённости водоаккумулирующих объектов [2].

Верхнее-Тобольское водохранилище является наиболее крупным регулятором стока р. Тобыл по объему и служит для подпитки ниже расположенного Каратомарского водохранилища. Основной потребитель - г. Лисаковск.

В состав основных сооружений входят:

- плотина русловая, каменно-набросная с гравийно-песчаным заполнителем, длиной 390 м.;
- паводковый водосброс, расположенный в русловой части плотины;
- насосная станция 1-го подъема с 3 насосами марки 14 НДС. Производительность – 0,24 м³/с для подачи воды на очистные сооружения г. Лисаковска.

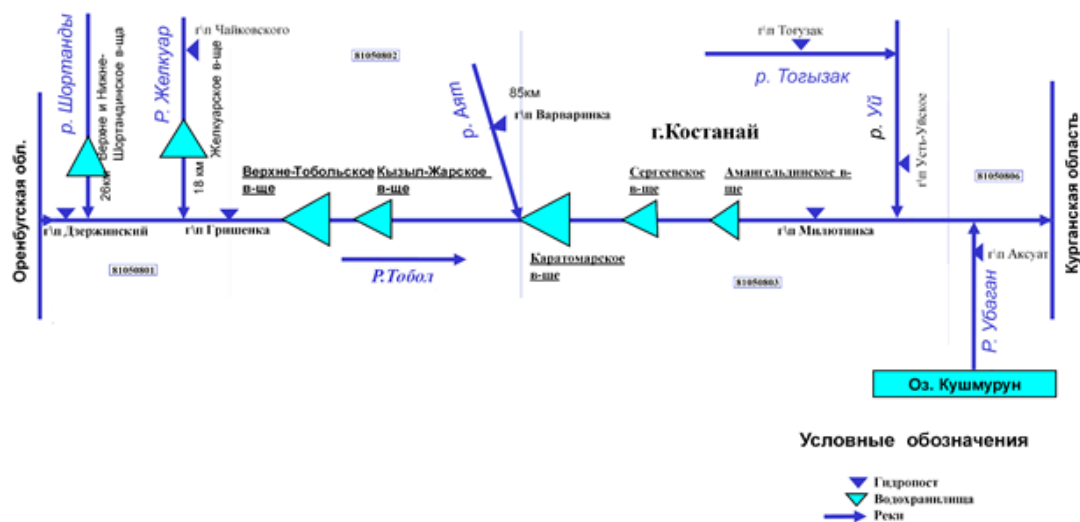


Рисунок 1 - Линейная схема водохозяйственных участков по бассейну реки Тобыл

Техническое состояние Верхне-Тобольского водохранилища исправное. Выполнены ремонт линии э/л освещения правобережной земляной дамбы, ремонт линии э/л освещения водопропускной части, ремонт дренажных колодцев левобережного и правобережного дренажа.

В нижнем бьефе сооружено Кызыл-Жарское водохранилище. Кызыл-Жарское водохранилище предназначено для годового (сезонного) регулирования стока р. Тобыл с получением полезной отдачи 0,24 м³/с. Створ плотины, создающий водохранилище, находится в 3 км севернее г. Лисаковск.

Основные параметры Кызыл-Жарского водохранилища определены в каскаде с Верхне-Тобольским, Каратомарским и Желкуарским водохранилищами. Водохранилище предназначено для производственного водоснабжения ГОКа, предприятий стройиндустрии и покрытия потребностей поливочной системы озеленения города.

В состав основных сооружений входят:

- плотина, расположенная в 3 км севернее п. Кызыл-Жар с правого берега р. Тобыл;
- плотина, расположенная с левого берега;
- водосбросные сооружения – паводковый водосброс, донные водовыпуски;
- насосная станция имеет водозаборную камеру с донным самотечным коллектором.

Камера оборудована рыбозащитной сеткой на водоприемных окнах – сороудерживающие решетки. Насосная станция оборудована 4 насосами марки 20 Д-6 и 2-марки 10 Д-6. Общая производительность насосной станции 1-ой очереди 76,8 тыс.м³/сутки, 2-ой очереди-124,8 тыс.м³/сутки.

Техническое состояние сооружений в составе объекта – исправное.

Амангельдинское водохранилище и используется для водоснабжения г. Костанай и полива садово-огородных участков, получает воду из Верхне-Тобольского водохранилища. Основные водопотребители: города Рудный, Костанай. Значительная часть воды летом расходуется на нужды орошаемого земледелия и полив зеленных насаждений. Амангельдинское водохранилище работает в режиме постоянной подпитки из вышерасположенного Каратомарского водохранилища.

Общий объем водохранилищ составляет 1502 млн. м³. Кроме того, на притоках крупных рек построена целая сеть прудов, с помощью которых локально решаются проблемы обеспечения отдельных потребителей.

Водохранилище состоит из плотины, расположенной в 8 км юго-западнее г. Костанай, состоящей из 3 частей: намывной, до сопряжения с правым берегом, насыпной, до сопряжения с левым берегом и центральной, водосливной, паводкового водосброса и насосной станции, оборудованной двумя насосами марки 18 НДС и двумя марки 300 Д –90. Один из насосов резервный. Общая производительность станции 2,1 м³/с. Насосная станция отделяется от водоприемной части водозабора железобетонной стенкой.

Каратомарское водохранилище регулирует сток р. Тобыл и ее притоком - р. Аят. Каратомарское водохранилище было создано в 1966 году для удовлетворения потребности в воде Соколово - Сарбайского горно-обогатительного комбината, населения г. Рудный и орошения земель, прилегающих хозяйств [1]. Каратомарское водохранилище расположено ниже Верхне-Тобольского водохранилища по течению р. Тобыл.

При работе водохранилища в каскаде с Верхне-Тобольским и Желкуарским водохранилищами полезная отдача составляет 2,7 м³/с.

Каратомарское водохранилище представляет собой плотину, находящуюся в 10 км юго-западнее г. Рудный. Плотина состоит из 3-х частей: намывной, до сопряжения с левым берегом и центральной водосливной. Кроме того, в состав водохранилища входят паводковый водосброс и донный водовыпуск. Насосная станция оборудована 5 насосами марки 14 Д-6 (3 рабочих, 2 резервных), расходом 350 л/с каждый и 2 насосами марки 12 Д-143А (1 рабочий и 1 резервный) с расходом 200 л/с каждый.

Сергеевское водохранилище предназначено для годового (сезонного) регулирования стока р.Тобыл с получением полезной водоотдачи 0,3 м³/с (рисунок 1).

Основное назначение водохранилища - водоснабжение ОАО «ССГПО» и хозяйственное водоснабжение г. Рудного.

При работе водохранилища в каскаде с Верхне-Тобольским и Каратомарским водохранилищами полезная отдача составляет - 0,30 м³/с.

В процессе эксплуатации с водохранилища производился минимальный сброс величиной 1,3 м/с, а максимальный величиной 1700 м³/с производился во время паводка 1994 г.

При пропуске паводковых вод расходом более 1000 м³/с, превышающий пропускную способность гидроузла расход воды проходит по водообходу, находящемуся на левом берегу водохранилища.

Насосная станция оборудована насосами 18 НДС и 300 Д-90. Общая производительность – 0,56 м³/с.

По результатам обследования водоаккумулирующих объектов в бассейне реки Тобыл отмечается, в целом, их удовлетворительное техническое состояние. Однако, по некоторым объектам имеются следующие замечания.

Бетонные сооружения, откосы НБ и ВБ плотин требуют капитального ремонта. Облицовка имеет повреждения в виде трещин; частичное зарастание растительностью на откосах, что снижает пропускную способность магистральных каналов (рисунок 2).

Рельсы для козловых кранов устаревшие, электрическая цепь проводов для поднятия затворов также устарела. Необходимо произвести их замену (рисунок 2). Автоматический учет и мониторинг верхнего и нижнего бьефа, центральный автоматизированный диспетчерский пункт отсутствуют. Требуется замена гидрометрических реек, установка камер наблюдения и постоянный контроль за уровнем воды дистанционно. Учет воды на водохранилищах ведется по тарифовочным таблицам зависимости объемов в водохранилищах от уровня воды в них, а также по тарифовочным таблицам зависимости сбросных расходов от степени открытия щита (затвора).



Рисунок 2 – Недостатки технического состояния сооружений и конструкций водохранилищ

Водомерные устройства на водохранилищах представляют собой гидрометрическую рейку, установленную в тело плотины, либо размеченную на быке гидроузла, по которой визуально определяется уровень воды в водохранилище (рисунок 3). Специалистами Филиала «Суметрология» РГП «Казводхоз» в июле месяце 2014 года на пяти водохранилищах (Верхне-Тобольское, Кзыл -Жарское, Каратомарское, Сергеевское и Амангельдинское) установлено 7 новых гидрометрических реек РГО (на Сергеевском и Амангельдинском гидроузлах по 2 шт.). В сентябре 2017 года установлена гидрометрическая рейка (длиною 7 погонных метров) на Желкуарском водохранилище.

Исследованные объекты не имеют действующих рыбозащитных устройств и отстойников. Ежегодно в системы поступает значительное количество наносов, которые вызывают деформацию русел каналов и заиливание оросительной сети, приводящие к большим затратам на очистку и ремонт.

Водохранилища, обслуживаемые филиалом и имеющие особо важное стратегическое значение: Верхне-Тобольское, Кзыл-Жарское, Каратомарское, Сергеевское и Амангельдинское, Желкуарское, находятся в постоянном технически исправном состоянии, кроме того, ежегодно разрабатываются мероприятия по работе каскада водохранилищ в осенне-зимний период и по приему весенних паводковых вод. До и после прохождения паводка производится

обследование водохранилищ с целью определения технического состояния сооружений. Также в рамках мероприятий по подготовке к осенне-зимнему периоду проводится обследование водохранилищ и оформляются паспорта готовности водохозяйственных объектов к работе в осенне - зимний период.



Рисунок 3 – Разметка на быке Амангельдинского водохранилища для определения уровня воды

Бассейн реки Тобыл испытывает последствия от нерациональной практики водопользования: высокий уровень изношенности производственных и технологических систем водных коммуникаций; высокий уровень непроизводительных потерь при использовании и транспортировке; отсутствие достоверной системы мониторинга, системы управления, контроля водных ресурсов.

Обследование технико –эксплуатационного состояния и оснащенности водоаккумулирующих объектов по бассейну р. Тобыл показало низкий уровень оснащенности автоматизированными системами измерения параметров водного потока. Существующие водомерные средства морально и технически устарели и нуждаются во внедрении в них средств автоматизации.

Проблема рациональной эксплуатации сооружения является одной из важнейших проблем эксплуатирующих организаций. От технического состояния и оснащенности гидротехнических сооружений зависит непосредственно развитие региона: сельского хозяйства, животноводства и др. Поддержание сооружений в исправном состоянии, пригодном для использования их по назначению является основной задачей при обеспечении безопасности, надежности и условий выполнения сооружениями оптимальных технологических функций.

Работа выполнена в рамках реализации прикладных научных исследований в области агропромышленного комплекса по научно-технической программе «Технологии и технические средства орошения при вводе новых земель орошения, реконструкции и модернизации существующих оросительных систем» (ИРН BR06249255).

Литература

1. Проект естественно - научного обоснования природоохранного попуска по реке Тобыл для Костанайского филиала РГП «Казводхоз» / ТОО «BALAZHAL GRUPP».- Костанай, 2019.- 139 с.
2. Разработка принципов и методов сбалансированного управления водораспределением на оросительных системах на основе гидрологической информации с учетом формирования водных ресурсов в бассейнах рек: отчет о НИР (промежуточный) / ТОО «Казахский НИИ водного хозяйства»: рук. Ли М.А.; ответ. исполн.: Бакбергенев Н.Н. и др.- Тараз, 2021.- 87 с.- № ГР 0121РК00747.- Инв. № 0221РК00299.

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ ӨЗЕНДЕРІНІҢ СУ РЕСУРСТАРЫН ПАЙДАЛАНУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Джурумбаева Р., техника ғылымдарының кандидаты,
Кожамкулова Г.Е., ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі
М.Х.Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

Қазақстан үшін трансшекаралық өзендердің су ресурстарын пайдалану ерекше және айтарлықтай маңызды тақырып. Республикада экономиканың дамуы үнемі су ресурстарының тапшылығы проблемасымен бетпе-бет келеді. Қазіргі уақытта суды тұтыну ресурстар мен өнімдердің барлық түрлерін жалпы тұтынудан асып түседі.

Елді сумен қамтамасыз ету жағдайының өткірлігі су ресурстарының шектеулігімен, олардың аумақ бойынша біркелкі емес таралуымен, оның жер үсті суларының жартысына жуығымен, ал бұл 46 км^3 астам шектес мемлекеттердің аумағынан келіп түседі. Оған қоса соңғы бірнеше онжылдықта Қазақстанның өзінің жер үсті суларының табиғи ресурстарының азаюының айқын үрдісі байқалады. Бұл ретте жылдық ағынның азаюының жалпы көлемінің шамамен 90%-ы көрші мемлекеттерден келетін ағынның қысқаруын құрайды, өйткені республика аумағында орналасқан сегіз су бассейнінің бесеуі Қазақстаннан тыс жерлерде қалыптасады.

Қазақстанда Тобыл, Есіл, Ертіс, Іле, Талас, Сырдария өзендері ең проблемалы болып саналады. Осы өзендердің айналасында белгіленген проблемалардың ерекшелігі олардың трансшекаралылығы.

Қазақстан Республикасы Орталық Азия өңірінің сумен аз қамтамасыз етілген мемлекеттеріне жататынын атап өткен жөн. Болашақта республикаға трансшекаралық өзен ағындарының ресурстары қысқарады деп күтілуде, өйткені бұл Қытай, Ресей, Өзбекстан, Қырғыстанда өсіп келе жатқан экономикалық қызметке байланысты болады. Қазақстанның жер үсті суларының ерекшелігі өзен ағынының шектелген ресурстарының жартысына жуығын ішкі су бөгендерінің (Балқаш, Арал, Каспий) деңгейі мен тұздылығын сақтауға, сондай-ақ өзен жайылмалары мен атырауларының табиғи жүйелерін суландыруға жұмсау қажеттілігі болып табылады [1,2].

Бүгінгі таңда су тапшылығы Арал, Балқаш, Орал бассейндеріне, Шу, Талас, Аса, Сарысу, Торғай, Нұра ағынсыз өзен бассейндеріне тән. Қазақстанда ең үлкен проблемалар Іле және Ертіс өзендерінде байқалады, олардың ағыны Қытайда 70% қалыптасады.

Трансшекаралық өзендердің су ресурстарын басқару Қазақстан үшін өте маңызды, өйткені су ресурстарының жалпы көлемінің жартысына жуығы көрші елдерден шекара арқылы түседі, сондықтан алға қойылған мақсатқа қол жеткізу ұлттық заңнаманы су ресурстарын басқару саласындағы халықаралық құқықтық нормалармен дәйекті жақындастыруға байланысты болады.

Бұл жағдайларда трансшекаралық өзендердің су ресурстарын пайдаланудағы шекара аралық жанжалдарды шешу, табиғи сулардың сарқылуы мен ластануынан туындаған экологиялық тұрақсыздық ошақтарының алдын алу, экономиканың суды көп қажет ететін салаларын су ресурстарының антропогендік және климаттық өзгеруіне бейімдеу сияқты проблемалар ерекше өзектілікке ие болады.

Өткен ғасырдың 70-ші жылдарынан бастап Қазақстанның өзен ағынының азаю үрдісі байқалады. Сонымен, егер 1960-1970 жылдары жылдық ағынның орташа көлемі $121,1 \text{ км}^3$ болса, қазір ол $100,5 \text{ км}^3$ деп бағаланады.

Қазіргі уақытта бүкіл республика бойынша жер үсті суларының ресурстары азаюда: 2020 жылы $81,6 \text{ км}^3/\text{жыл}$ дейін, оның ішінде трансшекаралық – $33,2 \text{ км}^3/\text{жыл}$ дейін, жергілікті $48,3 \text{ км}^3/\text{жыл}$ дейін, ал 2030 жылға дейін - тиісінше 72,4, 22,2 және $50,2 \text{ км}^3/\text{жыл}$ азаюы күтіледі.

Бұл жағдайда су ресурстарын өндірістік пайдалануды шектеу ретінде Қазақстан бойынша $64,2 \text{ км}^3/\text{жыл}$ көлемінде суға экологиялық сұраныс (міндетті трансшекаралық су жіберу мен судың өнімсіз ысырабын ескере отырып) белгіленген. Жер асты суларының барланған орындарын пайдалану кезінде ($15,4 \text{ км}^3/\text{жыл}$) жер үсті ағынының $5,0 \text{ км}^3/\text{жыл}$ дейін қысқаруы күтілуде.

Әлемдік тәжірибені ескере отырып, жерасты суларының ғасырлық қорларын ауыз сумен жабдықтау үшін таза суды стратегиялық резерві ретінде қарау керектігі ұсынылады.

Қазақстан Республикасында су тұтынудың негізгі топтарына жатады: ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп және камуналдық-тұрмыстық шаруашылық. Ауылшаруашылық су тұтынуда ең үлкен үлес негізінен жер үсті ағынына негізделген тұрақты суаруға келеді. Кейбір бағалаулар бойынша климаттық өзгерістер, сондай-ақ жоғарыда жатқан елдердің ең алдымен Іле-Балқаш, Ертіс және Сырдария бассейндері бойынша трансшекаралық өзендердің қосымша ағынын алып қоюы келешекте орташа жылдық көлемді $85 \text{ км}^3/\text{жыл}$ дейін төмендетуі мүмкін, сонда Қазақстанда суармалы егіншілік қамтамасыз етуге жылына 15 км^3 -тен аспайтын мөлшерде пайдалануы мүмкін.

Қазіргі уақытта Арал теңізінің қазақстандық бөлігінде Солтүстік Арал теңізі (Кіші Арал) деп аталатын теңіздің тиесілі бөлігін сақтау міндеті тұр. Атырау мен Кіші Аралды сақтау үшін Сырдария өзені бассейнінде $5-7 \text{ км}^3$ су беруді қамтамасыз ету Арал өңіріндегі халықтың тозу және өмір сүру деңгейінің төмендеуінің теріс процесін тоқтатуға мүмкіндік береді [1].

Балқаш-Алакөл бассейнінің су ресурстарын кешенді пайдалану және қорғау сұлбасын ғылыми негіздеу үшін 2000 жылдың деңгейіне және одан да алыс болашаққа кеңес уақытында бассейн мен Балқаш көлінің су және су шаруашылығы баланстарына кең зерттеулер жүзеге асырылды.

Жүргізілген зерттеулер мен жобалық әзірлемелер көзделіп отырған су шаруашылығы құрылысына байланысты Балқаш деңгейінің төмендеуінің салдарын болдырмау жөніндегі бірқатар іс-шараларды көзделген, бірақ ұсынылып отырған әртүрлі нұсқаларды жүзеге асырудың орындылығы туралы түпкілікті шешім қабылдау үшін жеткіліксіз болып шықты. Өзірленген зерттеу бағдарламасы толығымен іске асырылмады, оның себебтерінің бірі КСРО-ның құлауы болды.

Шу-Талас гидрографиялық бассейні республиканың барлық су қорларын қамтитын су ресурстарын қалыптастырумен есепке алумен, пайдаланумен, тазартумен, сақтаумен, транзитпен және экологиялық су жіберумен байланысты мәселелерде мұқият қарауды талап ететін сегіз өзен бассейнінің бірі болып табылады [2]. Жамбыл облысының аумағы Талас, Асса, Шу трансшекаралық өзендерінің ықпал ету аймағында орналасқан және Қырғыстан аумағынан жер үсті су ресурстарының $76,5\%$ -ға жуығын алатын аймақ іс жүзінде шектелген су пайдалануын жағдайларында орналасқан. Гидрологиялық бекеттерді орналастыру тұстамалары бойынша су ресурстарының өзгеруін талдауы Жамбыл облысының аумағына су ағынының мөлшері экономика салалары дамуының әрбір кезеңімен үздіксіз азаюын көрсетеді.

Көптеген сарапшылардың пікірінше, Ертіс оның қазақстандық бөлігінде, жақын арада ең алдымен Қытай тарапынан жаппай су алу, дамбалар мен бөгеттер салу салдарынан таяздау қаупі бар. Бүгінгі таңда Қара Ертістің тоғыз текше километр суынан қытайлар үш текше километрге жуық суды алады, бұл өзен ағынының 30% құрайды. Сонымен қатар, Шыңжаңда халық пен егіс алқаптарын кеңейту жоспарына байланысты бұл көлемді төрт-бес текше километрге дейін жеткізу жоспарлануда [6].

Қытайда жыл сайын ирригациялық нысандардың құрылысына 62 млрд доллар бөлінеді. Нәтижесінде жоғарғы Ертіс ағынының жасанды өзгеруі экологиялық апатқа әкеледі. Егер Қытай Ертістен үлкен су алуды жалғастырытын болса, онда 2030 жылға қарай оның сулары 8 км^3 текше км-ге, 2040 жылға қарай 10 км^3 текше км-ге, 2050 жылға қарай $11,4 \text{ км}^3$ текше км-ге азаяды. Бұл көптеген проблемаларға алып келеді - Ертістегі СЭС каскадында электр энергиясын өндірудің айтарлықтай төмендеуінен Зайсан көлінің кебуіне дейін және жер үсті және жер асты сулары сапасының нашарлауына.

Бүгінгі таңда Қазақстандағы Жайық өзені де таяз. Атырау ауданындағы Жайық өзенінің орташа көпжылдық деңгейі 9,5 млрд текше километрді құрады. 2018 жылы ол 5,2 млрд текше километрге дейін қысқарды, ал 2019 жылғы қаңтар-шілдеде небәрі 3 млрд текше километр су болды. Орал Қазақстан мен Ресейдің шекаралас екі өңірі үшін тұщы судың негізгі көзі болып табылады. Қазақстандық сарапшылардың пайымдауынша Оралдың таяз болуы өзеннің жоғарғы ағысында шамадан тыс реттелгендіктен пайда болады, оған қоса жақында Башқұртстанда қосымша су қоймалары пайда болды. Орал таяздануының нәтижесінде Атырау облысының жайылма тоғайларының 22%-ы кеуіп қалды. Қалай болғанда да, Оралдың таяз болуының нақты себептері әлі белгісіз, сол себептен осы жағдайға байланысты, жан-жақты ғылыми зерттеу жүргізу қажет.

Трансшекаралық су көздерін пайдалану кезінде туындайтын келіспеушіліктер республиканың ұлттық қауіпсіздігінің жай-күйіне теріс әсер етуі мүмкін. Су ресурстарының тапшылығы Қазақстанның орнықты дамуына кедергі келтіретін негізгі экологиялық проблема болып табылады және оны шешу үшін қоғам тыныс-тіршілігінің барлық салаларын қамтитын жаңа тәсілдерді қолдану қажет.

Өзендер мен басқа да су объектілерінің жай-күйі тек суды пайдалануға ғана емес, сонымен қатар іргелес жерлердегі шаруашылық қызметке де байланысты екені белгілі, сондықтан мұндай жерлерде табиғатты пайдалануды реттеу су объектілеріне әсерін ескере отырып жүргізілуі керек. Осыған байланысты Қазақстанның су ресурстарын ұтымды пайдалану жөніндегі кең ауқымды жұмыстарды жүзеге асыру қажеттігі туындайды.

Аталған жағдайларда трансшекаралық су ресурстарын пайдалануды мемлекетаралық реттеу және су ресурстарын басқарудағы жаңа тәсілді маңызды проблемаға айналып отыр. Мысалы, Балқаш-Алакөл бассейнінің су ресурстарын басқаруда жаңа тәсілді әзірлеу үшін оның тұрақты дамуының негізгі индикаторларын анықтау қажет. Бұл ретте Балқаш көлінің гидрологиялық режимін сақтау негізгі құрамдас бөлік болып табылады. Бассейннің орнықты дамуы ең алдымен, Қытайдағы су тұтынуға және экожүйелерінің теңгерімділігі кезеңінің сулылығына байланысты Балқаш көлінің тұрақты оңтайлы су режиміне, көлге ағындардың жыл сайынғы тұрақты су теңгеріміне негізделуі тиіс.

Сырдария өзені бассейнінің су ресурстарын пайдалануға, оның су ресурстарын басқаруға байланысты проблемаларды шешу үшін ұлттық және өңірлік мүдделерді ескере отырып, яғни барлық мүдделі тараптарды тарта отырып, барлық су тораптарының жұмыс режимін оңтайландыруға мүмкіндік беретін кешенді тәсіл қажет [3].

Шу, Талас өзендерінің бассейндерінде суару кезінде су үнемдеу технологияларын нашар пайдаланылады, каналдардың тозуы байқалады, суды заманауи автоматтандырылған есепке алу, су шаруашылығын қаржыландырудың ұтымды тетігі жоқ және ауыл шаруашылығы кооперациясы жеткілікті дамымаған. Осы трендтер сақталса, Қазақстанда жақын арада сумен қамтамасыз етуде күрделі проблемалар туындайды [6].

Қазақстандағы су ресурстарын басқарудың бассейндік қағидаты өзінің тиімділігін дәлелдеді және оларды құру арқылы су шаруашылығы мәселелері оңтайлы шешімін табуда. Алайда Қазақстанда су пайдаланудың тиімділігі төмен деңгейде қалып отыр, бұл ең алдымен су ресурстарын тиімсіз пайдалануға байланысты.

Осыдан қорытынды жасауға болады, өзен бассейндерінің су ресурстарын тиімді пайдалану бойынша әдістерді және белгілі бір аумақтың әлеуметтік-экологиялық-экономикалық жағдайын бағалау, олардың су ресурстарын сарқылу мен ластанудан қорғау жөніндегі критерийлерді әзірлеу қажет, сондай-ақ келешекте елді сумен қамтамасыз ету проблемаларын шешуге кешенді тәсілді әзірлеу талап етіледі [4,5].

БҰҰДБ сарапшылары (Біріккен Ұлттар Ұйымының Даму Бағдарламасы) мен қазақстандық су мамандары мұқият зерттеуден кейін Қазақстандағы трансшекаралық өзендер проблемасының шешілмейтіні туралы қорытындыға келді. Кеңес заманында Орталық Азияның су-энергетикалық проблемасы өңірдің барлық елдерінің бірлескен күш-жігерімен кооперация мен өзара түсім негізінде шешілді. Бұл проблемалық мәселені шешудің тағы бір тиімді жолы әлі жоқ.

Сырдария Шу, Талас, Іле, Ертіс, Тобыл және Орал өзендер бойынша трансшекаралық өзендердің су ресурстарын пайдалану жөніндегі бүгінгі күнгі келісімдер мен хатамалар, өкінішке орай, барлық проблемаларды шеше алмайды.

Су ресурстарын басқарудың қазіргі жүйесі одан әрі жетілдіруді, халықаралық тәжірибені енгізуді талап етеді.

Көптеген дамыған елдердің трансшекаралық өзендер проблемаларын шешудегі көп жылдық тәжірибесі нормативтік-құқықтық қағидаттардың бірлігіне, экономикалық және саяси мүдделерді өзара сақтау мен құрметтеуге ғана негізделі отырып, өңірлік тұрақтылықты қамтамасыз етуге және трансшекаралық өзендердің су ресурстарын бірлесіп пайдалану мен ластанудан қорғау проблемаларын шешуге болатынын көрсетеді.

Суды сандық және сапалық бөлуді қозғайтын халықаралық-құқықтық нормаларды пайдалана отырып, осы бағытта мемлекетаралық байланыстарды қалыптастыру су пайдаланушы елдердің трансшекаралық су ресурстарын басқару мен қорғаудағы ұзақ мерзімді саясатының түйінді элементі болуға тиіс.

Осыған байланысты өңірдің барлық елдерінің суды пайдалану және энергетика саласындағы белсенді өңірлік өзара іс-қимылы қажет. Өзара тиімді келісімдерге қол жеткізу үшін келіссөздер арқылы даулы мәселелерді шешу бұл тұрғыда жалғыз мүмкін тәсіл болып табылады.

Әдебиеттер

1. Карлыханов О.К., Кеншимов А.К., Рябцев А.Д. К гидроэкологической ситуации в низовьях Сырдарьи. /Водное хозяйство Казахстана. – Астана: 2008, №3(19). – с.24-29.

2. Джурумбаева Р.А., Сейткасымова С.А. Анализ состояния водных ресурсов Казахстана на современном этапе. Материалы научно-практической конференции «Европейская наука 21 века» Польша, 07-15.05.2014г.

3. Сарсембеков Т.Т. и др. Использование и охрана трансграничных рек в странах Центральной Азии / Т.Т.Сарсембеков, А.Н.Нурушев, А.Е.Кожак, М.О.Оспанов. – Алматы: Изд-во «Атамұра», 2004. – С.272.

4. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление/Материалы Центрально-Азиатской международной научно-практической конференции «Водному сотрудничеству стран Центральной Азии – 20 лет: опыт прошлого и задачи будущего». – Алматы, 20-21 сентября 2012г. Ташкент-Алматы, 2012. – С.90-91.

5. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность Республики Казахстан - проблемы и пути решения. 2012 [Электронный ресурс]. URL:<http://www.centrasia.ru/newsA.phpst-1334048700>.

6.Проблемы трансграничных рек Казахстана - Platon.Asia <https://platon.asia> > Аналитика.

ӘОЖ 626.81:

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ АУМАҒЫНДАҒЫ АРАЛ-СЫРДАРΙΑ БАССЕЙНІНІҢ СУ РЕСУРСТАРЫН ЫҚПАЛДАСТЫҚПЕН БАСҚАРУ

Бердібекова Ш.С., 1 курс магистранты, **Шомантаев А.Ә.,** а/ш. ғ. д., профессор
Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан

Су ресурстарын ықпалдастықпен басқару, су ресурстарын басқарудың жақсы тәжірибесі болып табылады. Бұны енгізу - басқарудың барлық деңгейлерінде шешім қабылдау жүйесін жетілдірудің ұзақ мерзімді үрдісі.

Өмір үшін маңызды болып табылатын экологиялық жүйелер тұрақтылығына шығын келтірмей, әділ түрде әлеуметтік және экономикалық дамудың жоғарғы көрсеткіштеріне қол жеткізу үшін су, жер және олармен байланысты ресурстарды үйлестіріп басқаруға шоғырланады. Мақалада қарастырылып отырған бассейн аумағы Қазақстан Республикасы аумағындағы Арал теңізі енетін Сырдария өзені және оның салаларын қамтиды. Өзен бойынан келетін Сырдария суынан өзге Қазақстанның Сусаған өлке бөлігін суғару үшін Өзбекстан аумағынан Достық арнасынан да, Чакар арналар жүйесі бойынша Шыршық өзені суағарының бір бөлігі, Арал-Түркістан (Артур) арналар жүйесінен шағын өзендер суағарлары бойынша су беріледі. Арал-Сырдария бассейні климаты құрғақшылығымен және шұғыл континентальдығымен ерекшеленеді. Бассейн шекараларындағы жер қорының жалпы ауданы 29756,43 мың гектарды құрайды, оның суғарылатын жер қоры 830 мың гектар, бұл Арал-Сырдария бассейнінің барлық ауыл шаруашылық саласының 2,45 %-ын құрайды. Бұл аймақта мал жаю нәтижесінде аумақтық басым бөлігінің жазықтық, экологиялық жүйесі нашарлап ауыл шаруашылық жерлеріне айналған [1].

Қазіргі уақытта гидрологиялық тәртіптің өзгеруі және тым көп шөп шабылуы нәтижесінде қауымдастықтардың сапалық өзгерісі орын алды, жайылым алқаптары жойылу алдында 8,5%-ы нашарлаған. Арал-Сырдария бассейні Түркістан және Қызылорда облыстарын қамтиды. Түркістан облысының аумағы 117,3 мың км², ол Қазақстан аумағының – 4,3%-ын құрайды. Қызылорда облысының аумағы 226,0 мың км² бұл Қазақстан Республикасының 8,2%.

Аумақтың 17172,88 мың гектары ауыл шаруашылығы құрайды, соның ішінде: 3,44% егіс; 0,83% шөп шабу; 52,7% жайылым, 0,74% өзге өсімдіктер. Суармалы жердің көлемі 730 мың гектар, бұл ауыл шаруашылық жайылымдарының 4,2% құрайды.

Жер асты сулары әсіресе: шаруашылық ауыз су, өндірістік техникалық сумен қамтамасыз ету; жайылымдарды суару және қамтамасыз ету үшін пайдаланылады.

Бассейн аумағындағы орман қорының жері 960,3 млн гектар, соның ішінде орманды жер- 541,1 млн гектар: Туркестан облысында – 5,55 %: Қызылорда – 22,5%. Қызылорда облысында негізінен сексеуіл болса, Түркістан аумағында тау ормандары. Орман қоры жерінің 86% сексеуіл құрайды [2].

1990 жылдан бастап су жинақтау қоры 1,5 есеге азайды, бұл негізі жер үсті суларының пайдалану есебінен туындайды. Бүгінде бассейнде жер үсті ағын сулар – 32,6 млн м³ құрайды. Өнеркәсіп қажеттіліктеріне 2010 жылы – 46,90 млн м³ болса, 2015 жыл – 80,41 млн м³, ал 2020 жылы – 100,0 млн м³ болған.

Түркістан және Қызылорда облыстарында төтенше жағдайларды болдырмас үшін Сырдария өзенін қауіпсіз реттеу, сонымен Шардара су қоймасының апатсыз жұмыс істеуін қамтитын, сыйымдылығы 3,0 млрд м³, яғни 3,0 км³ болатын Көксарай контр реттеуіне салынған болатын, сонымен Мақтарал ауданын суармалы жерлеріне су беру қамтамасыз етілді.

Арал-Сырдария бассейнінің негізгі су тұтынушылары; Суармалы жердегі агроөнеркәсіптік кешен, жайылым шаруашылықтары, шабындықтар және ауыл-елдімекендерін сумен жабдықтау, бұлар -82% ды құрайды; Өнеркәсіп және су энергетикасы-23%; қалалар мен қала типтегі кенттерді шаруашылық және ауыз сумен қамту -1,6%; Балық шаруашылығы және табиғи кешендер жайылымдар, өзен сағасы теңіз -14% құрайды. Бұлар негізінен жер үсті сулары есебінен жүзеге асырылады -93,6%; Жер асты суларын пайдалану-3,9% , ағын сулар -2,5%.

Қызылорда облысы бойынша ауыз суды ластаушы заттектер-түстілік; мөлдірлік, қаттылық, сульфаттар, құрғақ қалдық, магний, темір, мыс, хлоридтер. Сырдария өзенінің химиялық құрамы Өзбекстан Республикасының аумағында қалыптасады. Жер үсті суларының сапасы келесідей: Суы «Таза» - бұл Үлкен Бұғұн өзені; Суы «Орташа Ластанған»- Сырдария Келес, Бадам Бұғұн өзендерімен Шардара су қоймасы. [3].

Арал-Сырдария су шаруашылығы бассейні, су ресурстарын интеграциялық басқаруды енгізу арқылы тиімді пайдалану және қорғау осы аймақта су ресурстарын ықпалдастықпен басқару және су жинақтау бассейндік жоспары негізінде жүзеге асырылады, яғни:

1. Тұрақты даму жөніндегі Әлемдік Саммит шешімдерін орындау жоспарының 26-тармағы (2002 жыл Иоханнесбург қаласы);

2. 2030 Қазақстан Республикасының Стратегиясы;

3. Қазақстан Республикасының Су кодексі:-43 бап;

4. Қазақстан Республикасының 2007-2024 жылдары тұрақты дамуға көшу тұжырымдылығы;

5. Су ресурстары ықпалдастықпен басқару және 2009-2025 жылдары Қазақстан Республикасының су пайдалану тиімділігін арттыру мемлекеттік жоспарының жобасы.;

6. “Сырдария өзені және салалары бассейні су ресурстарын кешенді пайдалану және қорғау” сызбасы(Казгипроводхоз,2008ж);

7. 2011-2020 жылдарға арналған «Ақ бұлақ» сумен қамтамасыз етуді дамытудың салалық бағдарламасы[4];

Бұл жоспардың негізгі мақсаты мен міндеті, ол: Арал-Сырдария су шаруашылық бассейнінің экологиялық жүйесінің тұрақты дамуын қамтамасыз ету; климаттың өзгеруінің мүмкін болатын салаларын ескере отырып су ресурстарын интеграциялық басқаруды енгізу арқылы Арал-Сырдария су ресурстарын тиімді пайдалану және қорғау; Арал-Сырдария бассейнінің табиғи кешендердің экологиялық жағдайын жақсарту; Су ресурстарын басқару жүйесінің барлық деңгейлерін жетілдіру; Су пайдалану тиімділігін арттыру- ауыл шаруашылық, коммуналдық шаруашылық және өндіріс тәрізді экономика салаларында өнім бірлігіне су тұтынуды азайту; Өмір сүрудің әлеуметтік жағдайларын жақсарту және халықтың қауіпсіздігін қамтамасыз ету.

Егерде жоғарыда айтылған мәселелер ойдағыдай жүзеге асырылса, онда төмендегі нәтижелерді күтуге болады:1. Сырдария өзен сағасына және Солтүстік Арал теңізіне жіберілетін су көлемі, кемінде 5,0 км³ ге жетер еді;

2. Су қорғау аймақтары мен осы аймақтағы шаруашылық қызмет тәртібі бекітіліп, 100% сақталар еді;

3. Су нысандарына ағын және коллекторлы- дренаж суларын қайта пайдалану, тазарту арқылы жіберу көлемі, шамамен 70-80%-ға төмендер еді;

4. Барлық су нысандарына су сапасы мен көлеміне тұрақты бақылау жүргізу жүзеге асырылады;

5. Қызмет етіп тұрған су бекеттерді автоматтандыру және сертификаттау жүзеге асырылады;

6. Арал-Сырдария бассейндік инспекция базасында химиялық-сараптамалық зертханалар орналастырып қызмет көрсететін болар еді;

7. Су ресурстарын тіркеу және бөлу қысқа мерзім ішінде 50-80% автоматтандыру;

8. Су ресурстарын пайдалану үшін төлем жанаудың тиімді жүйесі құрылады;

9. Арал-Сырдария бассейні халқын сапалы ауыз сумен 100% қамтуға болар еді;

10. Бассейн аймағындағы елді-мекендерді қажетінше жабдықталып, аяқ- су ағатын арықтар мен су жүйелері қалпына келтіріліп, елді-мекендер 100% көгалдандырылады;

11. Су ресурстарын қорғау және тиімді пайдалану саласында қоғамдық білім беру орталықтары құрылып қызмет көрсетер еді;

12. Гидротехникалық имараттар қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша шаралар дайындалып жүзеге асырылады;

Қазақстан Республикасы Үкіметі халықты ауыз сумен қамтамасыз ету жөнінде 2011-2020 жылдарға «Ақ-Бұлақ» бағдарламасы бекітілген болатын. Бұл жерде ауыз су сапасының талабы күшейтіліп, оның тұтыну нормалары көбейтілген және «Салауатты өмір салты» кодексі қабылданған болатын [5].

Арал сырдария бассейні ерекшеліктерін және ауыр экологиялық жағдайын ескере отырып, ұзақ мерзімді бағдарлама ұсынылған болатын, оның ішінде; Су қорғалатын зоналар

мен аймақтар шекараларын бекіту және су ресурстар сапасын қамтамасыз ету; Жерасты суларының таусылып немесе ластануының алдын алу; Ерекше қорғалатын табиғат аумақтары желілерінің даму бағдарламалары мен жобаларын жүзеге асыру; Тастанды, дренаж (кәріз) және ағынды суларды тазалау және су ресурстарын басқару жүйесін жетілдіру қарастырылған. Бұны жүзеге асыратын экономикалық механизм Республикалық және жергілікті бюджет, инвесторларды тарту.

УДК 631.67

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО УРОВНЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОТЕРИ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ

Кененбаев Т.С., кандидат сельскохозяйственных наук
ГУП ПУИД-2 Комитета по водным ресурсам МЭГПР РК
г. Нур-Султан, Казахстан

Одним из признаков снижения эксплуатационной надежности оросительных систем является возрастание сверхнормативных потерь воды.

На сегодня сверхнормативные потери поливной воды в процессе технологического цикла «транспортировка и подача воды на поливные участки хозяйств-водопользователей» по Алматинской, Жамбылской, Туркестанской и Кызылординской областям достигает 3 млрд. м³. В итоге фермеры даже при средних уровнях агротехники и технологии полива, недополучают продукцию орошаемого земледелия (овощи, корма и др.) общей стоимостью порядка 400 млрд. тенге, а эксплуатирующая организация несет неоправданные эксплуатационные затраты порядка 2-2,5 млрд. тенге в год. Из указанного объема сверхнормативной потери воды до 30% теряется в МК и их МХК, а 70% приходится на долю оросительных систем. Для выработки мер по сокращению и предупреждению сверхнормативных потерь воды в процессе транспортировки по оросительным каналам до земельных участков хозяйств-водопользователей необходимо выделить структуры этих потерь.

Потери воды из каналов происходят не только из-за фильтрации и испарения, но из-за:

- а) утечек по причине неисправностей водовыпускных сооружений, через стыки лотков, промоины, трещины на бетонных поверхностях;
- б) сбросов воды из-за перелива через борта лотков и дамбы каналов (подача излишнего объема, просадка опор, заиливание и засорение дюкеров и др.);
- в) концевых холостых сбросов воды из каналов;
- г) ненормированная подача воды (сверх нормы, без установки нормативной продолжительности водоподачи) из распределителей МК в оросительные системы и из оросительных систем в фермерские участки из-за плохой организации водораспределения (отсутствия плана и графика полива, плохая организация работы линейных эксплуатационных служб и др.).

Практика показывает, что проектировщики при установлении проектного КПД оросительной системы учитывают только потери на фильтрацию и на испарение, а эксплуатационные потери принимаются равными нулю, т.к. за основу принимается нормальная организация эксплуатационных работ, основанная на строгом соблюдении принципов и требований планового водопользования.

На практике, на отдельных оросительных системах, в зависимости от их технического состояния и качественного уровня эксплуатационных мероприятий доля потерь на утечки и холостые сбросы достигают от 25% до 50% всего потерь или 5-20% от объема-брутто

расхода канала. Их называют техническими или эксплуатационными потерями. В отличие от потерь воды на фильтрацию, сокращение и предупреждение технических потерь не является капиталоемким, т.е. не нуждается в больших инвестиционных затратах для капитального ремонта и реконструкции. До 90% эксплуатационных потерь можно сократить путем повышения уровня эксплуатации и технического содержания (ЭиТС). В таблице 1 приведена классификация уровней (оценки) качества эксплуатационных мероприятий, т.е. ЭиТС.

На основе приведенных данных в таблице 2 можно отметить, что даже на изношенных оросительных системах при хорошей организации работы линейной эксплуатационной службы можно поддерживать КПД оросительной системы на уровне 0,70, а при слабом и неудовлетворительном уровнях организации их работы, данный показатель снижается до 0,50 и ниже.

Таблица 2 - Влияние качественного уровня эксплуатации и технического содержания (ЭиТС) на КПД оросительной системы

Качественная оценка ЭиТС	КПД оросительной системы	
	изношенная	после реконструкции
Хорошее	0,68-0,73	0,83-0,88
Удовлетворительное	0,64-0,69	0,80-0,85
Слабое	0,58-0,64	0,75-0,80
Очень слабое	0,50-0,57	0,68-0,73
Неудовлетворительное	0,50 и ниже	0,66 и ниже

Данные таблицы 3 можно отметить, что на оросительных системах после реконструкции проектный КПД и проектная водообеспеченность может быть достигнута только при нормальной (хорошей) организации ЭиТС. В случае пренебрежения эксплуатирующей организацией (ЭО) необходимости заблаговременной подготовки к проведению ЭиТС реконструированной оросительной системы на должном уровне, как следствие проектный КПД достигнутый в результате реконструкции и модернизации до 0,83-0,88, вполне может остаться фактический не достигнутым.

Анализ показывает в таких случаях, заметную роль играет вопрос о том, насколько правильно соблюдает и выполняет ЭО принципы и требования планового водопользования, путем правильного составления и соблюдения календарного плана водопользования, его корректировки и ежедекадных оперативных графиков круглосуточных поливов. Следовательно, проектный КПД реконструированных и модернизированных оросительных систем могут остаться не достигнутым пока ЭО не добьется и не обеспечит правильного выполнения и соблюдения принципов и требований планового водопользования, обеспечивающего распределения воды между хозяйствами строго по графику, в круглосуточном режиме, не допуская излишней водоподачи и холостых сбросов.

Таблица 3 - Влияние качественного уровня эксплуатации и технического содержания оросительных систем (на примере 5000га орошаемых земель)

Качественная оценка ЭиТС	КПДос		Водопотреб- ление- бруто в голове оро- сительной сис- темы, тыс.м ³	Водоподача в фермерские зе- мельные участ- ки, тыс.м ³		Водообеспе- ченность зе- мель КХ и собираемость стоимости услуг по во- доподаче,%
	проект	фактич		план	план	
Изношенная						
Хорошее	0,80	0,70	36663	29331	25664	88
Удовлетворительное	0.80	0.65	36663	29331	23831	81

Продолжение таблицы 3

Слабое	0,80	0,57	36663	29331	20898	71
Очень слабое	0,80	0,52	36663	29331	19065	65
Неудовлетворительное	0,80	0,46	36663	29331	16865	58
После реконструкции						
Хорошее	0,85	0,85	34507	29331	29331	100
Удовлетворительное	0,85	0,83	34507	29331	28468	97
Слабое	0,85	0,77	34507	29331	26570	91
Очень слабое	0,85	0,71	34507	29331	24500	84
Неудовлетворительное	0,85	0,64	34507	29331	22084	75

На практике ЭО не обеспечивающие нормального выполнения ЭиТС могут принять ошибочное решение по компенсации потери воды путем планирования завышенного объема водопользования, используя для этой цели заниженные или фактические КПД и высокие поливные нормы (таблица 4).

Таблица 4 - Анализ влияние использования заниженных КПД (технологии полива, оросительной системы, магистральный с распределителями) на расчетную водопотребность и фактическую водообеспеченность

Варианты	Мбр в голове, м ³ /га			Снижение оросительной способности источника орошения, %
	земельно-го участка ФХ	оросительной системы	в голове МК	
Норма (проектные нормы)	5580	6565	7460	0
Варианты планирования и их реализация				
Вариант-1. Планирование с использованием проектных КПД _{тп} =0,82; КПД=0,85; КПД _{мхк} =0,88	5580	6565	7460	0
Реализация варианта 1 (при слабом уровне ЭиТС)	3055	4700	7460	0
Вариант-2. Планирование с использованием фактического КПД (КПД _{тп} =0,65; КПД=0,60; КПД _{мхк} =0,78)	7039	11732	15041	50
Реализация варианта 2 (при слабом уровне ЭиТС)	3109	5455	9325	20

По данным приведенных в таблице 4 можно убедиться, что использования заниженных и фактических КПД (вместо проектных КПД) приводит к увеличению оросительной нормы-брутто в голове оросительной системы с 6565м³/га до 11732м³/га (в 1,79 раза), а в голове магистрального канала (МК) с 7460м³/га до 15041м³/а (в 2,02 раза). В итоге уже на стадии планирования водопользования проектная оросительная способность источника орошения снижается на 50%. Безусловно, такого объема воды по каналам не рисовых систем за оросительный период доставить хозяйствам, т.к. их пропускная способность и конструктивные параметры установлены для условий соблюдения проектных показателей (проектная пропускная), а по изношенным и заиленным каналам невозможно доставить даже проектного объема, не говоря завышенном объеме. Тем не менее, опять же с нарушением, за оросительный период даже если удастся подать в МК повышенный расход воды (из расчета 9325м³/га) или даже на 25% больше чем проектный объем, в любом случае, до фермерского участка может быть доставлено в лучшем случае объем воды на 1,8% больше чем 3055м³/га (таблица 4),

т.к. проектные конструкции (сечение) на рассчитан на пропуск выше проектного расхода, тем более до 40% протяженности оросительных каналов из-за плохой ЭиТС бывают заросшими и заиленными.

На основе данных таблицы 4 можно отметить, что нельзя и недопустимо использовать заниженные КПД или фактические низкие КПД для планирования значительно большего объема поливной воды, чем по проекту полагается. Такое случается на основе ошибочного намерения по компенсации потери воды из-за плохого выполнения ЭиТС путем планирования завышенного объема. Такого допускать нельзя. Следовательно, планирование лишнего водозабора никак не может компенсировать или устранять чрезмерно высокой потери воды, из-за плохого выполнения ЭиТС, потери воды нужно сокращать или недопускать, прежде всего путем улучшения организации и выполнения ЭиТС.

Важно также правильное планирование и организация ремонтных работ, а также умения и мастерство машинистов техники по очистке каналов и коллекторов. На практике, часто механическая очистка отмеченных водоводов бывают не качественной, т.е. допускаются чрезмерное углубление и недоуглубление, а также отклонения от проектного уклона дна канала (бывает, что на 30% протяженности канала или коллектора создается обратный уклон). В таких случаях, из-за падения скорости воды и переполнения канала, усиливаются не только фильтрационные потери, но и потери воды из-за перелива через борта каналов, а также усиление утечки через водовыпуски.

На основании анализа литературных источников [1-6] и вышеприведенного анализа, можно отметить, что высокая изношенность оросительных систем или их реконструкция и модернизация не должны быть причинами или поводами для снижения качества ЭиТС. В любом случае эксплуатирующая организация должна первоочередное внимание уделять вопросам улучшений ЭиТС оросительных систем, соблюдая правила использования каналов и систем по их техническому паспорту, при планировании водопользования. Становится актуальным применение экологически обоснованных поливных и оросительных норм, районированных на основе адаптивно-ландшафтных подходов.

Таким образом, из существующих мер по предупреждению потерь воды в целом, и особенно потерь воды по эксплуатационным причинам в оросительных системах можно выделить следующие:

1) Формирование штата линейно-эксплуатационной службы (ЛЭС) оросительной системы по нормативу, в составе: объездчиков, гидрометров, регулировщиков затворов и ремонтных работников, из расчета 21-25 единиц персонала для выполнения работ по ЭиТС оросительных каналов (на 5000 га орошаемых земель), для 2-х сменной работы по 10-12 единиц персонала. Их следует принимать на работу на период по 12 месяцев, с обязательным разъяснением функциональных задач (инструктаж, техучеба). Все это является важным условием: снижения текучести кадров; роста квалификации и практических навыков по ЭиТС оросительных систем.

2) Перевод водопользования на оросительных системах на плановую основу, а именно:
- регулярное (ежегодное) составление календарного плана водопользования на уровне оросительных систем на основе заявок хозяйств или их кооперативов и с учетом лимита водопользования, установленных на основе экологических требований;

- корректировка плана водопользования на основе проектных КПД (технологии полива, оросительной системы и МК с МХК), фактической структуры посевов и уточненного лимита водопользования; в) регулярное составление и выполнение оперативных графиков водоподдачи (поливов), с указанием очередности (даты, часы, минуты) начало и завершения круглосуточных поливов земельных участков, подвешенных к точкам водовыдела на участках распределителях.

3) Улучшение планирования и проведения системного водораспределения на уровне водохозяйственных каналов (магистральные каналы, их ветки 1 порядка - бывшие межхозяйственные каналы), распределяющих воду между оросительными системами, на основе календарных планов водопользования составленных для оросительных систем (см. п.2).

4) Среди мер по техническому содержанию оросительных систем особое внимание нужно уделять на правильное осуществление мер ежедневного технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР). На практике, к сожалению, на ТО меньше уделяется внимание, а это увеличивает нагрузку на ТР, что приводит к увеличению затрат на ремонтные работы (аварийные, текущие). В этой связи, важно пунктуальное проведение ТО, а ТО - это ежедневно выполняемые, в оросительный период - без остановки водоподачи, меры в виде мелкого ремонта по устранению обнаруженных проблем, не допуская их обострения, по поддержанию исправности и работоспособности сооружений, их оборудования и механизмов (регулировка, смазка, крепление болтовых соединений, очистка русла, водовыпусков, труб мостов, от мусора и от ила, др).

5) Крайне важно не только правильное планирование и организация текущего ремонта, но и повышение квалификации и мастерства машинистов эксплуатационной (мелиоративной) техники, правильный подбор техники и подготовка их к работе, с учетом конструктивных параметров водоводов (каналов и коллекторов), а также правильная организация их работы – это важнейшие условия получения качественного результата, при механической очистке каналов и коллекторов, не допуская чрезмерного углубления и недоуглубления, а также отклонении от проектного уклона дна канала.

6) Осуществление работ по обеспечению заинтересованного участия фермеров в мероприятиях по улучшению водопользования, поддержания и улучшения технико-эксплуатационного состояния оросительных и дренажных систем. Для этого необходимо развивать деятельность кооперативов хозяйств и передача им в доверительное управление функций производственной эксплуатации, т.е. использование систем по назначению (организация и проведение водопользования по плану и оперативным графикам), составлением эксплуатирующей организации функций технического содержания (техобслуживание, ремонты) и модернизации. При этом, важна пропаганда передового опыта и периодическое обучение как фермеров так и работников эксплуатирующей организации.

В заключение можно отметить, что на функционирующих оросительных системах независимо от того, что проведена ли реконструкция и модернизация или нет, необходимо повседневно держать на контроле и обеспечивать экологические и технологические безопасные режимы функционирования каналов не допуская эксплуатационные потери и другие сверхнормативные потери воды, путем улучшения их эксплуатации и технического содержания, с учетом вышеприведенных рекомендаций, должна быть главной задачей эксплуатирующей организации.

Литература

1. Шаров И.А. Эксплуатация гидромелиоративных систем.-М.:Колос,1968. – 420 с.
2. Натальчук М.Ф., Ахмедов Х.А., Ольгаренко В.И. Эксплуатация гидромелиоративных систем. -М.: Колос, 1983, - 279 с.
3. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации с-х земель. Тараз, 2004. – 306 с.
4. Отраслевые нормативы удельных затрат воды при регулярном орошении (С. Ибагуллин, Р. Кван, Н.Балгабаев, А. Калашников, А. Пармонов, Ф. Вышпольский, Ю. Кван, С. Калдарова, С. Передереева). -Тараз, 2008. -75 с.
5. Н. Балгабаев, Р. Бекбаев, Ф. Вышпольский. Техническое состояние ирригационных систем и их влияние на размеры оросительных норм. Сборник научных трудов КазНИИВХ. Тараз,2012, с.103-107.
6. Кененбаев Т.С. Надлежащая и специализированная эксплуатация – основа эффективности инвестиционных проектов. Журнал Водное хозяйство Казахстана, №1 (78). 2018, с. 6-15.