

ISSN 1563-0234
eISSN 2663-0397

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

География сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия географическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

JOURNAL

of Geography and Environmental Management

№4 (63)

Алматы
«Қазақ университеті»
2021



KazNU Science • ҚазҰУ Ғылымы • Наука ҚазҰУ

ХАБАРШЫ

ГЕОГРАФИЯ СЕРИЯСЫ №4 (63) желтоқсан

ISSN 1563-0234

eISSN 2663-0397



04.05.2017 ж. Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркелген

Куәлік №16502-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Нарбаева К.Т., PhD, доцент м.а.

(Қазақстан)

e-mail: vestnik.kaznu.geo@gmail.com

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Қалиасқарова З.К., г.ғ.к., доцент – ғылыми редактор

(Қазақстан)

Шоқпарова Д.К., PhD, доцент м.а., ғылыми

редактордың орынбасары (Қазақстан)

Асқарова М.А., г.ғ.д., профессор м.а. (Қазақстан)

Плохих Р.В., г.ғ.д., профессор м.а. (Қазақстан)

Бексентова Р.Т., г.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Кожаяев Д.Т., PhD, аға оқытушы (Қазақстан)

Нысанбаева А.С., г.ғ.к., аға оқытушы (Қазақстан)

Ивкина Н.И., г.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Родионова И.А., г.ғ.д., профессор (Ресей)

Béla Márkus (Белла Маркус) профессор (Венгрия)

Fernandez De Arroyabe Pablo (Фернандес Де Арройеб Пабло), профессор (Испания)

Севастьянов В.В., г.ғ.д., профессор (Ресей)

Мазбаев О.Б., г.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Исанова Г.Т., PhD (Қазақстан)

Христиан Опп, профессор (Германия)

Эйюп Артвинли, PhD, профессор (Туркия)

Каратаев Марат, PhD (Ұлыбритания)

Джилли Айбдувайли, г.ғ.д., профессор (Қытай)

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Ерболқызы С., (Қазақстан)

Тақырыптық бағыты: қоршаған орта туралы ғылымдар, география, метеорология, гидрология, туризм, экология, геодезия, картография, геоақпараттық жүйелер, жерді қашықтықтан зондылау.



Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы

Гульмира Шаккозова

Телефон: +7 747 125 6790

E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Редакторлары:

Гульмира Бекбердиева

Агила Хасанқызы

Компьютерде беттеген

Айша Калиева

ИБ № 15226

Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 5,1 б.т. Офсетті қағаз. Сандық басылыс.

Тапсырыс № 13128. Таралымы 500 дана. Бағасы келісімді.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

«Қазақ университеті» баспа үйі.

050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында басылды.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2021

1-бөлім
**КАРТОГРАФИЯ ЖӘНЕ
ГЕОИНФОРМАТИКА**

Section 1
**CARTOGRAPHY AND
GEOINFORMATICS**

Раздел 1
**КАРТОГРАФИЯ И
ГЕОИНФОРМАТИКА**

Н.Т. Шогелова^{1*} , С.А. Сартин² 

¹Международная образовательная корпорация, Казахстан, г. Алматы

²Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Казахстан, г. Петропавловск

*e-mail: nazym-shogelova@mail.ru

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ В ГОРОДСКОМ ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ПОСЛЕДНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ И БУДУЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ МИРОВОГО ОПЫТА

Растущее признание важности экосистемных услуг городских лесов требует устойчивого управления городскими лесами, что требует, в свою очередь, своевременной и точной информации о состоянии, тенденциях и взаимодействии между социально-экономическими и экологическими процессами, связанными с городскими лесами. В мире наблюдается ускоренная урбанизация и рост городов, которые кардинально изменили ландшафт. Все леса и деревья в пределах городской границы в совокупности определяются как городской лес. В этой связи дистанционное зондирование, особенно с его недавними достижениями в области датчиков и методов обработки данных, стало главным и полезным инструментом наблюдений и анализа. В этом исследовании обобщены последние применения дистанционного зондирования в городском лесном хозяйстве с точки зрения трех отличительных тем: многоисточников, многовременных и многомасштабных исходных данных. В нем рассматривается, как различные источники данных дистанционного зондирования обеспечивают быстрый, воспроизводимый и масштабируемый способ количественной оценки динамики городских лесов в различных пространственно-временных масштабах в каждом конкретном случае. Комбинированные оптические изображения и данные LiDAR являются наиболее многообещающими среди входных данных из нескольких источников; кроме того, будущие усилия должны быть направлены на повышение эффективности обработки данных.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, городские леса, экосистемные услуги, LiDAR, данные из нескольких источников.

N.Shogelova^{1*}, S.Sartin²

¹International Educational Corporation, Kazakhstan, Almaty

²North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev, Kazakhstan, Petropavlovsk

*e-mail: nazym-shogelova@mail.ru

Remote Sensing in Urban Forestry: Recent Applications and Future Directions on the Example of World Experience

The growing recognition of the importance of ecosystem services of urban forests requires sustainable management of urban forests, which requires timely and accurate information on the status, trends and interactions between socio-economic and environmental processes related to urban forests. The world is experiencing accelerated urbanization and the growth of cities that have radically changed the urban landscape, collectively all forests and trees within the urban boundary are defined as urban forest. In this regard, remote sensing, especially with its recent advances in sensors and data processing techniques, has become a major and useful tool for observation and analysis. This study summarizes recent applications of remote sensing in urban forestry in terms of three distinctive themes: multi-source, multi-temporal, and multi-scale source data. It examines how various remote sensing data sources provide a fast, reproducible and scalable way to quantify the dynamics of urban forests at different spatial and temporal scales in each case. Combined optical images and LiDAR data are the most promising among the input data from multiple sources; in addition, future efforts should be focused on improving data processing efficiency.

Key words: remote sensing, urban forests, Ecosystem services, LiDAR, data from several sources.

Н.Т. Шогелова¹, С.А. Сартин²

¹Халықаралық білім беру корпорациясы, Қазақстан, Алматы қ.

²М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, Петропавл қ.

*e-mail: nazym-shogelova@mail.ru

Қалалық орман шаруашылығында қашықтықтан зондтау: әлемдік тәжірибе мысалында соңғы қолдану және болашақ бағыттар

Қалалық ормандардың экожүйелік қызметтерінің маңыздылығын танудың артуы қалалық ормандарды тұрақты басқаруды қажет етеді, бұл қалалық ормандармен байланысты әлеуметтік-экономикалық және экологиялық процестердің жағдайы, тенденциялары мен өзара әрекеттестігі туралы уақтылы және нақты ақпаратты қажет етеді. Әлемде қарқынды урбанизация және қалалық ландшафтты түбегейлі өзгерткен қалалардың өсуі байқалады, қала шекарасындағы барлық ормандар мен ағаштар қалалық орман ретінде анықталады. Осыған байланысты қашықтықтан зондтау, әсіресе оның датчиктер мен деректерді өңдеу әдістері саласындағы соңғы жетістіктерімен бақылау мен талдаудың негізгі және пайдалы құралына айналды. Бұл зерттеу қалалық орман шаруашылығында қашықтықтан зондтаудың соңғы қолданылуын үш ерекше тақырып тұрғысынан қорытындылайды: көп көздер, көп уақыт және көп масштабты бастапқы деректер. Ол әр түрлі қашықтықтан зондтау деректерінің көздері әр жағдайда әр түрлі кеңістік-уақыт шкалаларында қалалық ормандардың динамикасын сандық бағалаудың жылдам, қайталанатын және масштабталатын әдісін қалай қамтамасыз ететінін қарастырады. Біріктірілген оптикалық кескіндер мен LiDAR деректері бірнеше көздерден алынған ең перспективалы болып табылады. Сонымен қатар, болашақ күш-жігер және талпыныс деректерді өңдеудің тиімділігін арттыруға бағытталуы керек.

Түйін сөздер: қашықтықтан зондтау, қала ормандары, экожүйелік қызметтер, LiDAR, бірнеше көздерден алынған деректер.

Введение

Поскольку большая часть населения мира в настоящее время проживает в городах, городские леса обеспечивают важный спектр экосистемных услуг – от улучшения качества воздуха и адаптации к изменению климата до улучшения показателей общественного здравоохранения и увеличения доходов от туризма. Важность этих экосистемных услуг в городской среде и центральная роль, которую города играют в жизни людей во всем мире, побудили различные попытки количественно определить ценность экосистемных услуг, предоставляемых городскими лесами.

В мире наблюдается ускоренная урбанизация и рост городов (Nesbitt L., 2017:103, Davies, H.J., 2018:159), которые кардинально изменили городской ландшафт (Fahey, R.T., 2017:164, Roman, L.A., 2018:157, Laforteza, R., 2019:87). Хотя это ускользает от нашего внимания, существует мозаика фрагментированных мест обитания, начиная от остатков естественных, модифицированных природных, полуестественных, имитируемых природных или полностью созданных человеком, где процветают разнообразные деревья и другая растительность (Kowarik, I., 2011:159, Chen, W.Y., 2017:181). В совокупности все леса и деревья в пределах городской границы определяются как городской лес, включая отдельные деревья, древостои и связанные с ними биотические и абиотические

компоненты (Nowak, D.J., 2011:37, Konijnendijk, C.C., 2006:93, Kenney, W.A., 2011:108). Сложные участки лесов являются важнейшим компонентом городских экосистем. Они предоставляют полный спектр экосистемных услуг, имея в виду выгоды, которые человеческое население получает прямо или косвенно (Kenney, W.A., 2017:181) от природных экосистем (Costanza, R., 1997:253), которые служат основой экономического развития и социального благополучия (Endreny, T., 2017:228). Некоторые хорошо признанные и хорошо изученные примеры услуг городских лесных экосистем включают смягчение летней жары за счет испарения и затенения (Doick, K.J., 2013:22), сокращение стока ливневых вод за счет перехвата и поглощения воды и улучшения инфильтрации, повышение качества воздуха за счет удаления газообразных загрязнителей и твердых частиц, сокращение выбросов парниковых газов за счет хранения и улавливания значительного количества углерода; решение проблемы продовольственной безопасности путем поставок продовольствия, медикаментов и материалов, опыления, возможностей для отдыха на свежем воздухе, а также служения важными местами для эстетики и духовности (Armson, D., 2013:282).

В соответствии с растущим признанием важности услуг городских лесных экосистем во всем мире раздаются призывы к надлежащему размещению и устойчивому управлению городскими

лесами для поддержания здоровья окружающей среды, повышения устойчивости городских экосистем и повышения качества городской жизни (Davies, H.J., 2018:159). Учитывая их огромную социально-экологическую сложность и динамику, городские леса ни в коем случае не являются стационарными (Steenberg, J.W., 219:24). Успешное управление городскими лесами для устойчивого предоставления полного спектра экосистемных услуг требует своевременной и точной информации о состоянии, тенденциях и взаимодействии между социально-экономическими и экологическими процессами, связанными с городскими лесами, происходящими в различных временных и пространственных масштабах (Davies, H.J., 2018:159). Традиционно такая информация получалась путем случайной полевой выборки и визуальной интерпретации аэрофотоснимков, которые являются дорогостоящими и трудоемкими и, как правило, не могут обеспечить полный охват относительно больших областей интереса. Эти традиционные подходы ограничили точное, последовательное, воспроизводимое и пространственное четкое измерение пространственно-временных изменений городских лесов и связанную с этим оценку экосистемных услуг. Следовательно, исследования сталкиваются с проблемами из-за неоднородных и многофункциональных подходов, различных методологий и отсутствия соответствующей информации.

К счастью, дистанционное зондирование, особенно новейшие передовые методы и датчики (например, лидарная технология обнаружения света и дальности, гиперспектральные изображения, спутниковые снимки с высоким пространственным разрешением), стало главным и полезным инструментом наблюдений и анализа, который предлагает быстрый, воспроизводимый, объективный, эффективный, масштабируемый и экономичный способ оценки и количественной оценки динамики городских лесов в различных пространственно-временных масштабах (Lafortezza, R., 2019:87). Например, структурные (трехмерное расположение растительности, такие как высота деревьев, объем и размер листвы и стеблей), композиционные (видовое богатство и разнообразие) и функциональные (экологические процессы) характеристики отдельного дерева, участка городского леса или всех городских лесов на больших территориях могут быть обнаружены, измерены, нанесены на карту, инвентаризированы, классифицированы, отслежены, смоделированы и оценены с исполь-

зованием методов дистанционного зондирования. За последнее десятилетие применение дистанционного зондирования в городском лесном хозяйстве, особенно для количественной оценки биофизических параметров городских лесов и связанных с ними экосистемных услуг, увеличилось, хотя его использование все еще сравнительно скромно для изучения пространственно и спектрально сложных городских лесных экосистем.

Чтобы обобщить последние применения дистанционного зондирования в области городского лесного хозяйства, мы сосредоточили наш поиск на исследовательских статьях, опубликованных в рецензируемых журналах на английском языке в период с января 2013 года по март 2020 года. Было установлено, что более 200 исследований удовлетворяют требуемым условиям. Эти исследования были дополнительно отфильтрованы на основе следующих критериев:

1. Исследования должны быть сосредоточены исключительно на городских лесах или зеленых насаждениях. Исследования, связанные с природными лесами, исключены.

2. В исследовании должны использоваться данные дистанционного зондирования, полученные с помощью бортовых/космических снимков или LIDAR. Исследования, включающие данные, основанные на других методах, таких как чистая фотограмметрия или наземные методы, исключаются.

3. Исследование должно включать, по крайней мере, одну из трех тем: многоисточники, многовременные и многомасштабные исходные данные. Исследования, не связанные ни с одной из этих тем, исключаются.

Научная методология исследований

Переход от использования данных дистанционного зондирования из одного источника к данным дистанционного зондирования из нескольких источников в исследованиях городских лесов наблюдается благодаря появлению разнообразных платформ для полетов, космических полетов, и быстрому развитию методов дистанционного зондирования. Примерами этого являются появляющиеся датчики с очень высоким пространственным разрешением (VHSR) и высоким пространственным разрешением (HSR), гиперспектральные датчики и LIDAR-технология с высокой плотностью точек (рис. 1). Двумя примерами для исследований городских лесов, как показано, являются спутниковые снимки (WorldView-2 NDVI) и данные лидарного облака точек (модель высоты полога), приме-

няемые к городским лесам как в макро-, так и в микроуровне. Квантовые скачки в вычислительной мощности позволили исследователям объединять, обрабатывать и моделировать данные из различных источников с беспрецедентным уровнем пространственного и временного разрешения.

Сочетание множества источников спутниковых снимков открывает новые возможности в экологических исследованиях. Фактически, большинство исследований, посвященных связи между городским зеленым пространством и городским островом тепла, основаны на спутниковых снимках из нескольких источников. В то время как оптические изображения HSR, такие как SPOT и IKONOS, способны на высоком уровне классифицировать растительный покров и другие виды землепользования, эти оптические датчики не предоставляют тепловую инфракрасную информацию. Действительно, температура поверхности земли была получена на основе других изображений с тепловыми полосами, полученных датчиками Landsat и Terra/MODIS. Поскольку спутниковые изображения из различных источников дополняют друг друга, ученые преодолевают технические проблемы,

связанные с ограниченным пространственным, спектральным, временным и радиометрическим разрешением, творчески комбинируя различные спутниковые источники. Кроме того, растущая доступность бесплатных данных является стимулом для использования многочисленных источников спутниковых изображений. Хотя существуют определенные преимущества платных изображений (например, очень высокое пространственное, временное и спектральное разрешение), которые не могут быть заменены данными открытого доступа, эти платформы для обмена данными позволяют исследователям загружать различные спутниковые изображения из высококачественных источников. Двумя такими примерами являются онлайн-платформа, управляемая Геологической службой США (USGS), и онлайн-платформа Sentinel, управляемая Европейским космическим агентством (ЕКА). Другие готовые глобальные/региональные продукты по земельному покрову и землепользованию, такие как CORINE и Geo-Wiki, могут быть непосредственно использованы для анализа. Тем не менее, исследования должны быть главным образом сосредоточены на выборе спутниковых снимков.



Рисунок 1 – Примеры спутниковых изображений и данных LiDAR облака точек (из открытых источников)

Например, Ren, Z.B. и др. исследовали взаимосвязь между особенностями городского парка и интенсивностью парка на прохладном острове

в Чанчуне, Китай, используя спутниковые снимки с несколькими источниками. Температура поверхности городской земли была получена из

теплого диапазона тематического картографа Landsat-5 (TM) с использованием метода моноокна, предложенного Qin, Z. и др. Точечные изображения использовались для извлечения пространственных особенностей городского парка, таких как размер и форма.

Kong, F.H. и др. использовали два источника спутниковых изображений – IKONOS и Landsat-5 (TM) для изучения влияния пространственной структуры зеленого пространства на эффект городского острова тепла в крупном мегаполисе на востоке Китая. Изображения HSR IKONOS были использованы для классификации землепользования по шести типам. Полоса 6 изображений Landsat-5 (TM) смогла предоставить тепловые инфракрасные данные, которые могут быть использованы для оценки температуры поверхности земли. В соответствии с пространственным разрешением карты землепользования карта температуры поверхности земли была пересчитана на 5 м 5 м. Карта землепользования использовалась для расчета ландшафтных индексов, которые использовались для оценки пространственной структуры зеленых насаждений и анализа ее взаимосвязи с температурой поверхности земли. Было обнаружено, что структура зеленых насаждений значительно повлияла на эффект охлаждения в городах. Более высокие эффекты охлаждения в городах наблюдались в районах с высоким процентом зеленых насаждений и уровнем фрагментации зеленых насаждений.

В дополнение к количественной оценке эффекта охлаждения городских зеленых насаждений в городах в последнее время также применяется дистанционное зондирование из нескольких источников для решения других исследовательских задач. Modugno, S. и др. нанесли на карту лесные пожары в зонах взаимодействия дикой природы и городов по всей Европе на основе согласованной карты землепользования и изменения растительного покрова CORINE 2006. Продукт почвенного покрова CORINE, полученный на основе спутниковых снимков из нескольких источников, является широко используемым набором данных для исследований европейского континентального масштаба и обновляется каждые шесть лет с 2000 года. Набор данных CORINE 2006, выбранный в этом исследовании, основан на спутниковых снимках SPOT-4/-5 и IRS P6. Информация о лесных пожарах была извлечена из продукта «Сожженные поверхности», который был получен из Европейской информационной системы о лесных пожарах с использованием изображений MODIS. Было выявлено,

что все лесные пожары горят на площади 40 га. Мгновенно доступные согласованные наборы данных (например, продукт почвенного покрова CORINE и продукт сожженных поверхностей), основанные на спутниковом изображении с несколькими источниками, позволили исследователям с высокой эффективностью оценивать характеристики городских лесов.

В целом применение подхода с использованием нескольких источников может быть ограничено двумя техническими барьерами. Во-первых, погодные условия (например, дымка и облачное покрытие) и различные даты получения изображений; и то, и другое создает серьезные проблемы, и нет гарантий, что все изображения, полученные в течение определенного периода времени, будут высокого качества для целей классификации. Например, в своем 20-летнем временном анализе Di Leo, N. и др. отбросили изображения низкого качества, вызванного облачностью или дымкой. Возможность использования нескольких источников спутниковых изображений должна быть главным соображением, особенно для исследований, учитывающих время. Во-вторых, спутниковые изображения редко доступны как с высоким, так и со спектральным разрешением. Снимки Hyperion EO-1 – одно из немногих гиперспектральных спутниковых изображений с 242 полосами, однако, оно имеет пространственное разрешение всего 30 м. До сих пор лишь немногие исследования на уровне деревьев (например, выявление отдельных пород деревьев и крон деревьев) основывались исключительно на использовании спутниковых изображений из нескольких источников.

Благодаря преимуществам в предоставлении спектральных деталей и 3D-облаков точек, спутниковые снимки VHRS/HSR и данные бортовых лидаров были пригодны для оценки структуры городских лесов, атрибутов и накопления углерода. Интеграция оптических спутниковых снимков и лидарных данных позволяет нам более точно идентифицировать структуру городских лесов в сложной городской среде. Многоспектральные изображения HSR способны создавать точный растительный покров, на котором основаны данные лидарных облаков точек, и могут быть дополнительно использованы для оценки структуры на уровне дерева.

Например, Raciti, S.M. и др. составили карту накопления углерода городских деревьев в Бостоне, используя данные LIDAR в сочетании со спутниковыми снимками VHRS. Изображения QuickBird впервые были использованы для полу-

чения нормализованных значений индекса растительности различий (NDVI) для извлечения растительного покрова. Впоследствии данные 3D-аэрофотосъемки в облаке точек были использованы для определения отдельных крон деревьев в пределах растительного покрова. Данные о высоте деревьев, основанные на LIDAR, были дополнительно использованы для оценки биомассы и накопления углерода. Результаты показали, что предыдущая работа с использованием данных дистанционного зондирования из одного источника, как правило, приводила к завышению запасов углерода в Бостоне. Подход QuickBird-LIDAR, представленный в этом исследовании, продемонстрировал высокую точность в оценке стереофонических характеристик городских деревьев, таких как объем и биомасса.

Аналогичным образом, Schreyer, J. и др. разработали более конкретный метод объединения данных LIDAR и спутниковых изображений VHSR для оценки накопления углерода в городских деревьях в Берлине, Германия. Бортовой LIDAR впервые был использован для создания цифровой модели поверхности (DSM) и цифровой модели местности (DTM). После того, как на основе изображений QuickBird была создана маска растительности, DSM и DTM были использованы для получения модели высоты полога (CHM). Используя двухэтапный подход, из CHM были получены дендрометрические параметры, включая местоположение дерева, количество, высоту, ширину кроны и диаметр на высоте груди. Эти параметры затем использовались для расчета накопления и распределения углерода среди городских деревьев.

Parmehr, E.G. и др. использовали новую стратегию слияния данных для идентификации полога деревьев в городах с помощью изображений WorldView-2 и данных LIDAR с воздуха. Исследователи приняли метод автоматической совместной регистрации, который был предложен Parmehr, E.G. и др. Совместная регистрация спутниковых изображений с данными LIDAR – это процесс, известный как окраска облаков точек. Он прикрепляет спектральную информацию к облаку лидарных точек, так что каждая окрашенная лидарная точка имеет дополнительные значения RGB и NDVI. Значения NDVI могут повысить точность идентификации точек лидарного дерева во время сегментации деревьев из других городских объектов. Объединение данных лидарных данных облака точек и спектральных изображений имеет большой потенциал для повышения точности оценки структуры деревьев в

сложных городских условиях с разнообразными формами крон деревьев и ландшафтами.

В то время как большинство последних исследований сходятся во мнении, что сочетание спутниковых снимков и лидарных данных может привести к более высокой точности оценки, публикация Singh K.K. ставит под сомнение этот консенсус. Авторы обнаружили, что с помощью метода случайной классификации лесов показатели топографии, полученные с помощью LIDAR, могут с наибольшей точностью обнаруживать инвазию растений подлеска в городских лесах, превышая данные IKONOS на 17,5% и объединенные данные LIDAR и IKONOS на 5,3%. В этом случае они пришли к выводу, что временная задержка, имевшая место между сбором данных лидара и IKONOS, могла повлиять на точность идентификации быстрорастущего инвазивного вида *Ligustrum sinense*. Эффект надирных высоких деревьев также затруднил бы спутниковые снимки HSR при обнаружении особенностей подлеска в неоднородной городской среде.

Хотя некоторые исследователи утверждают, что только бортовой LIDAR способен производить точный анализ на уровне дерева, следует подтвердить обилие спектральных деталей, предоставляемых спутниковыми снимками; при правильном управлении он может значительно повысить точность оценки, в отличие от использования только лидарных данных. Окрашивание облаков точек является перспективным методом объединения данных дистанционного зондирования. Объединяя каждую лидарную точку со спектральной информацией, полученной со спутниковых снимков, цветные 3D-облака точек с NDVI можно использовать не только для сегментации отдельных деревьев, но и для выделения деревьев из окружающей их городской среды. Тем не менее, следует отметить, что точность оценки объединения спутниковых снимков и лидарных данных будет снижена, если интервал выборки между двумя источниками данных относительно велик или если объектами исследования являются подлесные городские леса.

На практике редко используется сочетание спутниковых изображений и аэрофотоснимков, учитывая, что аэрофотоснимки могут заменить спутниковые изображения с точки зрения оптических возможностей. Только тогда, когда требуются дополнительные данные, такие как инфракрасные и тепловые инфракрасные данные, такая комбинация станет необходимой. В большинстве недавних публикаций, в которых

использовались как спутниковые, так и аэрофотоснимки (три из пяти), изучался эффект смягчения воздействия городских лесов на городском острове тепла. Например, Sung, C.Y. оценил, как политика защиты деревьев Вудлендс, принятая поселком Вудлендс, штат Техас, США, повлияла на городской остров тепла на уровне района. Автор сравнил температуру поверхности земли в двух районах в лесах и пяти контрольных районах в других городских районах. Температура поверхности земли была получена из тепловых полос изображений Landsat-5 (TM). В отличие от большинства исследований городского охлаждения, в которых для извлечения информации о землепользовании использовались спутниковые снимки HSR, в этом исследовании использовались аэрофотоснимки Национальной программы сельскохозяйственных изображений США (NAIP) для классификации почвенного покрова в мелком масштабе. Объектно-ориентированный метод был объединен с классификатором машины опорных векторов (SVM) для идентификации деревьев. Сообщалось, что при работе с изображениями высокого разрешения объектные методы превосходят методы на основе пикселей по своей способности уменьшать шум и повышать точность. Аэрофотоснимки превосходят спутниковые снимки с точки зрения одновременного высокого пространственного и спектрального разрешения. Однако непомерно высокие затраты на перелет ограничивают его использование в небольших/умеренных районах. В США NAIP с 2003 года предоставляет общественности аэрофотоснимки с континентальным охватом во время сельскохозяйственных вегетационных сезонов. Изображения NAIP с четырьмя спектральными полосами получают на расстоянии 1 м от образца грунта с горизонтальной точностью, которая соответствует в пределах 6 м от наземных контрольных точек, что может быть использовано при проверке и обработке изображений. В ряде недавних исследований городских лесов были использованы бесплатные изображения NAIP.

Интеграция бортового лидара и аэрофотоснимков в последнее время приобрела популярность в инвентаризации городских лесов на уровне деревьев. Он обладает большим потенциалом не только для повышения точности оценки, но и для увеличения числа идентифицируемых пород деревьев. Однако ограниченный охват и дороговизна лидара затрудняют его использование в больших масштабах. Alonzo, M. и др., например, обнаружили, что с помощью объединен-

ных гиперспектральных изображений AVIRIS с высокой плотностью точек с данными лидара, можно четко идентифицировать 29 распространенных видов городских деревьев на уровне кроны. Это было существенное улучшение по сравнению с 15 видами, идентифицированными только с помощью изображений AVIRIS, как сообщалось в более раннем исследовании. Несмотря на то, что добавление лидарных данных повысило общую точность всего на 4,2%, оно позволило повысить точность классификации некоторых видов, особенно мелких коронованных видов, более чем на 10%. Позже Alonzo, M. и др. обнаружили, что объединенные бортовые лидары и аэрофотоснимки могут превосходить данные полевых съемок при измерении неравномерного распределения навесов по городу. По сравнению с данными полевых исследований, согласованность данных, полученных с помощью аэрофотосъемки, очень подходит для измерения труднодоступных городских районов или для крупномасштабных измерений, требующих репликации. Эти исследования подтверждают преимущества использования гиперспектральных изображений и слияния лидарных данных при составлении карт древесных пород на уровне кроны в высокогетерогенной городской среде.

Zhang, C.Y. и др. разработали структуру для интеграции данных бортового лидара и аэрофотоснимков для инвентаризации городских лесов на уровне деревьев. Наземные точки были отделены от наземных точек в данных лидара. Авторы новаторски использовали значения NDVI, полученные из гиперспектральных изображений, для отделения точек растительности от точек без растительности. Наземные точки и точки растительности использовались для выделения отдельных деревьев с помощью алгоритма обнаружения верхушек деревьев и алгоритма выделения границ деревьев. Наконец, на гиперспектральных изображениях можно было бы определить виды деревьев. Хотя этот метод позволил повысить точность идентификации на уровне дерева, он требовал больших вычислительных затрат и не был запланирован на большие пространственные масштабы. Будущая работа должна быть сосредоточена на оптимизации алгоритмов и модернизации вычислительного оборудования для повышения эффективности обработки данных.

Высокая плотность точек бортового лидара в сочетании с высоким спектральным разрешением аэрофотоснимков является захватывающим подходом для точной оценки. 3D-облака точек высокой плотности и высокое пространственное

и спектральное разрешение вместе могут обеспечить высокую точность оценки. Что еще более важно, в отличие от спутниковых снимков, качество объединенных данных не ухудшается из-за синоптических условий, поскольку данные получены с помощью активных датчиков. Однако дорогостоящие затраты на перелет и трудоемкая обработка данных ограничивают его пригодность для крупномасштабных приложений.

Поперечное моделирование характеристик городских лесов и их экосистемных услуг может быть искажено ненаблюдаемыми факторами. Полезной стратегией для смягчения этого смещения является повторение наблюдений одних и тех же единиц измерения с течением времени, таким образом, можно контролировать ненаблюдаемые факторы, зависящие от времени и местоположения. В частности, многовременные данные дистанционного зондирования обладают большим потенциалом для сбора локальных деталей и имеют большой потенциал для повышения точности оценки на основе ввода локально детализированных и пространственно явных данных. Например, использование данных разновременных изображений может повысить вероятность успешного картирования состава городских древесных пород по мере получения фенологической информации; это может иметь жизненно важное значение для городских лесов из-за их композиционной и конфигурационной сложности и неоднородности. Благодаря такому потенциалу в эмпирических исследованиях использовались наборы данных дистанционного зондирования с короткими или длинными рядами данных с несколькими временными периодами для оценки изменений в составе и конфигурации городских лесов (например, доминирующие виды, возраст леса, плотность полога); таким образом, устанавливается надежная взаимосвязь между городскими лесами и экосистемными услугами, которые они предоставляют.

Результаты и обсуждение

В некоторых исследованиях использовались короткие серии (обычно только два) наборов данных для оценки изменений в эффектах городских тепловых островов и структуре городских лесов в течение определенного промежутка времени, особенно до и после определенного события. Rogan, J. и др. интегрировали спутниковые и аэрофотоснимки для изучения изменения эффекта городского острова тепла, вызванного искоренением инвазивного азиатского длинно-

рогого жука, что привело к уничтожению 30 000 деревьев с 2008 года в центральных городских районах Массачусетса, США. Тепловизионные изображения Landsat-5 (TM), полученные в летнее время в 2008 и 2010 годах, использовались для получения температуры поверхности земли. Изображения NAIP, также полученные в оба года в условиях листопада, использовались для извлечения древесного полога. Авторы обнаружили, что большие потери деревьев и увеличение непроницаемой поверхности в период с 2008 по 2010 год сыграли значительную роль в определении повышенной температуры поверхности земли.

Аналогичным образом, снимки Landsat-5 и -8 2004 и 2014 годов были изучены для выявления изменений в структуре городских лесов в городе Цзиньцзян, Южный Китай. В сочетании с наземными наблюдениями и пространственным статистическим моделированием были успешно исследованы механизмы, влияющие на температуру поверхности городских лесных навесов.

Qian, Y.G. и др. использовали HSR и мультиспектральные спутниковые снимки для изучения изменений в конфигурации городских зеленых насаждений, вызванных Олимпийскими играми 2008 года в Пекине, Китай. Используя преимущества как HSR, так и мультиспектральных характеристик SPOT, а также изображений ALOS, сделанных в 2005 и 2008 годах, для пространственного анализа были получены мелкомасштабные показатели охвата зеленых насаждений и ландшафтных индексов. Авторы обнаружили, что проведение Олимпийских игр в Пекине не только стимулировало местное правительство к увеличению охвата зеленых насаждений, но и изменило пространственную структуру зеленых насаждений по всему городу.

В большинстве недавних исследований используются разновременные данные для изучения изменений в городских лесах и вызванных ими социально-экономических и экологических эффектов на основе ввода данных длинных рядов. Способность многовременного дистанционного зондирования отслеживать долгосрочные изменения в городском растительном покрове, структуре городских лесов и городском острове тепла является огромной. Его потенциал также заключается в мониторинге изменений в различных масштабах – от небольшого городского парка до мегаполиса и даже целого региона или страны. Снимки со спутника Landsat в значительной степени использовались в долгосрочных исследованиях благодаря своим длинным и непрерывным

временным рядам. Изображения MODIS также популярны в исследованиях городских островов тепла, потому что они имеют более высокое временное разрешение, чем Landsat. Преимущества использования многовременных спутниковых изображений для долгосрочного многовременного исследования очевидны: низкая стоимость, мгновенный доступ и короткий период повторного просмотра.

Заключение и выводы

Проанализированные исследования были классифицированы с точки зрения 10 различных

приложений и трех отличительных тем. Статьи охватывают применение дистанционного зондирования в различных областях, включая измерение характеристик городских лесов (например, биомассы, видового состава, пологового покрова и пространственной конфигурации) и количественную оценку экосистемных услуг (например, хранение углерода, удержание воды, улучшение качества воздуха и смягчение последствий городских островов тепла). В Таблице 1 приведены сильные и слабые стороны многоисточниковых, многовременных и многомасштабных входных данных.

Таблица 1 – Сильные и слабые стороны многоисточниковых, многовременных и многомасштабных входных данных

	Сильные стороны	Ограничения
Мультиисточник		
Единый источник данных дистанционного зондирования.	Предполагает низкую трудоемкость и высокую эффективность обработки данных.	Включает в себя компромисс между самым высоким качеством доступного пространственного, временного и спектрального разрешения.
Несколько источников спутниковых изображений.	Подходит для изучения городского острова тепла и конфигурации зеленых насаждений (пространственной) в городах. Доступно большое количество изображений с открытым доступом. Доступность набора данных в течение длительного периода времени (например, Landsat) позволяет проводить долгосрочные исторические исследования. Несколько датчиков (например, высокое пространственное и спектральное разрешение, тепловой диапазон) обеспечивают широкий спектр применений в исследованиях городских лесов.	Обработка данных изображений сложна и требует алгоритмов объединения данных для извлечения похожих объектов из нескольких изображений с различными спектральными полосами. Непригоден для исследований подлеска городских лесов.
Спутниковые снимки и бортовой LiDAR.	Подходит для инвентаризации городских лесов, оценки биомассы деревьев и накопления углерода, а также для идентификации пород деревьев. Метод окрашивания облаков точек позволяет проводить анализ на уровне дерева, используя 3D-облака точек со спектральной детализацией.	Относительно высокая стоимость сбора и обработки LiDAR данных. Конечная точность определяется интервалом выборки между двумя источниками данных: спутниковыми изображениями и LiDAR.
Спутниковые снимки и аэрофотоснимки.	Аэрофотоснимки с более высоким пространственным разрешением могут улучшить классификацию спутниковых изображений в приложениях для городских лесов.	Получение аэрофотоснимков требует больших ресурсов и тщательного планирования, и их нельзя часто повторять из-за затрат, связанных с этим процессом.
Бортовой LiDAR и аэрофотосъемка.	Подходит для инвентаризации городских лесов, расчетов биомассы деревьев и накопления углерода, а также для идентификации пород деревьев, которые требуют высокой точности оценки в небольших масштабах.	Приобретение бортового LiDAR требует больше ресурсов и тщательного планирования, и его нельзя часто повторять из-за затрат, связанных с процессом.
Многовременный		
Короткая серия.	Подходит для оценки краткосрочных изменений в эффектах городских тепловых островов, кронах деревьев, породах деревьев и пространственной конфигурации зеленых насаждений, особенно до и после определенного события.	Результаты необходимо тщательно интерпретировать, особенно для краткосрочной оценки экосистемных услуг городских лесов.

Длинная серия.	Подходит для долгосрочных фенологических исследований в городских лесных районах.	Качество данных длинных серий изображений особенно зависит от погодных условий и доступности изображений без облачности.
Многомасштабный		
Местный/районный уровень города.	Подходит для определения взаимосвязи между городскими лесами и экосистемными услугами в местном масштабе и для расширения этой взаимосвязи на уровне города.	Многомасштабные исследования сложны в проведении и требуют знания различных датчиков и алгоритмов для объединения нескольких изображений.
Городской/региональный уровень.	Подходит для оценки воздействия зеленой инфраструктуры на крупные городские районы и для расширения соответствующих экосистемных услуг для всего городского региона.	Отображение зеленых инфраструктур в разных масштабах требует досконального знания различных датчиков и алгоритмов для объединения нескольких изображений.

Объем изображений дистанционного зондирования продолжает расти огромными темпами благодаря быстрому развитию сенсорных технологий и запуску новых спутниковых группировок. Следовательно, стало доступно все большее количество изображений с различных датчиков, в том числе изображений с различным разрешением и с несколькими временными, а также с несколькими спектральными диапазонами. Несмотря на этот всплеск тенденций, в области городского лесного хозяйства возникли проблемы, связанные с использованием методов дистанционного зондирования и реализацией их полного потенциала. Во-первых, хотя доступно много данных и продуктов дистанционного зондирования, существуют технические проблемы, связанные с объединением и синергией данных (такие как объединение оптических, гиперспектральных изображений, данных дистанционного зондирования с синтезированной апертурой, которые работают с разными разрешениями и используют различные подходы к сбору), а также сопоставление данных для удовлетворения практических потребностей городских лесоводов. Во-вторых, по-прежнему отсутствует прямая связь между экологическими и географическими особенностями, которые могут быть получены с помощью дистанционного зондирования, и адекватным мониторингом и моделированием предоставления экосистемных услуг, что обычно требует разнообразных вводимых данных и сложной обработки данных (Armson, D., 2013:282). В-третьих, хотя несколько программ управления городским лесным хозяйством стандартизировали ввод данных дистанционного зондирования, они далеки от разработки в качестве международно переносимых инструментов из-за недостаточной калибровки и валидации на местах. И в-четвертых, методы, используемые для распознавания городских деревьев/лесов,

классификации, сегментации и обнаружения изменений на основе данных дистанционного зондирования, все еще находятся в зачаточном состоянии, хотя ключевое преимущество технологии дистанционного зондирования заключается в ее способности интегрировать данные из нескольких источников с различными пространственными/спектральными/временными разрешениями, которые могут предоставлять расширенные данные о городских лесных ресурсах и более надежную и интерпретируемую информацию для оценки экосистемных услуг.

В соответствии с вышеупомянутыми задачами мы представляем набор будущих направлений исследований по применению дистанционного зондирования в городских лесах следующим образом:

Необходимы надежные алгоритмы для полной автоматизации совместной регистрации данных, полученных несколькими датчиками, а также оптимальная комбинированная стратегия алгоритмов слияния для интеграции данных дистанционного зондирования из нескольких источников на пиксельном, функциональном и ландшафтном уровнях.

Другим направлением является калибровка методов моделирования (таких как точность обработки и эффективность в отношении пространственной/временной совместной регистрации и высокая размерность данных) для долгосрочных временных рядов, с тем чтобы мониторинг и анализ прошлого и настоящего могли перейти к инновационному прогнозированию динамики городских лесов и их экосистемных услуг. В конечном счете, временной анализ стал бы предшественником прогнозирования будущего и обоснования долгосрочной стратегии городских лесов на основе тенденций, полученных из прошлых наблюдений.

Из-за сложности природных и антропогенных факторов в городских районах исследования

городских лесов, основанные на данных дистанционного зондирования в более широком масштабе, все еще находятся на экспериментальной стадии. Многомасштабный анализ поможет получить доступ к пространственной информации в широком диапазоне масштабов – от местного до регионального и даже глобального. Тем не менее, при использовании приложений дистанционного зондирования для информирования о политике в области землепользования и соответствующей оценки предоставления экосистемных услуг следует тщательно учитывать различия в масштабах.

В сочетании с постоянно растущей доступностью изображений дистанционного зондирования высокого разрешения с различных бортовых

и космических платформ исследования продолжают расширять применение и использование методов дистанционного зондирования для поддержки и консультирования исследований городских лесов, таких как точное моделирование и количественная оценка услуг городской экосистемы. Для эффективной и адекватной реализации потенциала дистанционного зондирования настоятельно рекомендуется тесная связь и сотрудничество между городскими лесниками и экспертами по дистанционному зондированию. Эта совместная синергия позволила бы признать и решить вышеупомянутые проблемы, а также обеспечить оптимизацию городских лесов и их экосистемных услуг для долгосрочного благополучия человека.

Литература

- Armson, D., Stringer, P., Ennos, A.R. The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. *Urban For. Urban Green*. 2013, 12, 282–286.
- Canetti, A., Garrastazu, M.C., de Mattos, P.P., Braz, E.M., Netto, S.P. Understanding multi-temporal urban forest cover using high resolution images. *Urban For. Urban Green*. 2018, 29, 106–112.
- Chen, W.Y. Urban Nature and Urban Ecosystem Services. In *Greening Cities*, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017, pp. 181–199.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 1997, 387, 253–260.
- Davies, H.J., Doick, K.J., Hudson, M.D., Schaafsma, M., Schreckenber, K., Valatin, G. Business attitudes towards funding ecosystem services provided by urban forests. *Ecosyst. Serv.* 2018, 32, 159–169.
- De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemsen, L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecol. Complex.* 2010, 7, 260–272.
- Doick, K.J., Hutchings, T. *Air Temperature Regulation by Urban Trees and Green Infrastructure*, Forestry Commission: Edinburgh, UK, 2013.
- Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S.N., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J.N., Gomez-Baggethun, E., Nowak, D.J., Kronenberg, J., de Groot, R. Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 2015, 14, 101–108.
- Endreny, T., Santagata, R., Perna, A., De Stefano, C., Rallo, R.F., Ulgiati, S. Implementing and managing urban forests: A much needed conservation strategy to increase ecosystem services and urban wellbeing. *Ecol. Model.* 2017, 360, 328–335.
- Fahey, R.T., Casali, M. Distribution of forest ecosystems over two centuries in a highly urbanized landscape. *Landsc. Urban Plan.* 2017, 164, 13–24.
- Kenney, W.A., Van Wassenae, P.J., Satel, A.L. Criteria and indicators for strategic urban forest planning and management. *Arboric. Urban. For.* 2011, 37, 108–117.
- Konijnendijk, C.C., Ricard, R.M., Kenney, A., Randrup, T.B. Defining urban forestry—A comparative perspective of North America and Europe. *Urban For. Urban Green*. 2006, 4, 93–103.
- Kowarik, I. Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environ. Pollut.* 2011, 159, 1974–1983.
- Laforteza, R., Giannico, V. Combining high-resolution images and LiDAR data to model ecosystem services perception in compact urban systems. *Ecol. Indic.* 2019, 96, 87–98.
- Long, L.C., D'Amico, V., Frank, S.D. Urban forest fragments buffer trees from warming and pests. *Sci. Total Environ.* 2019, 658, 1523–1530.
- Nesbitt, L., Hotte, N., Barron, S., Cowan, J., Sheppard, S.R.J. The social and economic value of cultural ecosystem services provided by urban forests in North America: A review and suggestions for future research. *Urban For. Urban Green*. 2017, 25, 103–111.
- Nowak, D.J., Noble, M.H., Sisinni, S.M., Dwyer, J.F. People & trees—Assessing the US urban forest resource. *J. For.* 2001, 99, 37–42.
- Roman, L.A., Pearsall, H., Eisenman, T.S., Conway, T.M., Fahey, R.T., Landry, S., Vogt, J., van Doorn, N.S., Grove, J.M., Locke, D.H., et al. Human and biophysical legacies shape contemporary urban forests: A literature synthesis. *Urban For. Urban Green*. 2018, 31, 157–168.
- Song, X.P., Tan, P.Y., Edwards, P., Richards, D. The economic benefits and costs of trees in urban forest stewardship: A systematic review. *Urban For. Urban Green*. 2018, 29, 162–170.
- Steenberg, J.W., Duinker, P.N., Nitoslawski, S.A. Ecosystem-based management revisited: Updating the concepts for urban forests. *Landsc. Urban Plan.* 2019, 186, 24–35.
- Wang, Z.H., Zhao, X.X., Yang, J.C., Song, J.Y. Cooling and energy saving potentials of shade trees and urban lawns in a desert city. *Appl. Energy* 2016, 161, 437–444.

А.А. Асылбекова* , Ж.К. Мукалиев , Н.Е. Жеңісова 

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: aizhan.asylbekova@kaznu.edu.kz

ГАЗ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, ТОПЫРАҚ ЭРОЗИЯСЫН БАҒАЛАУ ТӘСІЛДЕРІН ЖЕТІЛДІРУ

Қазақстан билігі елдің мұнай-газ «молшылығын» қаншалықты жарнамаласа да, ол аграрлық ел болған және болып қала береді, демек, оның басты ресурсы – жер. Өкінішке орай, қазіргі уақытта агротехниканың бұзылуына, топырақтың су режимінің сақталмауына, рекультивация жүргізуге қаражаттың жетіспеуіне немесе болмауына, егіншілік мәдениетінің төмендігіне, ауыл шаруашылығы білімдерінің әлсіздігінен және табиғи факторлар әсерінен еліміздің үштен екі аумағында топырақ эрозиясы белең алған. Топырақ – бұл әлемдік азық-түлік өндірісінде маңызды рөл атқаратын таусылмайтын табиғи ресурс. Бағалау бойынша, 2.6 миллиард адамдар топырақтың тозуынан және шөлейттенуден зардап шегеді екен, бұл дегеніміз жер бетінің 33%-дан астамына әсер ететін жүзден астам елдер. Егер жаңа тәсілдер енгізілмесе, халықтың жан басына шаққандағы егістік және құнарлы жерлердің жалпы алаңы 2050 жылы 1960 жылғы деңгейдің тек төрттен бірін ғана құрайтын болады.

Мақалада географиялық ақпараттық жүйе (ГАЗ), жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) және спектрлік индекстерді (СИ) пайдалана отырып, Семей сынақ полигоны территориясының топырақ эрозиясына бейімділігін бағалауға бағытталған.

Жүргізілген зерттеулер барысында аталған әдістері негізінде зерттелу аумағының СИ карталарын, зерттелген математикалық модельдерді ГАЗ технологиялармен мен ЖҚЗ ұштастыра отырып топырақ эрозиясын бағалау картасы жасалды және топырақ эрозиясын бағалау моделін ұсынып отырмыз.

Түйін сөздер: ГАЗ, RUSLE, ССП, ЖҚЗ, спектрлік индекстер, топырақ, эрозиясы, деградациясы.

A.A. Assylbekova*, Zh.K. Mukaliyev, N.Y. Zhengissova

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: aizhan.asylbekova@kaznu.edu.kz

Improving approaches to assessing soil erosion using GIS technologies

Regardless of how much the Kazakhstan authorities advertise the country's oil and gas "abundance", it was and remains an agrarian country, and thus its main resource is land. Unfortunately, nowadays because of violation of agricultural technology, non-observance of water regime, lack of funds for land reclamation, low culture of farming, weak agricultural education and influence of natural factors, soil erosion is aggravated on two thirds of the territory of the country. Soil is an inexhaustible natural resource that plays an important role in global food production. It is estimated that 2.6 billion people suffer from soil degradation and desertification this means that over one hundred countries suffer from over 33% of the Earth's surface. Unless new approaches are implemented, the total arable and fertile land per capita in 2050 will be only a quarter of what it was in 1960.

The article aims to assess the soil erosion propensity of the Semey test site territory using Geographic Information System (GIS), Earth Remote Sensing (ERS), and Spectral Indices (SI).

In the course of these studies, the SI maps of the study area, soil erosion assessment maps combined with GIS-technology and remote sensing of the studied mathematical models and proposed a model for assessing soil erosion were developed on the basis of these methods.

Key words: GIS, RUSLE, SIP, ERS, spectral index, soil, erosion, degradation.

A.A. Асылбекова*, Ж.К. Мукалиев, Н.Е. Жеңісова

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: aizhan.asylbekova@kaznu.edu.kz

Совершенствование подходов оценки эрозии почв с использованием ГИС технологий

Как бы ни афишировали казахстанские власти нефтегазовое «изобилие» страны, она была и остается аграрной страной, а значит, ее главный ресурс – земля. К сожалению, в настоящее время из-за нарушения агротехники, несоблюдения водного режима почв, нехватки или

отсутствия средств на проведение рекультивации, низкой культуры земледелия, слабого сельскохозяйственного образования и воздействия природных факторов эрозия почв обострилась на двух третях территории страны. Почва – это неисчерпаемый природный ресурс, который играет важную роль в мировом производстве продуктов питания. По оценкам, 2,6 миллиарда людей страдают от деградации почвы и опустынивания, это означает, что более ста стран страдают от более чем 33% поверхности Земли. Если не будут внедрены новые подходы, общая площадь пахотных и плодородных земель на душу населения в 2050 году составит лишь четверть от уровня 1960 года.

Статья направлена на оценку склонности территории Семипалатинского испытательного полигона к эрозии почв с использованием географической информационной системы (ГИС), дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и спектральных индексов (СИ).

В ходе проведенных исследований на основе данных методов разработаны карты СИ исследуемой территории, карты оценки эрозии почв в сочетании с ГИС-технологиями и ДЗЗ излученных математических моделей и предложена модель оценки эрозии почв.

Ключевые слова: ГИС, RUSLE, СИП, ДЗЗ, спектральный индекс, почва, эрозия, деградация.

Кіріспе

Қазіргі уақытта аэроғарыштық түсірілімді дешифрлеуге негізделген жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) әдістерін белсенді енгізуге байланысты зерттелетін аумақ бойынша елеулі аумақтарды мониторингпен қамтуға, шағын эрозиялық нысандарды анықтауға, эрозиялық процестердің динамикасын бағалауға және топырақ жамылғысының қазіргі жай-күйі туралы объективті түсінік алуға мүмкіндік туындап отыр. Сол себепті және де қазіргі еліміздегі пандемияға байланысты зерттеу аумағындағы жүргізілген далалық жұмыстармен бірге ЖҚЗ әдістерін ұштастыруға негіз болып отыр. ССІП топырақ эрозиясы процестері және қазіргі таңдағы құнды егістік жерлердің жоғалуы аймақтың маңызды экологиялық проблемаларының бірі болып табылады.

Зерттеу барысында эрозияны бағалау үшін қолданылатын математикалық модельдерінің көптеген түрі анықталды. Алайда топырақ эрозиясының математикалық модельдерінің жалпы қабылданған жіктемесі жоқ. А.А. Светличныйдың пікірінше бұл зерттеуді жоспарлауды қиындатады және қолданбалы есептерді шешуде тиісті үлгіні таңдауда қиындықтар туғызатындығы туралы ойын айтып өткен.

Жүргізілген талдау барысында мынадай тұжырымдама анықталды. Жалпы жағдайда топырақ эрозиясын бағалаудың математикалық модельдерін екі топқа бөліп қарастыруға болады.

Бірінші топқа эксперименттік мәліметтерді жалпылау негізінде алынған эмпирикалық теңдеулерді қолдануға негізделген модельдер кіреді. Бұл модельдердің ерекшелігі – олар ағын процесінің сипаттамаларын қамтымайды, модельдер процестің тұрақтылығы, олардың кеңістіктік және уақытша жалпылануының

жоғары дәрежесі туралы болжамға негізделген. Бұл 0 өлшемді модельдер, олар орташа көпжылдық деректерді пайдалану кезінде көлбеу немесе басқа аумақтық бірлік үшін топырақтың шайылу мөлшерін бағалауға мүмкіндік береді. Сондықтан, осы топтың модельдері ақпараттық толықтыруларды қатты қажет етпейді және іс жүзінде кеңінен қолданылады. Бұл топ модельдерінің ең танымал, классикалық өкілі – америкалық ғалымдар әзірлеген Вишмейер-Смит топырағының әмбебап жоғалту теңдеуі (Universal Soil Loss Equation, USLE). Топырақ эрозиясының әмбебап теңдеуі одан әрі жетілдіріліп, RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) деп аталатын модельге айналды.

Екінші топтың математикалық модельдері физиканың іргелі заңдары негізінде жеке модельделген эрозия процестерін сипаттауға негізделген. Осы класс модельдеріндегі зат пен энергияның сақталу заңы су мен шөгінділердің үздіксіздігі теңдеулері түрінде және дифференциалды түрдегі қозғалыс мөлшерін сақтау түрінде ұсынылған. Модельдердің басты артықшылығы – мүмкін жағдайлардың кең ауқымы үшін теңдеулердің түрі, оларды қолданудың математикалық әдістері өзгеріссіз қалады. Осы топтың модельдері бір өлшемді (1D) немесе екі өлшемді (2D) болып табылады, жеке оқиға – нөсер немесе қардың еруі нәтижесінде эрозиялық процестерді сипаттайды. Сондықтан бұл модельдерді қолдану бастапқы ақпараттың саны мен сапасына, сондай-ақ компьютерлердің есептеу ресурстарына қойылатын талаптардың жоғарылығымен шектеледі. Соңғы уақытта еріген топырақ үшін топырақ бөлшектерінің бөлінуінің физикалық негізделген теңдеуі ұсынылды, сонымен қатар топырақтың эрозиялық шайылуын бағалаудың математикалық модельдерін әзірлеу және оларды

ГАЗ-технологиялардың көмегімен практикалық іске асыру бойынша ғылыми жұмыстар белсенді жүргізілуде. Топырақ эрозиясын нормалау туралы мәселе, ірі су жинау аумақтарынан топырақ массасының шаюын шектеу бойынша критерийлерді іздеу өзекті мәселе болып табылады.

Топырақ эрозиясы табиғи процесс және гидрологиялық циклмен байланысты қалыпты геологиялық құбылыс. Топырақ судың әсерінен жойылып, оның ыдырауына әкелетін біртіндеп жүретін процесс. Топырақтың су жинау тораптарындағы эрозиясы және кейіннен өзендерде, көлдерде және су қоймаларында шөгу сияқты екі себеп бойынша үлкен алаңдаушылық тудырады. Біріншіден, су жиналатын жерлерде құнарлы және құнарлы топырақ эрозияға ұшырайды. Екіншіден, су қоймасының сыйымдылығының төмендеуі, сондай-ақ төменгі ағындағы су сапасының нашарлауы байқалады. Топырақтың жоғалуы – топырақ эрозиясының нәтижесі. Бұл өз кезегінде топырақтың құнарлылығын төмендетіп, ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін төмендетеді. Топырақ эрозиясын толығымен тоқтату мүмкін емес, бірақ оны азайтуға болады. Топырақ эрозиясын модельдеуге және эрозия қаупін бағалай отырып, ГАЗ технологиясын топырақ эрозиясын зерттеуге көмек ретінде пайдаланудың артықшылығын ескере отырып осы әдістерді қарастыратын боламыз.

Соңғы онжылдықта үлкен аумақтардағы топырақ эрозиясын сипаттау үшін қашықтықтан зерделеу технологиялары мен ГАЗ технологияларын қолдану арқылы көптеген ғылыми зерттеулер жүргізілді (Haboudane D, Bonn F, Royer A., 2007: 383). Бұл жұмыстар осы әдістердің қолайлы құнымен және дәлдігімен топырақ түрлері, литологиялық бірлік және өсімдік жамылғысы сияқты эрозияға ұшыраған аумақтар туралы өте жақсы ақпарат беретіні дәлелденді.

Басқа зерттеулер топырақтың шағылыстыру қабілетіне негізделген спектрлік индекстерін қолдануда, мысалы, пішін индексі (FI), түс индексі (CI), жарықтық индексі (BI) және өсімдіктердің нормаланған айырмашылығы индексі (NDVI) арқылы топырақтың жоғалу мөлшерін анықтауға болады (Jazouli A., Barakat A., Ghafri A., Moutaki S., Ettaqy A., Khellouk R., 2017: 284) деген сияқты.

Бұл зерттеуде Семей сынақ полигонының топырақ эрозиясын бағалау және топырақ эрозиясына бейім аумақтардың кеңістікте таралуын бағалау үшін ГАЗ әдістерімен біріктірілген ЖҚЗ және СИ модельдері пайдаланылды.

Зерттеу нысаны

Семей ядролық сынақ полигоны (СЯСП), немесе оны сынақтар кезінде КСРО Қарулы Күштері Министрлігінің №2 оқу полигоны деп атаған. Егер Қазақстанның заманауи картасына қарайтын болсақ, полигон Шығыс Қазақстан, Павлодар және Қарағанды облыстарының аумағын ішінара алып жатыр. Полигон аумағы 18500 км² құрайды. Зардап шеккен аумақтардың жалпы ауданы – 304 000 шаршы км құрады.

СЯСП-дағы жарылыстардың салдарынан (бұл Семей полигонының ресми аббревиатурасы) полигонның өзінен 16,5 есе көп жер ластанған. 304 мың шаршы шақырым дегеніміз – бұл Польша аумағынан сәл аз және Италия аумағынан сәл үлкен. Сынақ аумағында 1949 – 1989 жылдар аралығында 470-тей қуаты әртүрлі ядролық жарылыстар жасалды. Әуеде – 90, жер үстінде – 26, жер астында – 26, олардың 90%-ы әскери мақсатта болған. Полигонда бейбіт мақсатта жерасты ядролық жарылыстар да жүргізілді. Оларды жасанды су қоймаларын, каналдарды құру, пайдалы қазбаларды іздеу кезінде жер қыртысын сейсмикалық зондтау, жер асты резервуарларын құру, жанатын газдар мен мұнай фонтандарының алауын сөндіру және т.б. мақсатында пайдалану технологиялары жасалды.

1991 жылдың 29 тамызында ССП жабылды, бірақ сынақ зардаптары күні бүгінге дейін әсерін беріп жатыр. Бұрынғы ССП аумағының көп бөлігін таяу жылдары жергілікті тұрғындарға ауыл шаруашылығы үшін пайдалануына беру жоспарланып отыр. Сондықтан топырақ эрозиясын түсіну және зерттеу маңызды мәселе.

Осындай сынақтардан кейін қазіргі таңдағы ең басты мәселе болып аумақтың тек радиоактивті ластану бағытында ғана зерттеулер жүргізбей, консервациялау бағдарламасы негізінде тұрғындарға қайтарылған жерлердің топырағының эрозиясын бағалау қажеттілігі анық.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу барысында дәстүрлі салыстырмалы картографиялық, статистикалық әдістерімен бірге геоақпараттық картографиялау әдістері кеңінен қолданылды. Сонымен қатар жерді қашықтықтан зондлау (ЖҚЗ) мәліметтерін ГАЗ технологиялар арқылы дешифрлеу әдістемелері жан-жақты қолданыс тапты. Қазіргі уақытта топырақ эрозиясын бағалауға мүмкіндік беретін бірқатар модельдерді тауып оларды қарастырып шықтық. Оларды атап өтетін болсақ: AGNPS

(Agricultural Non-Point-Source Pollution Model); WEPP (Water erosion prediction project); USLE (Universal Soil Loss Equation); RUSLE (Revised Universal soil loss equation) және MUSLE (Modification universal soil loss equation) деген модельдер бар.

Мәліметтер көздері ретінде халықаралық азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымының әлемдік топырақ картасын пайдаландық. Sentinel-1,2,3 орташа және төмен ажыратымдылықтағы спутниктерден материалдарды тегін қарау, талдау және жүктеу үшін: EOBrowser және Sentinel Playground порталдарын қолданып анализ жасадық. Sentinel Playground сізге Sentinel-2, Landsat-8 және MODIS-тен алынған суреттердің мозаикасын көруге және талдауға мүмкіндік береді. Ал Sentinel спутниктерінің ең соңғы суреттер топтамасын Copernicus Open Access Hub порталынан тегін табуға, қарауға және жүктеуге болады. Зерттеу барысында ГАЗ технологиялардың тек бір әдісін немесе моделін пайдалану арқылы ғана емес, бірнеше әдіс-тәсілдерді қосып ұштастыра отырып, аумақтың топырағы жан-жақты зерттелді.

Зерттелетін аумақтың топырақ эрозиясын бағалау үшін ЖҚЗ және спектрлік индекс (СИ) пайдаланылды. Біріншісі – топырақ эрозиясын бағалаудың заманауи, қарапайым және кеңінен қолданылатын тәсілі болып саналатын сандық үлгі болса, екіншісі – көп индексстерге негізделген сапалы тәсілі болып табылады.

ГАЗ көмегімен қашықтықтан зондтау және кеңістіктік модельдеуді, регрессиялық модельді және әдістерді қамтитын әртүрлі талдаулар топырақтың тұздылығын тікелей топырақтан және жанама өсімдіктерден картаға түсіру үшін қашықтықтан зондтау және географиялық ақпараттық жүйелерді анықтау үшін пайдаланылды.

Тұздылықты анықтау тұздылық көрсеткіштерін есептеу негізінде жүргізіледі. Тұзды топырақтар көп аймақтық ғарыштық суреттерден жақсы шешілген: құрғақ сортаңдар мен сортаң топырақтар жеңіл реңкке ие және спектрдің көк аймағындағы суреттерде жақсы көрінеді. Есептеулерді тексеру үшін сол немесе басқа спутникпен түсірілген күнге жақын тандалған аумақтың аумағында сортаңданған аумақтардың таралуы туралы бір жолғы ақпарат қажет (Цычуева Н.Ю., Малахов Д.В., 2016: 182).

Топырақтың тұздануы олардың тозуының жетекші факторларының бірі болғандықтан, ғарыштық суреттерде тұздану белгілерін анықтау және қашықтықтан зондтау деректерін

қолданумен тұздану дәрежесін анықтау мәселесіне көп көңіл бөлінеді. Бұл жоба үшін 1-теңдеу бойынша қалыпқа келтірілген тұздану айырым индексі таңдалды:

$$NDSI = ((B3-B6) / (B3+B6)) \quad (1)$$

Мұндағы B3, B6 – сәйкесінше қызыл және Landsat инфрақызыл арналары. Индекс -1-ден +1-ге дейінгі мәндер ауқымын береді. Бұл диапазонда қатты тұздалған учаскелер -0,11-ден 0-ге дейінгі мәндерге сәйкес келеді (Цычуева Н.Ю., Малахов Д.В., 2016: 182).

Спектрлік көрсеткіш тәсілін талқылайтын болсақ, мұнда құрғақ жерлерде топырақтың түсі мен минералдануының өзгеруі және өсімдіктердің құрылымы мен кеңістікте таралуының өзгеруі табиғи ортадағы өзгерістер мен деградацияның көрсеткіштері болып табылады (Joshua M., Frank T., 2008: 221). Осы себепті ССП топырақ эрозиясының күйін көрсету үшін пішін индексі (FI), түс индексі (CI), жарықтық индексі (BI) және өсімдік жамылғысының қалыпты айырмашылығы индексі (NDVI) сияқты топырақтың шағылыстыру қабілетіне негізделген спектрлік көрсеткіштер пайдаланылды.

Пішін индексі (FI). FI индексін есептеу кезінде топырақ олардың спектрлік шағылу дәрежесімен сипатталады. Шағылудың бұл өзгермелілігі темір оксидтері мен органикалық заттардың сіңіру жолақтарының болуымен немесе болмауымен байланысты. Осылайша, шағылыстырудың төмен деңгейі топырақтың деградациясының төмен деңгейімен байланысты. 2-теңдеу FI негізінде топырақ түрлерін және олардың деградация деңгейін сипаттау үшін қолданылады:

$$FI = \text{Float}((2 \times B4) - B3 - B2) / \text{Float}(B3 - B2). \quad (2)$$

Түс индексі (CI). CI индексін 1994 жылы Эскадафол әзірлеген, мұнда CI эквалайзер арқылы көрсетілген қызыл және көк жолақтардың нормаланған қатынасына сәйкес келеді. Түс топырақтың жағдайын сипаттайтын маңызды параметр болғандықтан, топырақтың спектрлік сипаттамасы оның құрамы мен ылғалдылығына байланысты. Құрамында органикалық заттары аз бұзылған топырақтар таза және жарқын болады, сондықтан төмен CI мәндерін көрсетеді, ал деградациясы шектеулі дамыған топырақтар жоғары CI мәндеріне ие (Escadafal R, Belghit A, Ben-Moussa A., 2009: 253). 3-теңдеу негізінде CI мәні есептеледі:

$$CI = \text{Float} (B4 - B2) / B2. \quad (3)$$

Жарықтық индексі (BI). BI өсімдіктерді жалаңаш топырақтан ажыратады. Топырақ құрғақ және таза болса (кремний құм, әктас түйіндері, гипс қыртысы және т.б.), BI есептеуде жақсы мән береді. Сондықтан ол топырақтың деградация күйінің көрсеткіші ретінде кеңінен қолданылады. Осылайша, төмен BI өсімдік жамылғысына байланысты, ал жоғары BI құнарсыз жерлерге байланысты. BI 4-теңдеу бойынша анықталады:

$$BI = \text{SQRT} (R^2 + G^2 + B^2), \quad (4)$$

мұндағы R – қызыл, G – жасыл, ал NIR – жақын инфрақызыл кескіндер.

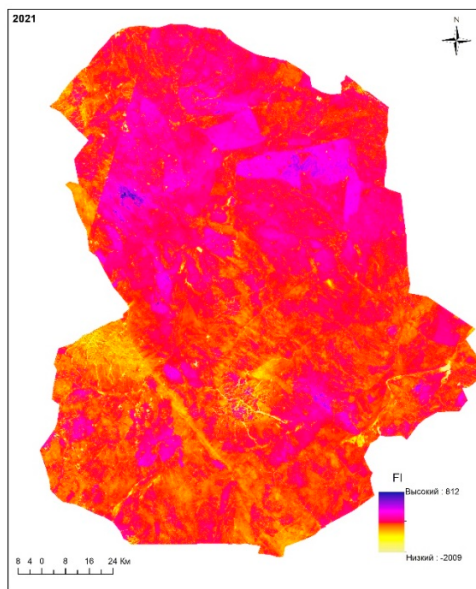
Өсімдік жамылғысының нормаланған айырмашылық индексі. NDVI жер үсті топырақтарының сипаттамаларын болжау үшін кеңінен қолданылатын индекстердің біріне айналды және топырақтың деградациясын бағалауда кеңінен қолданылады. Топырақтың жоғалу жылдамдығы өсімдік жамылғысы азайған сайын артады, себебі өсімдік жамылғысы су ағынын азайтып, судың сіңуін жоғарылату арқылы топырақты эрозиядан сақтайды (Jazouli A., Barakat A., Ghafri A., Moutaki S., Ettaqy A., Khellouk R., 2017: 284).

NDVI қызыл және жақын инфрақызыл (NIR) мәндерінен келесі 5-теңдеу арқылы анықталады:

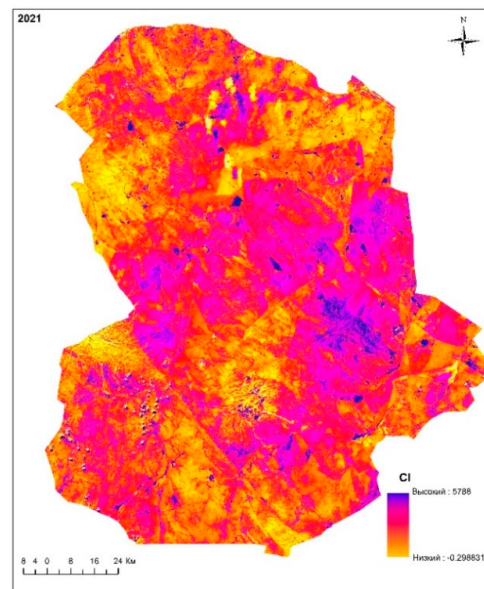
$$\text{NDVI} = \text{Float} (B5 - B4) / \text{Float} (B5 + B4) \quad (5)$$

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылаулар

FI спектрлік индекс көптеген зерттеулерде жер деградациясының әр түрлі деңгейлерін көрсету үшін, әсіресе құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарда қолданылған (Jazouli A., Barakat A., Ghafri A., Moutaki S., Ettaqy A., Khellouk R., 2017: 284). Сондықтан ССП аймағы үшін пішін индексі таңдалды. Жұмыс барысында Landsat-8 ғарыштық суреттері 01.04.2021 мен 31.07.2021 аралығында алынды. ArcMap 10.4 бағдарламасында 1-формула бойынша «Map Algebra» құралының көмегімен FI мәні есептелді (1-сурет). FI мәні ең жоғарғы көрсеткіш аймақтың солтүстік, солтүстік-батыс, солтүстік-шығыста және оңтүстік-шығыста шоғырланғанын байқауға болады. Бұл аймақтарда «Тәжірибелік алаң», «4», «4а» атты сынақ алаңдары орналасқан. Сонымен қатар, оңтүстік жағында «Телькем» сынақ алаң аумағында жоғарғы деңгейді көрсетіп отыр.



1-сурет – ССП СИ (FI) картасы



2-сурет – ССП СИ (CI) картасы

CI спектрлік индекс бойынша ССП жобалық картасы 2-суретте көрсетілген. Картада көрсетілгендей жоғары CI мәндерін көрсететін орындар деградацияның таралмай-

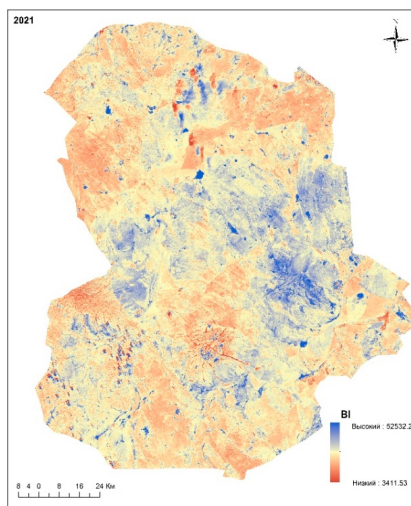
тынын білдіреді. Керісінше, төмен CI мәні бұл тораптардың деградациясының кең таралғанын білдіреді. Себебі, деградация орын алатын жерлерде жоғарыда сипатталғандай, органикалық

заттар таза және ашық түстермен бейнеленген. Ал органикалық заттар қарашірік, керісінше, қара немесе қою түспен белгіленеді.

Сондай-ақ NDSI тұздылық картасында ССП топырақтың тұздануы оңтүстікте, солтүстік-шығыста, орталықта және оңтүстік-шығыста көбірек байқалады (5-сурет). Яғни, топырақтың тұздану мөлшері мен бұзылу дәрежесі бір жерлерде болатынын көреміз. Деградацияның ең көп саны – 0,29883, тәжірибелік алқаптарда,

яғни Дегелең сынақ алаңында және батыста жиі кездеседі. Ал ең аз мөлшерде деградация Балапан учаскесінде және шығыста кең таралған.

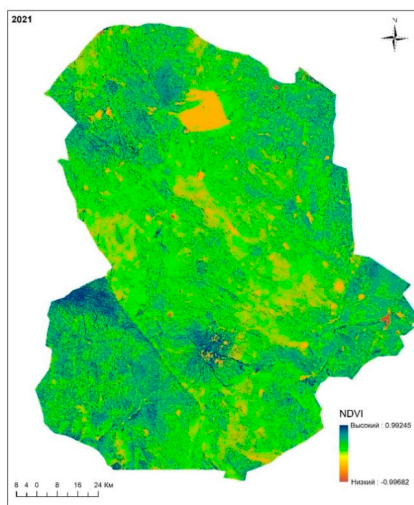
ВІ индексі бойынша ВІ мәні төмен ССП учаскелері өсімдік жамылғысында жатқаны көрсетілген (3-сурет). Ал жоғары ВІ мәндері – бұл мән көрсетілген нашар жерлер. Яғни, өсімдік жамылғысы ең жоғары жер солтүстік, солтүстік-батыс. Ал нашар жерлер «Балапан», «Сары – Өзен» және шығыста кең таралғанын байқауға болады.



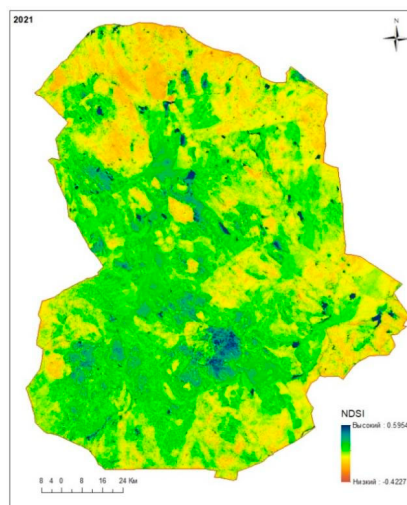
3-сурет – ССП СИ (ВІ) картасы

NDVI-ді ең танымал қолданылуы өсімдік жамылғысы дамуын бағалау болып табылады. NDVI картасын пайдалана отырып, зерттелінетін аумақтағы мәндердің қай жерде өте төмен екенін және олар орташадан жоғары болатынын

бағалауға болады. Вегетация кезеңінде өсімдіктер неғұрлым жақсы дамыған болса, NDVI мәні соғұрлым жоғары болады. Осылайша, NDVI – бұл вегетация кезеңінде өсімдіктердің жасыл массасының дамуын бағалауға болатын индекс.



4-сурет – Өсімдік жамылғысының нормаланған айырмашылық индексі



5-сурет – Тұзданудың нормаланған айырмашылық индексі

4-суретте көрсетілгендей, өсімдік жамылғысы төмен аймақтарда (солтүстік, оңтүстік және орталық) топырақтың жоғалу жылдамдығы арта түсетіні белгілі. Индекс 1973 жылы Техас А&М Университетінің бір топ ғалымдары инфрақызыл жарықтың қызылға қатынасын ғана емес, олардың айырмашылығының қосындыға қатынасын қарастыра бастаған. Бұл индекстің барлық мәндерін -1-ден 1-ге дейін, яғни бір-бірімен оңай салыстыру үшін “қалыпқа келтіруге” мүмкіндік берді. NDVI мәндері -1-ден 0-ге дейін – бұл жансыз табиғат пен инфрақұрылым объектілері – қар, су, құм, тастар, үйлер, жолдар және т.б. өсімдіктер үшін мәндер 0-ден 1-ге дейін.

NDSI – көрінетін (жасыл) және қысқа толқынды инфрақызыл (SWIR) арасындағы шағылысу айырмашылығының салыстырмалы шамасының өлшемі. Ол екі жолақтың дисперсиясын басқарады (біреуі спектрдің жақын инфрақызыл немесе қысқа толқындық инфрақызыл аймағында, ал екіншісі спектрдің көрінетін бөліктерінде).

NDSI « $NDVI = (b3 - b2) / (b3 + b2)$ » индексі бойынша 5-суретте көрсетілгендей, Семей сынақ полигонында топырақтың тұздануы оңтүстікте, солтүстік-шығыста, орталықта және оңтүстік-шығыста көбірек байқалады. Тұзданудың ең көп мөлшері 0,59546 – “Опытное поле”, “Дегелен” және “Балапан” алаңдарында таралған.

1-кесте – Топырақтың жоғалу мөлшері

топырақтың жоғалуы (т га ⁻¹ жыл ⁻¹)	қарқындылық	ауданы (га)	аудан (%)
0 - 2	өте әлсіз	1036,754	0.05
2 - 5	әлсіз	1036,753	0.05
5 - 15	орташа	259,1883	0.01
>15	күшті	129,5941	0.007

Семей полигонының эрозия қаупін бағалау «ArcGIS Spatial Analyst» көмегімен бес факторлы карталарды қолдану арқылы жүргізілді. Құрылған картадағы топырақ эрозиясының қарқындылығының мәндері топырақтың табиғи үзілістерін (Дженке) жіктеу әдісі бойынша эрозияның төрт түріне, яғни өте әлсіз, әлсіз (2-5), орташа (5-15) және күшті (>15) деп жіктелген. Зерттеулерге сәйкес СИП орташа жылдық топырақ шығыны 0,356 т га⁻¹ жыл⁻¹ (1-кесте) құрап отыр.

Зерттеу барысында құрастырылған топырақ жоғалу мөлшерінің кестесінде көрсетілгендей, мұнда біз топырақ жоғалуы, қарқындылығын, ауданы (га) және ауданына (%) деген көрсеткіштерді алып отырмыз. Егер қарқындылық көрсеткіші бойынша ауданды (га) талдап көретін болсақ, мұнда өте әлсіз қарқындылық 1036,754 га ауданда таралған болса, ал күшті қарқындылық көрсеткіші бойынша 129,5941 га ауданда, бұл дегеніміз 0,007 % құрап отыр.



6-сурет – ССП топырақ деградация картасы

Қолданылған әдістер мен нәтижелерін біріктіре отырып ГАЗ технологиялар арқылы талдау негізінде ССП топырақ деградация картасы құрастырылды (6-сурет). Картада жоғарғы мән 0,0452, керісінше ең төменгі мән -0,0859-ға тең болды.

СИ әдіс негізінде ССП топырақтың деградация картасының нәтижесінде деградация дәрежесі бойынша спектр пішінін сипаттайтын индекстердің үлкен вариациясын көрсетіп отыр. Сондықтан олар топырақ бетіне әсер ететін өзгерістердің мәнерлі көрсеткіштерін білдіреді. Олардың ғарыштық түсірілім деректерінде қолданылуы жалпы қоршаған ортаның жағдайын және атап айтқанда, топырақтың деградация деңгейін картаға түсіруге көмектесті. Шын мәнінде, бұл айнымалыларды біріктіріп пайдалану әртүрлі топырақ жағдайларын жақсырақ саралауға мүмкіндік берді, содан кейін топырақ алып жатқан бірліктердің беткі жағдайлары ерекше түстермен анықталды. Нәтижелерді талдау күшті және орташа дәрежелер айтарлықтай анық нақтыланғанын көруге мүмкіндік берді.

Қорытынды

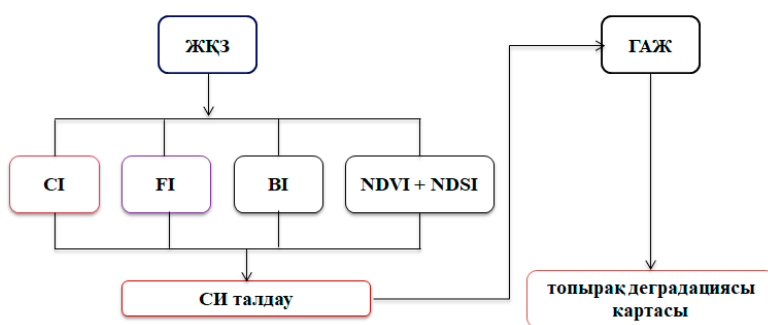
Жұмысты қорытындылай келе, жүргізілген далалық зерттеулер және де СИ көрсеткіштерді біріктіру арқылы, сонымен қатар ЖҚЗ мәліметтерін ГАЗ технологиялар негіздерін ұштастыра отырып аймақтағы топырақ деградациясы картасын құрастыруға мүмкіндік берді. Күшті деградацияға ұшыраған жерлер зерт-

телетін тәжірибелік алаңдарда орналаспағандығын көрсетті. Керісінше, деградацияға ұшырамаған жерлер тәжірибе алаңдардың көп бөлігінде орналасқандығын байқадық. Олар құнарлылығымен және топырақ байлығымен ерекшеленеді және радиоактивті ластанудан қорғалады.

ССП топырақ эрозиясы бойынша мәселелер бар екендігі зерттеулер барысында айқын белгілі болды. Бұл зерттеу ГАЗ технологиясы, ЖҚЗ және спектрлік индекс көрсеткіш әдістерін пайдалана отырып, ССП-ғы топырақ эрозиясын бағалау үшін жүргізілді.

Зерттеу барысында ГАЗ технологиясын, ЖҚЗ және СИ әдістерін қолдану арқылы аймақтың топырақ эрозиясын бағалау нәтижесін көрсетуге болатынын анықтадық. Осы әдіс-тәсілдер бірін-бірі толықтырады және әрқайсысы ақпараттың өзіндік үлесін береді: СИ топырақтың деградациясының әртүрлі деңгейін көрсетті, ал ГАЗ технологиясы мен ЖҚЗ әдісі зерттелетін аумақтың топырақ эрозиясын дешифрлеу үшін сандық аргумент береді және бастапқы мәліметтер негізі ретінде өзіндік орынға ие болып отыр.

Жұмыс барысында аумақтың топырағын зерттеу барысында ССП аумағына тиесілі жерлердің ландшафттарға бейімделген егіншілік жүйесін құру үшін қажетті негізгі факторлардың түгелге дерлігін қарастырып өттік. Осыған байланысты ССП консервациялау бағдарламасы бойынша қайтарылған жерлер ЛБЕЖ құру үшін болашақта әрі егжей-тегжейлі талданатын болады.



7-сурет – Топырақ деградация моделі

Осылайша, біздің зерттеуімізде ГАЗ технологиялар негізінде топырақ эрозиясын бағалау модельдерінің тиімді әдісін ұсынып отырмыз (7-сурет). Бұл модельді құру барысында жоғарыда сипаттап өткен әдістер, мәліметтер мен

математикалық модельдер негіз болды. Ғылыми нәтиже еліміздің басқа аймақтарындағы осындай жұмыстар үшін әдіснамалық негіз ретінде пайдаланылуы мүмкін.

АЛҒЫС

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің қаржылық қолдауымен №АР09563013 «Семей сынақ полиго-

нында ландшафттарға бейімделген егіншілік жүйесін құру үшін ГАЖ технологияларын қолдана отырып, RUSLE моделі негізінде топырақ эрозиясын бағалау» гранттық жобасы аясында орындалды.

Әдебиеттер

- Дербенцева А.М. Эрозия и охрана почв (Механическая деградация почв). – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2008. – С. 85.
- Светличный А.А. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты: монография / А.А. Светличный, С.Г. Черный, Г.И. Швец. – Сумы: ИТД “Университетская книга”, 2007. – С. 376-410.
- Цычуева Н.Ю., Малахов Д.В. Методика детектирования орошаемых угодий с использованием спутниковых данных и ГИС / Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: сб. науч. тр. – Алматы, 2016. – С. 182-189.
- Alexakis D.D., Hadjimitsis D.G., Agapiou A. Integrated use of remote sensing, GIS and precipitation data for the assessment of soil erosion rate in the catchment area of “Yialias” in Cyprus. *Atmos Res*, 2013. – P. 108-124.
- Biswas S. Estimation of soil erosion using remote sensing and GIS and prioritization of catchments. *Int J Emerg Technol Adv Eng*, 2012. – Pp. 124-128.
- Escadafal R., Belghit A., Ben-Moussa A. Indices spectraux pour la télédétection de la dégradation des milieux naturels en Tunisie aride. In: Guyot, G. éd. Actes du 6ème Symposium International sur les mesures physiques et signatures en télédétection, Val d’Isère, France, 2009. – P. 253-259.
- Haboudane D., Bonn F., Royer A. Evaluation and predictability of terrain susceptibility to hillslope erosion at the regional scale using DEM-derived indices and remotely sensed information. *Rev Télédétection*, 2007. – P. 373-391.
- Jazouli A., Barakat A., Ghafri A., Moutaki S., Ettaqy A., Khellouk R. Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas, Morocco, 2017. – P. 284-292.
- Joshua M., Frank T., Models for Planning Wildlife Conservation in Large Landscapes. Academic Press, USA, 2008. – P. 221-235.
- Kourgialas N.N., Koubouris G.C., Karatzas G.P., Metzidakis I. Assessing water erosion in Mediterranean tree crops using GIS techniques and field measurements: the effect of climate change. *Nat Hazards*, 2016. – P. 65-81.
- Levin N., Ben-Dor E., Singer A. A digital camera as a tool to measure colour indices and related properties of sandy soils in semi-arid environments. *Int J Remote Sens*, 2005. – P. 5475-5492.
- Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., Yu B., Klik A., Lim K.J. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Catena*, 2017. – P. 12-24.
- Rahman MR., Shi ZH., Chongfa C. Soil erosion hazard evaluation-an integrated use of remote sensing, GIS and statistical approaches with biophysical parameters towards management strategies. *Ecol Model*, 2009. – P. 1724-1734.
- Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. *Agriculture handbook 537*. U.S. Department of Agriculture, Washington, 2008. – P. 62-67.
- Zhang K., Shu A., Xu X., Yang Q., Yu B. Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China. *J Arid Envir*, 2008. – P. 1002-1011.

References

- Derbenцева А.М. (2008) Эрозија и оhrана почв (Механичешкаја деградација почв). Владивосток: Изд-во Дал’невост. ун-та, – P. 70-85.
- Svetlichnyj A. A. (2004) Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты: монография/А. А. Светличный, С. Г. Черный, Г. И. Швец. - Сумы: ИТД “Университетская книга”, – P. 376-410.
- Cychueva N.YU., Malahov D.V. (2016) Metodika detektirovaniya oroshaemyh ugodij s ispol’zovaniem sputnikovyh dannyh i GIS/ N.YU. Cychueva, D.V. Malahov // Vodnye resursy Central’noj Azii i ih ispol’zovanie: sb. nauch. tr. - Almaty., – P. 182-189.
- Alexakis D.D., Hadjimitsis D.G., Agapiou A. (2013) Integrated use of remote sensing, GIS and precipitation data for the assessment of soil erosion rate in the catchment area of “Yialias” in Cyprus. *Atmos Res*. Pp: 108-124.
- Biswas S. (2012) Estimation of soil erosion using remote sensing and GIS and prioritization of catchments. *Int J Emerg Technol Adv Eng*. Pp: 124-128.
- Escadafal R., Belghit A., Ben-Moussa A. (2009) Indices spectraux pour la télédétection de la dégradation des milieux naturels en Tunisie aride. In: Guyot, G. éd. Actes du 6ème Symposium International sur les mesures physiques et signatures en télédétection, Val d’Isère (France). Pp: 253-259.
- Haboudane D., Bonn F., Royer A. (2007) Evaluation and predictability of terrain susceptibility to hillslope erosion at the regional scale using DEM-derived indices and remotely sensed information. *Rev Télédétection* Pp: 373-391.
- Jazouli A., Barakat A., Ghafri A., Moutaki S., Ettaqy A., Khellouk R. (2017) Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas, Morocco. Pp: 284-292.
- Joshua M., Frank T., Models for Planning Wildlife Conservation in Large Landscapes. Academic Press, USA, 2008. – P. 221-235.

Kourgialas N.N, Koubouris G.C, Karatzas G.P, Metzidakis I. (2016) Assessing water erosion in Mediterranean tree crops using GIS techniques and field measurements: the effect of climate change. *Nat Hazards*. Pp: 65-81.

Levin N., Ben-Dor E., Singer A. (2005) A digital camera as a tool to measure colour indices and related properties of sandy soils in semi-arid environments. *Int J Remote Sen*. Pp: 5475-5492.

Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., Yu B., Klik A., Lim K.J. (2017) Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Catena*. Pp: 12-24.

Rahman M.R., Shi Z.H., Chongfa C. (2009) Soil erosion hazard evaluation-an integrated use of remote sensing, GIS and statistical approaches with biophysical parameters towards management strategies. *Ecol Model*. Pp: 1724-1734.

Wischmeier W.H, Smith D.D. (2008) Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. *Agriculture handbook* 537. U.S. Department of Agriculture, Washington. Pp: 62-67.

Zhang K., Shu A., Xu X., Yang Q., Yu B. (2008) Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China. *J Arid Envir*. Pp: 1002–1011.

2-бөлім
**МЕТЕОРОЛОГИЯ
ЖӘНЕ ГИДРОЛОГИЯ**

Section 2
**METEOROLOGY
AND HYDROLOGY**

Раздел 2
**МЕТЕОРОЛОГИЯ
И ГИДРОЛОГИЯ**

T. Mkilima 

Pan-African University Institute for Water and Energy Sciences (including Climate Change)
care of Tlemcen University, Algeria, Pôle Chetouane, Tlemcen 13000
e-mail: tmkilima@gmail.com

THE INFLUENCE OF LAND USE AND LAND COVER CHANGE ON STORMWATER RUNOFF IN A HIGHLY URBANIZING CATCHMENT (A CASE OF MSIMBAZI CATCHMENT IN DAR ES SALAAM CITY)

A hydrological pattern of any catchment is highly affected or determined by how land is being used within the particular catchment. Other determining factors may include but not limited to climatic condition as well as the catchment size. This study investigated the potential effects of land use/land cover changes on stormwater runoff in a highly urbanizing catchment, for a case of Msimbazi catchment in Dar es Salaam, Tanzania. Three different years (1998, 2009 and 2018) were selected and as case studies. The extreme 100-year rainfall event of December 2011 was used to develop the meteorological model in the Hydrologic Modeling System (HEC-HMS). The ArcGIS and HEC-Geo HMS tools were used to prepare the datasets for the event-based rainfall-runoff simulation in HEC-HMS. The extent of land use/land cover changes with time was investigated using Supervised approach in ArcGIS. The general modeling process based on the Soil Conservation Service (SCS) Curve Number (CN). From the analysis results it was observed that, the land surface cover in the catchment has been rapidly changing; for instance, developed low intensity category coverage changed from approximately 61.7% to 16.8% in 2018. The change in terms of land surface cover translates to an increase of about 23.08% from 1998 to 2018 of the computed peak discharges. The peak inflows for all the detention basins were observed in the extreme event of 20 December 2011. The designed detention basins are capable of capturing up to 65% of runoff to make the catchment safe from the flooding incidents.

Key words: ArcGIS, detention basins, HEC-HMS, land use, rainfall-runoff simulation.

Т. Мкилима

Тлемсен университетіндегі Пан-Африка университетінің Су және энергетика ғылымдары институты
(климаттың өзгеруін қоса), Алжир, пошта жәшігі 119 | Четуан өрісі, Тлемсен 13000
e-mail: tmkilima@gmail.com

Жерді пайдалану мен топырақ-өсімдік жамылғысының өзгеруінің жоғары урбандалған өзен алабында нөсер суларының ағуына әсері (Дар-эс-салам қаласындағы Мсимбази өзен алабының мысалында)

Кез келген өзен алабының гидрологиялық көрінісі көбінесе белгілі бір өзен алабы шегінде жердің қалай қолданылатынына байланысты. Басқа анықтайтын факторлар климаттық жағдайларды, сондай-ақ өзен алабы ауқымын қамтуы мүмкін, бірақ олармен шектелмейді. Бұл зерттеу Танзанияда Дар-эс-салам қаласындағы Мсимбази өзен алабы мысалында жоғары урбанизацияланған өзен алабындағы жауын-шашын суларына жер пайдалану және топырақ жамылғысындағы өзгерістердің ықтимал әсерін қарастырады. Үш түрлі жыл (1998, 2009 және 2018) нақты мысалдар ретінде таңдалды және қолданылды. Гидрологиялық модельдеу жүйесінде (HEC-HMS) метеорологиялық модельді жасау үшін 2011 жылдың желтоқсан айындағы 100 жылдық жауын-шашын оқиғасы қолданылды. ArcGIS және HEC-Geo HMS құралдары HEC-HMS оқиғаларына негізделген нөсер ағынын модельдеуге мәліметтер жиынтығын дайындау үшін қолданылды. Уақыт өте келе жерді пайдалану/топырақ-өсімдік жамылғысының өзгеру дәрежесі ArcGIS-тегі бақылау әдісімен зерттелді. Жалпы модельдеу процесі Soil Conservation Service (SCS) Curve Number (CN) деректерінде негізделді. Талдау нәтижелері бойынша өзен алабындағы топырақ-өсімдік жамылғысы тез өзгеретіні байқалды; мысалы, төмен қарқындылықтың дамыған санаты жамылғысы 2018 жылы шамамен 61,7%-дан 16,8%-ға дейін өзгерді. Жер бетінің жамылғысы жоспарындағы өзгеріс 1998 жылдан бастап 2018 жылға дейін есептік ең жоғары төгінділердің шамамен 23,08%-ға артуына алып келеді. Барлық резервуарлар үшін ең жоғары ағындар 2011 жылдың 20 желтоқсанында төтенше жағдайда байқалды. Жобаланған резервуарлар су төгетін бассейнді су тасқынынан қорғау үшін ағынның 65%-ын кешіктіре алады.

Түйін сөздер: ArcGIS, резервуарлар, HEC-HMS, жерді пайдалану, жаңбыр ағынын модельдеу.

Т. Мкилима

Институт водных и энергетических наук Панафриканского университета (включая изменение климата) при Тлемсенском университете, Алжир, Почтовый ящик 119 | Четуанское поле, Тлемсен 13000
e-mail: tmkilima@gmail.com

Влияние изменения землепользования и почвенно-растительного покрова на сток ливневых вод в высокоурбанизированном водосборном бассейне (на примере водосборного бассейна Мсимбази в городе Дар-эс-Саламе)

Гидрологическая картина любого водосбора в значительной степени зависит от того, как используется земля в пределах конкретного водосбора. Другие определяющие факторы могут включать, помимо прочего, климатические условия, а также размер водосбора. В данном исследовании рассматривается потенциальное воздействие изменений в землепользовании/почвенном покрове на сток ливневых вод в высокоурбанизированном водосборе на примере водосбора Мсимбази в городе Дар-эс-Саламе, Танзания. Три разных года (1998, 2009 и 2018) были выбраны и использованы в качестве конкретных примеров. Для разработки метеорологической модели в Системе гидрологического моделирования (HEC-HMS) использовалось экстремальное за 100 лет событие выпадения осадков в декабре 2011 года. Инструменты ArcGIS и HEC-Geo HMS были использованы для подготовки наборов данных для моделирования ливневого стока на основе событий в HEC-HMS. Степень изменения землепользования/почвенно-растительного покрова по истечению времени была исследована с помощью метода супервизии в ArcGIS. Общий процесс моделирования основывался на данных Soil Conservation Service (SCS) Curve Number (CN). По результатам анализа было замечено, что почвенно-растительный покров на водосборе быстро изменяется; например, покрытие развитой категории низкой интенсивности изменилось приблизительно с 61,7% до 16,8% в 2018 году. Изменение в плане покрытия поверхности земли приводит к увеличению расчетных пиковых сбросов примерно на 23,08% с 1998 по 2018 год. Пик притока во все водосборные бассейны наблюдался во время чрезвычайного события 20 декабря 2011 года. Спроектированные резервуары способны задержать до 65% стока, чтобы обезопасить водосборный бассейн от наводнений.

Ключевые слова: ArcGIS, резервуары, HEC-HMS, землепользование, моделирование дождевого стока.

Introduction

Efficient stormwater runoff management practices can protect one of our most important natural resources, properties and human lives. Increased impervious surfaces due to land-use changes magnify the demolishing power of floods as it increases the amount of stormwater runoff generated. However, estimation of rainfall-runoff and its relation to flood is a difficult task due to the influence of different complex factors.. The impervious surfaces may significantly affect the hydrologic patterns of catchments (McGrane 2016; Zhou et al. 2014; Shuster et al. 2005). Generally, hydrology may be defined as the movement of the earth's water in relation to land (Şen 2020), while land cover refers to anything that covers the earth's surface including forests, wetlands, impervious surfaces as well as the open water (Potapov et al. 2020). The degree to which land use/ land cover in a particular catchment is affected is highly dependent on natural and socio-economic factors (Schueler, Kuemmerle, and Schröder 2011).

In rapidly urbanizing catchments, an increase in stormwater runoff quantity may lead to numerous serious problems such as flash floods, soil erosion and alteration of an ecosystem (Chen et al. 2021). Changes in land use usually affect stormwater runoff flow characteristics as much water has to flow on the surfaces rather than infiltrating to the ground due to an increase in impervious surfaces leading to serious flooding incidents. In such cases, detention basins can be used to control or reduce the problem. Detention basins are designed to capture and slow stormwater runoff to prevent downstream flooding, reduce the extent of soil erosion, extend water flow period in the river which will also provide water for ecological conservation as well as provide water for none portable uses (Terêncio et al. 2020).

The need to promote stormwater management technologies in Tanzania is reinforced by the fact that stormwater management is inadequate leading to extreme flooding incidents in places like Dar es Salaam. The problem is exacerbated by a number of factors such as poor planning systems with residents

living in unplanned, largely informal settlements (Seleman et al. 2020).

With the rapid urbanization in Dar es Salaam (Bhanjee and Zhang 2018), the catchments within the city are also under high pressure where the uses of the land are also rapidly changing.

In the recent past, the Msimbazi catchment has been subjected to changes in hydrologic behavior as the catchment is now more intermittent with more serious flash-flood incidents (Valimba and Mahe 2020). Unfortunately, linking between the impact of rapid urbanization and the nature of runoff in highly urbanizing catchments has been always a global challenge. The phenomenon is highly linked to the fact that little has been reported on the proper ways of investigating the trend of a catchment urbanization with time. Lack of sufficient and high-quality data as well as expertise issues are of significant challenge for execution of studies in the field.

The SCS curve number method is a simple, widely used and efficient method for determining the amount of runoff from a rainfall even in a particular area. Although the method is designed for a single storm event, it can be scaled to find average annual runoff values. The requirements for this method are very low, rainfall amount and curve number. The curve number is based on the area's hydrologic soil group, land use, treatment and hydrologic condition. The general equation for the SCS curve number method is summarized in Equation 1 (Purdue University 2021).

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (1)$$

Whereby, Q is computed runoff depth (in), P is rainfall (in), S is the potential maximum retention after runoff begins, and I_a stands for initial abstractions.

In this study, the response of stormwater runoff on the land use/land cover change in a highly urbanizing catchment is investigated for a case of the Msimbazi catchment in Dar es Salaam, Tanzania. Landsat images are used to investigate the extent of land use/land cover change and then combined with soil data for Curve Number (CN) generation. To capture one of the worst scenarios in the impact of land-use change on the stormwater runoff generated, the rainfall data for the December 2011 extreme event was applied to all the three selected study years. The

detention basins were designed to capture and slow stormwater runoff to prevent downstream flooding, reduce the extent of soil erosion, extend water flow period in the river which will also provide water for ecological conservation as well as provide water for none portable uses.

Materials and methods

Description of the study area

The Msimbazi catchment is one of the biggest Catchments located in Dar es Salaam between latitudes 6°27' and 7°15' south of the Equator and between longitudes 39° and 39°33' East of Greenwich. The Msimbazi river flows across Dar es Salaam City all the way from the higher areas of Kisarawe district (Kisarawe hills) in the Coastal region and discharges into the Indian Ocean as shown in Fig.1 below.

The rainy period of the year within the catchment and Dar es Salaam in general normally lasts for up to 9 months, starting from September to around July 4. Also, the rainfall within the catchment is characterized by a sliding 31-day rainfall of at least 0.5 inches. The month with the most rain in Dar es Salaam is April, with an average rainfall of 6.7 inches. The most dry period of the year in Dar es Salaam ranges from July to September. In Dar es Salaam, the wet season is hot and mostly cloudy while the dry season is mostly warm, characterized by windy atmosphere, and mostly clear; and it is oppressive year-round. Over the course of the year, the temperature typically varies from 68°F to 90°F and is rarely below 65°F or above 92°F. In other hand, December to February is termed as a period with relatively the most thermal stressful period to human beings in Dar es Salaam.(Ndetto and Matzarakis 2013).

In general, Dar es Salaam is characterized by a relatively high population growth, with a growth rate of approximately 6%, making catchment area's population currently to be approximately 1.6 million and is projected to grow to 2.5 million people in 2030 (more than double the 2011 population of 1.2 million people). During the rainy season, the basin experiences torrential rains that often cause floods. The city's most severe and destructive flooding takes place in the Msimbazi flood plain (in the Lower Msimbazi Basin), putting residents, livelihoods, properties and critical infrastructure at risk (Sauka 2019).

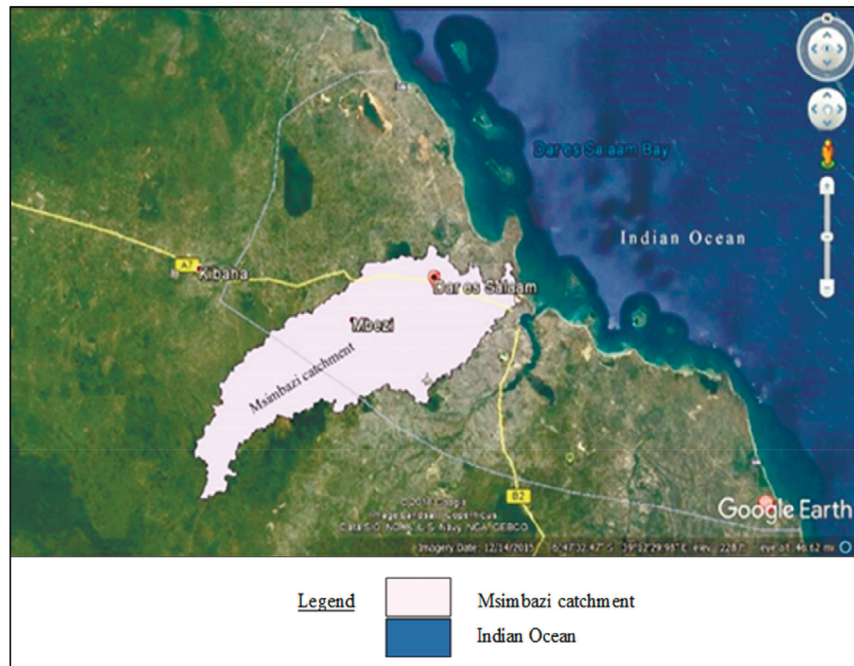


Figure 1 – Msimbazi catchment on Google Earth

Land use/land cover analysis, Digital Elevation Model processing, runoff simulation and reservoir simulation

In this study, the Digital Elevation Model was acquired from the official website of the United States Geological Survey (USGS) and then processed in ArcGIS 10.5 software packages for watershed delineation. Landsat images for the selected study years were collected from the official website of the United States Geological Survey (USGS) and then processed in ArcGIS for the Land

cover/land use data. Soil datasets from Soil and Terrain Database for Southern Africa (SOTERSAF) were also processed in ArcGIS then merged with Land cover/land use data for the Curve Number generation. Rainfall datasets collected from the Tanzania Meteorological Agency were also used in the meteorological model during the hydrological model development. HEC-HMS software version 4.2.1 was used for the rainfall-runoff simulation and the design of the reservoirs. The flow chart is illustrated in Fig.2 below.

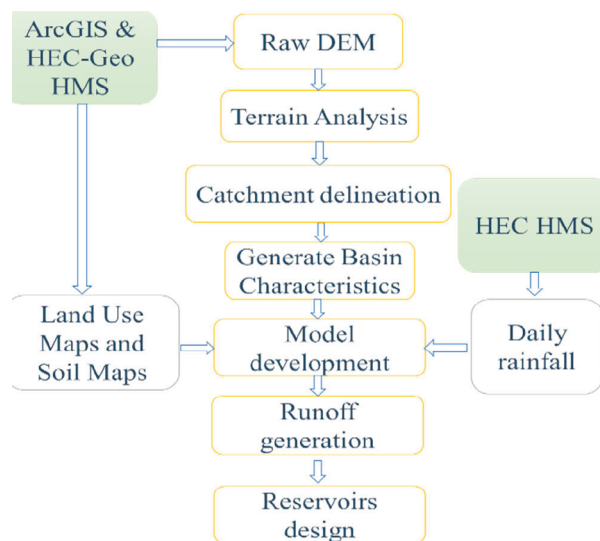


Figure 2 – Flow chart

Land use/land cover analysis

Field investigations were done in selected parts of the catchment for the study area characterization and existing situation analysis. Satellite images for 1998, 2009 and 2018 of the catchments were selected based on the quality of data and the available resolution for the Msimbazi River watershed which is the major watershed located in Dar es Salaam and then processed in ArcGIS using the supervised method of the Image Analysis tool.

Digital Elevation Model processing for catchment delineation

Hydrological characteristics of the catchment were extracted from the Digital Elevation model using ArcGIS and GIS extension tools ranging from the DEM reconditioning in Arc Hydro tools to HMS project creation in HEC-Geo HMS tool.

All the procedures for the catchment delineation are summarized in Fig. 3.

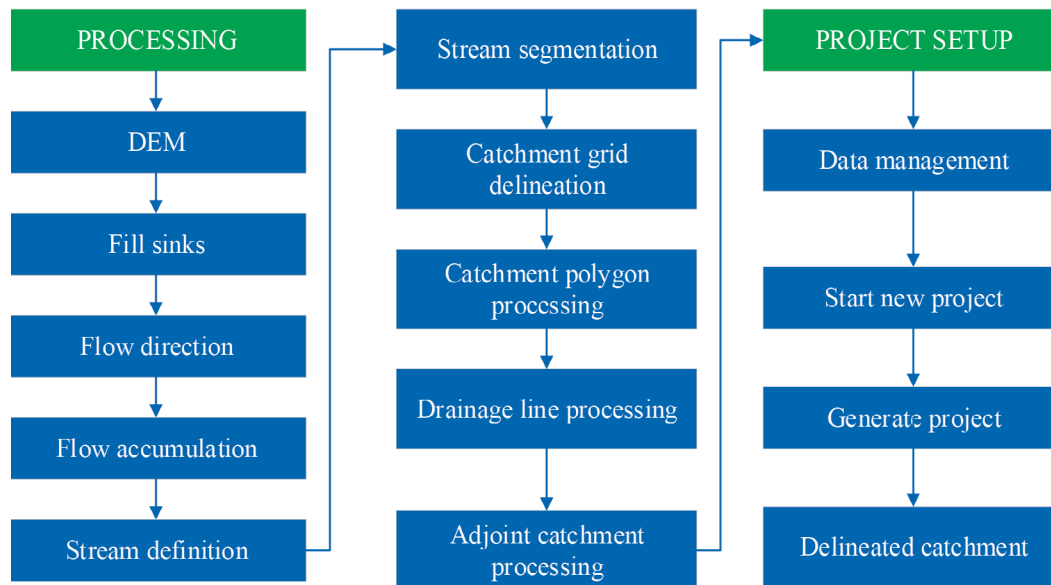


Figure 3 – Catchment delineation processes

Rainfall-runoff simulation

The hydrological modelling was accomplished by dividing the watershed into different sub-catchments. To compute infiltration loss, the SCS CN method was used; converting excess rainfall to runoff model, the SCS unit hydrograph was used, and channel flow routing accomplished by using the simple Lag routing method of the HEC-HMS model. The HEC HMS model was used for rainfall-runoff simulation to quantify the amount of runoff generated with respect to the land use and precipitation data for the runoff detention facilities design.

Reservoir routing

The reservoirs or detention ponds/basins were designed in HEC HMS; where the Paired Data Manager file was created in order to create storage-discharge curve. The Storage-Discharge method was used to define the storage method with storage-discharge curve which was created in the Paired Data Manager. The Inflow=Outflow method was used in the HEC HMS.

Results and discussion

Land use/land cover analysis

The land use/land cover analysis based on Supervised approach in ArcGIS was accomplished. From the analysis results it was observed that, the land surface cover in the catchment has been rapidly changing; for instance, developed low intensity category coverage changed from approximately 61.7% to 16.8% in 2018. However, the shift in terms of low intensity development surface cover was observed from 1998 to 2009 whereby the coverage changed from 61.7% to 21.1%. Then from 2009 to 2018 the low intensity coverage changed from 21.1% to 16.8%. The phenomenon shows that, the trend of converting the undeveloped land to developed one has been decreasing with the decrease in the accessible less developed surface.

Contrary to the low intensity developed areas that have been decreasing in the catchment, the high intensity developed areas were observed to be increasing with time. However, the increasing

pace is a bit low compared to the increasing rate of the medium intensity development. In a study conducted by Sheeraz Memon *et al.*, for Yongin watershed in Korea (Memon *et al.* 2013), it was also observed that, urbanization activities have significant impact on the state of the catchment; whereby, dry field, paddy field, forest, and ground cover were changed to bare land about 61, 96, 13, and 9%, respectively. Moreover, in the literature,

urbanization in catchments has been observed to be a difficult thing to be investigated and potentially linked to some problems, including; effects of habitat complexity on instream macroinvertebrate assemblages (White and Walsh 2020), impacts on floods, droughts and the overall river regime (Oudin *et al.* 2018), as well as impacts on annual runoff and actual evapotranspiration (Kalantari *et al.* 2017).

Table 1 – Land use coverage in percentage

Type of land use	Coverage per cent of land use (%)		
	Year: 1998	Year: 2009	Year: 2018
Water bodies	0.128609	0.258491	0.436798
Forest	8.415803	14.69457	1.858241
Developed, high intensity	3.823405	13.42444	19.76884
Developed, medium intensity	25.96702	50.48973	61.1165
Developed, low intensity	61.66516	21.13276	16.81962
Total	100	100	100

Digital Elevation Model processing

The Msimbazi catchment Digital Elevation Model processing was successfully accomplished where the boundary of the catchment and its streams, were properly computed by the ArcGIS software packages. Figure 3 below shows a well-drained catchment with up to four stream orders. In the process, the simulated fourth, third order and most of the second-order streams, matched perfectly with existing streams. Although some of the first-order streams could not

be captured in the delineation process due to DEM resolution and stream threshold issues. The DEM reconditioning process did a good job in localizing streams in their right paths especially for the flat areas such as downstream of the catchment. Generally, the whole process of the GIS-based map delineation of Msimbazi catchment worked well to delineate and localize the natural runoff routes. Also, in the process, 151 sub-basins (before merged) and 83 junctions were generated (Fig. 3).

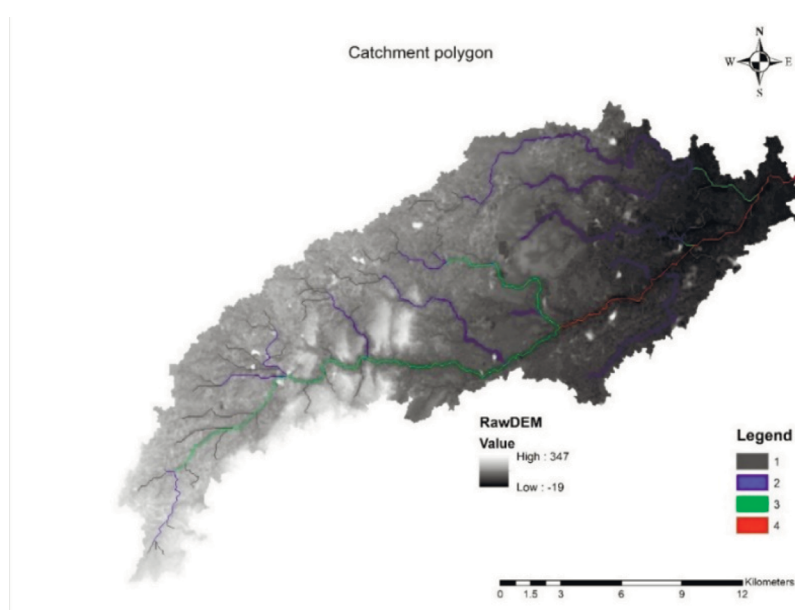


Figure 4 – Raw DEM and stream order

Rainfall-runoff simulation

The SCS loss method relies on curve number (CN) to determine excess precipitation and losses within each sub-basin. Based on the simulated daily rainfall, peak discharge of each study year was obtained. Table 1 below shows the peak runoff discharges, which are; 355.7 m³, 402.7 m³ and 437.8 m³ for the year 1998, 2009 and 2018, respectively. Translating to a peak discharge increase of about 23.08% from 1998 to 2018.

It has to be noted that in the investigation process all other parameters were kept constant while changing land use/land cover data based on the study years. In that matter, the observed changes in terms of simulated peak discharges are solely based on the land use/land cover data. The results reveals further that there is a significant relationship between land use/land cover change and the characteristics of stormwater runoff. That is to say that, the 61.7% to 21.1% decrease in terms of low intensity development, 3.8% to 19.8% increase in terms of high intensity development and 26% to 61.1% increase in terms of medium intensity development led to 23.08% increase in stormwater peak discharge in the catchment.

When natural vegetation is replaced with an impervious surface, the natural hydrology in the particular catchment is affected, increasing stormwater runoff and reducing groundwater recharge. The result is more frequent flooding, higher flood peak flow, lower base flow in streams,

and lower water table levels. The peak discharge increase phenomenon in the catchment can be highly linked to the fact that, the impervious surfaces have the tendency of reducing the lag time of the stream hydrograph resulting from lower roughness, infiltration, interception and high runoff. Apart from the general runoff peak discharge increase, the heated surface runoff from impervious surfaces can significantly change the levels of temperature in stormwater; this is due to the fact that, the impervious surfaces absorb and store heat, which is then transmitted to surface runoff during rainfall events. In the literature, some studies have shown positive correlations between impervious surface area and stream temperature (United States Environmental Protection Agency 2021). Also, in terms of quality perspectives, in built areas with extensive impervious surfaces, natural percolation of water into the earth is hindered that makes it rush across the landscape, carrying pollutants and biological contaminants into waterways, poisoning fish, wildlife, and human beings.

Also, according to the study conducted by on the application of storm water management model to predict urban headwater stream hydrological response to climate and land cover change, it was observed that the impervious surface percentage upsurge from 5% to 17 %, leading to significant increases of peak discharge, flashiness, and runoff at 49.5 %, 39.3 % and 73.9 %, respectively, for urban watersheds (Wu et al. 2013).

Table 2 – Summary of the simulated peak discharges for each study year

Year	Simulated Peak Discharge (m ³ /s)
1998	355.7
2009	402.7
2018	437.8

There is a noticeable change in outflows as years move-by, from the graphs in Fig. 4, it can be observed that the outflows have been increasing with years from 1998 to 2018 which can be directly linked with the impact of land-use change as the only varying parameter. The impact is more easily noticed during the low precipitation periods. The whole phenomenon reveals that the capacity of the stormwater runoff to infiltrate into the ground has been reducing as an impact of land-use change.

Reservoir routing

The coverage area for each sub-basin contributing to the designed reservoirs in km² and percentage as well as inflows, storages and outflows of the designed reservoirs were calculated. In HEC HMS each reservoir/detention basins was connected to its corresponding sub-basin through reaches as shown in Fig. 5. A total of 5 subbasins were extracted from the study catchment and each subbasin was connected to a reservoir at the outlet.

In a natural situation, an increase in discharge (cubic feet/second) will result in an increase in all three parameters - the river becomes wider, deeper and flows at a higher velocity. When a stream channel can no longer accommodate increased discharge, it overflows its banks and a flood occurs. The proposed basins can be used to capture runoff during high flows and release at a controlled rate to avoid flooding incidents downstream. In general, reservoir routing can be defined as a mathematical

procedure by which the hydrograph immediately below the reservoir is determined for the supplied inflow hydrograph(s) of the river(s) contributing to the storage of the reservoir. The routed hydrograph is characterized by the capacity to attenuate the flood peak of the inflow hydrograph. It involves the application of the continuity equation to a storage facility in which the storage volume for a particular geometry is a dependent only on the outflow (Fenton 1992).

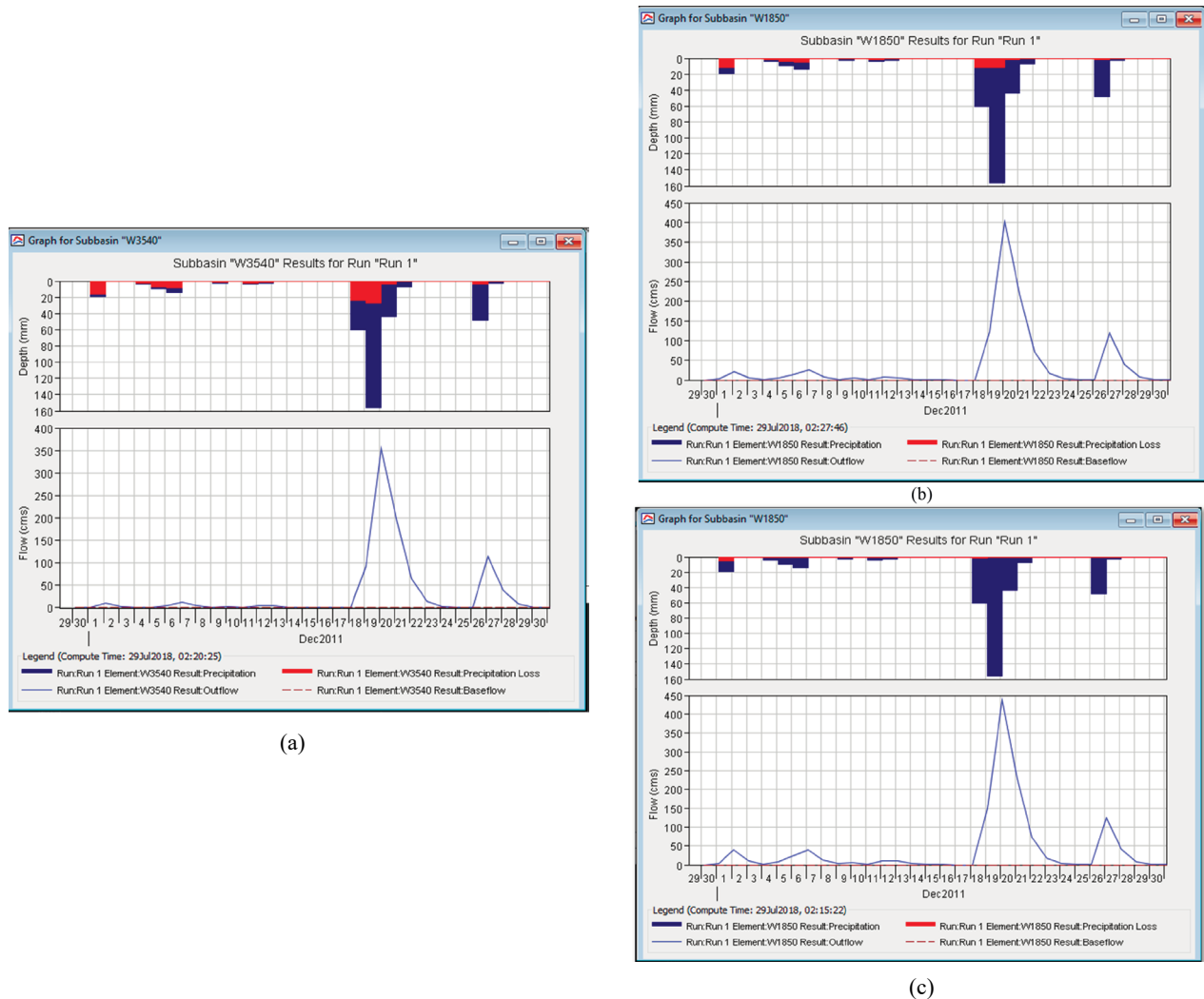


Figure 5 – Runoff modelling summary (a) 1998 (b) 2009 (c) 2018 datasets

The area of each merged sub-basin was calculated along with its percentage coverage compared to the total area of the study catchment (295.9 km²). The calculated area coverages for the sub-basins are summarized in Table 2 below. Each sub-basin was designed to discharge water to its corresponding reservoir. The storage capacity of each of the designed reservoirs/detention basins also depends on the area coverage of

the sub-basin discharging water to the reservoir. The peak inflows for all detention basins were observed in the extreme event of 20 December 2011, where reservoir 1 had 123.6 m³/s, reservoir 2 had 43.5m³/s, reservoir 3 had 37.5 m³/s, reservoir 4 had 60.5 m³/s and reservoir 5 had 19.2 m³/s as shown in Table 3 below. A total of 284.5 m³/s which is about 65% of the peak runoff discharge generated in the catchment.

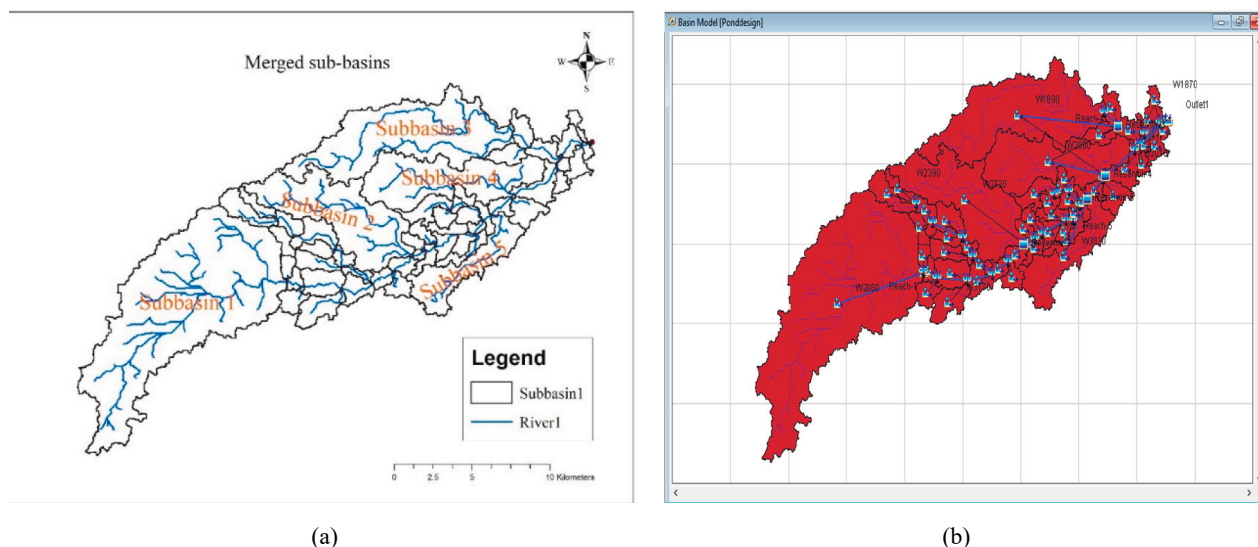


Figure 6 – Sub-basins: (a) – Merged sub-basins; (b) – Connected reaches

Table 3 – Area of each contributing sub-basin to the designed reservoirs

Sub-basin	Area (km ²)	Coverage (%)	Peak discharge (m ³ /s)
1	92.75	31.34	123.6 m ³ /s
2	32.29	10.91	43.5m ³ /s
3	27.68	9.36	37.5 m ³ /s
4	44.32	14.98	60.5 m ³ /s
5	14.63	4.94	19.2 m ³ /s

Conclusions

In this study, the potential effect of land use/land cover changes on stormwater runoff in a highly urbanizing Msimbazi catchment has been investigated. The coverage area for each sub-basin contributing to the designed reservoirs in km² and percentage as well as inflows, storages and outflows of the designed reservoirs were calculated. From the analysis results it was observed that, the land surface cover in the catchment has been rapidly changing; for instance, developed low intensity category coverage changed from approximately 61.7% to 16.8% in 2018. However, the shift in terms of low intensity development surface cover was observed from 1998 to 2009 whereby the coverage changed from 61.7% to 21.1%. Then from 2009 to 2018 the low intensity coverage changed from 21.1% to 16.8%. The phenomenon shows that, the trend of converting the undeveloped land to developed one has been decreasing with the decrease in the accessible less developed surface. That is to say

that, the 61.7% to 21.1% decrease in terms of low intensity development, 3.8% to 19.8% increase in terms of high intensity development and 26% to 61.1% increase in terms of medium intensity development led to 23.08% increase in stormwater peak discharge in the catchment. The peak inflows to all the detention basins were observed on the most extreme day of 20 December 2011. The designed reservoirs could capture a total of 284.5 m³/s which is about 65% of the peak runoff discharge generated in the catchment. As shown from this study, detention basins should be promoted as a technology for stormwater runoff management in flood-threatened areas because they can serve multiple purposes including floods control, ecological conservation, recreational purposes, soil conservation as well as providing water for supply.

Acknowledgement

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP09258790).

References

- Bhanjee, Sheliza, and Charlie H. Zhang. 2018. "Mapping Latest Patterns of Urban Sprawl in Dar Es Salaam, Tanzania." *Papers in Applied Geography* 4 (3): 292–304. <https://doi.org/10.1080/23754931.2018.1471413>.
- Chen, Xiaoli, Han Zhang, Wenjie Chen, and Guoru Huang. 2021. "Urbanization and Climate Change Impacts on Future Flood Risk in the Pearl River Delta under Shared Socioeconomic Pathways." *Science of The Total Environment* 762 (March): 143144. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143144>.
- Fenton, John D. 1992. "Reservoir Routing." *Hydrological Sciences Journal* 37 (3): 233–46. <https://doi.org/10/dbm77t>.
- Kalantari, Zahra, Carla Sofia Santos Ferreira, Rory Peter Dominic Walsh, António José Dinis Ferreira, and Georgia Destouni. 2017. "Urbanization Development under Climate Change: Hydrological Responses in a Peri-Urban Mediterranean Catchment." *Land Degradation & Development* 28 (7): 2207–21. <https://doi.org/10/gb4nwt>.
- McGrane, Scott J. 2016. "Impacts of Urbanisation on Hydrological and Water Quality Dynamics, and Urban Water Management: A Review." *Hydrological Sciences Journal* 61 (13): 2295–2311. <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1128084>.
- Memon, Sheeraz, Ma. Cristina Paule, Shin-Jeong Park, Bum-Yeon Lee, Sunhae Kang, Raja Umer, and Chang-Hee Lee. 2013. "Monitoring of Land Use Change Impact on Stormwater Runoff and Pollutant Loading Estimation in Yongin Watershed Korea." *Desalination and Water Treatment* 51 (19–21): 4088–96. <https://doi.org/10/gnq3vh>.
- Ndetto, Emmanuel L., and Andreas Matzarakis. 2013. "Basic Analysis of Climate and Urban Bioclimate of Dar Es Salaam, Tanzania." *Theoretical and Applied Climatology* 114 (1–2): 213–26. <https://doi.org/10/f494wq>.
- Oudin, Ludovic, Bahar Salavati, Carina Fusho-Percot, Pierre Ribstein, and Mohamed Saadi. 2018. "Hydrological Impacts of Urbanization at the Catchment Scale." *Journal of Hydrology* 559 (April): 774–86. <https://doi.org/10/gdjttg>.
- Potapov, Peter, Matthew C. Hansen, Indrani Kommareddy, Anil Kommareddy, Svetlana Turubanova, Amy Pickens, Bernard Adusei, Alexandra Tyukavina, and Qing Ying. 2020. "Landsat Analysis Ready Data for Global Land Cover and Land Cover Change Mapping." *Remote Sensing* 12 (3): 426. <https://doi.org/10.3390/rs12030426>.
- Purdue University. 2021. "SCS Curve Number Method." 2021. <https://engineering.purdue.edu/mapserve/LTHIA7/documentation/scs.htm>.
- Sauka, Siyasanga. 2019. "Climate Resilience in Developing Cities: Msimbazi Basin, Dar Es Salaam," July, 14.
- Schueler, Vivian, Tobias Kuemmerle, and Hilmar Schröder. 2011. "Impacts of Surface Gold Mining on Land Use Systems in Western Ghana." *AMBIO* 40 (5): 528–39. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0141-9>.
- Seleman, Amour, Sara Gabrielsson, Tolly S. A. Mbwette, and Richard Kimwaga. 2020. "Drivers of Unhygienic Desludging Practices in Unplanned Settlements of Dar Es Salaam, Tanzania." *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* 10 (3): 512–26. <https://doi.org/10.2166/washdev.2020.179>.
- Şen, Zekâi. 2020. "Hydrology." In *Advances in Science, Technology and Innovation*, 53–87. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01542-8_3.
- Shuster, W. D., J. Bonta, H. Thurston, E. Warnemuende, and D. R. Smith. 2005. "Impacts of Impervious Surface on Watershed Hydrology: A Review." *Urban Water Journal* 2 (4): 263–75. <https://doi.org/10.1080/15730620500386529>.
- Terêncio, D.P.S., L.F. Sanches Fernandes, R.M.V. Cortes, J.P. Moura, and F.A.L. Pacheco. 2020. "Flood Risk Attenuation in Critical Zones of Continental Portugal Using Sustainable Detention Basins." *Science of The Total Environment* 721 (June): 137727. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137727>.
- United States Environmental Protection Agency. 2021. "Urbanization - Temperature." 2021. <https://www.epa.gov/caddis-vol2/caddis-volume-2-sources-stressors-responses-urbanization-temperature>.
- Valimba, Patrick, and Gil Mahe. 2020. "Estimating Flood Magnitudes of Ungauged Urban Msimbazi River Catchment in Dar Es Salaam, Tanzania." *Tanzania Journal of Engineering and Technology* 39 (1): 59–71. <https://doi.org/10.52339/tjet.v39i1.519>.
- White, Julia Y., and Christopher J. Walsh. 2020. "Catchment-scale Urbanization Diminishes Effects of Habitat Complexity on Instream Macroinvertebrate Assemblages." *Ecological Applications* 30 (8). <https://doi.org/10/gnq568>.
- Wu, J. Y., J. R. Thompson, R. K. Kolka, K. J. Franz, and T. W. Stewart. 2013. "Using the Storm Water Management Model to Predict Urban Headwater Stream Hydrological Response to Climate and Land Cover Change." *Hydrology and Earth System Sciences* 17 (12): 4743–58. <https://doi.org/10/f5mg7m>.
- Zhou, Yuyu, Yeqiao Wang, Arthur J. Gold, Peter V. August, and Thomas B. Boving. 2014. "Assessing Impact of Urban Impervious Surface on Watershed Hydrology Using Distributed Object-Oriented Simulation and Spatial Regression." *GeoJournal* 79 (2): 155–66. <https://doi.org/10.1007/s10708-013-9506-x>.

А.Ж. Керімқұл^{1*}, А.С. Мадібеков² 

¹Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: kerimkul_aigerim@mail.ru

ҚАПШАҒАЙ СУ ҚОЙМАСЫНДАҒЫ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ РЕЖИМНІҢ КЛИМАТ ӨЗГЕРУІНЕ ӘСЕРІ

Қоршаған ортаның комфорттылығы мен рекреациялық шаралар ұйымдастыру күн радиациясынан басқа да метеорологиялық параметрлерге байланысты болып келеді. Оларды ауа температурасы, жауын-шашын мен ауа ылғалдылығы деп айтуымызға болады. Аталған метеопараметрлердің барлығы да сол аумақтың рекреациялық әлеуетін көрсететін фактор болып табылады. Дегенмен де ең бірінші қарастырылатын аумақтың адам өмірі мен демалуына жайлылығы ауа температурасының жүрісіне байланысты баға беріледі. Соған байланысты зерттеу жұмысында Қапшағай су қоймасының және оған жақын орналасқан станциялардың 1950-2012 жылдар аралығындағы температуралық режимін статистикалық талдау арқылы оның климатқа әсерін зерттеу қарастырылды.

Зерттеу барысында Қапшағай су қоймасы салынғанға дейінгі және су қоймасы ашылғаннан кейінгі кезеңдегі ауа температурасы өзгерістері және оның климатқа әсер ету сипаты зерттелді.

Зерттеу нәтижелері метеобақылауларға сәйкес, күрт континентальды климат жағдайында су қоймалары қысқы кезеңнің жылынуына әкелетіндігін, бұл жазғы кезеңде ауа температурасының төмендеуіне қарамастан, су қоймасының көлеміне байланысты 1-50 км радиуста жылы кезеңнің ұзақтығын 1-2 аптаға арттыратынын көрсетті. Алынған мәліметтер су қоймасы температураны, жылы және аязсыз кезеңдердің ұзақтығын арттыра отырып, іргелес аумаққа оң әсер еткенін көрсетеді. Есептеулер Қапшағай су қоймасының ауа температурасына әсері бар екендігін растады.

Түйін сөздер: Қапшағай су қоймасы, ауа температурасы, су температурасы.

A.Zh. Kerimkul^{1*}, A.S. Madibekov²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²JSC «Institute of Geography and water Security», Kazakhstan, Almaty

*e-mail: kerimkul_aigerim@mail.ru

Influence of the temperature regime of the Kapshagai reservoir on climate change

Solar radiation, along with other important meteorological elements, characterizes the comfort of the environment for recreational activities in a particular area with data on air temperature, humidity and precipitation. Each of these meteorological parameters reflects to some extent the recreational potential of the earth. In this study was considered statistical analysis of the temperature regime of the Kapshagai reservoir and near stations and its impact for climate for the period from 1950 to 2012.

Analysis showed us the gradually changes in air temperature before the construction of the Kapshagai reservoir and after its opening, as well as the nature of their impact on the climate.

According to meteorological observations, in a sharply continental climate, despite a low air temperature in summer season, reservoirs lead to a warming of the winter period, which increases the duration of the warm period by 1-2 weeks within a radius of 1-50 km, depending on the size of the reservoir. According to the data obtained, the reservoir positively affected the surrounding area, as the temperature and duration of the warm and frost-free periods increased. The calculations confirmed the reliability of the influence of the Kapshagai reservoir on the air temperature.

Key words: Kapshagai reservoir, air temperature, water temperature.

А.Ж. Керімқұл*¹, А.С. Мадібеков²

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²АО «Институт географии и водной безопасности», Казахстан, г. Алматы

*e-mail: kerimkul_aigerim@mail.ru

Влияние температурного режима Капшагайского водохранилища на изменение климата

Комфортность окружающей среды и организация рекреационных мероприятий, наряду с солнечной радиацией, зависит от многих метеорологических параметров. К основным можно отнести температуру, осадки и влажность воздуха. Каждый из этих метеорологических параметров в какой-то степени отражает рекреационный потенциал земли. В то же время, одним из главных факторов, определяющих комфортность региона, является температура воздуха. В связи с этим в статье авторами рассмотрено влияние Капшагайского водохранилища и прилегающих к нему станций на климат путем статистического анализа температурного режима с 1950 по 2012 гг.

В рамках исследования изучалось изменение температуры воздуха до и после ввода в эксплуатацию Капшагайского водохранилища, а также характер их воздействия на климат. По данным метеонаблюдений, в условиях резко континентального климата водоемы приводят к потеплению зимнего периода, что увеличивает продолжительность теплого периода на 1–2 недели в радиусе 1–50 км, в зависимости от размеров водоема, несмотря на снижение температуры воздуха летом. Согласно полученным данным, водоем позитивно повлиял на прилегающую территорию, так как увеличилась температура и длительность тёплого и безморозного периодов, что подтверждается выполненными расчетами.

Ключевые слова: Капшагайское водохранилище, температура воздуха, температура воды.

Кіріспе

Су қоймасы – өзен алаптарында жиналатын суды сақтауға, жинақтауға сонымен қатар суды тоқтатуға арналған арнайы бөгеттермен шектелген халық шаруашылығының қажеттілігін қамтамасыз ету мақсатында тұрғызылатын жасанды су қоймалары. Қазіргі таңда жасанды су қоймалардың саны бүкіл әлемде жыл сайын артып келе жатыр. Су қоймаларының салынуы – үлкен аумақтағы табиғи процестерге адамзаттың араласуының үлгісі болып табылады. Жасанды су қоймаларын орнату энергетикаға, су көліктеріне, қалалар мен ірі өнеркәсіп орындарын сумен қамтамасыз етуге, барлық ауыл шаруашылығына, балық шаруашылығын жақсартуға, сонымен қатар туризмді дамыту және тағы басқа да маңызды мәселелерін шешуге өз көмегін тигізеді (Хромов, С.П., 2004: 582).

Су қоймаларының салынуы су ресурстарын толық пайдалануға мүмкіндік бергенімен, оның айналасындағы қоршаған ортаның климатына әр түрлі өзгерістер әкелетіндігін ұмытпаған жөн. Ауыл шаруашылығын сумен қамтамасыз ету мәселесін шешудің негізгі әрі маңызды әдістерінің бірі – су қоймаларының салынуы болып табылады. Қазіргі таңда дүние жүзінде 60 мыңнан аса су қоймасы қолданыста және жыл сайын бірнеше жүз жаңа су қоймалары салынууда.

Су қоймалары барлық континенттерде (Антарктикадан басқа), барлық мемлекеттерде, барлық географиялық аумақтарда (Арктика-

дан басқа), барлық биік белдеулерде, тау мұздықтарының етегінде де бар. Дегенмен, табиғи және әлеуметтік-экономикалық ахуалының әр түрлілігіне байланысты олар жер шары және көптеген елдерде әркелкі орналасқан. Су қоймаларының салынуы көптеген өзен бассейндерінің ландшафтын айтарлықтай өзгерістерге әкелген (Авакян, А.Б., 1982:173).

Су қоймаларын адамдар өз қажеттіліктеріне байланысты құрып, пайдаланса да, олар табиғат заңдарына сай дамиды және оған өз әсерін тигізеді, сонымен бірге онымен тығыз байланысты және қазір оның ажырамас негізгі бөлігі болып табылады.

Суды ирригациялық және энергетикалық пайдалануды бірлесіп пайдаланудың және ирригация мен гидроэнергетика арасындағы ықтимал болуы мүмкін жанжалды жағдайлардың алдын алудың түбегейлі шешімі үлкен көлемді су қоймалары бар жаңадан су электр станциялары құрылыстары арқылы бірлесіп дамытуға болады. Су қоймаларын салу қолжетімді әрі экологиялық энергия өндірісін ұлғайтуды, ирригация үшін – бұрыннан игерілген жерлердің ағынын және сумен қамтамасыз етілуін көпжылдық реттеудің тереңдігін арттыруды, сондай-ақ жаңаларын игеру мүмкіндігін білдіреді.

Су қоймалары бар бірнеше су тораптарының болуы гидроэнергетика мен ирригация арасындағы қайшылықтарды шешуге мүмкіндік береді. Бүгінгі таңда (Чодураев Т.М., Акматов, Р.Т., 2012) олардың арасындағы қақтығыс

аймақтағы екі негізгі өзеннің бассейндерінде су қоймасы бар бір ғана үлкен су торабы бар: Қырғызстандағы Сырдария – Тоқтоғұл, Тәжікстандағы Амудария – Нурек. Өзендегі жалғыз ірі су торабы бір мезгілде ирригациялық және энергетикалық режимде ағынды реттеуді қамтамасыз ете алмайды. Су қоймаларын салу сол күрделі мәселелердің шешімін табуға мүмкіндік береді.

Осы өзендердің әрқайсысында тағы бір ірі су торабын салу жағдайды түбегейлі өзгертеді. Егер екі емес, су қоймалары бар су тораптары көп болса, жағдай одан да жақсарады (Normatov, I., Petrov, G., 2005: 293). Біздің республикамызда су қоймаларының салынуы, құрылысы 1935 жылдан бастап қарқынды дами бастады. Қазіргі таңда жалпы сыйымдылығы шамамен 170 млн. м³ және ауданы 76 км² болатын 10 шағын су қоймасының құрылысы аяқталды. Су қоймаларының көпшілігі республикамыздың орталық, оңтүстік және шығыс бөлігінде орналасқан.

Қапшағай су қоймасы Қазақстан аумағында алып жатқан ауданы бойынша Бұқтырма су қоймасынан кейінгі екінші орынды алатын ірі су қоймаларының бірі болып табылады. 1970 жылы Қапшағай су қоймасы пайдалануға беріліп, қазіргі таңға дейін өз жұмысын жасауда.

Қапшағай су қоймасы Іле өзені орта ағысында, Қазақстанның оңтүстік-шығыс бөлігінде Алматы қаласынан 75 км солтүстікке қарай орналасқан. Қапшағай су қоймасы Қапшағай қаласы маңында, Алматы облысының аумағында орналасқан. Қапшағай су қоймасының ең алғаш суға толтырылуы 1970 жылдан басталған. Ол энергетикалық және ирригациондық мақсатта салынған су қоймасы болып саналады. Су қоймасының алып жатқан ауданы 1847 километр квадрат, ұзындығы 187 километр, енді жері 23 километр, орташа алатын тереңдігі 15 метр, ең терең жері 46 метр болады. Су қоймасының алатын жалпы сыйымдылығы 28 километр кубты құрайды. Су жиналатын алабы 113 мың километр квадрат, жағасының ұзындығы 430 километрге дейін жетеді (Козыбаев, М.К., 1983: 608).

Қапшағай су қоймасы Іле өзені бойымен шығыстан батысқа қарай таралады. Сонымен қатар өзен жайылымының ең төменгі бөлігінде орналасады. Қапшағай су қоймасына оңтүстік жақтан көптеген таулы ағындар, атап айтқанда: Шарын, Шелек, Есік, Түрген, Талғар, Қаскелең және де тағы басқа таулы ағындар келіп қосылады. Су қоймасының жағасында соғатын

желдер және толқынның әсерінен су қоймасы аумағында құмды жағажай пайда болса, ал су басқан сайларда шығанақ пайда болған (Малиновская, А.С., Тэн, В.А., 1983: 208).

Қапшағай су қоймасы жағалауындағы климат күрт континентальды, ыстық әрі құрғақ жазымен және Қазақстан мен Орта Азияның далалары мен шөлдері үстінде пайда болатын батыс және шығыс бағыттағы жиі желдері байқалады. Қыс айының климаттық жағдайлары негізінен Шығыс Сібір мен Моңғолияның үстінде қалыптасатын құрғақ және өте суық ауаның тұрақты солтүстік-шығыс ағынының таралуымен анықталып отырады. Су қоймасының аумағында өтпелі кезеңдер өте қысқа болып келеді.

Зерттеудің мақсаты Қапшағай су қоймасының және оған жақын орналасқан станциялардың 1950-2012 жылдар аралығындағы температуралық режимі мен жауын-шашын жүрісін статистикалық талдау арқылы оның климатқа әсерін зерттеу болып табылады. Зерттеу барысында Қапшағай су қоймасы салынғанға дейінгі және су қоймасы ашылғаннан кейінгі кезеңдегі ауа температурасы өзгерістері және оның климатқа әсер ету сипатын анықтау маңызды болып табылады.

Бастапқы деректер мен зерттеу әдістері

Зерттеу жұмысында су қоймасының ауа температурасы өзгеруі әсерінің 50 жылдан астам уақыт қатарларының статистикалық параметрлерін салыстырмалы талдау қарастырылады. Климаттық талдау үшін қолданылатын бастапқы деректер Казгидромет және pogodaiklimat сайттарынан алынды. Осылай анықтау үшін метеостанцияның бірі көрсетілген су қоймасының аумағында орналасса, екіншісі ол су қоймасының аумағынан жерден бірнеше километрге алшақ орналасқан станция деректері алынды.

Нәтижелері мен талдау

Су қоймаларының қоршаған ортаға әсерін кешенді түрде зерттеу ең бірінші (Лабстиков, С.В., Корпачев, В.П., 2006:151) 20-шы жылдары Ресейде, Волховский су электр станциясын жобалау негізінде жүргізілген болатын. Бірнеше уақыттан соң салыстырмалы түрде ауқымды кең көлемді, комплексті базада зерттеу тек 60-шы жылдары Кеңестік Социалистік Республикалар Одағының (КСРО) география институтының ғылыми академиясында жүзеге асырылып, дами түсті.

Су қоймаларының жергілікті климатқа әсерінің әдістері көптеген шетелдік еңбектерде

(Anandhi, A., Frei, A., Pierson, D.C., Schneiderman, E.M., Zion, M.S., Lounsbury, D., Matonse, A.H., 2011; Borowiak, D., Baranczuk, J., Nowinski, K., 2008: 148) кеңінен қарастырылған. Зерттеулер нәтижесінде метеорологиялық параметрлердің абсолютті мәндерін қысқа кезең аралығында салыстыру арқылы, су қоймасының жағалау аумағындағы климаттың өзгерісі жайында қорытынды жасау тәжірибе жүзінде анықталған. Су қоймаларының аумақтың климатына әсерін бағалау үшін жауын-шашынның кеңістіктік таралуын, ауа температурасының жүрісін, ауа ылғалдылығының өзгерістерін екі станциядан алынған мәліметтерді пайдалану арқылы салыстыра отырып жасалатын әдісті пайдалану дұрыс шешім болып есептелінеді. Осылай анықтау үшін метеостанцияның бірі көрсетілген су қоймасының аумағында орналасса, екіншісі ол су қоймасының аумағынан жерден бірнеше километрге алшақ орналасуы шарт. Яғни метеорологиялық параметрлердің кеңістіктік өзгерісі олардың берілген абсолютті мәндерімен салыстырғанда тұрақты болып келетінін байқатты. Мәндер тек берілген метеостанцияның орнын ауыстырғанда, не сол аумақта жаңа құрылыс орындарын салғанда өзгеріске ұшырауы мүмкіндігін көрсетті. Яғни, аумақта кеңістіктік айырмашылық әдісін қолдану климаттың жалпы өзгеруінің әсерін ескермей зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл аталған тәсіл ең бірінші Куйбыш, Рыбинский су қоймаларындағы қарқындылығын есептеу мақсатында және олардың әсер ету шекарасын білу үшін пайдаланылған. Су қоймасының жағалау аумағында спецификалық климаттың болуы сол су мен құрлықтың физикалық құрылымының әр түрлі болуымен бағаланады. Ең алдымен, су беткейі өзінің максималды жылу өткізгіштігімен бағаланады. Ал екіншіден, су беткейі ең аз мөлшердегі шағылдыру қасиетін айтуға болады және тайга ормандарымен салыстырғанда судың альбедосы 2-4 % дейін, ал жазықтықпен салыстырғанда 8-12 % дейін аз болып келеді. Үшіншіден, сулы беткей құрлыққа қарағанда тегіс болып келеді. Осы айтылған сипаттамалар, су бетінен өтетін желдің жылдамдығы мен ауа ылғалдығын көбейтуге өз әсерін тигізеді, сонымен бірге су қоймасының бетімен қозғалып, содан соң жағалауға келетін ауа массаларының қасиеттерінің өзгеруіне әкеледі.

Су қоймасының тереңдігі ол су қоймаларының термикалық жағдайын сипаттайтын маңызды көрсеткішінің бірі болып табылады. Су массасының елеулі көп болуы, соғұрлым

оның әсерінің де көп болатындығын көрсетеді. Алайда, ұқсас климаттық зоналардағы су мен ауа температурасының айырмашылығы кішігірім және ірі терең су қоймалары үшін де атап айтарлықтай айырмашылыққа алып келеді. Ауа температурасының су қоймасының жағалау аумағындағы әсерін екі кезеңде қарастыруға болады: салқындату және жылыту кезеңдері. Көктем мен жаздың бірінші жартысында су қоймаларының тереңдігіне қарамастан, жағалаудағы ауа температурасы жағалаудан алыс жердегі температураға қарағанда төмен. Ал жаздың екінші жартысы мен күзгі уақытта су қоймасы оның үстінен өтетін температураны жоғарылатады.

Аталған кезеңдердің уақыты және ұзақтығы географиялық ендікпен тығыз байланысты болып келеді. Тайгалық аумақтардағы су қоймаларында мұз ерігеннен кейін аса ұзақ емес уақытта жағалау аймағын салқындататын әсер береді. Ал оңтүстіктегі су қоймаларында салқындату кезеңі ұзақтығы бес айға дейін созылады, су қоймаларға ертерек су жіберу әсерімен де және бірнеше уақытқа созылатын жаздағы салқындату әсерімен түсіндіріледі.

Терең су қоймалары баяу жылынады, сол себепті де солтүстікте салқындатушы әсер тамыз айына дейін созылса, ал жазық және орманды жерлерде суды ерте жіберудің әсерінен 4-5 айға дейін созылады. Температурамен бірге жағалау аумағында ауа ылғалдылығы да өзгерістерге ұшырайды. Жаздың күні ауа ылғалдылығының максималды мәні оңтүстік аймақта орналасқан терең су қоймаларына тән болып келеді.

Су қоймалары сонымен қатар салыстырмалы ылғалдылыққа да тигізетін әсері зор. Көктем және жаздың алғашқы жартысында, атап айтқанда күндізгі уақытта салыстырмалы ылғалдылық жағалау маңында шамамен 6-12 % дейін жоғары болып келеді. Су қоймаларында мамыр, шілде айларында күндізгі кезде айырмашылығы 10-15 % дейін жетуі мүмкін. Жағалау аумағындағы бұл метеорежимнің өзгерісін жазда кездестіруге болады. Күзгі кезеңде жағалаудағы және континенттегі салыстырмалы ылғалдылық теңеседі, ал түнде жағалауда 2-4 % дейін құрғақ болады.

Климатқа су қоймаларының әсер етуі туралы әр түрлі көзқарастар мен ойлар қалыптасқан. Мысалы, су қоймасы жергілікті климатқа өте қатты әсерін тигізеді, ал құрылыстардың көптеп салынуы үлкен кеңістіктегі гидрологиялық режимнің өзгерісіне алып келеді деген және осыған қарама-қарсы көзқарас су қоймасы жергілікті

климатқа әсері аз деген де ойлар қалыптасқан. Су қоймасының әсер ету аймағын екі топқа бөліп қарауға болады: ресми және нақты. Егер де су қоймасындағы температураға 0,1-0,05 °С әсер етеді десек, онда әсер ету аймағын 20-50 км деуге болады. Тәжірибе нәтижелері бойынша су қоймасының әсері бар деп айтуды температура 0,2 °С, ал ауа ылғалдылығы 0,1 миллибарға тең болған кездегісін ескертеді.

Сонымен бірге су қоймасының салқындатушы әсері аз арақашықтықта, ал жылытушы әсер одан ұзақ арақашықтықта әсер ететіні анықталған. Әсер ету аймағының ені су қоймасының әр жағалау аумағында әркелкі, ол сол аймақтың жел графигін тұрғызу арқылы анықталады (Арсеньев, Г.С., 2005: 231).

Н.Д. Кумскова (Кумскова, Н.Д., 2009: 61) Зей су қоймасының салынғанға дейінгі және салынғаннан кейінгі кезеңдегі жергілікті климатқа әсерін қарастырған. Зерттеу мақсаты су қоймасын суға толтырғаннан кейінгі температура өзгерісін, көп жылдық температура және жауын-шашын мөндерін, жылы және аязсыз кезеңдердің ұзақтығын анықтау болған.

Зерттеулер жүргізу үшін су қоймасының оңтүстігіндегі Зей метеостанциясының және солтүстік бөлігінде орналасқан Бомнак метеостанциясының бақылау мәліметтерін пайдаланған және температуралық режим су қоймасы салынғаннан соң ауаның орташа жылдық температурасы Зей МС 1,5 °С-қа, ал Бомнак МС 1,1 °С-қа жоғарылағанын көрсеткен. Өзгерістің үлкен мөндері қараша айынан ақпан айына дейін созылған және ол 2,3-3,5 °С және 1,4-2,5 °С құраған. Мұзсыз су беткейінің температурасы сәл ғана жоғарыласа, ал Бомнак МС тамыз айында тіпті 0,2°С төмендеген. Сонымен қатар, су қоймасы салынғаннан кейін бұрынғы кездегідей қатты аяздар байқалмаған.

Яғни су қоймасының салынуы температураның 1,5 °С дейін жоғарылауына, 17 күнге оң таңбалы температуралы күндер саны көбеюіне және 11 күн аязсыз болуына өз әсерін тигізген

және де температураның абсолютті минимум мәні 6,3 °С жоғарылаған. Ал су қоймасының бұл көрсеткіштері солтүстік бөлігінде төменірек мәнді көрсетеді. Қорыта айтқанда, Зей су қоймасының салынуы жергілікті климаттың жұмсаруына, яғни ауылшаруашылығына оң әсерін тигізген (Kumskova, N.D., 2009).

Қоршаған ортаның комфорттылығы күн радиациясынан басқа да метеорологиялық параметрлерге байланысты болып келеді. Олар ауа температурасы, жауын-шашын мен ауа ылғалдылығы деп айтуымызға болады. Аталған метеопараметрлердің барлығы да сол аумақтың рекреациялық әлеуетін көрсететін фактор болып табылады. Дегенмен де ең бірінші қарастырылатын аумақтың адам өмірі мен демалуына жайлылығы ауа температурасының жүрісіне байланысты баға беріледі.

Тәжірибе мен бақылаулар қоршаған ортаның жылу жағдайлары адам ағзасы үшін ең маңызды екенін растайды. Биоклиматолог Н.Н. Галахов «ауа температурасы – бұл климаттық дамудың барлық компоненттерінің әсерін жақсы көрсететін синтетикалық элемент: күн радиациясы, атмосфералық айналым және жер беті», нәтижесінде ол «әртүрлі табиғи құбылыстардың даму қарқынына жетекші әсер етеді» деген. Зерттеулер көрсеткендей, ауа температурасы негізінен күн радиациясымен анықталады. Оның күндізгі және түнгі уақытқа өзгеруіндегі айырмашылықтар температураның тәуліктік ауытқуын, ал әртүрлі маусымдық-жылдық ауытқуларын анықтайды.

Су қоймалары салынғаннан кейін сол аумақтың климатына өз әсерін тигізетіні белгілі. Бірақ та Қапшағай су қоймасының құрылысы салынғанға дейін және кейін қалай өзгертетіні аса зерттелмеген. Алайда шетелдік ғалымдардың жұмыстарында су қоймаларының салынуы сол аймақтың климатына айқын әсер ететіндігін көруімізге болады. Қапшағай су қоймасындағы ауа температурасының өзгерісі төмендегі кестеде көрсетілген (1-кесте).

1-кесте – Қапшағай МС ауа температурасының өзгерісі

Кезең	Климаттық анықтама бойынша	1976-2005	2005-2020
Жыл	9,7	9,9	10,8
Қараша-наурыз	-2,7	-2,2	1,7
Наурыз	1,7	2,4	4,9
Сәуір-қазан	18,5	18,7	19,2

1-кестеде көрсетілгендей, Қапшағай МС ауа температурасының өзгерісі берілген жылдар аралығында ауа температурасының өскенін көрсетеді. Нормамен салыстырғанда ауа температурасы жоғарылаған. Ауа температурасы сәуір және қазан айларында өскенін көрсетеді. Яғни мәліметтерді талдау көктем мен жаз

мезгілінде ауа температурасының жоғарылауы су қоймасы аумағында температураның әр түрлі мәндері байқалуы ол су массасы термикалық режиміне байланысты екенін көрсетеді. Төмендегі кестеде Қапшағайдағы су мен құрлық температурасының орташа көпжылдық мәндері келтірілген (2-кесте).

2-кесте – Қапшағайдағы су мен құрлық температурасының орташа көпжылдық мәні

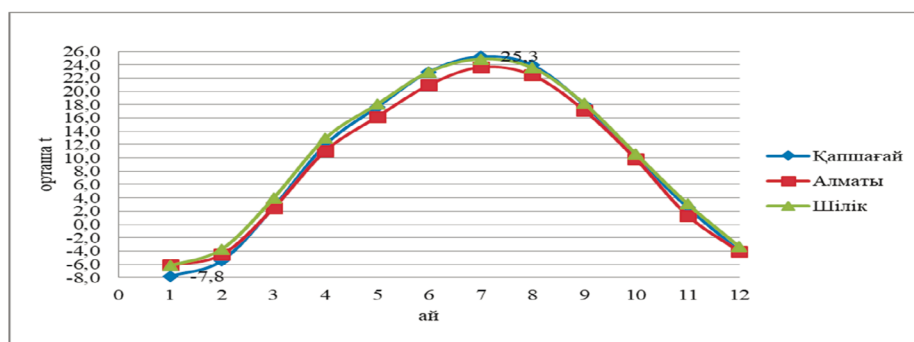
Көрсеткіш	Айлар											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Су температурасы, ° C	3,0	3,1	5,7	12,2	18,1	23,3	26,9	25,6	19,5	11,3	5,0	3,0
Ауа температурасы, ° C	-7,7	-6,0	1,7	11,9	17,5	22,8	25,5	23,9	18,0	9,9	2,2	-3,5
Δt , ° C	10,7	9,1	4	0,3	0,6	0,5	1,4	1,7	1,5	1,4	2,8	6,5

Кестеде көрсетілгендей, су мен ауа температурасының арасындағы ең айқын айырмашылықтар өтпелі кезеңдерде байқалады. Қаңтарда температура айырмашылығы 10 °C-тан асады. Тек сәуір мен маусым аралығында су мен ауа температурасының орташа айлық мәні арасында аса үлкен айырмашылық жоқ. Шілде айынан бастап айырмашылық белгісі өзгеріп, желтоқсан айына дейін 6,5 °C жеткен, сондықтан осы мезгілде су қоймасы жердің жылу режиміне айтарлықтай әсер етеді.

Температура өзгеруі су мен құрлықтағы ауа температурасының контрастына байланысты екенін көрсетеді. Ал бұл айырмашылық су қоймасының географиялық орны мен су

қоймасының қасиеттеріне (қалпына, өлшеміне, судың мөлдірлігіне, тереңдігіне және де тағы басқаларына) байланысты болып келеді.

Аумақтың климатының көрсеткіші – бұл ауа температурасының орташа көпжылдық мәні, оң температуралардың мөлшері, орташа тәуліктік ауа температурасының өзгерістерін жатқызуға болады. Аймақтағы ауа-райының өзгерісін сипаттау үшін су қоймасына жақын орналасқан Қапшағай, Алматы ОГМС, Шелек метеостанцияларының бақылау мәліметтері алынды. Осы метеостанциялардың деректерін Қапшағай су қоймасына жақын орналасқан аумақпен салыстыру үшін станциялардағы температураның жылдық жүрісі көрсетілген (1-сурет).



1-сурет – Станциялардағы ауа температурасының жылдық жүрісі

1-суретте көрсетілгендей станцияларда температураның максимумы жазда шілде айына, ал минималды мәні қыста, қаңтар айында байқалған. Ауа температурасының максимум

(25,3 °C) және минимум мәні (7,8 °C) Қапшағай станциясында тіркелген.

Температура мәндерінің таралуы берілген станцияларда жыл мезгіліне байланысты

бірқалыпты өсіп, бірқалыпты төмендеген. Барлық зерттеу нысандарында температуралардың көпжылдық орташа мәндерінің жүрісі негізінен бірқалыпты жүріс байқалған.

Су қоймаларының қоршаған ортаға әсерін зерттеу әр түрлі климаттық зоналарда зерттеу, метеопараметрлердің өзгеруіне әсері жылдың әр кезеңінде өз әсерін көрсетеді. Қапшағай су қоймасының салынуының да климат өзгерісіне тигізетін әсерін зерттеу аса зерттелмеген тақырып болып табылады. Осылай анықтау үшін метеостанцияның бірі көрсетілген су қоймасының аумағында орналасқан Шелек стан-

циясы, екіншісі ол су қоймасының аумағынан жерден 66 километрге алшақ орналасқан Алматы станциясы алынды. Яғни, аумақта кеңістіктік айырмашылық әдісін қолдану климаттың жалпы өзгеруінің әсерін ескермей зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл аталған тәсіл ең бірінші Куйбыш, Рыбинский су қоймаларындағы қарқындылығын есептеу мақсатында және олардың әсер ету шекарасын білу үшін пайдаланылған.

Қапшағай су қоймасы құрылысына дейінгі және құрылысы салынғаннан кейінгі кезеңдегі ауа температурасының өзгерісі төмендегі суретте көрсетілген (2-сурет).

3-кесте – Қапшағай су қоймасы құрылысына дейінгі және құрылысы салынғаннан кейінгі кезеңдегі ауа температурасының өзгерісі

Кезеңдер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Жыл
Шелек													
Су қоймасы салынғанға дейін (1950-1970)	-7,8	-5,2	3,5	11,8	17,5	21,8	24,2	22,8	17,8	9,6	0,5	-5,4	9,2
Су қоймасы салынғаннан кейін (1971-1995)	-6,2	-3,7	4,0	12,9	18,1	22,9	24,9	23,6	18,2	10,6	3,1	-3,4	10,4
Ауытқу	1,6	1,5	0,5	1,1	0,6	1,1	0,7	0,8	0,4	1,0	2,6	2,0	1,2
Алматы													
Су қоймасы салынғанға дейін (1950-1970)	-6,4	-4,9	2,3	10,3	16,1	20,6	23,4	22,1	17,0	9,1	0,3	-4,7	8,8
Су қоймасы салынғаннан кейін (1971-1995)	-5,6	-4,0	1,9	11,2	16,0	21,2	23,9	22,8	16,5	8,7	2,2	-3,0	9,5
Ауытқу	0,8	0,9	0,4	0,9	0,1	0,6	0,5	0,7	0,5	0,4	1,9	1,7	0,7

3-кестеде көрсетілгендей, Қапшағай су қоймасы құрылысына дейінгі және құрылысы салынғаннан кейінгі кезеңдегі ауа температурасының өзгерісі берілген және ауа температураларының өзгерушіліктерінде біршама айырмашылықтары болған. Ауа температурасындағы айырмашылықтар қыс айында байқалған. Шелек станциясында су қоймасы салынғаннан кейін ауа температурасындағы ауытқушылықтар айқын көрінеді. Судың әсер етуі температураның біршама ауытқушылықтарына алып келген. Ауытқушылықтың максимум мәні Шелек станциясында 2,6 жеткен. Су қоймасынан 66 км қашықтықта орналасқан Алматы станциясына да әлсіз әсер еткенін көруге болады.

Мәселен, Қапшағай су қоймасының әсер ету аймағында Шелек станциясында ауаның орташа жылдық температурасы климаттық нормамен салыстырғанда 1,2⁰ С (1950-1970 жж. құрылысқа дейін, 1971-1995 жж. құрылыстан кейін), Алматы станциясында 0,7⁰ С (1950-1970 жж. құрылысқа дейін, 1971-1995 жж. құрылыстан кейін) дейін өзгерген.

Қапшағай су қоймасын салғаннан кейін жылдың барлық мезгілінде ауа температурасының жоғарылауы байқалған.

Қыс мезгілінде су қоймалары климатқа, негізінен, жылулық әсер етеді. Сонымен, Алматы МС су қоймасы салынғаннан кейін ауа температурасының 0,8-0,9⁰С, ал Шелек МС

ауа температурасының 1,2-1,6 °С жоғарылауы байқалады. Қапшағай су қоймасы іргелес аймақтардың температурасының өзгерісіне әлсіз әсер еткен. Су қоймасының салынуы қыс мезгіліндегі жылы күндер санының көбеюіне өз әсерін тигізген.

Қорытынды

Қапшағай су қоймасындағы термикалық режимнің өзгерісіне су мен құрлықтағы температура контрастына байланысты екенін көрсетеді. Ал бұл айырмашылық су қоймасының географиялық орны мен су қоймасының қасиеттеріне (қалпына, өлшеміне, судың мөлдірлігіне, тереңдігіне және де тағы басқаларына) байланысты болып келеді.

Қапшағай су қоймаларының іргелес аумақтардың климат сипаттамаларына әсерін талдау олардың жалпы климаттық жағдайлардың аса күшті өзгерістерін тудырмайтындығын көрсетеді. Бірақ сонымен бірге олардың ауа температурасына әсері айқын байқалады. Яғни, Қапшағай су қоймасының жағалау аймағында

орналасқан Шелек станциясында құрылыстан кейін ауаның орташа жылдық температурасы климаттық нормамен салыстырғанда 1,2 °С, Алматы станциясында 0,7 °С дейін өзгерген және қыс мезгілінде анық көрінеді.

Метеобақылауларға сәйкес, күрт континентальды климат жағдайында су қоймалары қысқы кезеңнің жылынуына әкеледі, бұл жазғы кезеңде ауа температурасының төмендеуіне қарамастан, су қоймасының көлеміне байланысты 1-50 км радиуста жылы кезеңнің ұзақтығын 1-2 аптаға арттырады. Су қоймаларының әсер ету қарқындылығы, сондай-ақ су қоймаларының құрылысы орнының жергілікті географиялық ерекшеліктерімен айқындалады. Оларға мыналар жатады: жер бедері, өсімдік жамылғысының табиғаты, экономикалық даму дәрежесі және т.б. сонымен қатар, су қоймаларының әртүрлі метеоэлементтерге әсер ету дәрежесі күн мен жыл мезгіліне байланысты. Әсер ету аймағының сыртқы шекаралары кеңістікте және уақытта тұрақты емес, сондықтан су қоймасының әртүрлі метеоэлементтерге әсері байқалатын аймақтың мөлшері әртүрлі екендігі анықталды.

Әдебиеттер

- Авакян А.Б. Водохранилища и окружающая среда. – М., 1982. – 173 с.
- Алма-Ата. Энциклопедия / Гл. ред. Козыбаев М.К. – Алма-Ата: Гл. ред. Казахской советской энциклопедии, 1983. – 608 с.
- Амиргалиев Н.А. Утоление жажды. – Алма-Ата: Казахстан, 1987. – 236 с.
- Anandhi A., Frei A., Pierson D.C., Schneiderman E.M., Zion M.S., Lounsbury D., Matonse A.H. 2011. Examination of change factor methodologies for climate change impact assessment. *Water Resources Research* 47: W03501, DOI:10.1029/2010WR009104.
- Арсеньев Г.С. Основы управления гидрологическими процессами: водные ресурсы: учебник. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 231 с.
- Arvola L., George G., Livingstone D.M., Jarvinen M., Blenckner T., Dokulil M.T., Jennings E., Aongusa C.N., Noges P., Noges, T. and Weyhenmeyer G.A. 2009. The impact of changing climate on the thermal characteristics of lakes, D.G. George (ed.) *The impact of climate change on European lakes, Aquatic Ecology series 4*, DOI 10.1007/978-90-481-2945-4_6, Springer, pp. 85-101.
- Borowiak D., Baranczuk J., Nowinski K. 2008. The directions of the thermal stratifications of upper Radunskie lake as a result of observed climatic changes., *Balwois 2008-Ochrid, Republic of Macedonia-27*, 31 May 2008. 148 Samal et al.
- Галахов Н.Н. Изучение структуры климатических сезонов года. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – 183 с.
- Дайырбеков О.Д., Алтынбеков Б.Е., Торғауытов Б.К., Кенесариев У.И., Хайдарова Т.С. Аурудың алдын алу және сақтандыру бойынша орысша-қазақша терминологиялық сөздік. – Шымкент: Ғасыр-III, 2005. – 32 с.
- Исмуханова Л.Т. Оценка гидроэкологического состояния Капшагайского водохранилища // 2015. – 12-17 б.
- Корпачев В.П., Лабстиков С.В. Анализ крупных водохранилищ на окружающую природную среду. // *Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева*. 2006. – № 3. – 150-151 с.
- Кумскова Н.Д. Влияние Зейского Водохранилища на климат прибрежной территории // *Дальневосточный аграрный вестник*. – 2009. – №4. – 61-64 с.
- Малиновская А.С., Тэн В.А. Гидрофауна водохранилищ Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 208 с.
- Межправительственная группа экспертов по изменению климата Изменение Климата и водные ресурсы – технический документ VI МГЭИК 2008. – 105 б.
- Normatov I., Murtazaev U., Nasirov N. Creation of adaptation mechanisms: the key to more cost-effective and environment-friendly water management – IAHS Publ. Red Book, 2010, No 338, pp. 74-76
- Normatov I., Petrov G. Use of Central Asia water resources in irrigation and hydropower: conflict of interests or mutually beneficial collaboration - *J.Wat. Res.*, 2005, vol. 2, pp. 24-293.
- РГП Казгидромет «О состоянии ресурсов поверхностных вод Казахстана». – Алматы, 2006. – 69 с.
- Турсунов Э.А., Мадібеков А.С., Ранова С.У., Галаева А.В. Современные батиграфические характеристики Капшагайского водохранилища // *Институт географии*, 2015. – 8-9 б.

Чодураев Т.М., Акматов Р.Т. Изучение влияния водохранилищ Кыргызстана на изменения характеристик климата, прилегающих территорий. Труды IV Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2016. – 3 с.
Хромов С.П. Метеорология и климатология. – М.: Колос, 2004. – 582 с.

References

- Avakyan A.B. Vodohranilishcha i okruzhayushchaya sreda. - M., 1982. - 173 s.
Alma-Ata. Enciklopediya / Gl. red. Kozybaev M. K. — Alma-Ata: Gl. red. Kazahskoj sovetskoj enciklopedii, 1983. 608 s.
Amirgaliyev N.A. Utolenie zhazhdy. - Alma-Ata: Kazahstan, 1987. - 236 s.
Anandhi A., Frei A., Pierson D.C., Schneiderman E.M., Zion M.S., Lounsbury D., Matonse A.H. 2011. Examination of change factor methodologies for climate change impact assessment. Water Resources Research 47: W03501, DOI:10. 1029/2010WR009104.
Arsen'ev G.S. Osnovy upravleniya gidrologicheskimi processami: vodnye resursy. Uchebnik.-SPb.:izd.RGGMU, 2005-231 s.
Arvola L., George G., Livingstone D.M., Jarvinen M., Blenckner T., Dokulil M.T., Jennings E., Aongusa C.N., Noges P., Noges, T. and Weyhenmeyer G.A. 2009. The impact of changing climate on the thermal characteristics of lakes, D.G. George (ed.) The impact of climate change on European lakes, Aquatic Ecology series 4, DOI 10.1007/978-90-481-2945-4_6, Springer, pp. 85-101.
Borowiak D., Baranczuk J., Nowinski K. 2008. The directions of the thermal stratifications of upper Radunskie lake as a result of observed climatic changes., Balwois 2008-Ochrid, Republic of Macedonia-27, 31 May 2008. 148 Samal et al.
Galahov H.H. Izuchenie struktury klimaticheskikh sezonov goda. M.- L.: Izd-vo AN SSSR, 1959. 183 s.
Dajyrbekov O.D., Altynbekov B.E., Torǵayytov B.K., Kenesariyev U.I., Hajdarova T.S. Aurudyń aldın alu zhәне saqtandyru bojnynsha orysshа-kazakhsha terminologiyalyk sөzdik. SHymkent. “Fasyr-SH”, 2005 zhyl.
Ismuhanova L.T. Ocenka gidroekologicheskogo sostoyaniya Kapshagajskogo vodohranilishcha // 2015, 12-17b.
Korpachev V.P., Labstikov S.V., Analiz krupnyh vodohranilishch na okruzhayushchuyu prirodnyuyu sredu. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M.F. Reshetneva, 2006.-№ 3.150-151 s.
Kumskova N.D. Vliyanie Zejskogo Vodohranilishcha na klimat priberezhnoj territorii. Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik, 2009.-№4.61-64
Malinovskaya A.S., Ten V.A. Hidrofauna vodohranilishch Kazahstana. - Alma-Ata: Nauka, 1983. -208 s.
Mezhpravitel'stvennaya gruppa ekspertov po izmeneniyu klimata Izmenenie Klimata i vodnye resursy – tekhnicheskij dokument VI MGEIK 2008-105b.
Normatov I., Murtazaev U., Nasirov N. Creation of adaptation mechanisms: the key to more cost-effective and environment-friendly water management – IAHS Publ. Red Book, 2010, No 338, pp. 74-76
Normatov I., Petrov G. Use of Central Asia water resources in irrigation and hydropower: conflict of interests or mutually beneficial collaboration-J.Wat. Res., 2005, vol.2, pp.24-293.
RGP Kazgidromet «O sostoyanie resursov poverhnostnyh vod Kazahstana». - Almaty. 2006. - 69 s.
Tursunov E. A., Madibekov A.S., Ranova S.U., Galaeva A.V. Sovremennye batigraficheskie harakteristiki Kapshagajskogo vodohranilishcha // Institut geografii, 2015,- 8-9 b.
Chodurayev T.M., Akmatov R.T. Izucheniye vliyaniya vodokhranilishch Kyrgyzstana na izmeneniya kharakteristik klimata. prilegayushchikh territoriy. Trudy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg.2016-3 s.
Hromov S.P. Meteorologiya i klimatologiya - M.: izd. «Kolos», 2004. 582 s.

А.Н. Ердесбай* , К.Т. Нарбаева 

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: yerdesbay.almat@gmail.com

ҮЛГІЛЕНГЕН АҒЫНДЫ ҚАТАРЛАРЫ АРҚЫЛЫ ЕРТИС ӨЗЕНІНДЕГІ БҰҚТЫРМА СУҚОЙМАСЫНЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМІН БОЛЖАМДЫҚ БАҒАЛАУ

Мақалада Ертіс өзенінде орналасқан Бұқтырма су қоймасының жұмыс режимін зерттеу қарастырылады. Гидрологиялық қатарларды үлгілеу негізінде беттік су көздерінен келешектегі су пайдаланудың ықтималды сипаттамалары қабылданды. Жылдық ағындының бастапқы және жасанды үлгіленген гидрологиялық қатарларына салыстыру жүргізілді. Олардың арасындағы айырмашылық бастапқы бақылау қатарының орташа квадраттық шамасы бойынша анықталды. Сонымен қатар, жұмыста есептеулердің шартты түрде бос су қоймадан басталатын нұсқасы қарастырылып, есептік кезеңнің басы ретінде нақты көлемі $V_6 = 18,31$ км³ (Бұқтырма су қоймасының тежеулі көлемінің белгісі) тең келетін 2016 жылдың бірінші қаңтары алынып, есептік кезеңнің ұзақтығы – 20 жыл қарастырылды. Осы арада су қоймасының қайтарымы $V_{сқ}$ су қойманы толтыру дәрежесі мен судың келуіне байланысты 250-ден 700 м³/с аралығында қойылды. Кепілді су қайтарымынан жоғары немесе оған жеткіліксіз ағынды шамалары, су қоймасының толып кету қаупі мен су көлемін ТД (тұрақты тежеулі деңгей) белгісінен төмен мәнде қолдану кезінде белгіленді. Қайтымсыз су тұтыну көлемі, яғни ҚХР аумағында су жинау шамасы жылына 2-6 км³ шектерінде белгіленді. Есептеулер әр түрлі 25, 50 және 75% қамтамасыздықтағы кезеңдер үшін орындалды. Мұндай кезеңдер үлгіленген қатардан таңдап алынды. Есептеулер мен алынған нәтижелер су ресурстарын тиімді пайдалану мен Бұқтырма су қоймасын дұрыс реттеу үшін жасалды.

Түйін сөздер: су теңгерімі, математикалық үлгілеу, өзен ағындысы, су қоймасы, ағынды қатарлары, су қайтарымы.

A.N. Yerdesbay*, K.T. Narbayeva

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: yerdesbay.almat@gmail.com

Predictive assessment of the mode of operation of the Bukhtarma water reservoir located on the Ertis river with the help of simulated flow streams

This article deals with the study of the operating mode of the Bukhtarma reservoir located on the Ertis river. Based on hydrological series modeling, possible characteristics of future water use from surface water sources were adopted. Comparisons were carried out between the original and creatively modeled hydrological series of annual flows. The differences between them were established by the magnitude of the average standard errors of the original series of observations. Further, the options of calculations with an empty reserve are considered. The beginning of the calculation period was January 1, 2016, when the actual volume was $V_n = 18.31$ km³ (the dead volume of the Bukhtarma water reservoir). The duration of the calculation period is 20 years. In this case, the water supply was set in the range of 250-700 m³/s, depending on the degree of filling the water supply and inflow of run off. The rates were determined above or below the guaranteed return of water, the threat of filling the reservoir and the volume of water below the DVL mark. The volume of non-returnable water consumption, that is, the amount of water taken on the territory of China, is set in the range of 2-6 km³ per year. The calculations were made for the periods of different provision 25, 50 and 75%. Such periods were selected from the modeled range. The calculations and results are necessary for the rational use of water resources and correct regulation of the Bukhtarma reservoir.

Key words: water balance, mathematic modeling, river flow, water storage, modified series, water supply.

А.Н. Ердесбай*, К.Т. Нарбаева

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: yerdesbay.almat@gmail.com

Прогнозная оценка режима работы Бухтарминского водохранилища, расположенного на реке Ертіс, с помощью смоделированных стоковых рядов

В данной статье рассмотрены исследования режима работы Бухтарминского водохранилища, расположенного на реке Ертіс. На основе моделирования гидрологических рядов были приняты возможные характеристики будущего водопользования из поверхностных источников воды. Были проведены сравнения между исходными и искусственно смоделированными гидрологическими рядами годовых стоков. Различия между ними устанавливались по величине средних квадратических ошибок исходного ряда наблюдений. Также рассматривались варианты расчета с условно пустым водохранилищем. Начало расчетного периода – 1 января 2016 г., когда фактический объем составил $V_n = 18,31 \text{ км}^3$ (мертвый объем Бухтарминского водохранилища). Продолжительность расчетного периода – 20 лет. При этом отдача водохранилища была установлена в пределах $250\text{--}700 \text{ м}^3/\text{с}$ в зависимости от степени заполнения водохранилища и притока воды. Были определены расходы выше и ниже гарантированного возврата воды, угроза заполнения водохранилища и объем воды ниже отметки УМО (уровень мертвого объема). Объем безвозвратного водопотребления, то есть количество воды, забираемой на территории Китая, устанавливается в пределах $2\text{--}6 \text{ км}^3$ в год. Расчеты производились для периодов разных обеспеченностей – 25, 50 и 75%. Такие периоды были выбраны из смоделированного ряда. Расчеты и полученные результаты необходимы для рационального использования водных ресурсов и правильного регулирования Бухтарминского водохранилища.

Ключевые слова: водный баланс, математическое моделирование, речной сток, водохранилище, смоделированные ряды, водоотдача.

Кіріспе

Бұқтырма су қоймасы – Қазақстан Республикасындағы ірі су қоймасының бірі болып, Ертіс трансшекаралық өзенінде жатқандығынан, қазіргі таңда негізгі мәселелердің бірі болып саналады. Аталған су қойманың қалыпты тежеулі деңгейіндегі (ҚТД) сыйымдылығы – $49,62 \text{ км}^3$, су айдынының ауданы – 5490 км^2 , соның ішінде Зайсан көлінің ауданы – 3750 км^2 , ҚТД мен ТТД белгілері сәйкесінше $394,8 \text{ м БС}$ және $387,8 \text{ м БС}$. Су қойманы тиімді пайдаланып, дұрыс реттеу үшін негізі осы ҚТД белгісінен асырып немесе ТТД белгісінен кем толтырмау қажет. Бұқтырма су қоймасының негізгі кешенді су пайдаланушылар мен су тұтынушылардан болғандығынан және оның көлемінің көбеюіне, ауданының ұлғаюына Ертіс өзенінің реттеуіне тікелей байланысты. Сондықтан Ертіс өзенінің гидрологиялық сипаттамаларын және ұзақ гидрологиялық қатарлардың қолдануын қарастыруын талап етеді.

Ертіс өзенінің орта ағысында табиғи су тасуға ұқсас шарттарды сақтау, Мемлекеттік табиғи қорықша мәртебесіндегі жайылманың флорасы мен фаунасының экологиялық ортасын, биологиялық өнімділігін сақтау мақсатында жыл сайын сәуір айының үшінші декадасынан мамыр айының екінші декадасына дейін арнайы су жіберілімдері жүзеге асырылады. Осы кезеңдегі $3000\text{--}3500 \text{ м}^3/\text{с}$ су өтімі БСЭС-

ШСЭС аралығындағы учаскедегі қапталдық салалардан және Бұқтырма су қоймасынан су шығарындысынан құралады (Бурлибаев М.Ж., 2014).

Ертіс өзенінің жоғарғы бөлігі – Қара Ертіс өзені ҚХР аумағы арқылы ағып өтеді. Қазіргі уақытта Қытай жылына $1,0\text{--}1,5 \text{ км}^3$ су жинап алады. Келешекте жылына $4,0\text{--}5,0 \text{ км}^3$ көлемде алу жоспарланған. Бұл жағдайда өзеннің орта ағысында орналасқан Бұқтырма және Шұлбі су қоймалары сусыз қалуы мүмкін. Сондай-ақ ағындының жыл ішінде біркелкі үлестірілмеуі, басым түрде энергетикалық қажеттіліктердің мүддесі басты назарға қойылғандықтан, қазіргі уақыттағы су жіберілімдерінің шамасы жайылманың тұрақты қызметін қамтамасыз ете алмауда (Мальковский И.М., 2003). Сондықтан бұл мәселенің дұрыс шешімін табу үшін, үлгіленген ағынды қатарлары арқылы Ертіс өзеніндегі Бұқтырма су қоймасының жұмыс режимін болжамдық бағалау қарастырылады.

Зерттеу әдістері.

Соңғы уақытта тәжірибеде жасанды ұзақ гидрологиялық қатарлар кеңінен қолданылуда.

Мұндай тәсіл кездейсоқ шамалар үлестірімінің қандай да бір теориялық заңдарын тәжірибе жүзінде таңдау мүмкін болмағанда ағындыны реттеу және су пайдалану көрсеткіштерінің ықтималды сипаттамаларын әділ

бағалауға мүмкіндік береді. Зерттеу жүргізу үшін Бұқтырма су қоймасының периметріне келіп құятын Қара Ертіс – Боран а., Бұқтырма – Лесная пристань а., Тұрғысын – Кутиха а., Нарын – Үлкен Нарын а., Қалжыр – Черняевка а., Күршім – Вознесенское а. өзендерінің бақыланған жылдық ағындылары таңдалды. Аталған өзендердің бақылау қатарлары сәйкесінше аз, орташа сулы және мол сулы кезеңдердің, сондай-ақ ағындының жылдық шамаларының байланысынан тұрады. Осы арада келешектегі су пайдалану және ағындыны реттеуді әділ бағалау үшін түрлі сулылық кезеңдерінің едәуір ірі байланысы қажет (Бурлибаев М.Ж., 2014; Давлетғалиев С.К., 2005).

Жасанды гидрологиялық қатарлар Монте-Карло әдісі арқылы бастапқы гидрологиялық қатарлардың келесі сипаттамалары негізінде үлгіленді: Q орташа мәні, вариация коэффициенті C_v және асимметрия C_s , автокорреляция коэффициенті r . Бастапқы қатар үшін табылған параметрлер бойынша үш параметрлі гамма-үлестірім кестесін пайдалана отырып жылдық ағындының модульдік коэффициенттерінің аналитикалық қамтамасыздық қисықтары анықталды. Келесіде ЭЕМП математикалық жабдықтамасындағы арнайы бағдарламаның көмегімен бірқалыпты үлестірім заңына бағынатын r_i қамтамасыздық мәндері үлгіленді. Қабылданған r_i мәндері мен есептелген Q , C_v және C_s мәндері бойынша, автокорреляция мәндерін ескере отырып, модульдік коэффициенттердің таңдалған аналитикалық қамтамасыздық қисықтарының көмегімен Q_i мәндері үлгіленді. (Сванидзе Г.Г., 1977; Давлетғалиев С.К., 2005; Troin M, 2010; Zhenghao Zhang, 2018).

Болжам үлгілеріне қарағанда, Монте-Карло әдісі белгіленген кіріс мәндерінің жиынтығының емес, мәндердің мөлшерленген ауқымының негізінде нәтижелердің жиынтығын алдын ала ұсынады. Басқаша айтқанда, Монте-Карло әдісімен үлгілеу ықтималдық үлестірімін қолдана отырып, мәселен белгісіздік элементінен тұратын кез келген біркелкі немесе бірқалыпты үлестірімді айнымалы үшін мүмкін боларлық нәтижелер үлгісін құрады. Одан кейін минималды және максималды мәндер аралығында басқа да кездейсоқ сандар жиынтығынан тұратын нәтижелердің қайта есептеуі орындалады. Монте-Карло типтік экспериментінде ықтимал болатын нәтижелердің үлкен санын құру үшін берілген операция қайталана береді.

Одан бөлек Монте-Карло әдісінің жоғары дәлділігі оны ұзақмерзімдік болжам үшін

қолдануға мүмкіндік береді. Енгізу деректер санының артуымен қатар айтарлықтай қашықтықтағы мерзімдерге нәтижелерді үлкен дәлдікпен болжауға мүмкіндік беретін болжамдардың да саны артады. Әр оқиғаның ықтималдығын көрсете отырып мүмкін болатын нәтижелер аралығы Монте-Карло әдісінің орындалу нәтижесі болып табылады (Klemes V., 1974; Troin M., 2010; Husin Alatas, 2015).

Сандық статистикалық үлгілеу алгоритмдердің артықшылығына:

- күрделі (соның ішінде жазық емес) бастапқы деректерге ие сандық интеграциялаудың көпөлшемді міндеттерін шешу мүмкіндігі;

- рандомдау қағидасының негізінде кездейсоқ параметрлі міндеттерді шешу мүмкіндігі, қолданбалы кездейсоқ процестер мен өрістердің бағытын үлгілеу мүмкіндігі;

- бастапқы деректердің арнайы қасиеттерін ескеру мүмкіндігі (маңыздылығына қарай таңдау қағидасының көмегі арқылы);

- жоғары болмаса да ($\{\xi_i ; i = 1, \dots, n\}$ таңдамалық мәндер саны бойынша $1/\sqrt{n}$ тәртіптегі) әмбебап ұқсастық жылдамдығы;

- әдістің оңтайландырудың қисынды теориясы;

Бұл әдіс арқылы үлгілеудің кемшіліктеріне:

- нәтижелі көрсеткіштерді есептеуді үлгілеу үшін статистикалық мәліметтерді жинақтаудың күрделілігі;

- есептеу шешімдерінің дәлдігі орындалуы мүмкін итерациялар санына тәуелді (бұл кемшілік компьютер қызметінің жылдамдығының артуымен байқалмауы мүмкін).

Осылайша, Монте-Карло әдісі барлық есептеулердің нақтылығын, барлық процеске қатысушылардың жобаны талдау нәтижелерін қабылдауы және бағалауының қарапайымдылығын қамтамасыз етеді, алайда өңдеуді талап ететін ақпараттың үлкен көлемімен байланысты есептеулер үшін маңызды есептегіш ресурстарды талап етеді.

Үлгілеу теңдеуі келесідей өрнектелді:

$$Q_i = [Q_{орт} + r(Q_{i-1} - Q_{орт})] K_p (\xi_i, C_v^{шарт}). \quad (1)$$

мұнда: r – қатардың іргелес мүшелері арасындағы корреляция коэффициенті; Q_{i-1} – алдыңғы жылдың су өтімі; K_p – қамтамасыздық қисығының ординатасы, кездейсоқ бірқалыпты үлестірілген сан ξ_i мен шартты вариация коэффициентіне тәуелді жағдайда ордината кестесі арқылы анықталады.

$$C_v^{шарт} = \sigma \sqrt{1 - k^2} / Q_{орт} + r(Q_{i-1} - Q_{орт}) \quad (2)$$

мұнда, σ – қатардың шартсыз стандарты; қалған мәндер жоғарыда берілді. Ауытқу кестесін пайдаланған жағдайда, теңдеу келесі тәртіпте келтіріледі:

$$Q_i = Q_{орт} + r(Q_i - 1 - Q_{орт}) + \Phi_i(\xi_i, C_v^{орт}) * \sigma \sqrt{1 - r^2} \quad (3)$$

мұнда $C_s = 2C_v$ үшін:

$$C_v^{шарт} = 2\sigma * \sqrt{1 - r^2} / Q_{орт} + r(Q_i - 1 - Q_{орт}) \quad (4)$$

қабылданады.

1-кесте – Бастапқы және үлгіленген мәліметтері арасындағы жылдық ағындысының статистикалық параметрлерінің мәндерін салыстыру

$Q_{баст}=289$	$Q_{үлгі}=294$	Қателік Q 3,17	$(\Delta Q / Q_{үлгі}) * 100 = 1,63$
$C_v_{баст}=0,28$	$C_v_{үлгі}=0,29$	Қателік C_v 14,12%	$(\Delta C_v / C_v_{үлгі}) * 100 = 0,29$
$r_{баст}=0,16$	$r_{үлгі}=0,22$	Қателік 16,42%	$(r / r_{үлгі}) * 100 = 4,67$
$C_s_{баст}=0,5$	$C_s_{үлгі}=0,5$	Қателік C_s 30,08%	$(\Delta C_s / C_s_{үлгі}) * 100 = 27,02$

Бұқтырма су қоймасының су теңгерімінің теңдеуі

Бұқтырма су қоймасының су теңгерімінің теңдеуі қарапайым түрде келесідей өрнектелді:

$$V_a = V_b + V_{бет} - (E - x) - V_c \quad (5)$$

Мұнда V_a – су қойманың ақырғы көлемі;

V_b – су қойманың бастапқы көлемі;

$V_{бет}$ – су қоймаға келіп құятын беттік сулардың көлемі;

E – су қойма беткейінен орташа көпжылдық булану;

x – су қойманың беткейіне келіп түсетін орташа көпжылдық жауын-шашын;

V_c – Бұқтырма су қоймасы арқылы жүргізілетін ағынды, яғни су қойманың қайтарымы. Су қоймаға келіп құятын су Қара Ертіс – Боран а., Бұқтырма – Лесная пристань а.,

Тұрғысын – Кутиха а., Нарын – Үлкен Нарын а., Қалжыр – Черняевка а., Күршім – Вознесенское а. өзендерінің өлшенген ағындысының қосындысымен анықталады. Булану және жауын-шашын шамасы жұмыстың деректері бойынша жуықтап анықталды.

Бұқтырма су қоймасы жұмысының режиміне ҚХР-да су жинақтаудың әсерін бағалау ғылыми-тәжірибелік маңыздылыққа ие. Бұл міндетті

жылдық ағындының жасанды үлгіленген гидрологиялық қатарларына сәйкестігін бағалау үшін олардың статистикалық параметрлерінің айырым дәрежесі талданды. Олардың арасындағы айырмашылық олардың бастапқы бақылау қатарларының салыстырмалы орташа квадраттық қателіктерімен арнайы формулалар көмегімен салыстырылды.

Келтірілген мәліметтер бойынша, негізгі статистикалық параметрлердің айырмашылықтары олардың орташа квадраттық қателіктерінен едәуір кіші екені байқалады. Сәйкесінше, бақылған және үлгіленген қатарларды кездейсоқ шамалардың бас жиынтығынан деп санауға болады.

шешу үшін жоғарыда келтірілген теңдеу су жинақтаудың ықтималды мәнін ескеру арқылы келесі түрде өрнектеледі:

$$V_a = V_b + V_{бет} - (E - x) - V_c - V_{су ж} \quad (6)$$

мұндағы $V_{су ж}$ – су қоймадан алынатын су көлемі.

(6) теңдеу арқылы су қойма көлемін есептеу уақыттың жылдық аралығы арқылы жүргізіледі. Теңдеудегі айнымалы құрауыштар: келіп құятын су шамасы, су қоймадан жүргізілетін ағынды, яғни кепілді су қайтарымы және қайтымсыз су тұтыну көлемі. Теңдеу бойынша су қойма көлемінің тербелісін зерттеуде ТТД белгісінен төменде су қойманың қолдану мөлшері мен ҚТД деңгейінен жоғарыда толуына жол бермейтін шектеулерді ескеру міндетті.

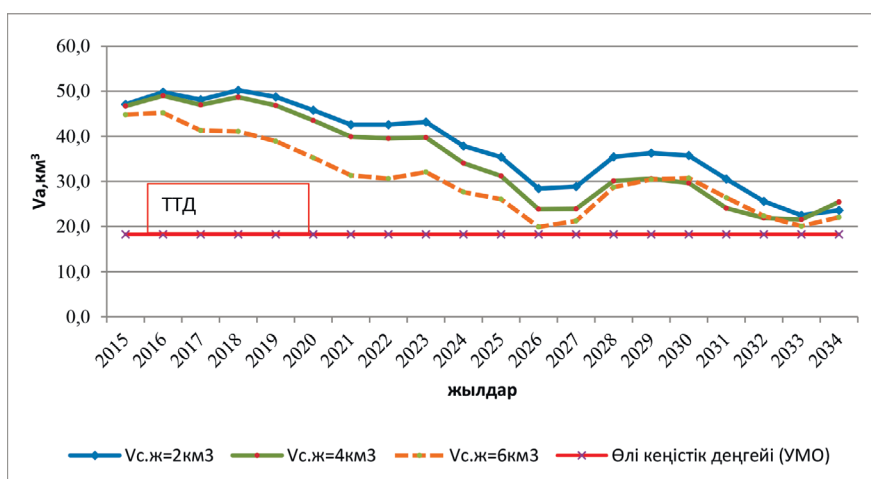
Есептік кезеңнің басы үшін су қоймадағы нақты көлемі $V_H = 43,2 \text{ км}^3$ тең, булану шамасы $(E - x) = 1,09 \text{ км}^3$ тең 2015 жылдың 1 қаңтары қабылданды. Есептік кезеңнің ұзақтығы – 20 жыл. Су қоймасы периметріне келетін судың көлемі ретінде Бұқтырма су қоймасына келіп құятын сала өзендердің жиынтық ағындысының үлгіленген 500 жылдық қатары пайдаланылды.

Ұзақтығы 20 жылдық мол сулы 25% қамтамасыздықтағы кезеңнің орташа өтімі $681 \text{ м}^3/\text{с}$, 50% қамтамасыздықтағы кезеңнің орташа өтімі – $635 \text{ м}^3/\text{с}$, аз сулы 75% қамтамасыздықтағы кезеңдікі – $593 \text{ м}^3/\text{с}$.

Ары қарай жұмыста есептеулердің шартты түрде бос су қоймадан басталатын нұсқасы қарастырылды. Есептік кезеңнің басы ретінде нақты көлемі $V_n=18,31 \text{ км}^3$ (Бұқтырма су қоймасының өлі көлемінің белгісі) тең келетін 2016 жылдың бірінші қаңтары алынды.

Есептік кезең аралығында су қоймасының қайтарымы V_c су қойманы толтыру дәрежесі мен судың келуіне байланысты 250-ден 700 $\text{м}^3/\text{с}$ аралығында қойылды. Кепілді су қайтарымынан жоғары немесе оған жеткіліксіз ағынды шамалары, су қоймасының толып кету қаупі мен су көлемін ТТД белгісінен төмен

мәнде қолдану кезінде белгіленді. Қайтымсыз су тұтыну көлемі, яғни ҚХР аумағында су жинау шамасы жылына 1-5 км^3 шектерінде белгіленді. Есептеулер әр түрлі 25, 50 және 75% қамтамасыздықтағы кезеңдер үшін орындалды. Мұндай кезеңдер үлгіленген қатардан таңдап алынды. Есептеулер үшін үлгіленген қатарлар ретінде Қалжыр, Күршім және Нарын өзендер ағындысының сомасы қарастырылды. Жүргізілген есептеулер 1-суретте – Бұқтырма су қоймасының болжамдық динамикасы (2015-2034), 2-суретте – (2015-2034) жылдар аралығындағы орташа сулы кезеңдердегі (50 %) Бұқтырма су қоймасының толу көлемінің тербелісінің ықтималды жүрісі және 2-кестеде үлгіленген қатарлар дерегі бойынша Бұқтырма су қоймасының көлемін су-теңгерімдік есептеу нәтижелері көрсетілген.



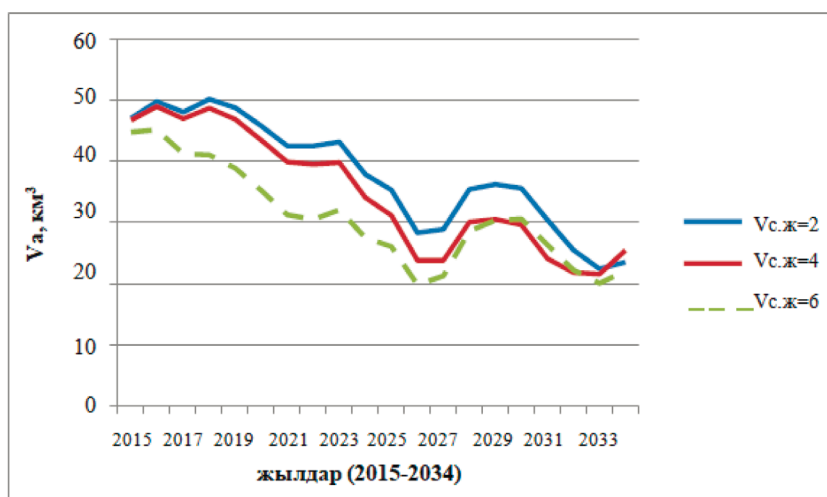
1-сурет – Бұқтырма су қоймасында су қорының болжамдық динамикасы

2-кесте – Үлгіленген қатарлар дерегі бойынша Бұқтырма су қоймасының көлемін су-теңгерімдік есептеу, км^3

Жыл							
	$V_{бет}$	$V_3 = 2$		$V_3 = 4$		$V_3 = 6$	
		V_k	V_a	V_k	V_a	V_k	V_a
2015	23,8	15,81	47,1	14,19	46,7	14,19	44,8
2016	22,6	15,81	49,8	14,19	49,0	14,19	45,2
2017	18,2	15,81	48,1	14,19	47,0	14,19	41,3
2018	22,0	15,81	50,2	14,19	48,7	14,19	41,1
2019	18,4	15,81	48,8	14,19	46,9	12,62	38,9
2020	17,0	15,81	45,8	14,19	43,5	12,62	35,3
2021	16,7	15,81	42,6	14,19	39,9	12,62	31,3

2-кестенің жалғасы

2022	19,9	15,81	42,6	14,19	39,6	12,62	30,6
2023	20,5	15,81	43,2	14,19	39,8	11,04	32,1
2024	14,6	15,81	37,9	14,19	34,1	11,04	27,6
2025	17,5	15,81	35,4	14,19	31,2	11,04	26,1
2026	12,9	15,81	28,4	14,19	23,9	11,04	19,9
2027	20,4	15,81	28,9	14,19	23,9	11,04	21,3
2028	26,5	15,81	35,5	14,19	30,1	11,04	28,7
2029	20,8	15,81	36,3	14,19	30,6	11,04	30,4
2030	19,4	15,81	35,7	14,19	29,7	11,04	30,7
2031	14,7	15,81	30,5	14,19	24,1	11,04	26,4
2032	15,0	15,81	25,6	11,04	21,9	11,04	22,3
2033	16,8	15,81	22,5	11,04	21,6	11,04	20,1
2034	21,0	15,81	23,6	11,04	25,5	11,04	22,1



2-сурет – Орташа сулы кезеңдерде (50 %) Бұқтырма су қоймасының толу көлемінің тербелісінің ықтималды жүрісі

Ұсынылған әдіс бойынша Ертіс өзенінің суы мол 25% қамтамасыздықтағы кезеңнің орташа өтімі 669 м³/с, ал 50% қамтамасыздықтағы кезеңнің орташа өтімі – 594 м³/с, суы аз 75% қамтамасыздықтағы кезеңдікі – 524 м³/с, 95 % қамтамасыздықта – 432 м³/с болатыны көрсетілген.

Осы тәртіпте қайтымсыз су тұтыну және кепілді су қайтарымының түрлі мәндеріне арналған теңдеу (6) бойынша, Бұқтырма су қоймасының толысу дәрежесі анықталып келесі нәтижелер ұсынылды.

Бұқтырма су қоймасының $V_3=2$ км³ су жинақтауда және судың келіп құюында жұмыс режимін зерттеу есептік кезеңнің соңына дейін 450 м³/с су қайтарымымен бастапқы $V_H=47-24$ км³ толу көлемімен тұрақты жұмыс істей алады. 2032-2034 жж. су қойма ТТД белгісіне жақын мәнде қолданылып, 300-250 м³/с төмендетілген су қайтарымымен және минималды энергия өндірісімен жұмыс істеуі мүмкін.

Есептеулердің нәтижесі бойынша, $V_3 \leq 4$ су жинақтауда Бұқтырма су қоймасы есептік кезеңнің соңына дейін кепілді $V_c=450$ м³/с (14,19 және 15,77 км³) су қайтарымымен жұмыс істей алады.

Дегенмен аз сулы жылдар сериясы байқалғанда есептік кезеңде толығымен кепілді су қайтарымын жүзеге асыра алмайды. Мәселен, 2032 жылы V_c мәні $350 \text{ м}^3/\text{с}$ ($11,04 \text{ км}^3$) құрайды. $V_3=6 \text{ км}^3$ қайтымсыз су тұтыну кезінде су қойма 2015-2018 жылдар

аралығында кепілді су қайтарымының мәнінде жұмыс істей алады, келесі 2019-2022 жылдарда төмендетілген $400 \text{ м}^3/\text{с}$ су қайтарымымен және 2023 жылдан бастап есептік жылдың соңына дейін $350 \text{ м}^3/\text{с}$ су қайтарымында жұмыс істейді.

3-кесте – Бұқтырма су қоймасы алабында қайтымсыз су тұтынудың түрлі нұсқасында әр түрлі қамтамасыздықтағы су көлемі

P, %	Есептік кезең, жылдар																			
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
	$V_{c.ж} = 2 \text{ км}^3$																			
5	45	46,5	49	49	49,5	49	49	51	49	50,5	50	49	50	49	51	51	51	51	51	51
25	38	38,5	41	42,5	41	42	42,5	43,5	43	45	45	45	44	43,5	46,5	46	46	46	46	45,5
50	34,5	35	35	36,5	27	36,5	37	36,5	38	39	40	40	39	39	39	41	41,5	40	41	41
75	29,8	30	30	28,5	30,5	30,5	30	29	30,5	30,5	32,5	33	31,5	32	30	32	32,5	33,5	33	34
95	26	28	24,5	21	27,5	24,5	24,5	23	21	22	20,5	22	26	21	19	21,5	20	23,8	22	29
	$V_{c.ж} = 4 \text{ км}^3$																			
5	43	44,5	46,5	48	48	47	46	51	49	51	48	48	46	49	51	49	48	48	45	48
25	37	35,5	37,5	39	37,5	37,5	37	39	40	40	38	38	36	37	37	36	35	35	34	33,5
50	32,5	32	32	33	31	32	31	30	31	30,5	32	31	31	30	28	29	230	29	28,5	28
75	29	29	27,5	26	26,5	24,5	25,5	23,5	22,5	22,5	27	25,5	26,5	24,5	23,5	25,5	26	24,5	24	22
95	25,5	27	23	20	24	21	20	19,8	19,5	19	19,2	21	22	20	19	20	20	20,5	19	19

Нәтижелері және талқылама

Ертіс өзенінің үлгіленген ағынды қатарларын М.Ж. Бурлибаев, И.М. Мальковский зерттеулерінен келесі тұжырымдамалар жасалынды, біріншіден: Бұқтырма су қоймасын тиімді реттеу үшін ҚТД белгісінен асырып немесе ТТД белгісінен кем толтырмау қажет. Бұқтырма су қоймасын тиімді пайдаланып, дұрыс реттеу үшін негізі осы белгілері сәйкесінше 394,8 м БС және 387,8 м БС болу қажет. Екіншіден: Ертіс өзенінің орта ағысында табиғи су тасуға ұқсас шарттарды сақтау мақсатында жыл сайын сәуір айының үшінші декадасынан мамыр айының екінші декадасына дейін арнайы су жіберілімдері жүзеге асырылады. Егер бұл талаптар орындалмаса, онда өзеннің орта ағысында орналасқан Бұқтырма және Шүлбі су қоймалары сусыз қалуы мүмкін. Сондай-ақ ағындының жыл ішінде біркелкі үлестірілмеуі, басым түрде энергетикалық қажеттіліктердің мүддесі басты назарға қойылғандықтан, қазіргі уақыттағы су жіберілімдерінің шамасы жайылманың тұрақты қызметін қамтамасыз ете алмауда.

Г.Г. Сванидзе және А.Ш. Резниковский ұсынған Монте-Карло тәсілінде кездейсоқ шамалар үлестірімінің қандай да бір теориялық заңдарын тәжірибе жүзінде таңдау мүмкін болмағанда ағындыны реттеу және су пайдалану көрсеткіштерінің ықтималды сипаттамаларын әділ бағалауға мүмкіндік беретіндігін айтады.

Берілген жағдайда гидрологиялық қатарларды үлгілеу негізінде келешектегі су пайдаланудың ықтималды сипаттамаларын нақтылау – зерттеудің мақсаты болып табылады. Қойылған мақсаттарға сай келесі міндеттер шешілді:

жасанды қатарларды үлгілеу әдістемесін Бұқтырма су қоймасына келіп құятын өзен салаларының табиғи шарттары үшін бастапқы бақылау қатарларына сәйкестігі тексерілді;

Бұқтырма су қоймасының есептік жыл кезіндегі жұмыс режиміне болжамдық баға берілді.

Қорытынды. Есептеудің барлық нәтижелері 2015-2034 жылдар аралығында Бұқтырма су электр станциясының ықтималды жұмыс режиміне және су қойманы бастапқы толтыру мәндеріне қатысты жасалынды. Алынған мәлі-

меттер оларды пайдалануды жоспарлауда, сондай-ақ Ертіс өзені алабының су ресурстарын алап аумағындағы түрлі экономика салалары, шаруашылық қызметтері үшін ұзақмерзімді тиімді пайдалануды дамыту жөніндегі жобалық шараларда, Ертіс өзені ағындысын көпжылдық ретті басқаруда маңызды рөл атқарады. Су қойманың бастапқы көлемінің басқа да мәндерінде бөлек нәтижеге қол жеткізуге болады. Барлық су теңгерімдік есептеулер өзен салаларының белгілі мәндеріне жүргізілді. Яғни аталған есептеулер алдыңғы жылдың сулылығын ескере отырып, су қойманың қайтарым көлемін белгілеуге мүмкіндік берді.

Бұқтырма су қоймасының су қайтарымы энергетика және басқа да экономика салаларының талаптарының ықтимал өзгерістерін ескерусіз белгіленді. Дегенмен, барлық су-теңгерімдік есептеулер есептік кезең үшін су қоймасынан қайтарым шамаларын толық сақтай отырып орындалды. Таңдалған бір жылдық есептік уақыт аралығы – БСЭС жұмыс режимінің сәйкес мәндерін береді. Толыққанды нәтижелер алу үшін барлық есептеулерді айлық уақыт аралығымен, су қоймасының су беткейінен булану мен беткейге келіп түсетін жауын-шашын шамасының өзгергіштігін ескеріп жүргізген жөн.

Әдебиеттер

- Бурлибаев М.Ж., Куц С.И., Фашевский Б.В., Опп К., Царегородцева А.Г., Шенбергер И.В., Бурлибаева Д.М., Айтурсев А.М. Затопление поймы Ертиса – главный фактор устойчивого развития речной экосистемы. – Алматы, 2014. – С. 66-94.
- Сванидзе Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 296 с.
- Давлетгалиев С.К., Жанпейсова С.Р. Оценка влияния забора воды на территории КНР на режим работы Буктырминского водохранилища // Гидрометеорология и экология. – №1. – 2005. – С. 67-75.
- Давлетгалиев С.К., Смагулов Ж.Ж. Статистические моделирование рядов притока воды в Бухтарминское водохранилище // Вестник КазНУ. Сер. географическая. – 2001. – №1(12). – С. 53-58.
- Давлетгалиев С.К. Математические методы обработки гидрологических данных: учебное пособие. – Алматы: «Қазақ университеті», 1998. – 166 с.
- Резниковский А.Ш. Водноэнергетические расчеты методом Монте-Карло. – Москва, 1969. – С. 31-46.
- Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 422 с.
- Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 275 с.
- Голубцов В.В., Ли В.И. Определение водопотребления в верхней части бассейна реки Кара Ертис на территории КНР // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2007. – №1. – С. 39-46.
- Браславский А.П., Капитонова Н.П. и др. Методика составления водного баланса (на примере водохранилища Бухтарминской ГЭС) // Проблемы гидроэнергетики и водного хозяйства. – Алма-Ата: «Казахстан», 1970. – Вып.7. – С.80-110.
- Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. – М.: Наука, 1981. – 255 с.
- Мальковский И.М., Медеу А.Р. Водные ресурсы Казахстана как фактор национальной безопасности // Современные проблемы гидроэкологии внутриконтинентальных бассейнов Центральной Азии. – Алматы, 2003. – С.42-48.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – Т.15. – Вып.1. – 318 с.
- «Правила использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ», утвержденные Комитетом по Водным ресурсам РК от 04.03.2002 г. – КазГидропроект. – С.74.
- Klimes V., Boruvka L. Simulation of gamma-distributed first-order Markov Chain // Water Resources Research, 1974. Vol. 10. – № 1. – P. 87-91.
- Troin M., Vallet-Coulomb C., Sylvestre F., Piovano E. Hydrological modeling of a closed lake in the context of 20th century climatic changes // Journal of Hydrology, 2010. – № 393. – P. 233-244.
- Husin Alatas, Dyo D. Prayuda, Achmad Syafiuddin et al. Simple Model for Simulating Characteristics of River Flow Velocity in Large Scale. International Journal of Geophysics, 2015, pp. 1-8.
- Zhenghao Zhang, Qiang Zhang, Vijay P. Singh et al. River flow modelling: comparison of performance and evaluation of uncertainty using data-driven models and conceptual hydrological model // Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2018, vol. 32, pp. 2667-2682.

References

- Bypliabaev M.ZH., Kyc C.I., Fashchevckij B.V., Oпп K., Capepodceva A.G., Shenbepger I.V., Bypliabaeva D.M., Ajtypeev A.M. Zatoplenie pojmy Eptica – glavnyj faktor yctoichivogo pazvitiya pechnoj ekocictemy [Flooding of the Irtysh floodplain is the main factor in the sustainable development of the river ecosystem] – Almaty, 2014 – S. 66-94.
- Cvanidze G.G. Matematicheskoe modelipovanie gidrologicheskix ryadov [Mathematical modeling of hydro-logical series]. – L.: Gidpometeoizdat, 1977. – 296 s.

Davletgaliev C.K., Zhanpeicova C.P. Ocenka vliyaniya zabopa vody na teppitopii KNP na pezhim paboty Byktyrminckogo vodoxpanilishcha [Assessment of the impact of water withdrawal on the CHNR territory on the mode of operation of the Byktyrminsk reservoir] // *Gidrometeorologiya i ekologiya*, №1. – 2005. – S. 67-75.

Davletgaliev C.K., Cmagylov ZH.ZH. Ctatichtichekie modelipovanie pyadov ppitoka vody v Byxtapminckoe vodoxpanilishche [Statistical modeling of water intake rates in the Bukhtammak water storage] // *Vestnik KazNY. Ser. geogpaficheskaya*. – 2001. – №1(12). – S.53-58.

Davletgaliev C.K. Matematicheskije metody obpabotki gidpologicheskix dannyx: ychebnoe pocabie [Mathematical Methods for Processing Hydraulic Data]. – Almaty: «Kazak yuniverciteti», 1998. – 166 s.

Peznikovskij A.SH. Vodnoenergeticheskije pachety metodom Monte-Kaplo [Water-power calculations using the Monte-Carlo method] – Moskva, 1969. – S. 31-46.

Pozhdectvenkij A.V., CHEbotapev A.I. Ctatichtichekie metody v gidpologii [Statistical Methods in Hydrology]. – L.: *Gidrometeorizdat*, 1974. – 422 s.

Pozhdectvenkij A.V., Ezhov A.V., Caxapyuk A.V. Ocenka tochnosti gidpologicheskix pachetov [Evaluation of the accuracy of hydrological calculations]. – L.: *Gidrometeorizdat*, 1990. – 275 s.

Golybcov V.V., Li V.I. Oppedelenie vodopotpebleniya v vepxnej chasti bacejna peki Kapa Eptic na teppitopii KNP [Determination of water consumption in the upper part of the Black Irtysh reservoir on the basis of the CHNR] // *Gidrometeorologiya i ekologiya*. – Almaty, 2007. – №1. – S. 39-46.

Bpaclavckij A.P., Kapitonova N.P. i dp. Metodika coctavleniya vodnogo balanca (na ppimepe vodoxpanilishcha Byxtapminckoj GEC) [Methods for the composition of the water balance (for example, the reservoir of the Bykhtarminskaya hydroelectric power station)] // *Ppoblemy gidpoenergetiki i vodnogo xozyajstva*. – Alma-Ata: «Kazaxctan», 1970. – Vyp.7. – S.80-110.

Kpickij C.N., Menkel' M.F. Gidpologicheskije ocnovy yppavleniya pechnym ctokom [Hydrological basics of river flow control]. – M.: *Nayka*, 1981. – 255 s.

Mal'kovckij I.M., Medey A.P. Vodnye pecypcy Kazaxctana kak faktor nacional'noj bezopacnosti // *Covpemennye ppoblemy gidpoekologii vnytpikontinental'nyx bacejnov Centpal'noj Azii* [Water resources of Kazakhstan as a factor of national safety // *Modern problems of hydroecology of the intra-continental basins of the Central Asia*]. – Almaty, 2003. – S.42-48.

Pecypcy povepxnoctnyx vod CCCP [Surface water resources of SUR]. – L.: *Gidrometeorizdat*, 1969. – T.15. – Vyp.1. – 318 s.

«Ppavila icpol'zovaniya vodnyx pecypcov Vepxne-Iptyshckogo kackada vodoxpanilishch» [Rules for the use of water reservoirs of the upper-Irtysh cascade of water reservoirs], ytvepzhdennye Komitetom po Vodnym pecypcam PK ot 04.03.2002g. – *KazGidpoppekt*. – S.74.

Klemes V., Boruvka L. Simulation of gamma-distributed first-order Markov Chain // *Water Resources Research*, 1974. Vol. 10. - № 1. - S. 87-91.

Troin M., Vallet-Coulomb C., Sylvestr F., Piovano E. Hydrological modeling of a closed lake in the context of 20th century climatic changes // *Journal of Hydrology*, 2010. -№ . 393. - P. 233-244.

Husin Alatas, Dyo D. Prayuda, Achmad Syafiuddin et al. Simple Model for Simulating Characteristics of River Flow Velocity in Large Scale. *International Journal of Geophysics*, 2015, pp. 1-8.

Zhenghao Zhang, Qiang Zhang, Vijay P. Singh et al. River flow modelling: comparison of performance and evaluation of uncertainty using data-driven models and conceptual hydrological model // *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2018, vol. 32, pp. 2667-2682

3-бөлім
РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ ГЕОГРАФИЯ ЖӘНЕ ТУРИЗМ

Section 3
RECREATION GEOGRAPHY AND TOURISM

Раздел 3
РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ

А.А. Пестова¹ , А.В. Губаренко^{1*} , Т.В. Имангулова² 

¹Казахская академия спорта и туризма, Казахстан, г. Алматы

²Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма,
Россия, г. Москва

*e-mail: gersed@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ИНДУСТРИИ ТУРИЗМА

В настоящее время перед туристским образованием стоит задача подготовки специалиста, отвечающего как требованиям государства, так и запросам рынка труда регионального и международного уровня. Современный работник туристической индустрии – это «продукт» качественного туристского образования, которое должно носить системный, практико-ориентированный и интегральный характер, а также способствовать продвижению концепции непрерывного образования или образования на протяжении всей жизни. В данной статье проводится анализ современного состояния подготовки специалистов индустрии туризма Республики Казахстан, в процессе которого авторами планомерно были изучены образовательные программы (ОП) «Туризм» и результаты обучения по данному направлению более 40 ВУЗов республики, осуществляющих подготовку специалистов по туризму. В процессе научно-исследовательской деятельности был сформирован и проведен опрос основных вузов по ОП «Туризм» с целью выявления ключевых компонентов туристского образования действующих программ. Авторами проанализированы нормативно правовые документы в области образования, а именно Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан (ГОСО РК) по направлению «Туризм» (бакалавриат, магистратура, докторантура), Профессиональный стандарт «Туризм», разработанный национальной платой предпринимателей «Атамекен», а также результаты опроса субъектов туристской индустрии страны. На основе полученных данных авторами выявлены приоритетные направления в формировании ОП «Туризм» и ключевые позиции, необходимые в формировании результатов обучения специалиста для индустрии туризма. Результатом проведенной научно-исследовательской работы стала разработка модели непрерывного компетентностного развития специалиста туристической индустрии, которая была апробирована на трех уровнях образования (бакалавриат, магистратура, докторантура) на примере дисциплин системы управления человеческими ресурсами в туризме как одной из ключевых направлений туристского образования.

Ключевые слова: туризм, туристское образование, специалист индустрии туризма, образовательная программа, образовательный стандарт.

A. Pestova¹, A. Gubarenko^{1*}, T. Imangulova²

¹Kazakh Academy of Sports and Tourism, Kazakhstan, Almaty

²Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Russian, Moscow

*e-mail: gersed@mail.ru

Modern professional approach to training specialists for the tourism industry

Currently, tourism education is faced with the task of training a specialist who meets both the requirements of the state and the demands of the regional and international labor market. A modern employee of the tourism industry is a “product” of high-quality tourism education, which should be systematic, practice-oriented and integral, as well as contribute to the promotion of the concept of continuing education or lifelong learning. This article analyzes the current state of the training of specialists in the tourism industry of the Republic of Kazakhstan, during which the authors systematically studied the educational programs (OP) “Tourism” and the results of training in this area of more than 40 universities of the republic that train specialists in tourism. In the process of research activities, a survey was formed and conducted of the main universities on the OP “Tourism”, in order to identify the key components of tourism education of existing programs. The authors analyzed the normative legal documents in the field of education, namely the State mandatory Standard of education of the Republic of Kazakhstan (SES RK) in the direction of “Tourism” (bachelor’s, master’s, doctoral studies), the Professional standard “Tour-

ism”, developed by the national board of entrepreneurs “Atameken”, as well as the results of a survey of subjects of the tourism industry of the country. Based on the data obtained, the authors identified priority areas in the formation of the OP “Tourism” and the key positions necessary in the formation of the results of training a specialist for the tourism industry. The result of the research work was the development of a model of continuous competence development of a specialist in the tourism industry, which was tested at three levels of education (bachelor’s, master’s, doctoral) on the example of disciplines of the human resource management system in tourism, as one of the key areas of tourism education.

Key words: tourism, tourism education, tourism industry specialist, educational program, educational standard.

А.А. Пестова¹, А.В. Губаренко^{1*}, Т.В. Имангулова²

¹Қазақ спорт және туризм академиясы, Қазақстан, Алматы қ.

²Ресей мемлекеттік дене шынықтыру, спорт, жастар және туризм университеті, Ресей, Мәскеу қ.

*e-mail: gerseda@mail.ru

Туризм индустриясы үшін мамандар даярлаудың заманауи кәсіби тәсілі

Қазіргі уақытта туристік білім беруде мемлекеттің талаптарына да, өңірлік және халықаралық деңгейдегі еңбек нарығының сұраныстарына да жауап беретін маман даярлау міндеті тұр. Туризм индустриясының заманауи қызметкері, бұл тәжірибеге бағытталған және интегралды сипатқа ие, сонымен қатар өмір бойы үздіксіз білім беру немесе білім беру тұжырымдамасын ілгерілетуге ықпал ететін сапалы, жүйелі туристік білімнің «өнімі». Бұл мақалада Қазақстан Республикасының туризм индустриясы мамандарын даярлаудың қазіргі жай-күйіне талдау жүргізіледі, оның барысында авторлар «Туризм» білім беру бағдарламаларын (ББ) және туризм бойынша мамандар даярлауды жүзеге асыратын Республиканың 40-тан астам жоғары оқу орындарының осы бағыт бойынша оқыту нәтижелерін жоспарлы түрде зерделеді. Ғылыми-зерттеу қызметі процесінде қолданыстағы бағдарламалардың негізгі компоненттерін анықтау мақсатында «Туризм» ББ бойынша негізгі жоғары оқу орындарына сауалнама құрастырылып, жүргізілді. Авторлар «Туризм» (бакалавриат, магистратура, докторантура) бағыты бойынша білім беру саласындағы нормативтік құқықтық құжаттарға, атап айтқанда Қазақстан Республикасының Мемлекеттік жалпыға міндетті білім беру стандартына, «Атамекен» Ұлттық Кәсіпкерлер палатасы әзірлеген «Туризм» кәсіби стандартына, сондай-ақ еліміздің туристік индустрия субъектілеріне жүргізілген сауалнама нәтижелеріне талдау жасады. Алынған мәліметтер негізінде авторлар «Туризм» ББ қалыптастырудың басым бағыттарын және туризм индустриясы үшін маманды оқыту нәтижелерін қалыптастыруға қажетті негізгі ұстанымдарды анықтады. Жүргізілген ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижесі туристік білім берудің негізгі бағыттарының бірі ретінде туризмдегі адам ресурстарын басқару жүйесі пәндерінің мысалында білім берудің үш деңгейінде (бакалавриат, магистратура, докторантура) апробацияланған туризм индустриясы маманының үздіксіз құзыреттілігін дамыту моделін әзірлеу болды.

Түйін сөздер: туризм, туристік білім, туризм индустриясының маманы, білім беру бағдарламасы, білім беру стандарты.

Введение

Индустрия туризма является одним из наиболее приоритетных секторов, определяющих мировую экономику в настоящее время (Bazazo and Alananzeh, 2020:1563), а подготовка высококвалифицированных туристских кадров является одной из первостепенных задач не только для профессионального туристского образования, но и для всей индустрии туризма. Эту задачу ставит перед нами и государство, и субъекты туризма, и общество в целом. Сегодня, развитие профессионального туристского образования основано на множестве факторов, оно должно носить интегральный и системный характер. Каждый этап в формировании будущего специалиста можно назвать ключевым, каждый компонент

должен быть не только проанализирован, но и подвергнуться критическому осмыслению всех задействованных в подготовке сторон. Исследуя систему туристского образования Республики Казахстан, можно выявить основные этапы, характеризующиеся определенными отличительными особенностями и раскрывающие тенденции туристского рынка того времени.

Современный подход к туристскому образованию должен основываться на принципах непрерывного образования на протяжении всей жизни, системности и трансдисциплинарности, практико-ориентированном и системном подходе с вовлечением широкого круга стейкхолдеров в процесс подготовки и реализации образовательных программ по направлению «Туризм». В то же время, профессиональное туристское

образование – это своеобразный симбиоз нормативно-правовых и законодательных документов в области туризма и образования, требований туристского рынка труда, региональных и международных стандартов, направленных на реализацию компетентно-ориентированной модели выпускника образовательной программы «Туризм».

Цель исследования – разработка современного профессионального подхода к процессу подготовки специалистов для индустрии туризма на примере цикла дисциплин «Управление человеческими ресурсами» и других. Данные дисциплины разработаны в контексте системы непрерывного образования по образовательной программе «Туризм». В процессе своей профессиональной деятельности авторы разработали и внедрили цикл дисциплин для уровней бакалавриата, магистратуры и докторантуры.

В соответствии с поставленной целью авторами были сформированы следующие задачи исследования:

- изучить современные региональные и международные подходы к формированию образовательных программ в системе непрерывного образования;

- проанализировать действительные запросы субъектов индустрии туризма и выявить приоритетные направления для разработки циклов дисциплин;

- сформировать современный, профессиональный подход к процессу подготовки специалистов для индустрии туризма, реализовав его на определенном цикле дисциплин.

Объектом исследования является система подготовки специалистов для индустрии туризма, а предметом исследования – профессиональный подход к подготовке специалистов для индустрии туризма

В процессе научной и профессиональной деятельности авторами были проведены масштабные исследования по детальному совершенствованию ключевых компетенций будущих специалистов в области туризма с навыками личностного роста, построения карьеры, формирования и управления человеческим капиталом (Каримова, 2014), в чем и состояла главная цель исследования. Реализация данного подхода в процессе подготовки профессиональных кадров как наиболее ценных активов компании (Mahmoud, et al., 2021:514) для индустрии туризма и гостеприимства позволит оказать качественное влияние на уровень оказания туристских услуг в Республики Казахстан. Также был

изучен опыт формирования компетентностной модели выпускника образовательной программы «6В11101-Туризм» на примере КазНУ имени аль-Фараби на основе ступенчато-системной логики ожидаемых результатов изучения учебных дисциплин уровня бакалавриата, где ученые (Плохих и др., 2021:260) раскрывают восемь ключевых процедур образовательной программы, в числе которых оценки: единства; целостности; полноты; конкретности; процессуальности; модульности; контролируемости; прогностичности с учетом требований рынка труда.

Материалы и методы

Исходными данными, ставшими основой исследования, являются результаты проведенного в несколько этапов опроса как среди субъектов индустрии туризма, действительных и потенциальных работодателей, так и вузов Республики Казахстан. Также, детально проанализированы нормативно-правовые и законодательные акты республики в области туризма и образования, профессиональные стандарты и пр. В процессе исследования были выявлены ключевые результаты образовательного процесса, компетенции, необходимые для качественной профессиональной деятельности. На основе полученных данных авторами разработаны циклы дисциплин для уровней бакалавриата, магистратуры и докторантуры, продемонстрированные на примере дисциплины «Управление человеческими ресурсами».

Методы исследования: основными методами в данной научно-исследовательской работе стали методы теоретико-практического уровня. Так, в совокупности были применены анализ источников по проблематике исследования, синтез полученных данных, проведен профессиональный опрос и системный анализ полученных в процессе исследования данных, на основе которых был разработан концептуальный подход, апробированный и внедренный в профессиональное туристское образование Республики Казахстан.

В процессе исследования были изучены материалы специалистов, анализирующих систему управления человеческими ресурсами в сфере туризма и сервиса на международном и региональном уровнях, которые показывают, что деятельность в области управления персоналом играет жизненно важную роль в повышении эффективности бизнеса, расширении его доли на рынке, личных инициативах и инновациях в сфере услуг (Ardito, & Messeni, 2017:261;

Anderson, et al., 2014:1297; Mahmoud, et al., 2021:507). Принципы профессиональной подготовки кадров для туристской индустрии были рассмотрены такими учеными стран СНГ, как: В.С. Аванесов, В.П. Беляева, В.А. Квартальнов, М.Я. Виленский, А.М. Гебос, Ю.М. Лагусев, В.Н. Липник, А.Н. Новиков, В.Д. Чепик, В.А. Кальней и А.И. Сеселкин, О.В. Айгистова, И.В. Зорин, Н.Т. Пироженко, Е.Н. Гаранина. В числе казахстанских ученых в данной области подготовки туристских кадров – Р.С. Ердаuletов, В.Н. Вуколов, А.А. Саипов, Е.С. Никитинский, О.Б. Мазбаев, А.Н. Макогонов, А.А. Жолдасбеков, С.К. Алшынбеков, О.Г. Лютерович, Т.В. Имангулова, М.Н. Абдикаримова, А.В. Губаренко, Д.С. Кадырбекова и другие. Именно в их работах изложены вопросы образования в туризме и подготовки специалистов туристской индустрии в высших учебных заведениях Казахстана, направленные на создание оптимальной модели базовой профессионально-педагогической подготовки менеджера туризма и организацию педагогической деятельности менеджеров туризма.

Процесс научно-исследовательской деятельности состоял из нескольких, ключевых стадий: 1) проведение анализа современного состояния процесса подготовки специалистов для туристской индустрии; 2) формирование и проведение профессиональных опросов среди субъектов индустрии туризма и образования с целью выявления ключевых потребностей рынка; 3) анализ нормативно-правовых и законодательных актов на национальном и международном уровнях в области туризма и образования, прямо или косвенно влияющих на качество подготовки туристских кадров; 4) разработка поэтапной модели освоения профессиональных компетенций в контексте непрерывного образования, на примере конкретных дисциплин. Результаты каждого этапа позволили сформировать современный, практико-ориентированный и компетентностный подход к непрерывному туристскому образованию на примере дисциплины «Управление человеческими ресурсами», так как именно HRM (*human resource management*) является специализированной функцией в организациях, направленных на управление трудом (Boxall, et al., 2009), направленной на развитие человеческого капитала в целом и каждого работника в частности.

Результаты и обсуждение

В настоящее время туристское образование представляет собой активно и динамично-разви-

вающуюся отрасль образования, которая должна отвечать стандартам государства, общества и, конечно, постоянно-возрастающим запросам субъектов туристского рынка. Туристские фирмы не могут позволить себе иметь некавалифицированные кадры, их кадровая политика постепенно переориентируется в сторону высококвалифицированного персонала, имеющего специальное туристское образование (Винтайкина, 2010:14). Сегодня, именно продуктивная взаимосвязь между наукой и профессиональной деятельностью должна стать основой современного профессионального туристского образования. Так, в словаре-справочнике «Сервис и туризм» под редакцией Ю.П. Свериденко и О.Я. Гойхмана квалифицируется определение туристского образования по двум направлениям: 1) овладение определенными знаниями и навыками по конкретной профессии и специальности, относящимся к туристской индустрии; 2) комплекс услуг, относящихся к непроизводственной сфере по подготовке специалистов с высшим и средним профессиональным образованием, рабочих кадров для туристской индустрии (Ананьева и др., 2008:322).

Исследуя различные подходы к пониманию термина «туристское образование», было выявлено множество видов его интерпретации (Абдикаримова, 2020а:150). Так, сегодня туристское образование представляет собой сложную, открытую формирующуюся систему, которая включает в себя: обучающихся, образовательные и научные организации и их объединения, в том числе общественно-государственные, органы управления туризмом и образованием, объединения работодателей индустрии туризма, образовательные программы, государственные образовательные стандарты, профессиональные стандарты и систему профессиональной сертификации специалистов (Писаревский, 2012:2).

Основной «ключ» к пониманию термина «туристское образование» заключен в двух словах, которые системно раскрывают его смысловое определение, а именно «туризм» и «образование», каждое из которых имеет множество понятий, раскрывающих специфичность относительно нового термина. Таким образом, профессиональное туристское образование – это многоплановый, непрерывный процесс освоения обучающимся профессиональных компетенций в области туризма и смежных с ним направлений, сформированных в соответствии с запросами государства, общества и субъектами индустрии туризма.

Современное туристское образование развивается на базе четырех основных идей, соответствующих основным целям туристского образования, связанным с удовлетворением потребностей четырех субъектов – его «потребителей»: личности, общества, производства и сферы туристского образования (Трофимов,

2014:384). Основные элементы, на которых основывается профессиональное туристское образование и которые оказывают прямое влияние на его развитие, представлены на рисунке 1 и охватывают всех заинтересованных в качественной подготовке специалистов для индустрии туризма.

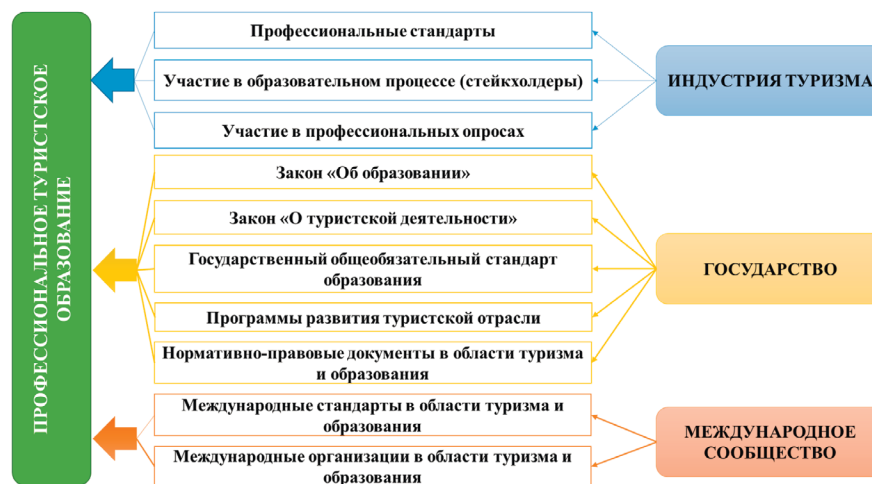


Рисунок 1 – Источники разработки образовательной программы по направлению «Туризм» (составлено авторами)

Сегодня заметна положительная динамика благодаря тому, что представители индустрии туризма, государство и международное сообщество активно вовлекаются в процесс подготовки кадров. Так, вузам дана академическая свобода, их деятельность координируется нормативно-правовыми и законодательными актами, принятыми на территории нашей страны. Международные стандарты и организации позволяют вузам Казахстана активно работать за пределами нашей страны, происходит обмен преподавателями, студентами, повышается престиж казахстанского образования, что, несомненно, оказывает положительный эффект на уровень республики на международной арене. Индустрия туризма оказывает прямое влияние на подготовку специалистов, так как именно субъекты туристского рынка являются основными «потребителями» образовательного процесса, именно их вовлечение в процесс подготовки кадров позволяет говорить о качественном, практико-ориентированном подходе. Сегодня вузы стараются привлекать широкий круг стейкхолдеров к подготовке и разработке образовательных программ, их реализации, итоговой аттестации и сертификации, в числе которых и представители туристских фирм и

компаний (Плохих и др., 2021:268). При этом, если в разработке ОП принимают участие несколько работодателей, то в образовательном процессе их доля составляет 20-30% от общего состава профессорско-преподавательского состава кафедры, что также говорит о практико-ориентированном подходе.

Согласно рисунку 1, в формировании современного туристского образования активное участие должны принимать:

1. Государство, через соответствующие нормативно-правовые и законодательные документы в области туризма и образования, применение которых носит обязательный характер, активно регулирует деятельность вузов в условиях академической свободы, тем самым гарантируя качество подготовки профессиональных кадров для индустрии туризма.

2. Индустрия туризма, через ее представителей, а именно туристских фирм, организаций и сообществ, которые активно вовлечены в разработку образовательных программ и дисциплин, работают в качестве преподавателей, специалистов, консультантов и работодателей, а также принимают участие в профессиональных опросах с целью улучшения качества образовательного процесса в ВУЗах по ОП «Туризм».

3. Международное профессиональное сообщество, через организацию ассоциаций по направлениям в области туризма, формирование единого пространства для качественного туристского образования и пр.

Современная система образования Республики Казахстан прошла достаточно интересный путь развития, сегодня она основана на принципах непрерывности и преемственности (уровни образования), совокупности индивидуальных способностей, профессиональных знаний, умений и навыков, необходимых для выполнения работы в рамках соответствующе-

го вида профессиональной деятельности (квалификация), а также при учете специфических организационных особенностей (продолжительность, форма, возрастно-социальный признак, численность и др.) (рис. 2). Все это дает возможность говорить о планомерном развитии всей системы высшего и послевузовского образования. В динамике данный процесс происходит и сейчас – качественные изменения, основанные на глубоком исследовании, модернизации и совершенствовании всех элементов туристского образования на международном и региональном уровнях.

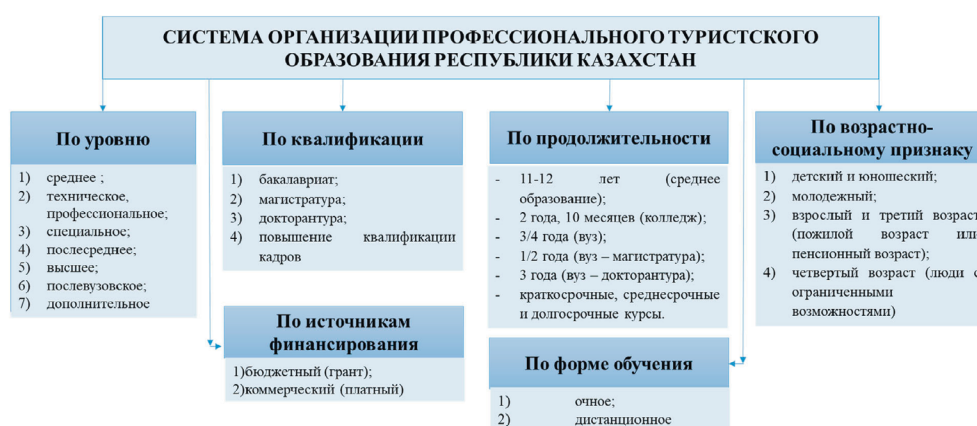


Рисунок 2 – Классификация туристского образования Республики Казахстан (составлено авторами на основе Закона Республики Казахстан «Об образовании»)

Данные, представленные на рисунке 2, могут носить стандартный характер, так как охватывают всю систему образования Республики Казахстан, при этом, существуют специфические особенности туристского образования, такие как:

1. Практико-ориентированный характер обучения, обусловленный не только обретением теоретических знаний по основополагающим профессиональным направлениям с возможностью их применения в практической деятельности во время внеаудиторных занятий и производственных практик. Практико-ориентированный подход активно применяется в циклах дисциплин, носящих профессиональный характер, т.е. компетенции (знания, умения и навыки) на прямую будут задействованы в процессе трудовой деятельности. При разработке подобных дисциплин приоритет направлен на практические занятия, которые могут проводиться как в аудиторной, так и внеаудиторной форме (экскурсии, занятия в музеях, объектах туристского интереса, на базе туристских компаний и пр.), имеется положительный опыт сотрудничества образовательной

среды и представителей туристского бизнес-сообщества, когда происходило совмещение двух преподавателей по одной дисциплине, где практические занятия проводились непосредственно работником туристской фирмы и компании (Имангулова, Саванчиева, 2013:65).

2. Гуманистическая направленность туристского образования как одной из наиболее контактных сфер профессиональной деятельности в системе «человек-человек», продиктованной концепцией личностного подхода к построению образовательного процесса. Данная позиция раскрывается в двух направлениях: во-первых, это индивидуальный подход к формированию «своего образовательного вектора», когда обучающийся является главным координатором, он выбирает дисциплины в рамках ОП, а во-вторых, это возможность «включения» дополнительных занятий внеаудиторное время с целью личностного (тренинги и пр.), профессионального (мастер-классы и пр.), культурного (вечерние мероприятия, театры и пр.), социального (мероприятия и пр.) роста и развития. Все эти состав-

ляющие формируют новый взгляд на образование двадцать первого века, где человек является основной ценностью, не ресурсом, а капиталом своей страны, государства и общества.

3. Единство структурных элементов педагогического процесса – взаимосвязь обучения и воспитания с целью подготовки всесторонней развитой личности, которая будет не просто отличным специалистом, обладающим необходимыми профессиональными компетенциями, но и достойным гражданином и патриотом своей страны. С этой целью активно проводятся разнообразные мероприятия, направленные не только на приобретение профессиональных компетенций, но и на формирование личностных, социальных, культурных качеств, необходимых для деятельности в сфере «человек-человек».

4. Преемственность (непрерывность), выраженная в освоении определенных уровней образования (бакалавриат, магистратура, докторантура), а также в системе пост- и пререквизитов, когда дисциплины являются взаимосвязанными между собой комплексами компетенций. Непрерывность образования, или «образование на протяжении всей жизни», – реальность нашего времени, когда обучающийся поэтапно формирует, углубляет и расширяет свои знания, умения и навыки в профессиональной области, как до получения степени (диплома, сертификата и пр.), так и после (постоянное повышение квалификации).

5. Научность и подлинность образования выражена в качественном подходе к образовательному процессу, когда теоретические знания и практические навыки должны быть научно обоснованы и быть подлинными, т.е. основанными на реальных исследованиях, что позволяет повысить и поддерживать высокий уровень предоставляемых образовательных услуг. Многие вузы, реализующие подготовку специалистов по ОП «Туризм», уже сегодня активно практикуют проектную деятельность обучающихся, а результаты их научно-исследовательской деятельности публикуются и участвуют в конкурсах, в том числе и на грантовое финансирование, что повышает престиж профессии и вуза.

6. Свобода и плюрализм в образовании реализуются в ответственности обучающегося за построение индивидуальной траектории обучения и качестве приобретаемых компетенций. Обучающийся становится инициатором, координатором и «заказчиком» образовательного процесса, именно он в большей степени заинтересован в качестве предоставляемых вузом образовательных услуг. В то же время, обучающиеся

и выпускники активно привлекаются к проектированию, разработке и экспертизе образовательных программ, их корректировке и пересмотру (Имангулова, Саванчиева, 2013:65).

7. Патриотизм в условиях глобализации и локализации обусловлен необходимостью воспитания гражданственности и патриотического мышления будущего специалиста индустрии туризма. В состав ОП «Туризм» многие вузы уже внедрили регионально-краеведческий компонент, с помощью которого обучающиеся не только изучают региональные особенности территории, но и учатся разрабатывать готовые турпродукты на основе существующих ресурсов, популяризируя объекты природного и историко-культурного наследия среди граждан и гостей региона, тем самым развивая туристскую привлекательность регионов нашей страны.

8. Дуальность – преодоление между теорией и практикой, образованием и производством и повышение качества подготовки квалифицированных кадров с учетом требований работодателей.

9. Инновационность – целенаправленное изменение, вносящее в среду обитания новые стабильные элементы, вызывающее переходные системы из одного состояния в другое, т.е. нововведения или инновации педагогического процесса по подготовке туристских кадров (Имангулова, Саванчиева, 2013:65).

Таким образом, современный подход к развитию профессионального туристского образования Республики Казахстан обусловлен множеством элементов, которые могут носить специфический характер, при этом сохраняя основные тенденции развития индустрии туризма. Современные педагогические технологии, усовершенствованные посредством практической деятельности и сочетающие в себе общепринятые элементы обучения, формируют многоуровневую систему подготовки туристских кадров, направленные, в первую очередь, на практико-ориентированных компетенции, которые и определяют компетентно-ориентированный подход к педагогическому процессу туристского образования.

В настоящее время подготовку профессиональных туристских кадров в Республики Казахстан осуществляют около 40 ВУЗов. Каждый из которых разрабатывает свою образовательную программу на основе обязательных и дополнительных документов. На сегодняшний день в системе высшего образования имеется два концептуальных подхода к разработке образовательной программы, определяемых целями и задачами

системы образования в целом. К ним относятся: компетентный и модульный подходы, каждый из которых «заставляет» строить образовательную программу по определенной схеме, структуре, модели (Полупан, 2014:49).

Сам процесс развития туристского образования в Республики Казахстан принято делить на несколько этапов: 1) туристское образование в контексте общего советского образования; 2) формирование национального вектора развития туристского образования; 3) интеграция в международное туристское образовательное пространство. Каждый из этапов имеет свои отличительные характеристики и отражает требования, выдвигаемые к профессиональному туристскому образованию (Абдикаримова и др., 2020б:32). Так, основные требования и критерии туристского образования представлены на рисунке 3.

Представленные на рисунке 3 принципы, выдвигаемые профессиональным, научным и педагогическим сообществом, реализуются в настоящее время. Особое место в данном процессе должно быть отведено именно анализу тенденций современного туризма, выраженных в требовани-

ях государства (Государственный общеобязательный стандарт образования, нормативно-правовые и законодательные акты, стратегические планы развития в области туризма и образования и пр.), субъектов туристского рынка (профессиональные стандарты, опросы, совместная работа и пр.) и общества (Губаренко А., 2021:178).

В рамках масштабной научно-исследовательской работы в области совершенствования качественного подхода к процессу профессионального туристского образования с целью выявления его современного состояния авторами был проведен опрос среди представителей туристского образования различных учебных заведений. Данный опрос дал возможность выявить не только особенности современного туристского образования, но и сформировать приоритетные направления по его совершенствованию. В ходе опроса респондентам, в роли которых выступили представители вузов, готовящих специалистов по ОП «Туризм», был предложен ряд вопросов, позволяющих сформировать точное представление о современных тенденциях подготовки специалистов для индустрии туризма.



Рисунок 3 – Современные принципы профессионального туристского образования (составлено авторами)

С целью выявления наиболее значимых документов, которые на сегодняшний день вовлечены в образовательный процесс, был сформирован вопрос: «На каких документах, нормативно-правовых и законодательных актах, стандартах и прочее, основывается разработка ОП (образовательных программ в вашем вузе)?», большинство респондентов отметили именно общеобязательные стандарты образования, принятые в стране

ВУЗа (ФГОС, ГОСО, профессиональные классификаторы и пр.), и профессиональные стандарты, принятые субъектами туристической индустрии на региональном и международном уровнях (паспорта профессий, атлас профессий, профессиональные стандарты ГПП «Атамекен» и пр.). Анализ полученных ответов представлен на рисунке 4.

Основными документами, оказывающими прямое воздействие на деятельность ВУЗов,

подготовку, формирование и развитие ОП (образовательных программ) Республики Казахстан, являются: Закон «Об образовании» с изменениями и дополнениями; Классификатор направлений подготовки кадров с высшим и послевузовским образованием РК; ГОСО высшего и послевузовского образования; Типовые правила деятельности организаций высшего и послевузовского образования; Правила организации учебного процесса по кредитной технологии обучения; профессиональный стандарт «Туризм» и Профессиональный стандарт: «Предоставление экскурсионных услуг», утверждённый Приказом Председателя Правления Национальной палаты предпринимателей Республики Казахстан «Атамекен»; Концепция развития туризма на 2019-2025 годы и др. Так, например, профессиональные стандарты основаны на анализе требований к трудовой деятель-

ности и её результатам и подлежат постоянному мониторингу и обновлению по мере изменений содержания трудовой деятельности (Профессиональные стандарты туристской отрасли Республики Казахстан). Профессиональные стандарты были приняты в 2017 году и дополнены в 2019 году на территории Республики Казахстан Национальной палатой предпринимателей Республики Казахстан «Атамекен» совместно с Казахстанской туристской ассоциацией (КТА). Таким образом, разработка ОП на основании анализа внешних и внутренних факторов должна осуществляться с широким привлечением разнообразных стейкхолдеров (ассоциаций, представителей бизнес-среды, работодателей, ИПС, представителей студенчества, и др.) при тщательном изучении запросов государства, требований бизнес-среды, запросов работодателей и т.д. (рис. 5).



Рисунок 4 – Анализ ответов на вопрос «На каких документах, нормативно-правовых и законодательных актах, стандартах и прочее, основывается разработка ОП (образовательных программ в вашем вузе)?» (составлено авторами на основе опроса, проведенного в Google form)



Рисунок 5 – Схема формирования ОП «Туризм» (составлено авторами)

При анализе данных стандартов, а также основных законодательных и нормативно-правовых документов были выявлены требования, которые сегодня выдвинуты перед туристским образованием и формируют ключевые элементы результатов освоения профессиональных компетенций будущими специалистами индустрии туризма. С этой же целью авторами был сформулирован вопрос «Какие компоненты туристского образования, на ваш взгляд, являются наиболее важными, ключевыми?» в рамках профессионального опроса представителей профессионального туристского образования. Наиболее частыми ответами были названы: краеведение, иностранные языки, HRM (управление человеческими ресурсами), менеджмент, маркетинг, новые информационные технологии, психология, география туризма и прочее. При этом, наиболее частым запросом в профессиональных и образовательных стандартах на всех уровнях образования (бакалавриат, магистратура, докторантура) являются именно навыки в системе управления человеческими ресурсами (HRM).

Именно HRM сегодня активно внедряется в систему высшего туристского образования, так как управление человеческими ресурсами – это специализированная функция в организациях, нацеленная на управление наёмным трудом, которой, как правило, надделено особое подразделение («отдел кадров», «служба управления персоналом», «департамент HR»). Понятие HRM охватывает все процессы поиска, подбора, развития, продвижения, обучения персонала и прочее, в основе которого несомненно, лежит менеджмент, так как минимум пять сфер организации должны быть управляемыми, а именно: производство, маркетинг, финансовая бухгалтерия, учетная бухгалтерия и персонал.

В процессе построения непрерывного цикла освоения профессиональных компетенций были изучены современные инновации в области создания и управления организацией (Anderson, et al., 2014:1297), источники, раскрывающие роль стратегических методов управления персоналом (Ardito, & Messeni, 2017:261), современные HRM-системы по управлению предприятием (Чеглакова, Числина, 2019:139) и основные классические труды о человеческом капитале и управлении им (Руденко, 2015:350).

На основе полученных данных в Казахской академии спорта и туризма авторами разработан курс дисциплин по формированию навыков управления персоналом как на уровне специалиста, так и на уровне исследователя на трех

основных уровнях: бакалавриат, магистратура и докторантура:

1. Бакалавриат – дисциплина «Управление персоналом в туризме» раскрывает основы компетентного подхода при поиске, подборе, подготовке, профессиональной деятельности, развитии и оценке персонала. Курс включает в себя теоретические и практические основы управления персоналом, разработки организационного механизма и планирования потребности в персонале, психологической и профессиональной подготовки кадров, управление их мотивацией в условиях современной индустрии туризма с целью приобретения конкурентного преимущества.

2. Магистратура – дисциплина «HRM в сфере туризма» углубляют компетенции в области управления персоналом, исследует современные модели HRM: конкурирующие ценности, рациональные цели внутренних процессов, человеческих отношений, открытых систем менеджмента. Особенности HR-менеджмента в туристских отраслях и на предприятиях туристской индустрии за рубежом и в Казахстане. HRM и управление персоналом. Основные направления работы с человеческими ресурсами.

3. Докторантура – дисциплина «HRM – в сфере услуг» расширяет и совершенствует компетенции в области HRM, раскрывает особенности эффективного управления человеческими ресурсами на всех видах и типах предприятий сферы услуг, с учетом психологии управленческой деятельности и организации процессов взаимодействия внутренних департаментов и отделов туристского предприятия. Курс включает освоение экономических, организационно-распорядительных и социально-психологических методов отбора, распределения и развития человеческого капитала, а также способов автоматизации управления персоналом, координации и контроля качества предоставляемых услуг (Pestova, et al., 2021:1010), а также современные исследования в области управления персоналом, направленные на внедрение системы управления персоналом на предприятиях реального сектора (Olimova, 2021:25) и образовательную среду (Армстронг, 2019:416).

Таким образом, концептуальный подход к организации профессионального туристского образования должен основываться на современных принципах и подходах к системе образования, способствовать дальнейшему развитию индустрии туризма через научно-исследовательский подход университетов третьего поколения. Результатом исследования стала разработка мо-

дели непрерывного компетентностного развития профессионального туристского образования, которая была апробирована на трех уровнях

образования на примере дисциплин системы управления человеческими ресурсами в Казахской академии спорта и туризма (рис. 6).



Рисунок 6 – Модель непрерывного компетентностного развития профессионального туристского образования (составлено авторами)

Согласно рисунку 6, при исследовании современных требований государства и общества, изложенных в актуальных нормативно-правовых и законодательных актах Республики Казахстан, запросов субъектов индустрии туризма, выявленных через профессиональные опросы, встречи и открытые дискуссионные площадки, а также в результате экспертного оценивания действующих образовательных программ и профессиональные стандарты, авторами был выявлен запрос на формирование компетенций в сфере управления человеческими ресурсами. Команда профессионалов, составителей ОП проанализировала международные тенденции в области HRM, подготовила процесс освоения необходимых знаний, умений и навыков, а также пути их углубления и расширения в контексте поэтапного туристского образования, предполагаемые результаты и необходимые требования к кандидатуре потенциального преподавателя, который планомерно реализует поставленные задачи через инновационные формы организации образовательной деятельности.

Таким образом, в настоящее время формирование образовательных программ должно быть основано, в первую очередь, на требованиях государства, которые изложены в образовательных стандартах, нормативно-правовых и законодательных актах и иных документах, а также учитывать запросы рынка труда, мнения потенциальных работодателей, предложения широкого круга специалистов индустрии ту-

ризма и гостеприимства, и отвечать не только республиканским стандартам, но и стандартам международных организаций. Так, сегодня наблюдается четкая тенденция на практико-ориентированный характер туристского образования, его системность и непрерывность, что должно быть отражено как в образовательных программах «Туризм» (по всем уровням: бакалавриат, магистратура, докторантура), так и в циклах дисциплин, разработанных с учетом поэтапного освоения профессиональных компетенций с их последующим углублением на всех ступенях образовательного процесса.

Выводы

На основе полученных данных авторами выявлены и сформированы актуальные позиции, направленные на развитие и качественное улучшение современного туристского образования, а именно:

1. Современное развитие профессионального туристского образования основывается на множестве принципов, таких как практико-ориентированность, системность, непрерывность и пр., реализации которых гарантирует результативность данного процесса и как итог высокое качество профессиональных кадров для индустрии туризма.

2. Концептуальный подход к организации туристского образования должен основываться не только на обязательных нормативно-правовых и

законодательных актах и законах, но и на запросах субъектов индустрии туризма, что позволит сформировать четкое представление о том, какой именно специалист необходим современному туристскому рынку, какими компетенциями он должен обладать, к чему должен быть подготовлен. Это позволит повысить показатель трудоустройства выпускников вузов и уровень удовлетворенности работодателей.

3. Постоянный мониторинг потребностей всех заинтересованных в образовательном процессе сторон (государство, общество, профессиональная среда, международное сообщество и др.) через определенные «каналы связи» позволит реализовать качественный подход к развитию всей системы профессионального турист-

ского образования. При подобном мониторинге, через опросы, прямые встречи, участие в создании образовательных программ, а также через преподавательскую деятельность, отзывы на выпускников и т.п., вузы смогут постоянно совершенствовать ОП, отвечать на актуальные запросы туристского рынка и повышать общую эффективность и качество образовательного процесса в целом.

Все положения, разработанные авторами и изложенные в данной статье, представляют собой профессиональные разработки, полностью внедренные в образовательный процесс Казахской академии спорта и туризма, в рамках ОП «Туризм» на трех основных уровнях образования: бакалавриат, магистратура и докторантура.

Литература

- Anderson N., Potočnik P., & Zhou J. (2014) Innovation and creativity in organizations: a state-of-the-science review // *Journal of Management Studies*. – Т. 40. – № 5. – Pp. 1297-1333 (DOI:10.1177/0149206314527128).
- Ardito L., & Messeni P.A. (2017) Breadth of external knowledge sourcing and product innovation: The moderating role of strategic human resource practices // *European Management Journal*. – Т. 35. – № 2. – Pp. 261-272 (DOI:10.1016/j.emj.2017.01.005).
- Bazazo, I.K., & Alananzeh, O.A. (2020). The implementation of international standards and specifications (ISO-SCUBA) on improving the quality of Diving tourism in Aqaba Jordan // *GeoJournal of Tourism and Geosites*. – 33(4). – Pp.1557-1563 (DOI:10.30892/gtg.334spl17-608).
- Boxall, P., John, P., & Patrick, M. (2009). *Wright 1. Human Resource Management* // Oxford University Press (DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199547029.003.0001).
- Mahmoud, R., Al-Mkhadme, A.A., Alananzeh, O.A., & Masa'deh, R. (2021). Exploring the relationship between human resources management practices in the hospitality sector and service innovation in Jordan: the mediating role of human capital // *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 35(2). – Pp. 507–514 (DOI:10.30892/gtg.35231-678).
- Olimova, (2021), Improvement of the human resources management strategy in the enterprises of the real sector. *Cognitio rerum*. – № 7. – Pp. 25-28.
- Pestova, A., Gubarenko, A., Imangulova, T., Ussubaliyeva, S., & Uaisova, A. (2021). Conceptual framework of human resource management in tourism education of the Republic of Kazakhstan // *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 38(4). – Pp. 1005–1010 (DOI:10.30892/gtg.38403-737).
- Абдикаримова М.Н. (2020) Организационно-педагогические условия совершенствования подготовки туристских кадров: дис. ... док. филос. (PhD):6D090200. – Алматы. – 150 с.
- Абдикаримова М.Н., Губаренко А.В., Макогонов А.Н., Имангулова Т.В., Лютерович О.Г. (2020) Системный подход в разработке образовательных траекторий по подготовки специалистов индустрии туризма для экскурсионного обслуживания // *Научно-теоретический журнал «Теория и методика физической культуры»*. – № 4 (62). – С. 32-40.
- Ананьева Т.Н. (2008) *Сервис и туризм: словарь-справочник* / Под ред. Свириденко Ю.П., Гойхман О.Я. – М.: Альфа-М. – 322 с.
- Армстронг М. (2019) *Главный учебник по управлению персоналом в мире (перевод с английского Бергмана Э.Л.)* – Москва: Эксмо. – 416 с.
- Винтайкина Е.В. (2010) *Проблемы профессионального туристского образования* // *Вестник Московского университета МВД России*. – № 5. – С. 14-15.
- Губаренко А.В. (2021) *Совершенствование форм и методов экскурсионного обслуживания в Республике Казахстан: дис. ... док. филос. (PhD):6D090200*. – Алматы. – 178 с.
- Имангулова Т.В., Саванчиева А.С. (2013) *Значение инновационных технологий в образовательном процессе* // *Збірник наукових праць*. – Харків, – Випуск 18. – С.63-65.
- Карамова А.С. (2014) *Управление человеческими ресурсами в индустрии туризма* // *Экономика и менеджмент инновационных технологий*. – № 3. – Ч. 1. // <https://ekonomika.snauka.ru>
- Плохих Р. В., Жакупова А. А., Молдагалиева А. Е. Компетентностная модель выпускника образовательной программы «БВ11101 Туризм» // *Записки Усть-Каменогорского филиала Казахского Географического Общества*. – Выпуск пятнадцатый «Международный год мира, доверия и устойчивого развития». Материалы международной научно-практической конференции. – Усть-Каменогорск: ТОО «ВКПК АРГО», 2021. – С. 260-268.
- Писаревский Е.Л. (2012) *Туристское образование в России: национальная идентификация в условиях глобальной интеграции (философско-правовой аспект)* // *Туризм: право и экономика*. – №4. – С. 2-7.

- Полупан Л. (2014) Особенности и этапы проектирования образовательных программ в вузе (практический аспект) // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – №11. – С. 49-59.
- Руденко А.М. (2015) Управление человеческими ресурсами: учебное пособие. – Ростов н/Д.: Феникс. – 350 с.
- Трофимов Е.Н. (2014) Основы туризма: учебник / коллектив авторов; под ред. Писаревского Е.Л. – М.: Федеральное агентство по туризму. – 384 с.
- Чеглакова А., Числина И. (2019) Важность современных HRM-систем в управлении предприятием // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – Т. 40. – № 6. – С. 139-145.
- *Закон Республики Казахстан от 27 июля 2007 года № 319-III «Об образовании» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 11.01.2020 г.) // <https://online.zakon.kz> (дата обращения 20.09.2021).
- *Профессиональные стандарты туристской отрасли Республики Казахстан. – Алматы: S-Принт, 2012. – С. 232.
- *Официальный сайт UNWTO // <https://www.unwto.org/institutions-unwtotedqual-certified-programmes> (дата обращения 12.10.2021).
- *Официальный сайт НПП «Атамекен» // <https://atameken.kz> (дата обращения 12.10.2021).
- *Официальный сайт Казахской академии спорта и туризма, раздел «Образовательные программы» // <https://kazast.edu.kz> (дата обращения 11.08.2021).

References

- Anderson N., Potočník P., & Zhou J. (2014) Innovation and creativity in organizations: a state-of-the-science review // *Journal of Management Studies*. – Т. 40. - № 5. – Pp. 1297-1333 (DOI:10.1177/0149206314527128).
- Ardito L., & Messeni P.A. (2017) Breadth of external knowledge sourcing and product innovation: The moderating role of strategic human resource practices // *European Management Journal*. – Т. 35. - № 2. – Pp. 261-272. (DOI:10.1016/j.emj.2017.01.005).
- Bazazo, I.K., & Alananzeh, O.A. (2020). The implementation of international standards and specifications (ISO-SCUBA) on improving the quality of Diving tourism in Aqaba Jordan // *GeoJournal of Tourism and Geosites*. - 33(4). - Pp.1557-1563 (DOI:10.30892/gtg.334spl17-608).
- Boxall, P., John, P., & Patrick, M. (2009). Wright 1. Human Resource Management // Oxford University Press (DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199547029.003.0001).
- Mahmoud, R., Al-Mkhadmeh, A.A., Alananzeh, O.A., & Masa'deh, R. (2021). Exploring the relationship between human resources management practices in the hospitality sector and service innovation in Jordan: the mediating role of human capital // *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 35(2). - Pp. 507–514 (DOI:10.30892/gtg.35231-678).
- Olimova, (2021), Improvement of the human resources management strategy in the enterprises of the real sector. *Cognitio rerum*. - № 7. - Pp. 25-28.
- Pestova, A., Gubarenko, A., Imangulova, T., Ussubaliyeva, S., & Uaisova, A. (2021). Conceptual framework of human resource management in tourism education of the Republic of Kazakhstan // *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 38(4). - Pp. 1005–1010 (DOI:10.30892/gtg.38403-737).
- Abdikarimova M.N. (2020) Organizacionno-pedagogicheskie usloviya sovershenstvovaniya podgotovki turistskih kadrov [Organizational and pedagogical conditions for improving the training of tourist personnel]: dis. ... doc. philos. (PhD):6D090200. - Almaty. - 150 p.
- Abdikarimova M.N., Gubarenko A.V., Makogonov A.N., Imangulova T.V., Ljuterovich O.G. (2020) Sistemnyj podhod v razrabotke obrazovatel'nyh traektorij po podgotovki specialistov industrii turizma dlja jekskursionnogo obsluzhivaniya [A systematic approach to the development of educational trajectories for the training of specialists in the tourism industry for excursion services]. - Scientific and theoretical journal "Theory and methodology of physical culture". - No. 4 (62). - pp. 32-40.
- Anan'eva T.N. (2008) Servis i turizm: slovar'-spravochnik [Service and tourism: dictionary-reference]. - Ed. Sviridenko Yu.P., Goikhman O.Ya. - M.: Alpha-M. - 322 p.
- Armstrong M. (2019) Glavnyj uchebnyj po upravleniju personalom v mire (perevod s anglijskogo Bergmana Je.L.) [The main textbook on personnel management in the world (translated from English by E.L. Bergman)]. - Moscow: Eskimo. - 416 p.
- Vintajkina E.V. (2010) Problemy professional'nogo turistskogo obrazovaniya [Problems of professional tourism education]. - Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia. - No. 5. - pp.14-15.
- Gubarenko A.V. (2021) Sovershenstvovanie form i metodov jekskursionnogo obsluzhivaniya v Respublike Kazahstan [Improvement of forms and methods of excursion services in the Republic of Kazakhstan]: dis. ... doc. philos. (PhD):6D090200. - Almaty. - 178 p.
- Imangulova T.V., Savanchieva A.S. (2013) Znachenie innovacionnyh tehnologij v obrazovatel'nom processe [The importance of innovative technologies in the educational process]. - Zbirnik naukovikh prats. - Harkiv, - Vipusk 18. - pp.63-65.
- Karamova A.S. (2014) Upravlenie chelovecheskimi resursami v industrii turizma // *Jekonomika i menedzhment innovacionnyh tehnologij* [Human resource management in the tourism industry]. - Economics and management of innovative technologies. - No. 3. - Part 1. <https://ekonomika.snauka.ru>
- Plohih R. V., Zhakupova A. A., Moldagalieva A. E. Kompetentnostnaya model' vypusknika obrazovatel'noj programmy «6B1101 Turizm» [Competence model of the graduate of the educational program "6B1101 Tourism"] // *Zapiski Ust'-Kamenogorskogo filiala Kazahskogo Geograficheskogo Obschestva*. - Vypusk pyatnadcatyj «Mezhdunarodnyj god mira, doveriya i ustojchivogo razvitiya». Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Ust'-Kamenogorsk: TOO «VKPK ARGO», 2021. – S.260-268.

Pisarevskij E.L. (2012) Turistskoe obrazovanie v Rossii: nacional'naja identifikacija v uslovijah global'noj integracii (filosofsko-pravovoj aspekt) [Tourism education in Russia: national identification in the context of global integration (philosophical and legal aspect)]. - Tourism: Law and Economics. - No. 4. - pp. 2-7.

Polupan L. (2014) Osobennosti i jetapy proektirovanija obrazovatel'nyh programm v vuze (prakticheskij aspekt) [Features and stages of designing educational programs at the university (practical aspect)]. - Bulletin of the Baltic Federal University named after I.Kant. - No. 11. - pp.49-59.

Rudenko A.M. (2015) Upravlenie chelovecheskimi resursami: uchebnoe posobie [Human Resource Management: a textbook]. - Rostov n/A: Phoenix. - 350 p.

Trofimov E.N. (2014) Osnovy turizma: uchebnik [Fundamentals of tourism: textbook / team of authors: ed. Pisarevskogo E.L.]. - M.: Federal Agency for Tourism. - 384 p.

Cheglakova A., Chislina I. (2019) Vazhnost' sovremennyh HRM-sistem v upravlenii predpriyatijem [The importance of modern HRM systems in enterprise management]. - Innovative economy: Prospects for development and improvement. - Vol. 40. - No. 6. - pp. 139-145.

*Zakon Respubliki Kazahstan ot 27 ijulja 2007 goda № 319-III «Ob obrazovanii» (s izmenenijami i dopolnenijami po sostojaniju na 11.01.2020 g.) [Law of the Republic of Kazakhstan dated July 27, 2007 No. 319-III "On Education" (with amendments and additions as of 11.01.2020)]. - <https://online.zakon.kz> (accessed 20.09.2021).

*Professional'nye standarty turistskoj otrasli Respubliki Kazahstan [Professional standards of the tourism industry of the Republic of Kazakhstan]. - Almaty: S-Print, 2012. - p. 232.

*Oficial'nyj sajt UNWTO [UNWTO Official website]. - <https://www.unwto.org/institutions-unwtotedqual-certified-programmes> (accessed 12.10.2021).





*Oficial'nyj sajt NPP «Atameken» [Official website of NCE "Atameken"]. - <https://atameken.kz> (accessed 12.10.2021).

*Oficial'nyj sajt Kazahskoj akademii sporta i turizma, razdel «Obrazovatel'nye programmy» [Official website of the Kazakh Academy of Sports and Tourism, section "Educational programs"]. - <https://kazast.edu.kz> (accessed 11.08.2021).

4-бөлім
ГЕОЭКОЛОГИЯ

Section 4
GEOECOLOGY

Раздел 4
ГЕОЭКОЛОГИЯ

К.К. Ануарбеков^{1*} , **А.М. Әбдібай^{1*}** ,
А.Е. Алдиярова¹ , **Г.Ж. Меңдібаева²** 

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Ж. Жиенбаев атындағы Қазақ өсімдікті қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты,

Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: kanat.anuarbekov@kaznaru.edu.kz

СЫРДАРИЯ ӨЗЕНІНІҢ ТӨМЕНГІ АҒЫСЫНДАҒЫ СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРДІҢ СУ-ТҰЗ РЕЖИМІН РЕТТЕУ

Сырдария өзені суының минерализациясы, өзеннің төменгі ағысында орналасқан суармалы алқаптардың топырақ-мелиоративтік құрылымының қазіргі жағдайы өте нашар деңгейде. Топырақтың тұздану мөлшері, одан қалды қашыртқы сулармен шыққан судың тұздану мөлшері өте жоғары. Төменарық гидробекеті тұсында өзен суының минерализациясының орташа жылдық көрсеткіші 2,0-2,5 г/л, Қазалы гидробекеті тұсында 3,0-3,5 г/л жетіп отыр. Ал топырақтардың тұздану процестері іс жүзінде облыстың барлық аумағы бойынша орын алған. Соңғы дерек бойынша Қызылорда облысының аумағында тұзданған суармалы жерлердің ауданы 225,9 мың га шамасында, олардың ішінде әлсіз тұзданғаны – 87,6 мың га, орташа тұзданғаны – 73,3 мың га және қатты және өте қатты тұзданған жерлер – 65,1 мың га. Қызылорда облысы негізінен күріш (сондай-ақ, жоңышқа, сүрлемдік жүгері, күнбағыс, бақша өсімдіктері т.б.) өсіруге машықтанған. Осыны ескеріп, күріш егісі қалыптасқан жерлерде қашыртқы – дренаж жүйелерінің нашар жұмыс істеуінен екінші реттік тұздану жүретіндігі байқалды.

Осы аталған мәселені оңтайландыру бойынша, мақалада Сырдария өзенінің төменгі ағысындағы, Қызылорда облысы аумағындағы суармалы алқаптардың қазіргі жағдайы, олардың су-тұз режимін реттеу жұмыстарының нәтижесі берілген. Осы мақсатта Жаңақорған-Шиелі суармалы массивіне қарайтын Бидайкөл ауылшаруашылық жерінің (бұрынғы Гигант) 71,15 га-да тәжірибе жүргізілген болатын. Зерттеу жұмыстарының нәтижесін ескеріп егістікке берілетін суды арнайы дайындалған тығыз қамыс өсімдігі егілген биотанап арқылы беру оңтайлы екендігі белгілі болды. Биотанаптан тазаланып шыққан суармалы суды малазықтық дақылдарды суаруға пайдалану әлдеқайда тиімді. Сонымен қатар қамыс өсімдігінің өзі малазықтық дақыл ретінде республикада кең таралған. Тамыз айында орылатын жас қамысты (ол кезде қамыс үпелектемей, дінгегі жұмсақ, жапырағы жасыл күйде болады) арнайы технологияның көмегімен майдалап турап, пресспен сақтайды. Қыстық мал азығын дайындаудың маңыздылығының жыл сайын артуына байланысты қамыстың бағасы да республиканың оңтүстік және оңтүстік-батыс өңірлерінде едәуір қымбаттаған. Мысалы, биылғы жылы 1 пресс қамыстың бағасы 650-850 тг бағасында құбылып отырды. Бұған қоса биыл көктемде батыс өңірлердегі (Ақтау, Маңғыстау өңірлері) жеп-шөп тапшылығын айтуға болады. Аталған жағдайларды ескере отырып, мақалада атқарылған жұмыстың өзекті екендігіне көз жеткізуге болады.

Түйін сөздер: тұздану, тәжірибе танабы, суармалы жерлер, шектер, жуып-шаю, су-тұз режимі, қашыртқы.

K. Anuarbekov^{1*}, A. Abdibay¹, A. Aldiyarova¹, G. Mengdibayeva²

¹Kazakh National Agrarian Research University, Kazakhstan, Almaty

²Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine after Zh. Zhienbayev, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: kanat.anuarbekov@kaznaru.edu.kz

Regulation of the water-salt regime of irrigated lands in the lowerof the Syrdarya River

The salinity of the water of the Syrdarya river, the current soil-reclamation state of the irrigated lands located in the lower reaches of the Syrdarya river are very poor. Soil salinity and salinity of collector-drainage waters are very high. The average annual salinity of river water at the Tomenaryk gauging station is 2.0-2.5 g/l, and at the Kazalinsky gauging station – 3.0-3.5 g/l. Moreover, the process of soil salinization took place practically throughout the entire territory of the region. According to the latest data, the area of saline irrigated land in the Kyzylorda region is about 225.9 thousand hectares, of which slightly saline – 87.6 thousand hectares, moderately saline – 73.3 thousand hectares, strongly and very strongly saline – 65.1 thousand hectares. The Kyzylorda region is mainly engaged in the cultivation of rice (as well

as alfalfa, corn for silage, sunflower, etc.). Considering this, secondary salinization was observed in rice fields due to poor performance of collector-drainage systems.

To optimize this issue, the article presents the current state of irrigated lands in the lower reaches of the Syrdarya river in the Kyzylorda region, as well as the results of work on regulating the water-salt regime. For this purpose, research work was carried out on 71.15 hectares of agricultural land Bidaikol (formerly Gigant), belonging to the Zhanakorgan-Shieli irrigation massif. According to the research results, it was optimal to provide the fields with water through a specially prepared biofield planted with dense reed plants. It has been proven that purified irrigation water from the biofield is effective for irrigating forage crops. In addition, the reed itself is widely used in the republic as a fodder crop. Young reeds collected in August (at this time the reeds will be soft, and the leaves are green) are finely chopped and stored using a press using a special technology. Due to the growing importance of winter forage, the price of cane has increased significantly in the southern and southwestern regions of the country. For example, this year the price of 1 cane press fluctuated within 650-850 tenge. In addition, this spring there was a shortage of feed in the western regions (Aktau, Mangistau). Considering all these problems, the work done in the article is very relevant and more effective.

Key words: salinization, experimental field, irrigated lands, checks, leaching, water-salt regime, collectors and drainages.

К.К. Ануарбеков^{1*}, А.М. Абдибай^{1*}, А.Е. Алдиярова¹, Г.Ж. Мендибаева²

Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Казахстан, г. Алматы
Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений им. Ж. Жиенбаева,
Казахстан, г. Алматы

*e-mail: kanat.anuarbekov@kaznaru.edu.kz

Регулирование водно-солевого режима орошаемых земель в низовьях реки Сырдарья

Минерализация воды реки Сырдарья и современное почвенно-мелиоративное состояние орошаемых земель, расположенных в низовьях реки Сырдарья, на очень плохом уровне. Засоленность почвы и коллекторно-дренажных вод очень высока. Среднегодовая минерализация речной воды на Томенарыкском гидропосте составляет 2,0-2,5 г/л, а на Казалинском гидропосте – 3,0-3,5 г/л. Причем процесс засоления почв происходил практически на всей территории области. По последним данным, площадь засоленных орошаемых земель в Кызылординской области составляет около 225,9 тыс.га, из них слабозасоленных – 87,6 тыс.га, средnezасоленных – 73,3 тыс.га, сильно и очень сильно засоленных – 65,1 тыс.га. Кызылординская область в основном занимается выращиванием риса (а также люцерны, кукурузы на силос, подсолнечника и др.). Учитывая это, на рисовых полях наблюдалось вторичное засоление из-за плохой работы коллекторно-дренажных систем.

Для оптимизации данного вопроса в статье представлено современное состояние орошаемых земель в низовьях реки Сырдарья в Кызылординской области, а также результаты работы по регулированию водно-солевого режима. Исследовательские работы были проведены на 71,15 га сельскохозяйственных земель Бидаиколь (бывший Гигант), относящихся к оросительному массиву Жанакорган-Шиели. Согласно результатам исследований оптимальным было обеспечение полей водой через специально подготовленное биополе, засаженное густыми тростниковыми растениями. Доказано, что очищенная поливная вода из биополя эффективна для орошения кормовых культур. Кроме того, сам тростник широко используется в республике как кормовая культура. Собранные в августе молодые камыши (в это время камыши будут мягкими, а листья зелеными) мелко измельчают и хранят с помощью прессы по специальной технологии. Из-за растущего значения озимых кормов цена на тростник значительно выросла в южных и юго-западных регионах страны. Например, в этом году цена 1 пресс тростника колебалась в пределах 650-850 тенге. Кроме того, этой весной наблюдалась нехватка кормов в западных регионах (Актау, Мангистау). Учитывая важность этих проблем, считаем проделанное в статье исследование очень актуальным.

Ключевые слова: засоление, опытное поле, орошаемые земли, чеки, промывка, водно-солевой режим, коллекторы и дренажи.

Кіріспе

Сырдария өзені алабының жалпы су қоры орташа көпжылдық кезеңмен есептегенде 37 млрд.м³ шамасында. Ағынның басты көлемі Ферғана аңғарынан (Өзбекстан терри-

ториясы) бастап алаптың жоғарғы бөлігінде қалыптасқан. Ферғана аңғарынан бастау алатын Сырдария өзенінің суы Қазақстан бөлігінде Шардара суқоймасына жиналады. Қазіргі таңда Шардара суқоймасындағы орташа жылдық су көлемі шамамен 5 млрд.м³-ты құрап отыр.

Вегетациялық кезеңде бұл көрсеткіш шамамен 4 млрд.м³-қа қысқарады. Одан төмен Сырдария суын маусымдық реттеу және аймақты су тасқынынан қорғау мақсатында Түркістан об-

лысы территориясында Көксарай су қоймасы (контррегуляторы деп те аталады) салынған. Суқойманың су жинау көлемі 3 км³ есептелген (1-сурет).

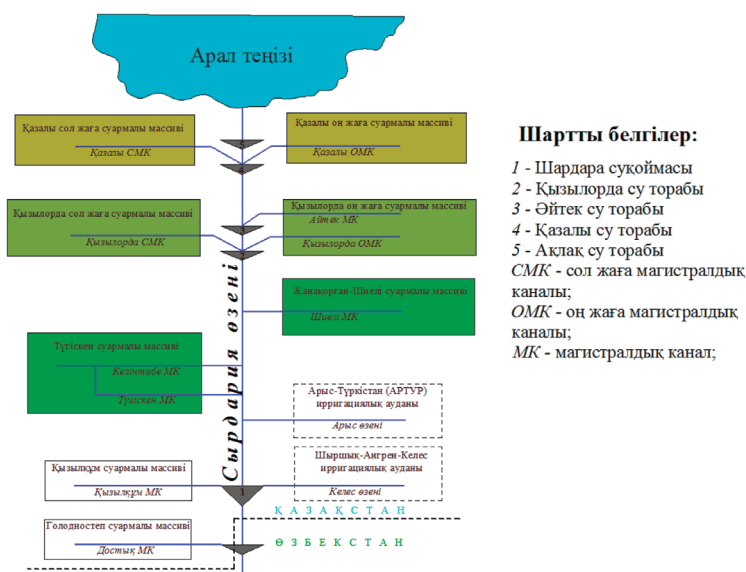


1-сурет – Шардара суқоймасы және Көксарай контррегуляторы

Сырдарияның төменгі ағысында суармалы жерлерге су беру, реттеп отыру мақсатында Қызылорда облысы аумағында Қызылорда су торабы мен Қазалы су торабы салынған. Қызылорда су торабының есептік өтімі шамамен 200 м³/с құраса, Қазалы су торабының есептік өтімі 90 м³/с құрайды. Қызылорда облысының суармалы жерлерінің ауданының өсуі, суды мүмкіндігінше тиімді реттеу барысында тағы да Әйтек су торабы және Арал теңізіне жақын тұста Ақлақ су торабы салынған болатын.

Сырдарияның төменгі ағысында Қызылорда облысы аумағында 6 суармалы массив (Түгіскен,

Жанақорған-Шиелі, Қызылорда оң жаға және сол жаға, Қазалы оң жаға және сол жаға суармалы массивтері) орналасқан. Олардың жалпы схемасы 2-суретте көрсетілген. Суармалы массивтерде негізінен астық, күріш, күнбағыс, көкөніс, бақша өсімдіктері, картоп және малазықтық дақылдары (сүрлемдік жүгері, жоңышқа т.с.с) өсіріледі (Шиелі ауданы бойынша 2019 жылғы есеп материалдары, 2019: 34; 2017-2019 жж. Сырдария өзенінің суының химиялық құрамы бойынша Қызылорда облыстық экология және биоресурстар басқармасының материалы, 2019: 56).



2-сурет – Сырдария өзені бассейнінің Қазақстан бөлігіндегі суармалы массивтердің орналасу схемасы

Осы суармалы массивтердің жалпы ауданы қолда бары шамамен 220 мың га жуық, ал пайдаланылғаны шамамен 145 мың га. Суарылатын аудандардың Сырдария өзені бассейніне

қарайтын суармалы жерлерінің соңғы бес жылдағы өзгерісі 1-кестеде келтірілген (Қызылорда облысы жерге орналастыру бойынша жобалау институтының есебі, 2019: 22).

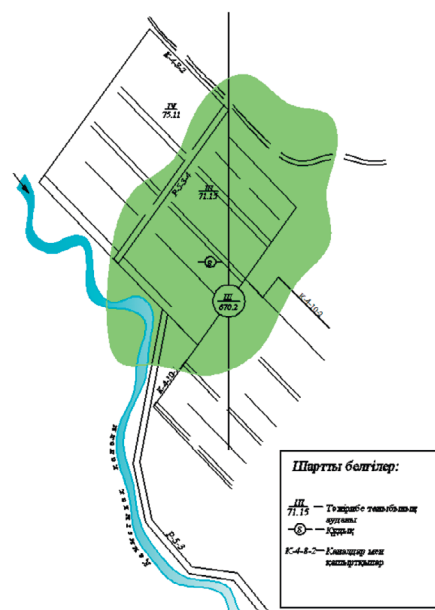
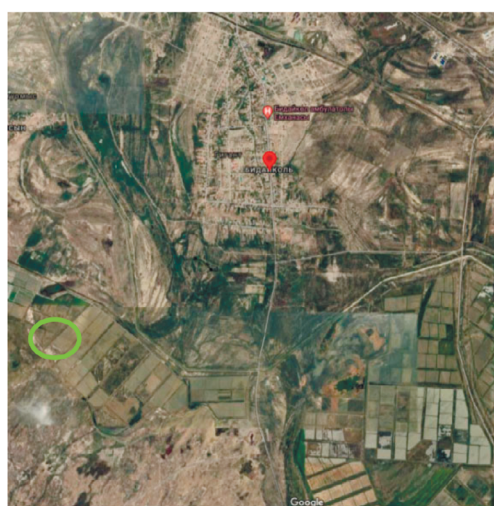
1-кесте – Сырдария өзені бассейнінің Қызылорда облысындағы суармалы жерлерінің өзгеруі (мың га)

Жылдар	Қызылорда облысы	
	Суармалы жерлердің қолда бары	Пайдаланылғаны
2016	214,7	148,8
2017	217,9	153,1
2018	218,8	168,7
2019	218,8	154,5
2020	218,8	143,4

Кестеден көрініп тұрғандай соңғы жылдары 218,8 мың га суармалы жерлердің 68%-ы ғана пайдаланылған, 25%-ы қанағаттанарлық жағдайда. Бұл суармалы жерлердің шамамен 90-93%-ы немесе 200 мың га жуық суармалы жерлерге егін егуге болады деген сөз, 7-10%-ы қатты тұзданған, яғни мүлде жарамсыз. Арал теңізінің тартылуы салдарынан теңіз табанынан ұшқан тұз суармалы жерлердің тұздануына, сонымен қатар Сырдария өзенінің және қашыртқы суларының минерализациясының жоғарылығы суармалы жерлердің екінші реттік тұздануына әкеп соқтыруда. Қазіргі таңда суармалы массивтердің ахуалы өте төмен техникалық

жағдайда. Олардың көбісі осыдан 35-40 жыл бұрын салынған, түпкілікті жақсартуды қажет етеді. Қазіргі уақытта 45,1 мың га суармалы жерлер қанағатсыздандырарлық жағдайда. Олардың ішінде 21,8 мың га суармалы жерлер тұзданып кетсе, 4,5 мың га суармалы жерлер дұрыс дайындалмаған, 18,8 мың га суармалы жерлерде – суармалы және қашыртқы-дренаж жүйелері істен шыққан. Соған сәйкес аймақта дақылдардың өнімділігі де төмен.

Осы аталған мәселені зерттеу барысында Жаңақорған-Шиелі суармалы массивіне қарасты Бидайкөл ауылшаруашылық егістігінің 71,15 га жерінде тәжірибе жүргізген болатынбыз (3-сурет).



3-сурет – Тәжірибе аймағының орналасу схемасы

Әдістеме. Судың химиялық құрамы мен топырақ құрамы арнайы лабораторияларда анықталды. Яғни жалпы азот (N), (pH), аммоний және нитрат азоттары, сульфаттар (SO₄) мен хлоридтер (Cl) Рыбникова-Лурье [2] әдістерімен анықталса, ал кальций (Ca) мен магний (Mg) кешенді-метриялық әдіспен, натрий (Na) мен калий (K) фотометрмен, химиялық ауа қажеттілігі (ХПК) бихромат тәсілімен анықталды (Goma Bothina Saad, Elsayed Said Mohamed, N.I. Thernuha, A.V. Shuravili., 2010: 109; S.G. Vojegov, K.V. Dudchenko, 2020: 103).

Топырақтың химиялық құрамы жылына екі рет, яғни күзде және көктемде анықталып отырды. Топырақ сынапасы 60 см тереңдікте, яғни әр 10 см сайын алынды. Ары қарай 100 см тереңдікте, яғни әр 20 см сайын 3 қайтарымда алынып отырды.

Топырақ ылғалдылығы термостатты және бұрғылау әдістері бойынша анықталды.

Топырақтағы тұздарды жуып-шаю нормасын В.Р. Волобуевтің теңдеуімен анықтадық (Лопатовская О.Г., Сугаченко А.А., 2010: 44):

$$M = \alpha \log \left(\frac{S_n}{S_0} \right) 10000,$$

мұндағы: – жуып-шаю нормасы, м³/га;

– топырақтың 1 метр қабатындағы тұздардың саны, %;

– топырақтың 1 метр қабатындағы тұздардың шекті көрсеткіші, %;

– топырақтың тұздарды өткізгіштік мәні. Қызылорда облысы бойынша бұл көрсеткіш Ж. Баймановтың мағлұматы бойынша деп берілген (Байманов Ж.Н., 2017: 43).

Тәжірибе барысында шаю жұмыстарын екі рет жүргізіп, әрбір жүргізген сайын гектарына 2300 м³ су беріледі. Бірінші шаю жұмыстары мен екінші шаю жұмыстарының аралығы 5 күн төңірегінде болады.

Топыраққа түскен тұздардың санын, суғармалау нормасын сумен келіп түсетін тұздардың мөлшеріне көбейту арқылы табамыз. Ал топырақтан шыққан тұздардың санын қашыртқы суының көлемін оның тұздылығына көбейту арқылы анықтаймыз.

Жүргізіліп отырған тәжірибелік аймақта бір шектің ауданы 0,5 гектарға тең болса, оған берілетін судың мөлшері 1150 м³/га. Каналдың су өтімі 100 л/с.

$$t = \frac{1150000}{100} = \frac{11500 \text{ сек}}{60 \text{ сек}} = \frac{192 \text{ мин}}{60 \text{ мин}} = 3,2 \text{ сағат}$$

Нәтижесінде 1 шекті шаю жұмысына 3 сағат 20 минут уақыт жұмсалады. Демек барлық 71

гектарды 19 тәулікте жуып-шаюға болады. Бұл бір реттік жуып-шаю. Екінші қайтара жуып-шаюды әр 5 күннен кейін жүргізіп отырамыз. Сонда барлық жуып-шаю процесіне 38 тәулік жұмсалады.

Далалық зерттеу жұмыстары 3 нұсқада жүргізілді:

– I нұсқа. Қарапайым суару жағдайындағы топырақтың су-тұз режимдері (бақылау);

– II нұсқа. Топырақты шаю жұмыстарынан кейінгі су-тұз режимі;

– III нұсқа. Егіс алқабына суды биотанап арқылы бергендегі топырақтың су-тұз режимі.

Зерттеу жұмысы 71,15 га жерді 24 гектардан 3 танапқа бөліп 3 нұсқада жүргізілді. Жуып-шаю жұмыстары үшін танаптар шекке бөлінді. Әр шектің ауданы 2500 м² (100x25 м²). Барлығы 96 шек. Биотанаптың ауданы 5 га. Ол бес бөлікке бөлінген. Әр бөліктің ауданы 1 гектардан. Онда қалың қамыс егілді.

Әр нұсқаның ауданы 24 га (танаптың ұзындығы 1200 м, ені 200 м). Әр нұсқаның арасында ені 2 м-лік қорғаныс белдемшесі болды.

I нұсқада тәжірибе танабындағы егістікке су беру өндірістік жағдайда, яғни жыл сайынғы суару әдісі бойынша берілді. Бақылау жұмысы бойынша егістікке кірген және шыққан судың тұздылығы анықталып отырды.

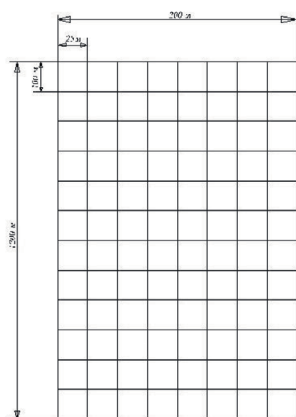
II нұсқада тәжірибе танабына су беру жуып-шаю жұмыстарынан кейін берілді. Сонда нұсқа бойынша танап 96 шекке бөлінді. Әр шектің ұзындығы 100 м, ені 25 м құрады. А. Шомантаевтың зерттеуі бойынша Сырдарияның төменгі ағысының өзен суының минерализациясы су өтіміне тығыз байланысты екендігі дәлелденген. Су өтімі көбейген сайын өзеннің минерализациясы төмендеп отырады. Әсіресе бұл өзеннің су өтімі ең көп саналатын наурыз және мамыр айлары аралығында байқалады. Осы кезеңдерде судың минерализациясы 900-1000 мг/л-ге дейін төмендейді. Аталған жағдайды ескере отырып шаю жұмыстарын осы мезгілде жүргізген дұрыс. Жуып-шаюға арналған шек 4-суретте көрсетілген (Шомантаев А.А., 2001: 187).

III нұсқада тәжірибе танабындағы егістікке су беру арнайы дайындалған тығыз қамыс өсімдігі (тростник) егілген биотанап арқылы жүргізілді. Қамыс өсімдігі көптеген ғалымдардың зерттеуі бойынша судың құрамындағы тұздардың мөлшерін өзіне сіңіріп тазалау қабілетіне ие. Тіпті қамыс өсімдігін кейбір ғалымдар биологиялық сүзгі деп те атайды (Anser Ali, Shahzad M.A. Basra, Safdar Hussain, Javaid Iqbal, M. Ahmad Alias Haji A. Bukhsh and Muhammad Sarwar, 2012: 642;

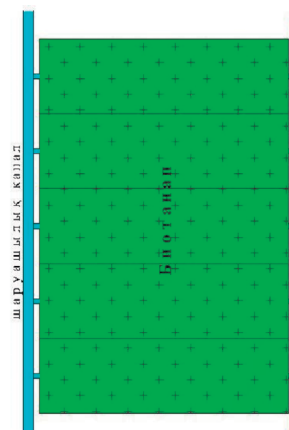
Shabbir A Shahid., Mohammad Zaman., Lee Heng., 2018: 45; Muthuraman Yuvaraj., Kasiviswanathan Subash., Chandra Bose., E.Tawfik., 2021: 5). Бақылау жұмыстары бойынша биотанапқа кірген және шыққан судың су-тұз режимі,

сондай-ақ егістіктен шыққан судың көлемі және тұздылығы анықталып отырды.

Биотанап ауданы бес бөлікке (әрқайсысы 1 гектардан) бөлінді. Әр бөлік кезек-кезек жұмыс жасайды (5-сурет).



4-сурет – II нұсқадағы шектердің схемасы



5-сурет – III нұсқадағы биотанаптың схемасы

Нәтижесі. Зерттеу жүргізілген Бидайкөл ауыл шаруашылығына қарасты тәжірибе учаскесіндегі тұздардың бастапқы мөлшері 1,757% (құрғақ топырақ салмағынан) құрады. (Anuarbekov K.K., Zubairov O.Z., Nusipbekov M.Zh., 2015: 1002; Anuarbekov K.K., Kaipbayev E.T., Mengdibayeva G.Zh., 2021: 50). Мұндай көрсеткішпен бұл учаскеден жақсы өнім алу өте қиын болды. Өсімдіктер үшін пайдалы тұз индексі шамамен 0,3-0,5% диапазонында болуы керек. 2 жыл ішінде жуып-шаю жұмыстарының нәтижесінде және суды арнайы дайындалған биотанап арқылы бергенде тұздардың мөлшері

1,757%-дан 0,422%-ға (құрғақ топырақ салмағынан) дейін төмендеді. (Ануарбеков К.К., Зубаиров О.З., Шомантаев А.А., 2013: 465; Ануарбеков К.К., Зубаиров О.З., 2013: 31). Осыған сәйкес сүрлемдік жүгері мен жоңышқаның да өнімділігі артты.

Жұмыс барысында дақылды суаруға алынған жалпы судың көлемі, оның тұздылық мөлшері, сондай-ақ қашыртқымен шыққан судың көлемі мен оның тұздылығы анықталып отырды. Үш нұсқада жоспарланған және нақты алынған судың мөлшері, қашыртқыға түскен су көлемі, ПӘК көрсеткіші анықталды (2-кесте).

2-кесте – Тәжірибе танабындағы дақылдардың вегетациялық кезеңдегі су алу және егістікке су беру мөлшері бойынша мәліметі, м³

Көрсеткіштер	I нұсқа	II нұсқа	III нұсқа
2019 жыл			
Алынған су (нақты)	203 871	249 419	190 322
Танапқа жіберілген су (нақты)	126 400	154 640	118 000
Қашыртқыға түскен су көлемі	32 864	35 309	30 680
ПӘК	0,62	0,62	0,62
2020 жыл			
Алынған су (нақты)	194 839	245 548	181 935
Танапқа жіберілген су (нақты)	120 800	152 240	112 800
Қашыртқыға түскен су көлемі	31 408	33 583	29 328
ПӘК	0,62	0,62	0,62

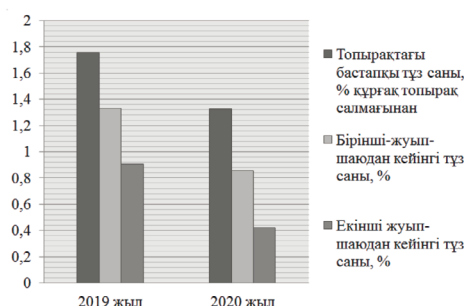
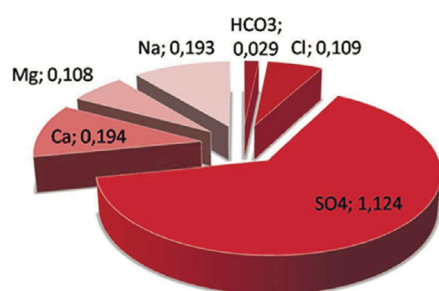
Сондай-ақ үш нұсқадағы су-тұз режимдерінің салыстырмалы көрсеткіші анықталды, ол 3-кестеде көрсетілген.

3-кесте – Тәжірибе кезіндегі егістіктің су-тұз режимдері

Көрсеткіштер	I нұсқа	II нұсқа	III нұсқа
Егістікке берілген су мөлшері, м ³	247 200	306 880	230 800
Берілген судың тұздылық көрсеткіші, г/л	2,03	2,03	1,64
Топыраққа түскен тұздардың саны, т	502,0	480,4	378,5
Қашыртқымен шыққан судың мөлшері, м ³	64 272	68 892	60 008
Шыққан судың тұздылық көрсеткіші, г/л	2,80	2,96	1,97
Қашыртқымен шыққан тұздардың саны, т	180,3	203,9	118,1
Топырақта қалған жалпы тұздардың саны, т	321,7	276,5	260,4

Яғни, II нұсқада I нұсқаға қарағанда топырақта тұз аз қалып отыр. Бұл жуып-шаю жұмысын жүргізгендіктен болып отыр. Ал III нұсқада I нұсқаға қарағанда 60 тоннаға жуық аз түсті. Сондай-ақ егістіктен шыққан қашыртқы сулар

P-5-3-4 коллекторы арқылы сыртқа тасталады. 6-суретте тәжірибе жүргізілген аймақтың топырақ құрамындағы жалпы тұздардың көрсеткіші және II нұсқадағы жуып-шаю жұмыстары кезіндегі тұз мөлшерінің динамикасы көрсетілген.



6-сурет – Тәжірибе аймағындағы топырақтағы тұздардың көрсеткіші мен жуып-шаю жұмыстары кезіндегі тұз мөлшерінің динамикасы

Жүргізілген жұмыстар (биотанап, шаю жұмыстары) егістік алқабындағы сүрлемдік жүгерінің өсіп-дамуына және өніміне едәуір әсер еткені байқалды.

Зерттеу жұмысының нәтижесі көрсеткендей, вегетациялық кезеңде жүгері дақылының өсуі мен дамуы III нұсқада суды биотанап арқылы өткізіп бергенде қарқынды жүрді.

Бір суарғанда жүгері дақылының жапырағының ауданы 7600 см² жетті. Зерттеу жұмыстары көрсеткендей, жүгері дақылының жапырағының ауданының өсуі мен дамуы III

нұсқада суды биотанап арқылы жібергенде I нұсқаға қарағанда 3000 см² жоғары болды.

Жүгері дақылының жапырағының өсуінің ең жоғарғы көрсеткіші (7600 см²) екінші жылы (2020 ж.) тіркелді, яғни өсімдік бойының биіктігі жинау маусымы кезінде 220 см-ге жетті.

Жапырақтың ең жоғарғы өнімі шілде айының екінші жартысында байқалды. Осы кезде сүрлемдік жүгері дақылының шашақтанып гүлдену фазасы жүреді. Сүрлемдік жүгері дақылын жинау кезінде әр нұсқада өнім сынама-ларын алып отырдық (4-кесте).

4-кесте – Сүрлемдік жүгерінің өнімділік көрсеткіштері, ц/га

Нұсқалар	1-ші қайталау	2-ші қайталау	3-ші қайталау	Орташа өнімділік	Өзгерістер, I нұсқамен салыстырғанда
2019 жыл					
I нұсқа	348	380	352	360	
II нұсқа	385	390	395	390	+30
III нұсқа	390	410	400	400	+40
2020 жыл					
I нұсқа	363	366	375	368	
II нұсқа	410	420	430	420	+52
III нұсқа	442	460	451	451	+83
НСП ₀₅ – 27 ц/га, Р,% – 3%					

Топырақтағы тұзды жуып-шаю нұсқасында жүгері өнімділігі I нұсқаға қарағанда (өндірістік жағдай) 30-52 ц/га, III нұсқада (суды биотанап арқылы бергенде) жүгері өнімділігі I нұсқаға қарағанда 40-83 ц/га көп болды. Ең жоғары өнімділік көрсеткіші III нұсқада байқалды.

Тәжірибе басталған жылы жоңышқа дақыл екінші жылдық болды. Жоңышқа дақыл 7

реттен суарылып, әр гектарына 5700 м³/га су беріліп отырды. Жоңышқа дақыл жылына үш рет орылып отырды. Алғашқы орымында I нұсқа бойынша 116, 171, 131 (418 ц/га), II нұсқада осы рет бойынша 126, 177, 163 (466 ц/га), III нұсқада осы рет бойынша 131, 183, 171 (485 ц/га) болды. Жоңышқадан түскен өнім 5-кестеде көрсетілген.

5-кесте – Жоңышқа дақылының өнімділік көрсеткіштері, ц/га

Нұсқалар	1-ші қайталау	2-ші қайталау	3-ші қайталау	Орташа өнім	Өзгеріс, I нұсқамен салыстырғанда
2019 жыл					
I нұсқа	412	424	418	418	
II нұсқа	462	468	468	466	+48
III нұсқа	475	490	490	485	+67
2020 жыл					
I нұсқа	410	414	412	412	
II нұсқа	452	462	460	458	+46
III нұсқа	470	482	476	476	+64

Кестеден көріп отырғандарыңыздай, 2019 жылы I нұсқаға қарағанда II нұсқада 48 ц/га қосымша өнімге қол жеткізсек, III нұсқада I нұсқаға қарағанда қосымша 67 ц/га өнім алынды. 2020 жылы осы ретпен II нұсқада қосымша 46 ц/га, III нұсқада 64 ц/га қосымша өнім алынып отыр.

Талқылау. Шаю жұмыстарын жүргізудің алдында төмендегідей кезекті жұмыстар жүргізген дұрыс:

- егіс алқабын жүйелі жоспарлау;
- қоршама белдемшелерін 0,25 м биіктікте жоспарлау;
- канал жүйелеріне жөндеу жұмыстарын

жүргізу, шектерге су өткізу үшін Томпсон трапециалды суағар (водослив) жүйесін пайдалану, оны дайындау;

– шаю жұмыстарына дейін 2019 жылдың наурыз айының алғашқы жартысында 1 метр топырақ қабатындағы жалпы тұздардың мөлшерін анықтау;

Зертханалық зерттеу жұмыстарының нәтижесіне қарап отырып, 1 метр топырақ қабатындағы тұздардың жалпы мөлшері құрғақ топырақ салмағынан 1,757% болды. Ал 2020 жылдың көктемінде екінші жуып-шаю жұмыстарынан кейін 1 метр топырақ қабатындағы тұздардың жалпы мөлшері құрғақ топырақ салмағынан 0,422%-ға төмендеді.

Бидайкөл ауылшаруашылық жерінің 71,15 га жерін шаю жұмыстарына жоғарыда көрсетілгендей 4600 м³/га су берілген болса, Қызылорда облысы бойынша суға бекітілген тариф 2019 және 2020 жылдары 0,7 тг/м³ шамасында болды. Яғни 2019 жылы шаю жұмыстарына 3 220 тг/га жұмсалды. Сонда бір жылда жоңышқа мен сүрлемдік жүгері егіс алқабына 4900 м³/га су беріліп, 3 430 тг/га шығын жұмсалды. Зерттеліп отырған аймақта 2020 жылы сүрлемдік жүгеріден орташа есеппен I нұсқада 364 ц/га, II нұсқада 410 ц/га, III нұсқада 426 ц/га өнім алынған болса, жоңышқа өнімділігі I нұсқада 415 ц/га, II нұсқада 462 ц/га, III нұсқада 480 ц/га болды.

Осы зерттеу жұмыстарының нәтижесіне қарап отырып салыстырмалы түрде III нұсқа оңтайлы екендігіне көз жеткіздік. Егістікке берілетін суды арнайы дайындалған тығыз қамыс өсімдігі егілген биотанап арқылы беру жоғары нәтиже көрсетті. Биотанаптан тазаланып шыққан суармалы суды малазықтық дақылдарды суаруға пайдалану тиімді екендігі дәлелденді. Сонымен қатар қамыс өсімдігінің өзі малазықтық дақыл ретінде республикада кең таралған. Тамыз айында орылатын жас қамысты (ол кезде қамыс үпелектемей, дінгегі жұмсақ, жапырағы жасыл күйде болады) арнайы технологияның көмегімен майдалап турап, пресспен сақтайды. Қыстық мал азығын дайындаудың маңыздылығының жыл сайын артуына байланысты қамыстың бағасы да республиканың оңтүстік және оңтүстік-батыс өңірлерінде едәуір қымбаттаған. Мысалы, биылғы жылы I пресс қамыстың бағасы 650-850 тг шамасында болды. Бұған қоса биыл көктемде батыс өңірлердегі (Ақтау, Маңғыстау өңірлері) жеп-шөп тапшылығын айтуға болады. Осы жағдайлардың

барлығын ескере отырып III нұсқа, яғни егістікке суды биотанап арқылы беру технологиясының тиімді екендігіне көз жеткізуге болады.

Қорытынды. Сырдария өзенінің Арал теңізіне қарай бағытында өзеннің арнасына Қызылқұм, Түгіскен және сол жағалаудағы Қызылорда ірі күріш массивтерінен қашыртқы-дренаж сулары келіп түседі. Табиғи және антропогендік факторлардың жиынтығы өзен суының тұздылығының едәуір артуына, ондағы улы тұздардың шоғырлануына, судың құрамында улы химикаттар түріндегі техногендік ластанулардың пайда болуына әкеліп отыр.

Соңғы деректер бойынша бір жылда суару массивтерінен қашыртқылармен Сырдария суына 2,5-3,5 млн. тонна тұз келіп түседі. Минералданудың орташа жылдық мәні Төменарық тұсында 1,5-1,7 г/л, Қазалы тұсында 1,7-1,8 г/л болса, ал жекелеген мерзімдерде ең көп мәні Төменарықта 2,0 г/л, ал Қазалыда 3,0 г/л жеткен. Минералданудың барлық мәндері кезінде иондық құрамның түрі сульфат-натрийлі болып келеді.

Сондықтан дәл қазіргі жағдайда суармалы аудандарда тұрақты су-тұз режимін қалыптастыру үшін, суармалы жерлердің мелиоративтік жағдайын бағалау үшін және өңірде қалыптасқан экологиялық және әлеуметтік жағдайға байланысты туындап отырған мәселелерді шешу үшін әлі де болса төмендегідей кешенді зерттеу жұмыстарын жүргізуді ұсынамыз:

- Сырдария суының минерализациясын жыл сайынғы кешенді бақылау;
 - тұзданған жерлерді агрохимиялық суретке түсіру (съемка);
 - тұзданған топырақ картограммасын жасау;
 - топырақтың су-физикалық құрамын және топырақтағы тұздардың шаю нормасын зерттеу;
 - егістік жерлердің құрылымын қайта қарастыру және қайта құру;
 - су бөлу және суды пайдалану үрдісін басқаруды жақсарту;
 - озық технологияларды, техникалық және конструктивтік шешімдерді енгізу;
 - қашыртқы-дренаж суларын тазарту және ауыл шаруашылығында қайта пайдалану;
 - төгінді суларды дайындау және оларды ауыл шаруашылығында пайдалану.
- Сонымен қатар су-тұз режимдерін одан әрі жақсарту үшін егістікке суды биотанап арқылы беру ұсынылады. Оның ауданы суармалы жерлердің ауданының 2%-нан кем болмауы керек.

Әдебиеттер

1. Ануарбеков К.К., Зубайров О.З., Шомантаев А.А. Оценка социально-экологического ущерба от загрязнения сточными и коллекторно-дренажными водами в низовьях реки Сырдарья: Международная научно-практическая конференция «Мелиорация в России – традиции и современность» посвящена 100-летию со дня рождения выдающегося ученого-мелиоратора, академика ВАСХНИЛ, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, Аверьянова Сергея Федоровича. – М., 2013. – С.461-470.
2. Ануарбеков К.К., Зубайров О.З. Суғармалы жерлерде топырақтың су-тұз режимдерін реттеу және мелиоративтік процестерді басқару // «Водное хозяйство Казахстана» научно-информационный журнал. – Астана, №4 (54) июль-август 2013. – С.29-35.
3. Anuarbekov K.K., Zubairov O.Z., Nusipbekov M.Zh. Influence of the improvement of water-salt regime on the yield. Journal Biosciences Biotechnology Research Asia, April 2015, Vol. 12(1), 999-1006. – С. 999-1006.
4. Anuarbekov K.K., Kaipbayev E.T., Mengdibayeva G.Zh. Assessment of social and environmental damage caused by sewage and collector-drainage water pollution in the lower reaches of the Syrdarya river. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, Volume 1, Number 445 (2021). – С.46-51
5. Anser Ali, Shahzad M.A. Basra, Safdar Hussain, Javaid Iqbal, M. Ahmad Alias Haji A. Bukhsh and Muhammad Sarwar. Salt Stress Alleviation in Field Crops Through Nutritional Supplementation of Silicon. Pakistan Journal of Nutrition 11 (8): 2012., pp 637-655.
6. Байманов Ж.Н. Использование сточных вод для промывки засоленных почв: Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Проблемы экологии АПК и охраны окружающей среды». Алматы, НАЦАИ РК, 2017. – С. 40-42.
7. Vojegov S.G., Dudchenko K.V. Modelling of salt composition of soils of rice crop rotations. Journal of Agrology. 2020, Volume 3, p.102-105.
8. Goma Bothina Saad, Elsayed Said Mohamed, N.I. Thernuha, A.V. Shuravili. Formation of water-salt regime of soils under long-term irrigation of municipal wastewater in Egypt. Journal of Agronomy and Animal Industries, 2010, ISSN: 2312-7988, 108-110 p.
9. «Қызылорда гидрогеологиялық-мелиоративтік экспедициясы» РММ. Шиелі ауданы бойынша 2019 жылғы есеп материалдары. – Қызылорда, 2019.
10. Қызылорда облысы жерге орналастыру бойынша жобалау институтының есебі. – Қызылорда, 2019.
11. Лопатовская О.Г., Сугаченко А.А. Мелиорация почв. Засоленные почвы. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. – 101 с.
12. Muthuraman Yuvaraj., Kasiviswanathan Subash., Chandra Bose., E.Tawfik. Soil Moisture Importance. Book Open Access. 2021., pp 1-10.
13. Сырдария өзенінің суының 2017-2019 жж. химиялық құрамы бойынша Қызылорда облыстық экология және биоресурстар басқармасының материалы. – Қызылорда, 2019.
14. Shabbir A Shahid., Mohammad Zaman., Lee Heng. Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Book Open Access. 2018., pp 43-53.
15. Шомантаев А.А. Гидрохимический режим водотоков и сельскохозяйственное использование сточных и коллекторно-дренажных вод в низовьях реки Сырдарья. – Кызылорда, 2001. – С.182-199.

References

1. Anuarbekov K.K., Zubairov O.Z., Shomantaev A.A. (2013). [Ocenka social'no-jekologicheskogo ushherba ot zagrjaznenija stochnymi i kollektorno-drenazhnymi vodami v nizov'jah reki Syrdar'ja]. Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Melioracija v Rossii – tradicii i sovremennost'» posvjashhena 100-letiju so dnja rozhdenija vydajushhegosja uchenogo-melioratora, akademika VASHNIL, doktora tehniceskikh nauk, professora, zasluzhennogo dejatelja nauki i tehniki RSFSR, Aver'janova Sergeja Fedorovicha, Moskva, S.461-470
2. Anuarbekov K.K., Zubairov O.Z. (2013). Sugarmaly zherlerde topyraktyn su-tuz rezhimderin retteu zhane meliorativtik procesterdi baskaru. «Vodnoe hozjajstvo Kazahstana» nauchno-informacionnyj zhurnal, Astana, №4 (54) ijul'-avgust, S.29-35
3. Anuarbekov K.K., Zubairov O.Z., Nusipbekov M.Zh. Influence of the improvement of water-salt regime on the yield. Journal Biosciences Biotechnology Research Asia, April 2015, Vol. 12(1), 999-1006. C.999-1006
4. Anuarbekov K.K., Kaipbayev E.T., Mengdibayeva G.Zh. Assessment of social and environmental damage caused by sewage and collector-drainage water pollution in the lower reaches of the Syrdarya river. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, Volume 1, Number 445 (2021), C.46-51
5. Anser Ali, Shahzad M.A. Basra, Safdar Hussain, Javaid Iqbal, M. Ahmad Alias Haji A. Bukhsh and Muhammad Sarwar. Salt Stress Alleviation in Field Crops Through Nutritional Supplementation of Silicon. Pakistan Journal of Nutrition 11 (8): 2012., pp 637-655.
6. Bajmanov Zh.N. (2010). [Ispol'zovanie stochnyh vod dlja promyvki zasolennyh pochv]. Tezisy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii «Problemy jekologii APK i ohrany okruzhajushhej sredy». Almaty, NACAI RK, s.40-42.
7. Vojegov S.G., Dudchenko K.V.. Modelling of salt composition of soils of rice crop rotations. Journal of Agrology. 2020, Volume 3, p.102-105
8. Goma Bothina Saad, Elsayed Said Mohamed, N.I.Thernuha, A.V.Shuravili. Formation of water-salt regime of soils under long-term irrigation of municipal wastewater in Egypt. Journal of Agronomy and Animal Industries, 2010, ISSN: 2312-7988, 108-110p.

9. «Kyzylorda gidrogeologialyk-meliorativtik ekspeditsijasy» RMM (2019). [Shieli audany bojnsha 2019 zhylygy esep materialdary]. Kyzylorda.
10. Kyzylorda oblysy zherge ornalastyru bojnsha zhobalau institutynyn esebi. (2019). Kyzylorda.
11. Lopatovskaja O.G., Sugachenko A.A. (2010) [Melioracija pochv. Zasolennye pochvy]. – Irkutsk: Izd-vo Irkut. gos. un-ta. – 101 s.
12. Muthuraman Yuvaraj., Kasiviswanathan Subash., Chandra Bose., E.Tawfik. Soil Moisture Importance. Book Open Access. 2021., pp 1-10
13. Syrdariya ozeninin suynyn 2017-2019 himijalyk kuramy bojnsha Kyzylorda oblystyk jekologija zhane bioresurstar baskarmasynyn materialy. (2019). Kyzylorda.
14. Shabbir A Shahid., Mohammad Zaman., Lee Heng. Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Book Open Access. 2018., pp 43-53
15. Shomantaev A.A. (2001). [Gidrohimicheskij rezhim vodotokov i sel'skohozjajstvennoe ispol'zovanie stochnyh i kollektor-no-drenaznyh vod v nizov'jah reki Syrdar'i]. Kyzylorda, c.182-199.

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім Картография және геоинформатика	Section 1 Cartography and geoinformatics	Раздел 1 Картография и геоинформатика
<i>Шогелова Н.Т., Сартин С.А.</i> Дистанционное зондирование в городском лесном хозяйстве: последние применения и будущие направления на примере мирового опыта4		
<i>Асылбекова А.А., Мукалиев Ж.К., Жеңісова Н.Е.</i> ГАЖ технологияларын пайдалана отырып, топырақ эрозиясын бағалау тәсілдерін жетілдіру15		
2-бөлім Метеорология және гидрология	Section 2 Meteorology and hydrology	Раздел 2 Метеорология и гидрология
<i>Mkilima T.</i> The influence of land use and land cover change on stormwater runoff in a highly urbanizing catchment. A case of Msimbazi catchment in Dar es Salaam city, Tanzania26		
<i>Керімқұл А.Ж., Мадиебеков А.С.</i> Қапшағай су қоймасындағы температуралық режимнің климат өзгеруіне әсері36		
<i>Ердесбай А.Н., Нарбаева К.Т.</i> Үлгіленген ағынды қатарлары арқылы Ертіс өзеніндегі Бұқтырма су қоймасының жұмыс режимін болжамдық бағалау45		
3-бөлім Рекреациялық география және туризм	Section 3 Recreation geography and tourism	Раздел 3 Рекреационная география и туризм
<i>Пестова А.А., Губаренко А.В., Имангулова Т.В.</i> Современный профессиональный подход к подготовке специалистов для индустрии туризма56		
4-бөлім Геоэкология	Section 4 Geocology	Раздел 4 Геоэкология
<i>Ануарбеков К.К., Әбдібай А.М., Алдиярова А.Е., Меңдібаева Г.Ж.</i> Сырдария өзенінің төменгі ағысындағы суармалы жерлердің су-тұз режимін реттеу72		