

ДИНАМИКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТЬ-КАМЕНОГОРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2020-2024 гг.

¹А.М. Касымханов*^{ID}, ¹Г.С. Крыкпаева^{ID}, ¹С.Е. Базаров^{ID}, ¹Д.А. Костюченко^{ID},
²М.С. Байжанова^{ID}

¹Алтайский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», г.
Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

²Международный университет Астана, г. Астана, Республика Казахстан
*e-mail: kasymhanov@fishrpc.kz

А.М. Касымханов – магистр биологии, директор Алтайского филиала ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», г. Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: kasymhanov@fishrpc.kz, <https://0000-0003-3132-4668>

Г.С. Крыкпаева – докторант, научный сотрудник Алтайского филиала ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», г. Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: krykpaeva@fishrpc.kz, <https://0000-0002-5485-3864>

С.Е. Базаров – магистр естественных наук, начальник экспедиционного отряда Алтайского филиала ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», г. Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: bazarov@fishrpc.kz, <https://0009-0002-8241-5340>

Д.А. Костюченко – магистр, старший научный сотрудник Алтайского филиала ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», г. Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: kostyuchenko@fishrpc.kz, <https://0000-0002-8356-5845>

М.С. Байжанова – докторант Международного университета Астана, г. Астана, Казахстан, e-mail: baizhanova.madi@mail.ru, <https://0000-0002-6022-1820>

Аннотация. В настоящей статье представлены результаты исследований гидрохимического и гидрологического режима Усть-Каменогорского водохранилища за последние пять лет. Целью исследования являлась оценка динамики гидрологических и гидрохимических показателей Усть-Каменогорского водохранилища в 2020-2024 гг. для определения тенденций изменения качества воды и условий обитания гидробионтов. Исследования выполнены на основе систематических наблюдений за уровнем режимом и лабораторных анализов проб воды, отобранных в верхней, средней и нижней частях водоёма в весенне-летний периоды. В ходе работы проведены измерения физико-химических параметров (рН, растворённый кислород, СО₂, органическое вещество, биогенные элементы, минерализация) с применением стандартных гидрохимических методов анализа.

Результаты показали, что среднегодовой уровень воды за пятилетний период изменялся незначительно, что отражает стабильный гидрологический режим. Все гидрохимические показатели находились в пределах рыбохозяйственных нормативов. Отмечена тенденция к незначительному повышению содержания кислорода и стабилизации биогенных соединений. Таким образом, установлено, что гидрологический и гидрохимический режимы Усть-Каменогорского водохранилища остаются устойчивыми и обеспечивают благоприятные условия для воспроизводства и обитания водных организмов, что подтверждает его значение как рыбохозяйственного водоёма.

Ключевые слова: Усть-Каменогорское водохранилище, гидрологический режим, гидрохимические показатели, качество воды, биогенные вещества, минерализация.

2020-2024 ЖЫЛДАРДАҒЫ ӨСКЕМЕН СУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНІҢ ДИНАМИКАСЫ

¹А.М. Касымханов*, ¹Г.С. Қрықпаева, ¹С.Е. Базаров, ¹Д.А. Костюченко, ²М.С. Байжанова

¹Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС Алтай бөлімшесі, Өскемен қ., Қазақстан

²Астана халықаралық университеті, Астана қ., Қазақстан

*e-mail: kasymhanov@fishrpc.kz

А.М. Касымханов – биология магистрі, «Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС Алтай бөлімшесінің директоры м.а., Өскемен қ., Қазақстан, e-mail: kasymhanov@fishrpc.kz, <https://0000-0003-3132-4668>

Г.С. Қрықпаева – докторант, «Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС Алтай бөлімшесінің ғылыми қызметкері, Өскемен қ., Қазақстан, e-mail: krykpaeva@fishrpc.kz, <https://0000-0002-5485-3864>

С.Е. Базаров – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, «Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС Алтай бөлімшесінің экспедициялық жасақ басшысы, Өскемен қ., Қазақстан, e-mail: bazarov@fishrpc.kz, <https://0009-0002-8241-5340>

Д.А. Костюченко – магистр, «Балық шаруашылығының ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС Алтай филиалының аға ғылыми қызметкері, Өскемен қ., Қазақстан, e-mail: kostyuchenko@fishrpc.kz, <https://0000-0002-8356-5845>

М.С. Байжанова – Астана халықаралық университетінің докторанты, Астана қ., Қазақстан., e-mail: baizhanova.madi@mail.ru, <https://0000-0002-6022-1820>

Аңдатпа. Бұл мақалада соңғы бес жылдағы Өскемен су қоймасының гидрохимиялық және гидрологиялық режимін зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеудің мақсаты - 2020-2024 жылдар аралығында Өскемен су қоймасының гидрологиялық және гидрохимиялық көрсеткіштерінің динамикасын бағалау, су сапасының өзгеру үрдістері мен гидробионттардың тіршілік ету жағдайларын айқындау болды. Зерттеу жұмыстары су деңгейі режимі бойынша жүйелі бақылаулар мен су қоймасының жоғарғы, орта және төменгі бөліктерінен көктемгі-жазғы кезеңде іріктелген су үлгілерінің зертханалық талдаулары негізінде жүргізілді.

Жұмыс барысында стандартты гидрохимиялық талдау әдістерін қолдана отырып, физикалық-химиялық көрсеткіштер (рН, еріген оттегі, CO₂, органикалық заттар, биогендік заттар, минералдану) анықталды.

Зерттеу нәтижелері бойынша бес жылдық кезең ішінде судың орташа жылдық деңгейі шамалы ғана өзгергені анықталды, бұл су қоймасының гидрологиялық режимінің тұрақтылығын көрсетеді. Барлық көрсеткіштер балық шаруашылығы су айдындарына арналған нормативтерге сәйкес келеді. Оттегі мөлшерінің азаюы мен биогендік қосылыстардың тұрақтануы үрдісі байқалды.

Осылайша, Өскемен су қоймасының гидрологиялық және гидрохимиялық режимдері тұрақты болды және гидробионттардың көбеюі мен тіршілігі үшін қолайлы жағдай болды, бұл оның балық шаруашылықтық маңызы бар су айдыны ретіндегі маңыздылығын растайды.

Кілт сөздер: Өскемен су қоймасы, гидрологиялық режим, гидрохимиялық көрсеткіштер, су сапасы, биогендік заттар, минералдану.

DYNAMICS OF HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL INDICATORS OF THE UST-KAMENOGORSK RESERVOIR IN 2020-2024

¹A.M. Kasymkhanov*, ¹G.S. Krykpaeva, ¹S.E. Bazarov, ¹D.A. Kostyuchenko,
²M.S. Baizhanova

¹Altai branch of the «Scientific and Production Center for Fisheries» LLP, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

²Astana International University, Astana, Kazakhstan

*e-mail: kasymkhanov@fishrpc.kz

A.M. Kasymkhanov – master of Biology, Director of the Altai Branch of the Scientific and Production Center for Fisheries LLP, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: kasymkhanov@fishrpc.kz, <https://.0000-0003-3132-4668>

G.S. Krykpaeva – doctoral Student, Researcher at the Altai Branch of the Scientific and Production Center for Fisheries, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: krykpaeva@fishrpc.kz, <https://.0000-0002-5485-3864>

S.E. Bazarov – master of Natural Sciences, Head of the Expeditionary Team, Altai Branch of the Scientific and Production Center for Fisheries LLP, Oskemen, Kazakhstan., e-mail: bazarov@fishrpc.kz, <https://.0009-0002-8241-5340>

D.A. Kostyuchenko – master of Science, Senior Researcher at the Altai Branch of the Scientific and Production Center for Fisheries LLP, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: kostyuchenko@fishrpc.kz, <https://.0000-0002-8356-5845>

M.S. Baizhanova – doctoral Student, Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: baizhanova.madi@mail.ru, <https://.0000-0002-6022-1820>

Abstract. This article presents the results of studies on the hydrochemical and hydrological regime of the Ust-Kamenogorsk Reservoir over the past five years. The aim of the study was to assess the dynamics of hydrological and hydrochemical indicators of the Ust-Kamenogorsk Reservoir during 2020-2024 in order to identify trends in water quality changes and habitat conditions for hydrobionts. The research was based on systematic observations of water level fluctuations and laboratory analyses of water samples collected from the upper, middle, and lower parts of the reservoir during the spring-summer seasons. The study included measurements of physicochemical parameters (pH, dissolved oxygen, CO₂, organic matter, biogenic elements, and mineralization) using standard hydrochemical analytical methods.

The results showed that the average annual water level varied slightly over the five-year period, indicating a stable hydrological regime. All parameters complied with the fishery water quality standards. A slight increase in oxygen content and stabilization of biogenic compounds was observed. Thus, it was established that the hydrological and hydrochemical regimes of the Ust-Kamenogorsk Reservoir remain stable, providing favorable conditions for the reproduction and habitation of aquatic organisms, confirming its importance as a fishery water body.

Keywords: Ust-Kamenogorsk Reservoir, hydrological regime, hydrochemical indicators, water quality, biogenic substances, mineralization.

Введение. Водные ресурсы являются одним из ключевых факторов устойчивого социально-экономического развития регионов, определяя возможности их водообеспечения, энергетического потенциала и экологического благополучия. Состояние поверхностных водоемов, в частности крупных водохранилищ, во многом определяет качество водных экосистем и условия существования гидробионтов. В современных условиях возрастающего антропогенного воздействия и изменения климатических факторов вопросы мониторинга гидрологических и гидрохимических показателей приобретают особую актуальность.

Особое место в гидрологической системе Восточного Казахстана занимает Усть-Каменогорское водохранилище, созданное в 1952 году в связи со строительством одноимённой гидроэлектростанции на реке Ертис (Букатов и др., 2005:21). Водохранилище выполняет комплексные функции - энергетическую, водохозяйственную, транспортную

и рыбохозяйственную, обеспечивая значительную часть потребностей региона в водных ресурсах. Однако, как и большинство регулируемых водоёмов, оно подвержено воздействию колебаний стока, изменению гидродинамических характеристик и сезонной трансформации химического состава воды.

Гидрологический режим Усть-Каменогорского водохранилища определяется деятельностью двух гидроэлектростанций - Бухтарминской и Усть-Каменогорской ГЭС. Суточно-недельное регулирование стока приводит к частым колебаниям уровня воды (до 1-1,5 м), что негативно отражается на прибрежных экосистемах и процессах естественного воспроизводства рыб. Такие колебания способствуют обсыханию икры, изменению литоральной зоны и создают неустойчивые условия обитания гидробионтов.

Наряду с гидрологическими процессами важное значение имеет оценка гидрохимических характеристик водохранилища, так как химический состав воды определяет её пригодность для рыбохозяйственных целей и служит индикатором экологического состояния водной экосистемы. Известно, что параметры, такие как содержание растворённого кислорода, уровень pH, концентрации биогенных веществ (соединений азота и фосфора), органического вещества и общая минерализация, отражают степень антропогенной нагрузки и интенсивность биологических процессов в водоёме (Рижанашвили, 2008:90-91). По данным многочисленных исследований, динамика указанных показателей может служить надёжным критерием устойчивости водных экосистем и основой для выработки мер по их охране и рациональному использованию.

Усть-Каменогорское водохранилище отличается высокой проточностью и коротким временем полного водообмена (в среднем 10-12 суток), что предопределяет высокую динамичность физико-химических процессов и относительную устойчивость гидрохимического режима. Вместе с тем, изменчивость гидрологического режима под влиянием работы гидроузлов, сезонных притоков и климатических условий требует регулярного анализа параметров водной среды для оценки тенденций её трансформации.

Целью данного исследования является оценка динамики гидрологических и гидрохимических показателей Усть-Каменогорского водохранилища в 2020-2024 гг. для определения тенденций изменения качества воды и условий обитания гидробионтов.

В задачи исследования входили анализ изменений уровня режима водохранилища за пятилетний период; определение сезонных и пространственных вариаций физико-химических параметров воды; оценка соответствия полученных данных действующим рыбохозяйственным нормативам; выявление общих тенденций гидрохимической стабильности и экологической устойчивости водной экосистемы.

В 2024 г. научно-исследовательские работы на Усть-Каменогорском водохранилище проводились в рамках бюджетной программы 021, подпрограммы 100 «Обеспечение сохранения, воспроизводства и рационального использования ресурсов животного мира».

Материалы и методы исследования. Первичные данные по гидрологическому режиму Усть-Каменогорского водохранилища были предоставлены филиалом РГП «Казгидромет» по Восточно-Казахстанской области для проведения анализа его динамики. Гидрофизические, гидрохимические исследования и отбор проб воды производились по общепринятым методикам.

Гидрохимические исследования Усть-Каменогорского водохранилища в 2024 г. проводили в весенне-летний период, образцы природной воды отбирали из поверхностного слоя и проводили определение физико-химических параметров, газового режима, биогенного состава, а также определяли соотношение основных ионов. Пробы воды отбирали на следующих станциях: верхняя часть - ст. Серебрянск; средняя часть - Таловский и Масьяновский заливы, нижняя часть - залив Никольский.

Пробы воды отбирались в весенне-летний период из поверхностного слоя воды при помощи пробоотборной системы СП-2. Образцы воды отбирались из поверхностного слоя (0,2 м) на 4-х станциях водохранилища.

Измерение содержания растворённого кислорода проводилось непосредственно на

месте отбора проб с использованием портативного кислородомера МАРК-302.

Биогенные соединения (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}), органические вещества, общая минерализация и другие показатели проводились в аккредитованной лаборатории ТОО «Лаборатория-Атмосфера». Применялись методы фотометрии, титриметрии и ионной хроматографии с использованием современного аналитического оборудования, включая спектрофотометры, ионометры и автоанализаторы.

Соответствие результатов анализов рыбохозяйственным нормативам проводилось по нормативному документу Приказ Министра водных ресурсов и ирригации Республики Казахстан от 4 июня 2025 года № 111-НК Об утверждении единой системы классификации качества воды в поверхностных водных объектах и (или) их частях (Министерство водных ресурсов и ирригации РК, 2025).

Результаты и обсуждения. Усть-Каменогорское водохранилище создано в 1952 году в целях развития энергетики, водного транспорта и водоснабжения. Водохранилище образовано водоподпорными сооружениями Усть-Каменогорского гидроузла. Створ плотины находится в 4 км от пос. Аблакетка выше по течению реки Ертис. Водохранилище расположено в Уланском районе и районе Алтай Восточно-Казахстанской области. Водоем занимает межгорную долину каньонного типа протяженностью 71 км, площадью 37 км², объемом 0,65 км³. Ширина водоема 400-750 м, наибольшая ширина 1200 м. Водохранилище глубоководное, средняя глубина при полном проектном наполнении составляет 17 м. Глубины в продольном направлении затопленного русла нарастают от 6 м в зоне подпора до 46 м у плотины.

По своей конфигурации водохранилище мало чем отличается от расширенного русла бытового Ертиса. Берега водоема сложены скальными породами, обрывистые, литораль в водохранилище почти полностью отсутствует. Дно водоема каменисто-галечниковое, с вкраплениями песчано-иловых отложений, встречаются обширные участки с крупными валунами. Регулирование стока водохранилища недельно-суточное. Уровень водохранилища определяется режимом работы двух ГЭС (Бухтарминской ГЭС и Усть-Каменогорской ГЭС), вследствие чего он часто непредсказуем и неустойчив, даже в течение одних суток, в отдельных случаях его колебания достигают 1,0-1,5 м.

Усть-Каменогорское водохранилище характеризуется большой проточностью с крайне неустойчивым обменом водных масс. Расход воды в весенний период нередко превышает 2000 м³/с. При таком обмене для полной смены воды требуется не более 4-5 суток, в бытовом режиме работы Усть-Каменогорской ГЭС он составляет 10-12 суток. Максимальная расчётная высота ветровых волн на водохранилище равна 2,2 м.

Уровенный режим Усть-Каменогорского водохранилища является полностью искусственно регулируемым, и определяется режимом работы Бухтарминской и Усть-Каменогорской ГЭС, вследствие чего он часто непредсказуем и неустойчив, даже в течение одних суток, в отдельных случаях его колебания достигают 1,0 м (рисунок 1). С 00 часов до 06 часов идет падение уровня водохранилища на 0,2-1,0 м, так как режим работы 2-х ГЭС различный, с 06 до 24 часов идет накопление воды. Особенно пагубно такой режим сработки водоема воздействует на воспроизводство рыб, поскольку большая часть отложенной икры обсыхает и погибает.

Научно-исследовательские работы в Усть-Каменогорском водохранилище велись в 2020-2024 гг. Среднегодовые параметры уровня воды в водохранилище мало изменяются по годам, например, в 2020 г. - 327,27 мБС, в 2021 г. - 327,23 мБС, в 2022 г. - 327,19 мБС, в 2023 году - 327,15 мБС, а за 9 месяцев 2024 г. среднее значение составило 327,21 мБС (рисунок 1).

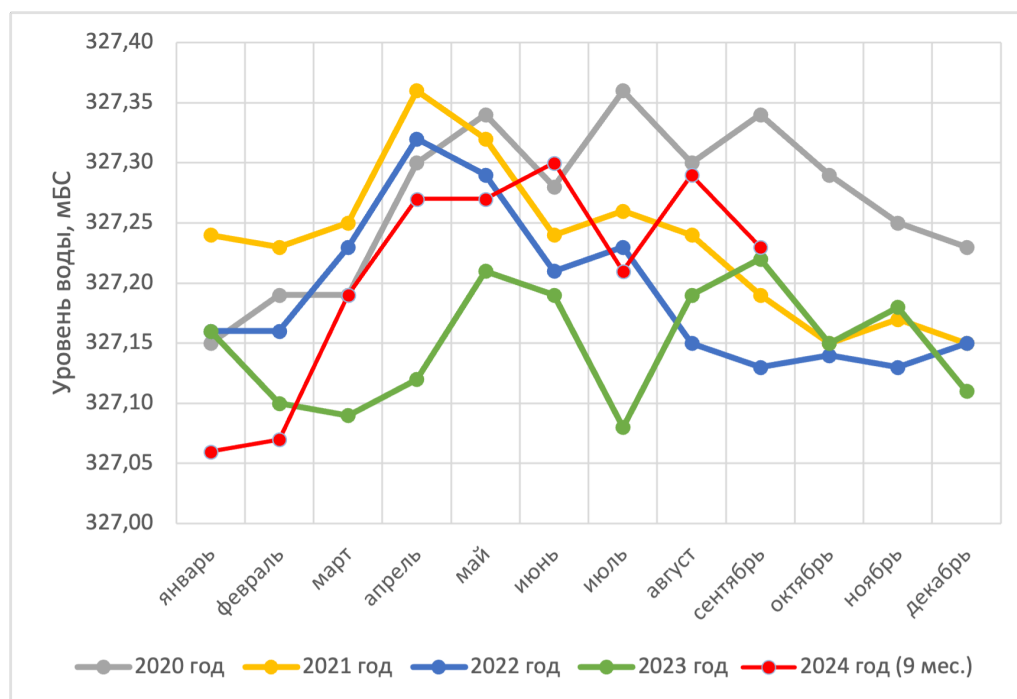


Рисунок 1. Динамика хода гидрологического уровня воды Усть-Каменогорского водохранилища за 2020-2024 годы (по среднемесячным данным)

В 2020 году подъем уровня водохранилища начался во второй декаде апреля при отметке 327,32 мБС, а в конце месяца уровень воды составил 327,31 мБС. Максимальное значение уровня воды, для весеннего периода, было зарегистрировано в первой декаде мая - 327,41 мБС. Во второй декаде мая 2020 года снижается среднесуточный сброс воды. Максимальные показатели для апреля были зарегистрированы во второй декаде апреля ($732 \text{ м}^3/\text{с}$), сброс воды в третьей декаде составил $631 \text{ м}^3/\text{с}$ при уровне воды 327,31 мБС. К концу первой декады июня на Усть-Каменогорском водохранилище установился стабильный гидрологический режим.

В 2021 году подъем уровня водохранилища начался также как и в 2019-2020 годах во второй декаде апреля при отметке 327,31 мБС, а в конце месяца уровень воды составил 327,43 мБС, являющийся максимальным показателем в весенний период. Во второй декаде мая 2021 года снижается среднесуточный сброс воды, составляющий показатель равный 327,26 мБС. Максимальные показатели расхода воды апреля месяца были зарегистрированы во второй декаде апреля ($745 \text{ м}^3/\text{с}$), сброс воды в третьей декаде составил $629 \text{ м}^3/\text{с}$ при уровне воды 327,43 мБС. К концу первой декады июня на Усть-Каменогорском водохранилище установился стабильный гидрологический режим.

В 2022 году подъем уровня водохранилища начался также как и в 2018-2021 годах во второй декаде апреля при отметке 327,70 мБС, а в конце месяца уровень воды составил 327,29 мБС, являющийся максимальным показателем в весенний период. Во второй декаде мая 2021 года снижается среднесуточный сброс воды, составляющий показатель равный 327,24 мБС. К концу первой декады июня на Усть-Каменогорском водохранилище установился стабильный гидрологический режим. Среднегодовой уровень воды по среднемесячным данным 2022 года для Усть-Каменогорского водохранилища составил 327,19 мБС.

В 2023 году максимальное среднесуточное значение гидрологического уровня приходилось на 6 августа (327,54 мБС), минимальное на 16 июня (326,81 мБС). Максимальный среднемесячный гидрологический уровень приходился на сентябрь, составляя 327,22 мБС, а минимальный среднемесячный гидрологический уровень приходился на июль месяц равный 327,08 мБС. Среднегодовой уровень воды по среднемесячным данным 2023 года для Усть-Каменогорского водохранилища составил 327,15 мБС.

За 9 месяцев 2024 года наблюдаются небольшие колебания уровня с общей тенденцией к росту, с максимальным значением 29 мая (327,62 мБС) и минимальным 11 января (326,85 мБС).

Среднемесячный уровень достигает максимума в июне (327,3 м БС) и минимален в январе (327,06 мБС). Средний уровень за 9 месяцев 2024 года составил 327,21 мБС, близко к значениям 2021-2022 годов и на 0,06 м выше значения 2023 г., что свидетельствует о небольшой тенденции к росту.

В Усть-Каменогорское водохранилище расположено ниже плотины Бухтарминской ГЭС и образовано плотиной Усть-Каменогорской ГЭС. В него впадают реки - Гусельничиха, Таловка, Таинты, Огневка, Каменушка, Молодьяконка, Крутая Речка, Березовка, Масьяновка, Большая Феклистовка, Малая Феклистовка, Пихтовка, Серебрянка, Северная, Крестовка, Смолянка, а также ряд горных ручьев (Никольский, Чахлов, Сорокин Лог, Шумный, Тесный, Тульский, Киселев, Дедушкин, Беликойкин и т.д.).

Объем притока в Усть-Каменогорское водохранилище из водохранилища Буктырма, за 9 месяцев 2024 г. составил 14,17 км³. Суммарный объем стока из Усть-Каменогорского водохранилища в реку Ертис за 9 месяцев составил 14,80 км³ при среднем расходе воды 616,11 м³/сек. и среднемесячных объемах 1,62 км³.

На притоках отсутствуют гидропосты, в связи с этим получить гидрологические данные и описать объем их стока не является возможным. Однако, известные значения прихода воды из водохранилища Буктырма и расход в реку Ертис, можно рассчитать разницу, которая составит 0,63 км³. Часть этого объема приходится на притоки Усть-Каменогорского водохранилища без учета испарения и водоотведения.

За 9 месяцев 2024 г. минимальные показатели месячного объема стока зафиксированы в феврале, где значение составило 1,38 км³ при среднемесячном расходе 552,48 м³/сек. (рисунок 2). Самые высокие показатели отмечены в мае (1,86 км³) при среднемесячном расходе 693,65 м³/сек.

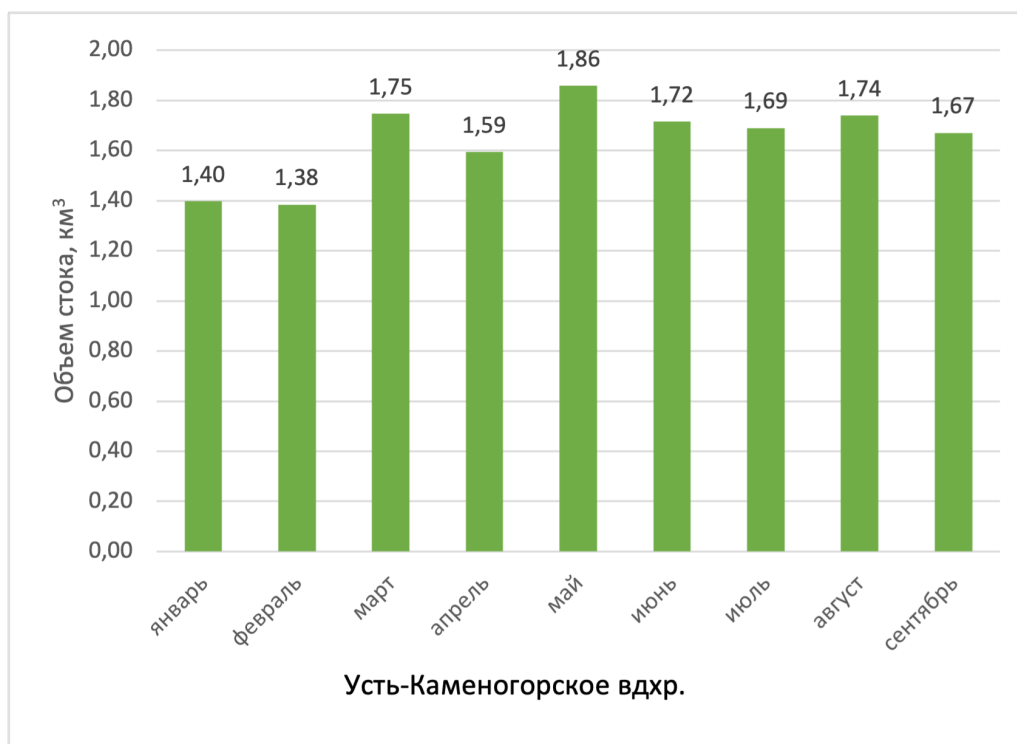


Рисунок 2. Объем стока Усть-Каменогорского водохранилища по месячным данным в 2024 году (за 9 месяцев)

Изучение химического состава водоёмов является одним из приоритетных направлений гидрохимии и водной экологии, так как химические параметры напрямую влияют на функционирование водных экосистем и могут служить надёжными индикаторами их состояния (Кузнецов, 2010:36; Жуков, 2004:154).

Гидрохимические исследования Усть-Каменогорского водохранилища в 2024 г.

проводили в весенне-летний период, образцы природной воды отбирали из поверхностного слоя и проводили определение физико-химических параметров, газового режима, биогенного состава, а также определяли соотношение основных ионов. Пробы воды отбирали на следующих станциях: верхняя часть - ст. Серебрянск; средняя часть - Таловский и Масыновский заливы, нижняя часть - залив Никольский.

В весенний период температура воды колебалась от 8,5 до 9,4 °С. Минимальное значение температуры наблюдалось на Никольском заливе, а максимальное - в верхней части водохранилища на станции Серебрянск. В летний период температура поверхностного слоя воды находилась в диапазонах 12,5 - 14,0 °С.

Результаты гидрохимических показателей представлены в сравнительном аспекте не только по станциям и сезонам текущего года, но и за последние пять лет с 2020 по 2024 гг. Итоговые данные приведены в виде средних значений и представлены в таблице 1.

Таблица 1. Динамика средних значений основных гидрохимических показателей Усть-Каменогорского водохранилища в период 2020-2024 гг.

Год исследо- ваний	рН	Растворенные газы			Биогенные соединения, мг/дм ³				Органическое вещество, мгО/дм ³	Минера- лизация, мг/дм ³
		СО ₂ , мг/дм ³	О ₂		NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄		
			мг/дм ³	% нас.						
верхняя часть										
2024	7,72	0,10	9,42	88,7	0,30	0,03	1,40	0,03	3,2	104
2023	7,15	0,10	8,51	87,0	0,31	0,05	1,49	0,04	3,3	127
2022	7,99	0,10	9,69	94,0	0,36	0,03	1,43	0,03	3,1	137
2021	8,30	0,09	10,20	102,5	0,35	0,02	1,71	0,09	3,3	145
2020	8,34	0,12	8,90	92,3	0,31	0,04	0,13	0,08	3,3	106
средняя часть										
2024	7,46	0,10	9,71	90,9	0,52	0,06	1,32	0,03	3,2	128
2023	7,06	0,10	9,90	89,5	0,28	0,03	1,41	0,03	3,2	124
2022	8,23	0,10	10,75	108,2	0,10	0,02	1,23	0,03	2,8	132
2021	8,30	0,16	8,70	90,2	0,45	0,05	2,14	0,07	2,8	168
2020	8,34	0,11	8,64	88,5	0,38	0,04	0,14	0,07	2,5	108
нижняя часть										
2024	7,73	0,10	9,78	90,7	0,29	0,03	1,39	0,03	3,2	106
2023	7,27	0,10	8,55	85,8	0,35	0,04	1,35	0,03	2,3	125
2022	8,07	0,10	8,84	87,5	0,45	0,04	1,26	0,04	2,7	134
2021	8,30	0,12	9,30	96,4	0,33	0,06	1,89	0,06	3,1	154
2020	8,34	0,12	9,04	89,2	0,30	0,03	0,13	0,07	2,4	112
Усть-Каменогорское водохранилище (в целом)										
2024	7,59	0,10	9,65	90,3	0,41	0,05	1,36	0,03	3,2	116
2023	7,16	0,10	8,99	87,4	0,31	0,04	1,42	0,03	2,9	125
2022	8,09	0,10	9,76	96,6	0,30	0,03	1,30	0,03	2,9	134
2021	8,30	0,12	9,40	96,4	0,37	0,04	1,91	0,07	3,1	156
2020	8,31	0,12	8,84	90,0	0,33	0,03	0,13	0,07	2,7	108

Значения водородного показателя в весенний период находились в пределах 6,50 - 8,68, что позволило оценить поверхностные воды Усть-Каменогорское водохранилище как «нейтральные-слабощелочные» по водородному показателю. Наименьшие величины рН наблюдаются в средней части водоема, а наибольшие - в нижней части. В летний период отмечено повышение значений водородного показателя до 8,04 - 8,68. Водородный показатель достаточно стабилен по всей акватории водоема и не выходят за рамки рыбохозяйственных норм (таблица 1). В период 2020 - 2022 гг значения водородного показателя соответствовали

группе «вода слабощелочная». С 2020 по 2023 гг. величина pH уменьшалась и наблюдалось смещение реакции водной среды в сторону нейтральной. Среднее значение pH в 2024 г. составило 7,59, что соответствует группе «вода слабощелочная».

Кислород поступает в воду за счёт атмосферной диффузии и фотосинтетической активности водных растений, а расходуется в процессе дыхания и разложения органики (Charpa S.C., 2008:68). Содержание растворенного кислорода весной по всему водохранилищу варьировало в пределах 10,3-11,6 мг/дм³. Минимальное значение отмечалось на станции Серебрянск, а максимальная концентрация была зафиксирована в Масьяновском заливе. В летний период содержание растворенного кислорода по всей акватории имело близкие значения и находилось в интервале от 8,21 мг/дм³ (залив Таловский), при насыщении 84,3% до 8,96 мг/дм³ (залив Никольский) при насыщении 90,7 %. В текущем году кислородный режим водоема можно считать благоприятным для гидробионтов. В период 2020 - 2024 гг. отмечается тенденция к увеличению содержания растворенного кислорода в поверхностных водах Усть-Каменогорского водохранилища. В 2024 году среднее содержание растворенного кислорода увеличилось на 7 % по сравнению с 2023 годом, на 3% по сравнению с 2021 годом и на 8 % по сравнению с 2020 годом. В течение всего периода наблюдений концентрации растворённого кислорода находились в пределах нормативов для рыбохозяйственных водоёмов (не ниже 6,0 мг/дм³), что указывает на отсутствие кислородного дефицита и благоприятные условия для гидробионтов (Министерство водных ресурсов и ирригации РК, 2025).

Содержание углекислого газа в воде незначительное и составляет 0,10 мг/дм³ в среднем по всей акватории водохранилища. Следует отметить, что концентрация органического вещества тесно связана с содержанием биогенных соединений (азота и фосфора), поскольку органические вещества служат источником для микробиологической минерализации и образования аммонийных и нитратных форм азота (Wetzel, 2001:79; Сладкова, 2020:53). Содержание органического вещества в текущем году практически не отличается от результатов прошлых пяти лет. В весенний период значения колебались от 3,1 мгО/дм³ до 3,2 мгО/дм³. Минимальное содержание зафиксировано в заливе Таловском, а максимальное - в заливе Никольский. В летний период показатели по содержанию органического вещества на всех станциях исследования близки по своим значениям к показателям органического вещества за весенний период, за исключением залива Таловский, где значения перманганатной окисляемости были равны 3,5 мгО/дм³. По величине перманганатной окисляемости поверхностные воды Усть-Каменогорского водохранилища характеризуются «очень малой окисляемостью».

Содержание биогенных веществ в воде Усть-Каменогорского водохранилища на протяжении последних пяти лет характеризуется концентрациями, которые не превышают нормативных значений и достаточно стабильны как в пространстве, так и во времени.

Содержание азота аммонийного в 2024 году находилось в интервале от < 0,20 мг/дм³ (летом в верхней, средней (Масьяновский залив) и нижней частях водохранилища) до 1,2 мг/дм³ (летом в средней части водохранилища (Таловский залив)). Концентрация нитритов изменялась в узком диапазоне и в среднем составила 0,05 мг/дм³. Концентрация нитрат-ионов изменялась от 0,026 до 0,148 мг/дм³. На станции Серебрянск наблюдалось минимальное содержание, а максимальная концентрация была отмечена в Таловском заливе. Содержание нитратов весной варьировало от 1,18 мг/дм³ до 1,42 мг/дм³. Содержание фосфат-ионов и железа общего составило 0,03 мг/дм³ и 0,12 мг/дм³ соответственно. Значительных вариаций концентраций биогенных соединений по годам исследований не наблюдалось.

В последние пять лет жесткость поверхностных вод вхр. Усть-Каменогорского по годам изменяется значительно. Если в 2020 - 2021 гг вода классифицировалась как «умеренно жесткая», то в 2022 году значение жесткости снизилось в 1,8 раза и составило 2,5 мг-экв/дм³ (вода мягкая). В 2023 году значение жесткости увеличилось до 8,5 мг-экв/дм³. В 2024 году значение жесткости пошло на снижение и составило 7,5 мг-экв/дм³ (вода жёсткая). Весной жесткость воды по водохранилищу в среднем составила 6,0 мг-экв/дм³, что классифицируется как «жесткая» вода. В летнее время показатель жесткости воды в среднем составил 8,9

мг-экв/дм³, что также классифицируется как «жесткая» вода.

Значение минерализации в весенний период варьировало от 108 мг/дм³ до 120 мг/дм³. Наименьшая величина минерализации зарегистрирована на станции Серебрянск, а наибольшее значение наблюдалось в Таловском заливе. По показателям минерализации поверхностные воды вдхр. Усть-Каменогорское относятся к категории «пресные». В летний период значение минерализации варьировало от 100 мг/дм³ до 168 мг/дм³. Наименьшая величина минерализации зарегистрирована на станции Серебрянск, а наибольшее значение наблюдалось в Таловском заливе. За пятилетний период исследований минимальные показатели минерализации были зафиксированы в 2020 году. В 2021 году наблюдалось резкое повышение минерализации на 30% до среднего значения 156 мг/дм³, а затем произошло снижение минерализации в 2022-2023 гг., которое в текущем году составило 116 мг/дм³. Несмотря на значительную вариацию показателей минерализации по годам, поверхностные воды Усть-Каменогорского водохранилища классифицируются как «пресные».

Соотношение основных ионов в поверхностных водах Усть-Каменогорского водохранилища в течение пяти последних лет не изменяется. Из анионов доминируют гидрокарбонаты, содержание которых весной изменялось от 79,3 мг/дм³ до 91,5 мг/дм³ и летом от 79,3 мг/дм³ до 164,7 мг/дм³ в летний период. Из катионов по содержанию доминировали ионы кальция, концентрация которых колебалась в интервале 43-46 мг/дм³ весной и 47 - 70 мг/дм³ летом. Вода Усть-Каменогорского водохранилища по классификации О.А. Алекина принадлежит к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе, первому типу.

Заключение. Усть-Каменогорское водохранилище является ярким примером воздействия гидрологического режима на объем рыбных запасов. Особенности водоема - значительный водообмен, холодноводность, почти полное отсутствие литорали - делают его малоприспособленным для создания высокочисленного ихтиофаунистического комплекса.

В текущем году гидрологический режим Усть-Каменогорского водохранилища характеризовался незначительными колебаниями уровня воды при общей тенденции к повышению. Средний уровень составил 327,21 м БС, что несколько выше показателей предыдущего года. Баланс водных ресурсов оставался стабильным: объем притока из Бухтарминского водохранилища (14,17 км³) сопоставим с объемом стока в реку Ертис (14,80 км³), что указывает на устойчивость водного режима водоема в рассматриваемый период.

Таким образом, по результатам проведенных гидрохимических исследований установлено, что в 2024 году поверхностные воды Усть-Каменогорского водохранилища характеризуются благоприятным кислородным режимом, нейтральной реакцией среды, очень малой окисляемостью. Содержание биогенных соединений не превышает установленных нормативов, что позволяет сделать вывод о пригодности водохранилища в качестве рыбохозяйственного водоема и благоприятного для обитания гидробионтов.

Результаты исследования имеют практическое значение для рационального управления водными ресурсами, поддержания экологического равновесия и сохранения биологического разнообразия Усть-Каменогорского водохранилища, являющегося одним из важнейших рыбохозяйственных водоемов Восточного Казахстана.

Литература

- Баранов, 2021 - Баранов П. В. Современные проблемы экологии рыбохозяйственных водоемов.-Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2021.-218 с. [Russ.]
- Букатов, и др., 2005 - Букатов В. А., Гончаренко Н. И., Гончаренко В. П. Водно-энергетические ресурсы Восточного Казахстана.-Алматы: Гылым, 2005.-320 с. [Russ.]
- Жуков, Кузьменко, 2004 - Жуков А. А., Кузьменко М. А. Гидрохимия внутренних водоемов.-Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2004.-256 с. [Russ.]
- Кузнецов, 2010 - Кузнецов С. И. Гидрохимия: учебное пособие.-Москва: Академия, 2010.-224 с. [Russ.]
- Мирошниченко и др., 2018 - Мирошниченко И. Н. и др. Экологические проблемы водохранилищ Иртышского каскада.-Усть-Каменогорск: ВКГУ, 2018.-180 с. [Russ.]
- Приказ, 2025 - Приказ Министра водных ресурсов и ирригации Республики Казахстан «Об утверждении единой системы классификации качества воды в поверхностных водных объектах и (или) их частях» от 4 июня 2025 года № 111-НҚ.-URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/G25MA000111> (дата обращения: 16.09.2025). [Russ.]

- Рижинашвили, 2008 - Рижинашвили А. Л. Показатели содержания органических веществ и компоненты карбонатной системы в природных водах в условиях интенсивного антропогенного воздействия // Вестник СПбГУ. Серия 4. Физика. Химия.-2008.-№ 4.-С. 95-102. [Russ.]
- Сладкова, Токтасынова, 2020 - Сладкова Е. А., Токтасынова А. Б. Эвтрофикация и кислородный режим озёр Казахстана // Вестник КазНУ. Серия экологическая.-2020.-№ 2(73).-С. 52-60. [Russ.]
- Chapra, 2008 - Chapra S. C. Surface Water-Quality Modeling.-Long Grove: Waveland Press, 2008.-844 p. [Eng.]
- Wetzel, 2001 - Wetzel R. G. Limnology: Lake and River Ecosystems.-San Diego: Academic Press, 2001.-1006 p. [Eng.]

References

- Baranov, 2021-Baranov P. V. Sovremennyye problemy ekologii rybnokhoziaistvennykh vodoemov.[Modern problems of ecology of fishery waters]-Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 2021.-218 p. [Russ.]
- Bukato, et.al., 2005-Bukato V. A., Goncharenko N. I., Goncharenko V. P. Vodno-energeticheskie resursy Vostochnogo Kazakhstana [Water and energy resources of Kazakhstan] -Almaty: Gylm, 2005.-320 p. [Russ.]
- Zhukov&Kuzmenko, 2004-Zhukov A. A., Kuzmenko M. A. Gidrokimiya vnutrennikh vodoemov.[Hydrochemistry of water bodies] -Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 2004.-256 p. [Russ.]
- Kuznetsov, 2010-Kuznetsov S. I. Gidrokimiya [Hydrochemistry]: uchebnoe posobie.-Moscow: Akademiya, 2010.-224 p. [Russ.]
- Miroshnichenko et al., 2018-Miroshnichenko I. N. et al. Ekologicheskie problemy vodokhranilishch Irtyshskogo kaskada xEnvironmental problems of the Irtysh cascade reservoirs].-Ust-Kamenogorsk: VKGTU, 2018.-180 p. [Russ.]
- Order, 2025-Order of the Minister of Water Resources and Irrigation of the Republic of Kazakhstan ``On approval of the unified system for classification of water quality in surface water bodies and (or) their parts" dated June 4, 2025 No. 111-NQ.-URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/G25MA000111> (accessed:16.09.2025). [Russ.]
- Rizhinashvili, 2008-Rizhinashvili A. L. Pokazateli sodержaniya organicheskikh veshestv i komponenty karbonatnoj sistemy v prirodnykh vodah v usloviyakh intensivnogo antropogennogo vozdejstviya [Indicators of organic matter content and components of the carbonate system in natural waters under intensive anthropogenic impact]// Vestnik of Saint Petersburg University. Series 4. Physics. Chemistry.-2008.-No. 4.-P. 95-102. [Russ.]
- Sladkova& Toktasynova, 2020-Sladkova E. A., Toktasynova A. B. Evtrofikaciya i kislorodnyj rezhim ozyor Kazakhstana [Eutrophication and oxygen regime of lakes in Kazakhstan] // Vestnik KazNU. Ecological Series.-2020.-No. 2(73).-P. 52-60. [Russ.]
- Chapra, 2008-Chapra S. C. Surface Water-Quality Modeling.-Long Grove: Waveland Press, 2008.-844 p. [Eng.]
- Wetzel, 2001-Wetzel R. G. Limnology: Lake and River Ecosystems.-San Diego: Academic Press, 2001.-1006 p. [Eng.]