

Иванова Полина Денисовна, группа ПВ.ЭУЗР.22.08,
Тверской государственный технический университет

Борисова Елена Владимировна,
профессор кафедры высшей математики,
Тверской государственный технический университет

ОБЕСПЕЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПОДХОДЫ РОССИИ И КИТАЯ

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительного изучения подходов к сохранению водных ресурсов на примере обеспечения питьевой водой столиц России и Китая, в контексте возрастающих дефицитов пресной воды. Применен комплекс качественных и количественных методов: оценка архивных и актуальных статистических данных, SWOT-анализ, синтез и обобщение. Выявлены особенности функционирования и экологических нагрузок рассматриваемых объектов. На водохранилище Миюнь реализован переброс воды питающих рек с юга на север и это обусловило основную проблему переполнения природной чаши. Предложены варианты охранных сооружений, основанные на опыте Санкт-Петербурга и инженерное регулирование водоснабжения при угрожающих уровнях поднятия воды. Ивановское водохранилище, питающее Москву, испытывает сильнейшую антропогенную нагрузку: промышленное регулирование речного стока Волги, неконтролируемый забор воды, неэкологичность ведения сельского хозяйства, бесконтрольная застройка прибрежной зоны, приводящие к обмелению. Главной проблемой Московского моря остается качественное ухудшение водных ресурсов, которое вызвано общим падением уровня воды и связанной с ним деградацией экосистемы. Обоснованы меры в виде разработки растительных биоинженерных покрытий, организация автоматизированной системы мониторинга качества водной среды с использованием дронов и цифровых инструментов, создание инновационных систем фильтрации и обеззараживания сточных вод. Полученные результаты и предложенные подходы к разрешению возникающих задач, определяют логически подтверждают выбор водных объектов России и Китая для сравнительного анализа и создания предпосылок международного сотрудничества в области водосохранения.

Ключевые слова: Климатический изменения, водохранилище, водные ресурсы, сравнительный анализ.

Введение. Одна из глобальных проблем XXI века, это не энергоносители, а нарастающий дефицит пресной воды [1 – 5], Климатические изменения меняют природные водоразделы, что приводит к неравномерному распределению водных ресурсов. В странах Центральной Азии, вновь возвращаются к обсуждению проекта поворота сибирских рек. При этом ситуация с пресной водой выглядит в России не лучшим образом. По результатам анализа информационных источников, выявлено два направления нерегулируемое водопользование и неравномерность распределения природных водных резервуаров. Большая часть водных запасов России расположена в северо-восточной Сибири и на Дальнем Востоке, вдали от центральных регионов и густонаселённых территорий европейской части страны.

Исследовательская работа сфокусирована на сравнении ситуации с пресной водой в России и КНДР. Поскольку Китай представляет собой крупнейший соседствующий регион с аналогичными климатическими и водохозяйственными проблемами, что позволяет выявить общие закономерности и сравнить принимаемые решения. Выбор Китая для сопоставления с Россией, объясняется еще и тем, что страны сталкиваются с серьезными проблемами



водоснабжения, вызванными антропогенным влиянием, скоростью индустриальных перемен, изменением климата и территориальной диспропорцией водных ресурсов, что делает сравнение актуальным и полезным для разработки стратегий устойчивого водного баланса.

Целью статьи определено сравнительное изучение подходов к сохранению водных ресурсов на примере обеспечения питьевой водой столиц России и Китая, а именно, проблем Ивановского водохранилища (Московского моря) и водохранилища Миюнь, который питает водой Пекин.

Методы исследования. Проведен информационно-аналитический поиск по научным публикациям, статьям и материалам тематических конференций. Использован комплекс качественных и количественных методов: сравнительный анализ, оценка архивных и актуальных статистических данных, SWOT-анализ, синтез и обобщение.

Результаты и обсуждение. Отправными моментами к проведению целевого исследования стала новость о существенно подтоплении городов Северного Китая, Пекин, Хэбэй и Чэнде, как следствия резкого повышения уровня и выхода воды из водохранилища Миюнь, вызванного сильными осадками. «Водоохранилище Миюнь является одним из источников воды Пекина, население которого на 2025 год превышает 21 миллион человек» [6]. В Россия все чаще возникают ситуации с речными круизами и грузовыми перевозками по Волге. «Так теплоход "Павел Бажов" после отправления из Казани неожиданно сел на мель. В октябре 2022 года теплоход "Промерный-11" застрял на песчаной банке в акватории Волги, а попытка самостоятельно сняться привела к выбросу топлива в реку» [7]. Проблема с пресной воды затрагивает Россию и Китай по-разному, но последствия её схожи: ухудшение экологии, экономический ущерб и снижение качества жизни населения.

«Водоохранилище Миюнь, в 100 км к северо-востоку от Пекина, расположено в горной долине на склоне горного хребта – Большой Хинган. В него впадают две реки, Чаохэ и Байхэ. Площадь водосборного бассейна составляет около 15788 км² и состоит из гор и предгорий, не имеет крупных промышленных предприятий. В целях обеспечения питьевой водой столицы, реализован проект по переброске воды с юга на север, в следствие чего водохранилище Миюнь значительно увеличило свои объёмы, постоянно побивая собственные рекорды на протяжении многих лет, наполняясь большим количеством осадков в паводковый период. Исторически сложилось, что высокий уровень воды намеренно поддерживался для обеспечения водоснабжения Пекина» [8].

«Для регулирования водного режима водохранилища, на реке Хао в 1960 году завершено строительство плотины. Под нужды строительства были реквизированы сельскохозяйственные земли и дома более двухсот тысяч переселенных человек. С первых лет службы плотина постоянно подвергалась воздействию неблагоприятных факторов, что требовало неоднократного ее укрепления, расширения и ремонта на протяжении десятилетий. Скапливающиеся отложения и вещества с сельскохозяйственных, пастбищных и лесных угодий, которые попадают в водохранилище с поверхностным стоком, являются источниками биозагрязнения, увеличивают донные отложения, снижают качество водных ресурсов» [9]. «Главная проблема водохранилища Миюнь – нерегулярные и избыточные сбросы воды, вызванные сильным колебанием его уровня из-за недостаточно эффективной системой водоотвода, что нередко приводит к серьезным наводнениям» [8]. На рис.1 показаны годовые изменения уровня воды в чаше водохранилища.



Около 2% от общего прихода дают выпадающие на зеркало водохранилища осадки в период с апреля по октябрь. В расходной части водного баланса – сброс воды через Ивановский гидроузел в канал имени Москвы. Максимальный расход воды через гидросооружения – 7350 м³/с [5, 11]. Отношение сравнительно небольшого объёма водохранилища к объёму поверхностного стока определяет высокий водообмен, средний годовой коэффициент которого равен 9,0 – 13,6. Наиболее интенсивен обмен весной, когда объём среднего притока в 4 раза превышает объём чаши водохранилища при нормальном подпорном уровне. Маловодье стало одним из последствий климатических изменений. Зимы по всей России становятся малоснежными, а весенние месяцы – более сухими. «После строительства каскада ГЭС на Волге в первые советские годы вода стала двигаться в 10–15 раз медленнее. А раньше весной шёл бурный паводок. Благодаря талым водам скорость течения увеличивалась, а русло и ложе водохранилища промывались. В медленно текущей воде любой мусор оседает на дне, и возникает порочный круг: из-за загрязнения река становится мельче, из-за обмеления – грязнее» [1]. Вместе с тем, периодические понижение уровня равнинных водохранилищ – естественный процесс, но и он требует эффективного прогнозирования, регулирования и обоснованного перераспределения стока, а также специальных водоохраных мероприятий. Такие техногенные объекты имеют свой период эксплуатации. Их повышенный износ грозит экологическими бедствиями. Более того, расположенная на берегу Московского моря Конаковская ГРЭС сбрасывает отработанные тёплые воды, а в результате усиливается минерализация органических веществ, происходит цветение воды. Это влияет на температурный режим Мошковского залива и специфику жизни рыб в акватории водоёма. Московское море испытывает сильнейшую антропогенную нагрузку: промышленное регулирование речного стока Волги, неконтролируемый забор воды для водоснабжения, сброс сточных вод, неэкологичность ведения сельского хозяйства, бесконтрольная застройка прибрежной зоны, вырубка лесов, «хищническая» добыча песка и др.

Проведенный информационно-аналитический поиск дает основания для гипотезы – несмотря на различное географическое положение водохранилищ и особенности их водонаполнения, эти гидрологические объекты имеют схожие проблемы (табл.1.)

Таблица 1

Общие проблемы водохранилищ Миюнь и Ивановское

Формы нагрузки (воздействия)	Негативные проявления
Изменение климатических условий	Среднегодовое повышение температуры увеличивают испаряемость, снижая запасы воды и увеличивая риск возникновения проблем с водоснабжением столиц.
Старение гидротехнических сооружений	Плотины, дамбы и другие сооружения требуют поддержания и модернизации из-за риска аварий
Антропогенное загрязнение	Природные резервуары подвержены поступлению загрязнённых сточных вод, удобрений и промышленных отходов, что приводит к ухудшению качества воды и угрожает экосистемам
Эвтрофикация водоемов	Стохастическое накопление питательных веществ провоцирует развитие водорослей, ухудшающих качество воды и снижение биоразнообразия.
Утилизация донных отложений	Накопление осадочных пород нарушает циркуляцию воды, уменьшает вместимость водохранилища.



Выявлены и особенности функционирования рассматриваемых объектов – водохранилищ Миюнь и Иваньковского.

Водоохранилище Миюнь, как установлено, «питается» от рек Чаохэ, Байхэ и водами с Большого Хингана. Его уровень контролируется восьмью станциями мониторинга, обозначенными на схеме (Рис.3): М1 (Байхэ), М2 (Куси), М3 (Шуйцзю), М4 (Чаохэ), М5 (Таоли), М6 (Хэнхэ), М7 (Кудун), М8 (Цзингоу).

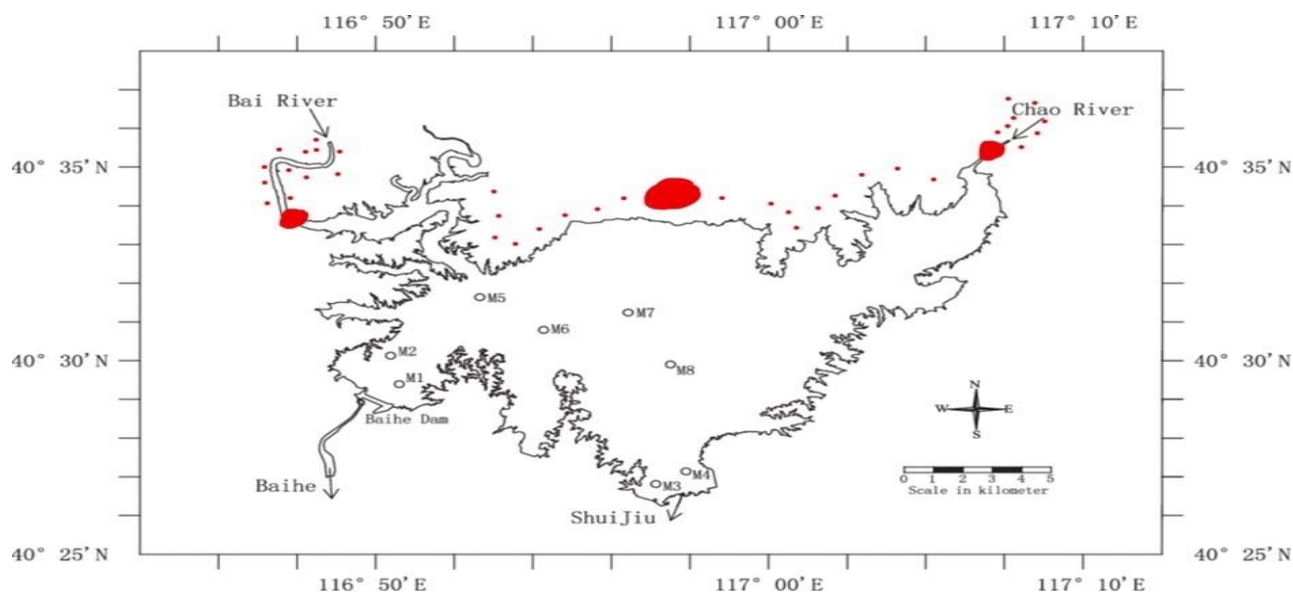


Рисунок 3. Предлагаемое расположение дополнительных станций мониторинга (большие точки) и датчиков уровня воды (малые точки)

Для повышения точности прогнозов по уровню воды, можно усилить мониторинговые наблюдения автоматическими датчиками уровня воды, располагаемых в местах (между имеющимися станциями), указанных мелкими красными точками. А также расположить станции наблюдения в местах, отмеченных большими красными точками. Дополнительные станции и автоматические датчики будут фиксировать уровневые показатели, а в случае превышения нормы сигнализировать в службу мониторинга, что сократит время на принятие необходимых мер по устранению угроз наводнения или несанкционированного сброса воды.

Второй, несколько более затратный, вариант – строительство водозадерживающих сооружений. Здесь можно рекомендовать опыт России, а именно Санкт-Петербурга, реализующий для защиты города от наводнений комплекс поднимающихся дамб длиной от 5-25 метров. Такая конструкция может быть возведена по периметру водохранилища для защиты прилежащих территорий от нежелательного подтопления. Третий вариант – достаточно дорогой. Строительство водоотводящих каналов с закрытием поступления воды в водохранилище (Рис.4). Предложение такого решения обусловлено тем, что Миюнь находится на высоте 100м, относительно центральной части Пекина. Если плотина водохранилища прорвётся, на города Пекин, Тяньцзинь, Баодин и Цзисянь пойдет вода высотой до 2 метров.



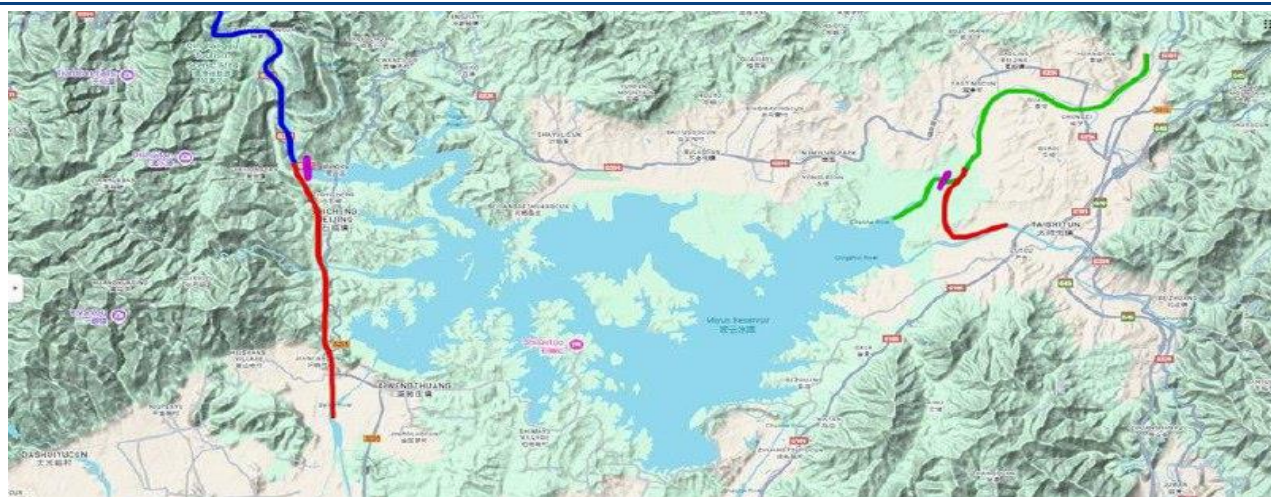


Рисунок 4. Водоотводящие каналы с закрытием поступления воды (Миунь)

Идея в следующем. Так как Миунское водохранилище питают реки Чаохэ, с площадью водосбора 13946 км² и Байхэ – 280 тыс км², то благодаря их перекрытию и сдвигу русла, возможно удастся ограничить поступление воды в случае критической ситуации. На карте обозначены: синяя линия – река Байхэ, зеленая – река Чаохэ, места построения водоотводящих русел рек – красные линии, а зоны (места отводов) перекрытия – фиолетовые отметки. Благодаря такому решению, можно получить экономическую выгоду, один раз построив водоотводящие каналы, техническое состояние которых в будущем, конечно, надо поддерживать. Но это выгоднее, чем тратить огромные деньги на постоянное увеличение чаши водохранилища и ликвидацию последствий наводнений, не говоря о людских потерях.

На территории, прилегающей к Иваньковскому водохранилищу, в настоящее время создается особая экономическая зона «Завидово», включающая многофункциональный кластер «Завидово-Парк», всесезонный аквацентр, железнодорожную ветку, порт и речной вокзал. Планируется, что новый рекреационный центр сможет принимать до 600 тысяч гостей ежегодно, а с учётом уже действующего курорта – до миллиона (рис.5).

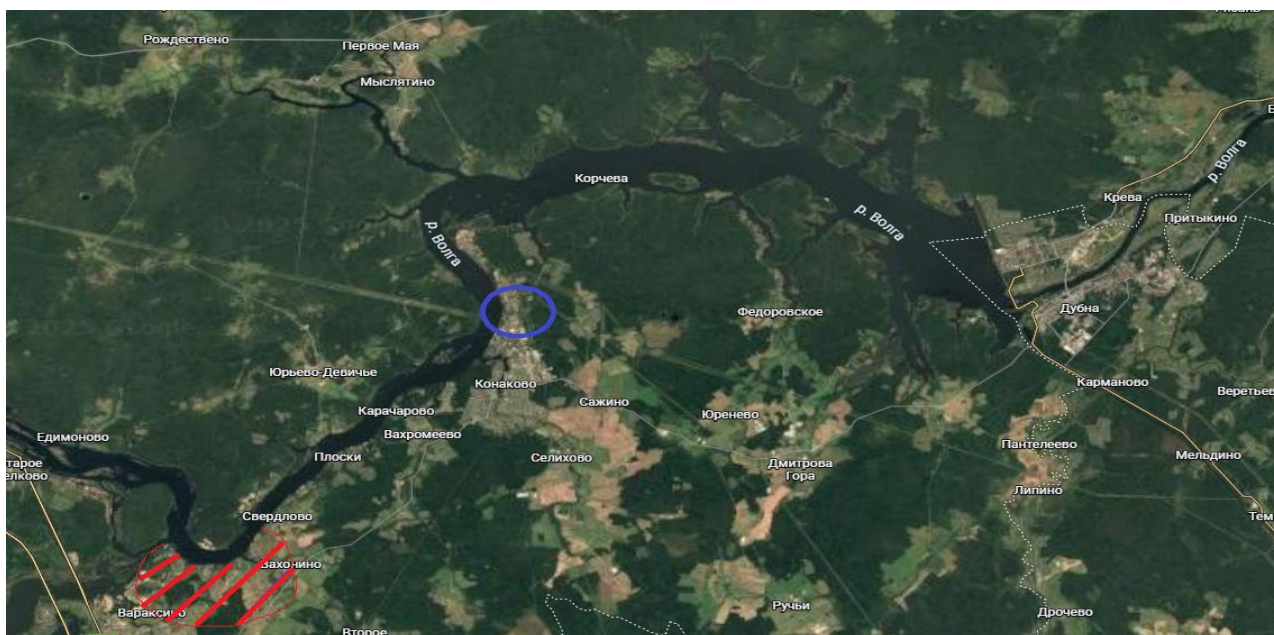


Рисунок 5. Карта территории Иваньковского водохранилища. (Источник: [12].)



На рисунке обозначены две зоны: красная- зона «Завидово-Парк»; синяя – Конаковская ГРЭС. Главной проблемой Московского моря остается качественное ухудшение водных ресурсов, которое вызвано общим падением уровня воды в реке Волге и связанной с ним деградацией экосистемы водохранилища. Меньший объем воды хуже разбавляет попадающие в нее вредные вещества, происходит возрастание концентрации солей. Дефицит кислорода приводит к исчезновению редких видов рыб и растений, распространению патогенных микроорганизмов.

Прогнозируемые угрозы Московскому морю по антропогенному воздействию. Интенсивный наплыв туристов и отдыхающих приводит к появлению мусора, остатков пищи, неразлагаемых материалов. Большое количество лодок, катеров и других плавсредств увеличивает риск повреждения флоры и фауны, разрушения береговой линии, снижения качества воды. Рекреация в непосредственной близости от водохранилища ведет к уплотнению берегов, уничтожению травяного покрова, вырубке кустарников и деревьев, нарушению общего естественного природного баланса. Возрастает риск попадания в водную среду нефтепродуктов и горюче-смазочных материалов, несанкционированных стоков в разы превышающих допустимые значения. Увеличение числа маломерных судов и круизных теплоходов повышает эрозию почв и риски размывания берегов. Вырубка лесов, строительство вдоль побережья повышают риск подтоплений, гибели водной флоры и фауны, возникновения неблагоприятных гидрометеорологических явлений (ветра, туманы).

Эффективное решение проблем Московского моря требует комплексных мер. Главная среди них – организация регулярного мониторинга качества воды. Автоматизированная система слежения за состоянием водной среды, сбор и анализ данных о температуре, содержании кислорода, загрязнении и микробиологическом статусе, которые должны жестко контролироваться специальными службами, необходима для своевременного выявления и предотвращения угроз экосистеме, обеспечивая оперативное реагирование на изменения. Например, «современные дроны и спутниковая съемка, позволяют: обнаруживать ранние признаки загрязнения и эвтрофикации; предсказывать угрозу массового размножения сине-зеленых водорослей; контролировать миграцию рыбы и динамику популяций водных обитателей; оценивать изменения рельефа дна» [13]. Все вместе позволяет перейти от реактивного к превентивному подходу, гарантируя охрану природного богатства и поддерживая равновесие хрупкой экосистемы водохранилища.

Второе направление ориентировано на развитие технологий очистки и транспортировки воды, развитие современных систем водозаборов и станций очистки, создание инновационных систем фильтрации и обеззараживания. Ужесточение контроля за соблюдением экологических норм, восстановление экосистем питающих рек и озёр, запрет на сброс неочищенных промышленных отходов.

Также важны меры по рекультивации и закреплению берегов. Необходимо восстановить размытую береговую линию и по всему периметру водохранилища, установить подпорные стены. Сооружение габионов из плетеной сетки, заполненных камнями и щебнем, эффективно поддерживает береговую линию, предохраняя её от разрушения, а пустоты внутри заполняются почвой и растениями. При необходимости, можно сделать террасирование биогеотехнологическими ограждениями. Установка специальных террас или экранов из натуральных волокон, стабилизирующих почву и содействующих росту растений имеет достоинство в том, что подобные экраны медленно разлагаются, служа источником гумуса и укрепляя береговую линию.

Разработка и применение растительных биоинженерных покрытий. Посадка влаголюбивых и быстрорастущих растений (ива, камыш, болотный багульник), способных стабилизировать почву и укреплять берега, предотвращая эрозию. Подбор и высаживание



растений «собирателей». На прибрежных зонах Иваньковского водохранилища можно высадить ряску, эйхорнию и калужницу болотную, которые поглощают загрязнители, такие как тяжелые металлы, азот, фосфор и органические вещества, а также собирают взвешенные частицы и предотвращают размножение водорослей. Крайне важно убирать старые посевы и высаживать новые ежегодно.

Заключение. Выявлены факторы влияния по выбранным гидрологическим объектам, которыми являются: гидрографические характеристики, антропогенные воздействия, климатические изменения. Увеличение частоты экстремальных погодных явлений серьезно воздействует на экосистему водохранилищ. Активное земледелие, рост промышленных производств в прилегающих зонах, урбанизация существенно меняют структуру гидрологической системы. Таким образом, обе страны сталкиваются со сходными вызовами в сохранении водных ресурсов, требующими тщательного изучения, контроля и рационального управления. Для решения проблем необходимы консолидированные усилия властей, учёных и общества. Интеграция инновационных технологий, контроль за водопользованием и развитие международного сотрудничества помогут смягчить остроту проблемы и обеспечить превентивные меры относительно угроз недостатка пресной воды или снижения ее качества. Полученные информационно-аналитические данные, выявленные общности угроз и предложенные подходы к разрешению возникающих задач, определяют научную строгость исследования и логически подтверждают выбор водных объектов России и Китая для сравнительного анализа.

Список литературы:

1. Кривичев А.И., Сидоренко В.Н. Актуальные проблемы Волжского бассейна и современные подходы к их решению // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, <https://esj.today/PDF/103ECVN619.pdf>.
2. Stakhiv, E. Z., & Margat, J. (2021). *Water Resource Management in the Face of Climate Change*. Springer.
3. United Nations Water. (2020). *Climate Change and Water Resources*. United Nations.
4. Molle, F., & Wester, P. (2019). *Managing Water Resources: Strategies and Practices*. Routledge.
5. Антонов Ю. Обмелевшую Волгу пора брать под контроль // [Электронный ресурс] Аргументы Недели. Экономика. № 26 (974) (argumenti.ru) (Дата обращения: 08.09.2025).
6. Наводнение в Северном Китае [Электронный ресурс]. <http://caliber.az/post/navodnenie> (Дата обращения: 01.03.2026).
7. Экологи назвали причину обмеления Волги [Электронный ресурс]. – <https://rg.ru/2023/06/25/reg-pfo> (Дата обращения: 11.04.2026).
8. Миюньское водохранилище [Электронный ресурс]. https://en.wikipedia.org/wiki/Miyun_Reservoir (Дата обращения: 03.04.2026).
9. Воспоминания о водохранилище Миюнь, устное интервью [Электронный ресурс] – <http://www.chinaheritagequarterly.org/016/016> (Дата обращения: 03.12.2025).
10. Миюньское водохранилище [Электронный ресурс]. <https://www.science/article/pii/> (Дата обращения: 05.12.2025).
11. Иваньковское водохранилище [Электронный ресурс]. <https://gclnk.com/6PXDITA4> (Дата обращения: 05.12.2025).
12. Google maps [Электронный ресурс]. <https://www.google.com/maps/place> (Дата обращения: 15.12.2025).
13. Кривичев А.И., Залецкий А.В. Беспилотные авиационные технологии мониторинга сфер человеческой деятельности на примере крупнейших производителей и эксплуатантов в России // Известия ВУЗов: Геодезия и аэрофотосъемка. – М.: Изд-во Моск. ун-та геодезии и картографии, 2018. Т. 62, № 2, с.186–195.

