

zhakupova.zhanar@kaznaru.edu.kz*, yerbol.sarkynov@kaznaru.edu.kz,
kurmanbek.zhanymkhan@kaznaru.edu.kz, kapar.sh@kaznaru.edu.kz

³Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, Ryskulbekova.Laura@kaznu.kz

NEW DESIGN OF WATER INTAKE FACILITIES FOR SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANTS

Abstract

The experience gained in the 1960s and 1990s in operating small hydroelectric power plants shows that hydraulic structures, primarily water intake structures, are the most vulnerable part of hydropower nodes.

One of the promising areas of development of hydropower potential is the use of water runoff from small mountain rivers, which, as a rule, are located in the locations of electricity consumers. These structures are designed without taking into account the significant intra-daily fluctuations in river flow, which are insufficiently studied.

Therefore, it is necessary to carry out work aimed at improving water intake facilities in winter. Within the framework of this article, studies have been conducted on various options for passing sludge: through the ridge of the double shutter of the washer, through the side and bottom openings of the automatic shutter at the upstream level, as well as through a special hole in the discharge threshold of the structure. The data obtained, calculations and design of an automated water intake facility for derivational hydroelectric power plants will be used in the implementation of the project for the construction of at least 20 small hydroelectric power plants on the mountain rivers of southern Kazakhstan.

The analysis of the shortcomings of the existing structures of water intake facilities made it possible to develop a new design of a water intake facility for derivational hydroelectric power plants, for which a patent of the Republic of Kazakhstan was obtained.

Keywords: construction, water intake structures, small hydroelectric power plants, hydraulic structures, design.

МРНТИ 70.27.17

DOI <https://doi.org/10.37884/1-2025/25>

Г.К. Мамырбекова¹, Е.М. Калыбекова¹, С.Б. Сауров², А.Г. Шеров³,
С.Б. Анапьянова⁴, Ж.А. Базарбаева⁵*

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан, gkabibolla@mail.ru*, yessenkul.kalybekova@kaznaru.edu.kz

²РГП на ПХВ «Казгидромет» МЭПР РК, г.Астана, Казахстан, sairov_s@meteo.kz

³Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», г. Ташкент, Узбекистан, a.sherov@tiame.uz

⁴НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», г.Усть-Каменогорск, Казахстан, samala.79@mail.ru

⁵Казахский национальный университет им. Аль-Фараби г. Алматы, Казахстан, almaty_2017_e@mail.ru

ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ ЕРТИС В ЧЕРТЕ ГОРОДА УСТЬ -КАМЕНОГОРСК

Аннотация

В статье дана оценка качеству поверхностных вод р. Ертис в черте г. Усть-Каменогорск по гидрохимическим показателям. Приведена динамика основных гидрохимических показателей (ионный состав, минерализация, жесткость, биогенные вещества, БПК, ХПК) в

течение 2024 года, с охватом всех сезонов. Установлена пространственно – временная характеристика распределения гидрохимических показателей поверхностных вод р. Ертис в черте г. Усть-Каменогорск, которая определялась уровнем антропогенной нагрузки в каждой конкретной точке исследований.

В результате проведенных исследований по оценке качества поверхностных вод р. Ертис в черте г. Усть-Каменогорска установлено:

- по величине водородного показателя слабощелочная, маломинерализованная, гидрокарбонатного класса, кальциевой группы. Общая минерализация в период половодья составляет 113-211 мг/дм³, в летне-осеннюю межень – 136 -173 мг/дм³, зимой – 148-156 мг/дм³. Жесткость воды колеблется в пределах 1,20 - 2,64 мг·экв/л, что позволяет отнести поверхностные воды р.Ертис к категории «мягкие»;

- концентрация биогенных веществ, кроме железа, соответствует нормативным показателям и не превышает предельно допустимых значений для водоемов рыбохозяйственного назначения. В то же время, для железа нормативное значение рыбохозяйственного назначения (0,1 мг/дм³) было превышено незначительно;

- общее содержание тяжелых металлов, в частности цинка и марганца, незначительно и превышает предельные значения для рыбохозяйственных водоемов (0,01 мг/дм³).

Ключевые слова: *качество воды, химический состав воды, биогенные вещества, основные катионы, основные ионы, минерализация, тяжелые металлы, класс качества.*

Введение

В последние десятилетия из-за усиленной антропогенной деятельности и роста населения качество воды в большинстве крупных речных бассейнов по всему миру ухудшилось [1-3].

Водоемы и водотоки бассейна Верхнего Ертиса также подвержены значительному антропогенному воздействию [4-8].

Антропогенная деятельность может создавать риски для окружающей среды и здоровья человека, ухудшая качество воды в пресноводных ресурсах, таких как реки и ручьи, и ограничивая их использование в ирригационных, бытовых, рыболовных и промышленных целях [9].

В Ертисском водохозяйственном бассейне первоочередной мерой является улучшение качества воды в реке Ертис, которая является крупнейшей в Республике Казахстан, обеспечивает водопотребителей не только в пределах своего бассейна, но и через канал Ертис-Караганды огромную территорию маловодного Центрального Казахстана. Таким образом, от водности и качественного состояния рек бассейна Верхнего Ертиса зависит экономика и здоровье населения таких территориальных единиц Республики, как Восточно-Казахстанская, Павлодарская, Карагандинская области, общая площадь которых составляет более 836 тыс. км², с численностью населения более 4 млн. человек (более четверти жителей всей страны).

Город Усть-Каменогорск является административным центром Восточно-Казахстанской области. Город расположен в предгорьях Алтая. По территории города протекают реки Ертис и Ульба.

Цель настоящей работы состоит в оценке качества поверхностных вод реки Ертис в черте города Усть-Каменогорск по гидрохимическим показателям на 2024 год.

Методика исследования

Отбор проб воды проводился по-сезонно, с соблюдением требований [10]. Одновременно с пробоотбором измеряли температуру воды, содержание растворенного кислорода и pH воды.

Точки отбора гидрохимических проб находятся в черте г. Усть-Каменогорск и соответствуют станциям отбора гидрохимических проб Филиала РГП на ПХВ «Казгидромет» по Восточно Казахстанской и Абайской областям. Перечень точек отбора гидрохимических проб, их месторасположение и обоснование приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Географическое расположение и характеристика точек отбора проб

№ точек	Название точек (створов)	Координаты	Краткая характеристика
Т-1	0,8 км ниже плотины Усть-Каменогорской ГЭС	N 49°53.6180/ E 082°41.1900/	Фоновая точка для города Усть-Каменогорск на реке Ертис
Т-2	0,5 км ниже сброса сточных вод Конденсаторного завода	N 49°01.555/ E 082°66.5907/	Оценка влияния Конденсаторного завода на р. Ертис
Т-3	3,2 км ниже впадения р. Ульби; (09) правый берег	N 49°58.5563/ E 082°32.2638/	Район Понтонного моста, после впадения реки Ульбы (крупного притока р.Ертис, в которую поступают сточные воды с северного промышленного узла г. Усть-Каменогорска [11])
Т-4	с. Прапорщиково	N 50°02.4186/ E 082°27.6813/	Замыкающий створ для г. Усть-Каменогорск

Результаты и обсуждения

Кислородный режим реки Ертис достаточно благоприятный и содержание кислорода варьируется от 8,1 до 10, 8 мг/дм³.

Одним из важнейших показателей, определяющих направление химических и биологических процессов, является водородный показатель (рН), значение которого на всех выбранных точках варьируется в рамках «слабощелочной» группы вод в интервале 7,72 – 8,21 [12].

Характер изменения рН тесно взаимосвязан с углекислотным равновесием, которое определяется концентрацией гидрокарбонат-ионов и карбонатов.

Содержание гидрокарбонатов в поверхностных водах носит сезонный характер. Максимальная концентрация гидрокарбонатов по реке Ертис составляет 96 мг/дм³ в точке 2 в весенний период, а минимальная - приходится на летний период и составляет 70,2 мг/дм³ в точке 3.

На рисунке 1 приведена динамика изменения показателя рН, содержания гидрокарбонатов по сезонам в реке Ертис в черте города Усть-Каменогорск.

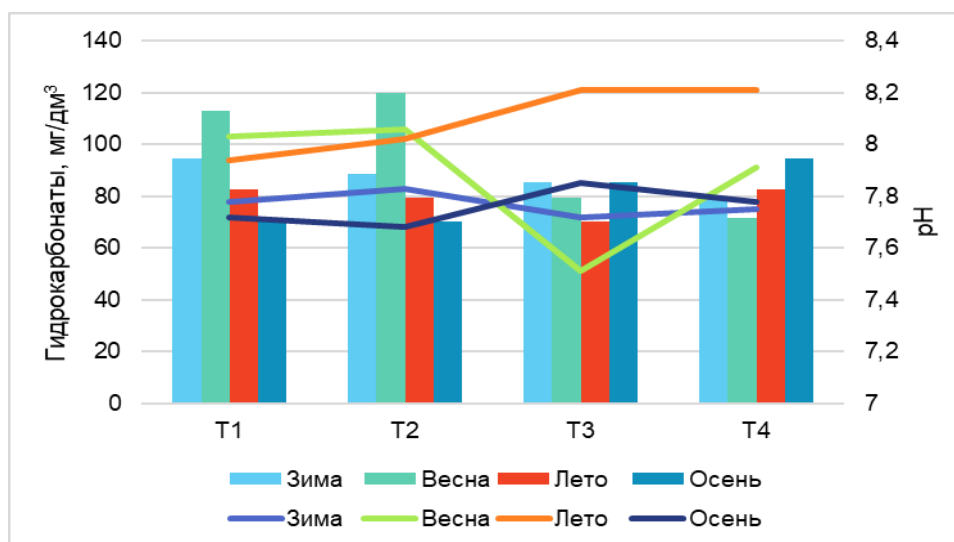


Рисунок 1 - Динамика изменения рН, содержания гидрокарбонатов по сезонам за 2024 год в реке Ертис в исследуемых точках в черте города Усть-Каменогорск

Основные катионы и анионы

Кальций и магний попадают в поверхностные воды главным образом из-за процессов выветривания и растворения минералов, таких как известняки, доломиты, гипс и

кальцийсодержащие силикаты. Эти процессы усиливаются при разложении органических веществ, которое снижает уровень pH воды и помогает минералам растворяться.

Кроме того, в воду попадает много кальция из сточных вод различных отраслей промышленности – силикатной, металлургической, стекольной, химической, а также с сельскохозяйственных угодий, особенно когда используются удобрения с содержанием кальция.

В реке Ертис в исследуемых точках ведущие позиции в катионном составе принадлежат ионам кальция, которые также подвержены заметным сезонным колебаниям (весной наблюдается повышение концентрации кальция) и как видно из рисунка 2, достигают в точке Т1 ($41,7 \text{ мг/дм}^3$), а в точке Т2 ($38,5 \text{ мг/дм}^3$). В этих же точках весной наблюдается повышение минерализации (рисунок 3). Это обусловлено преобладанием в этот период грунтового питания над поверхностным. А в точке Т3 ($32,5 \text{ мг/дм}^3$) и в точке Т4 ($26,5 \text{ мг/дм}^3$) концентрация кальция увеличивается осенью. В этих точках осенью наблюдается уменьшение минерализации, обусловленное летне-осенней меженью.

Ионы магния встречаются почти во всех природных водах. Концентрация магния в период исследований находилась в диапазоне от $3,3 \text{ мг/дм}^3$ до $7,8 \text{ мг/дм}^3$. Концентрация натрия варьировалась от $2,8 \text{ мг/дм}^3$ до $8,9 \text{ мг/дм}^3$.

Калий в пробах поверхностных вод не зарегистрирован.

Динамика изменения концентрации основных катионов по сезонам в реке Ертис по исследуемым точкам приведена на рисунке 2.

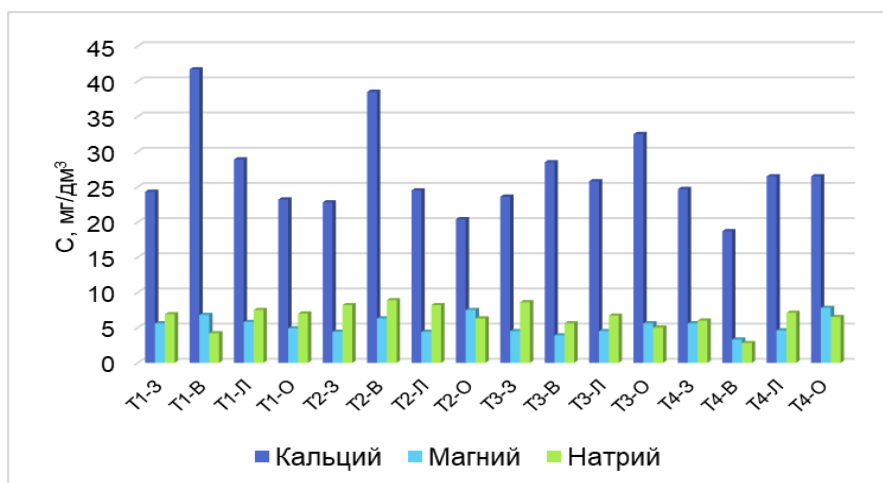


Рисунок 2 – Динамика изменения концентрации основных катионов по сезонам за 2024 год в реке Ертис в исследуемых точках

Минерализация. Суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ называется минерализацией. Формирование поверхностных вод (солевой состав, минерализация) происходит под влиянием различных природных факторов. По А.М. Никанорову, факторами, влияющими на формирование поверхностных вод по природе воздействия, являются физико-географические, геологические, физико-химические, биологические, искусственные или антропогенные [13]. Особенно на величину минерализации оказывают влияние источники питания водных объектов и их соотношение. По классификации Б.Д. Зайкова, река Ертис относится к алтайскому типу водного режима со снежно-дождевым питанием, весенне-летним половодьем и дождевыми паводками в летнее время года, со сравнительно высокой летне-осенней и низкой зимней меженью. Питание их на 50% и более снеговое, на 25-30 % дождевое, остальное приходится на грунтовый сток. [14, стр. 87].

Как видно из диаграммы на рисунке 3, в исследуемых точках максимальная концентрация минерализации зарегистрирована весной в точках Т1 (201 мг/дм^3) и Т2 (211

мг/дм³), а в точках Т3 (173 мг/дм³) и Т4 (172 мг/дм³) максимальная концентрация наблюдается осенью.

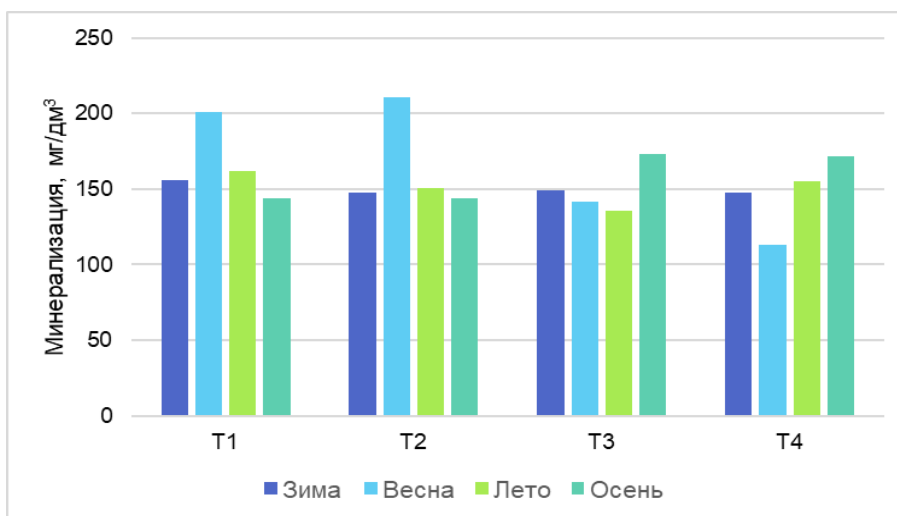


Рисунок 3 – Динамика изменения минерализации в исследуемых пунктах р. Ертис за 2024 год

На основе характера изменения минерализации воды в течение года по О.А. Алекину пункты Т1 и Т2 можно отнести ко 2 типу гидрохимического режима реки – казахстанскому, а Т3 и Т4 к 1 типу – восточноевропейскому.

В свою очередь, БПК и ХПК являются индикаторами наличия органических веществ в поверхностной воде.

Максимальное значение БПК₅ наблюдается в точке Т1 в весенне-летний сезон с содержанием 2,67-2,63 мгО₂/дм³, в точке Т2 составляет 2,30-2,33 мгО₂/дм³, в точке Т3 - 2,22-2,18 мгО₂/дм³, в точке Т4 1,92-2,26 мгО₂/дм³. Минимальные значения приходится на осенне-зимний сезон. Увеличение значений БПК весной и летом связано с постепенным накоплением органики в результате весенне-летней интенсификации фотосинтеза.

Среднее значение ХПК варьируется в диапазоне 6,0-8,9 мг/дм³. На всех наблюдаемых точках минимальное значение наблюдается летом, а максимальное значение - осенью, кроме точки Т4, где минимальное значение приходится на зиму.

Содержание хлор-ионов в реке Ертис не велико и варьируется от 2,7 мг/дм³ до 10,2 мг/дм³, в среднем за год в фоновой точке Т1 составил 3,98 мг/дм³, в точке Т2 – 4,3 мг/дм³, в точке Т3 – 4,50 мг/дм³, а в точке Т4 – 6,38 мг/дм³. Здесь наблюдается динамика роста хлор-ионов, которая не превышает предельно допустимую норму.

Содержание сульфат-ионов в реке Ертис подвержено значительным сезонным колебаниям и соответствует изменениям минерализации (сухого остатка) воды.

Динамика изменений сульфатов, хлоридов и сухого остатка по сезонам за 2024 год в реке Ертис в представлена на рисунке 4.

В реке Ертис максимальная концентрация сульфатов 30,1 мг/дм³ наблюдается осенью в точке Т3, а минимальная концентрация в точке Т4 составила 10,5 мг/дм³ весной. Содержание сульфатов в воде варьировало от 10,5 мг/дм³ до 30,1 мг/дм³ и превысило содержание хлоридов в 3-4 раза.

Содержание сухого остатка изменяется от 99 – 189 мг/дм³. При этом максимальные концентрации сухого остатка, как видно из графика, в точках Т1 и Т2 отмечены для весны, а в точках в Т3 и Т4 для осени; минимальная концентрация наблюдалась весной в точке Т4.

Таким образом, по классификации О.А. Алекина поверхностные воды р. Ертис в черте города Усть-Каменогорск можно отнести к гидрокарбонатно-кальцевому классу, тип первый.

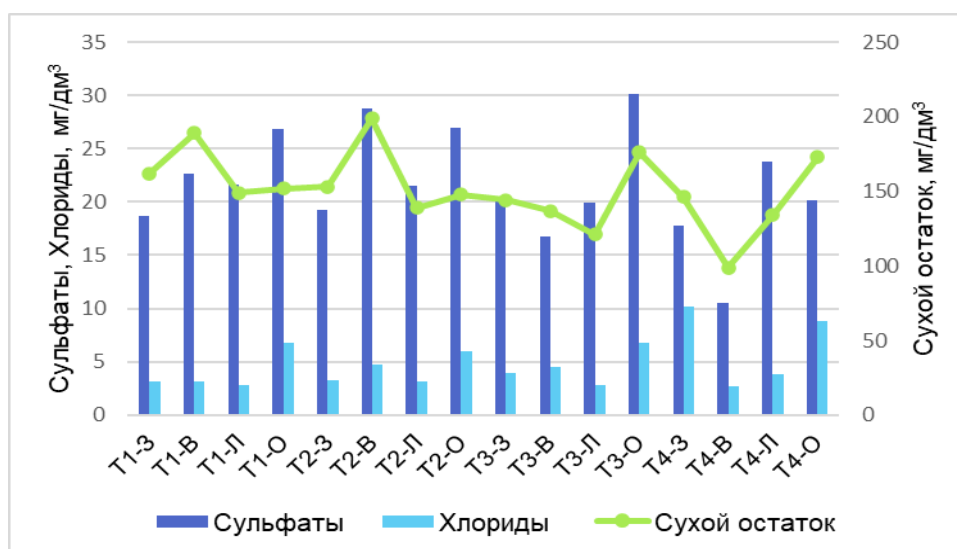


Рисунок 4 - Динамика изменения сульфатов, хлоридов и сухого остатка в р.Ертіс по сезонам 2024 года

Как известно, круговорот веществ в водных объектах в значительной степени зависит от биогенных веществ, в состав которых входят: азотсодержащие вещества, фосфаты, ионы железа, кремния [13].

Динамика содержания азотсодержащих веществ в воде зависит от интенсивности процессов нитрификации и содержания растворенного кислорода. Азотсодержащие вещества в природных водах находятся в форме неорганических и органических соединений. Неорганические соединения азота представлены ионами аммония, нитрит- и нитрат-ионами.

Биогенная составляющая химического стока р. Ертіс в черте города Усть-Каменогорск оценивалась по содержанию аммонийного, нитритного и нитратного азота, а также общего фосфора. Нитритов в поверхностных водах р. Ертіс в черте г. Усть-Каменогорска не зафиксировано.

На рисунке 5 представлена динамика изменения содержания азотсодержащих веществ в р. Ертіс в исследуемых точках в черте города Усть-Каменогорск за 2024 год.

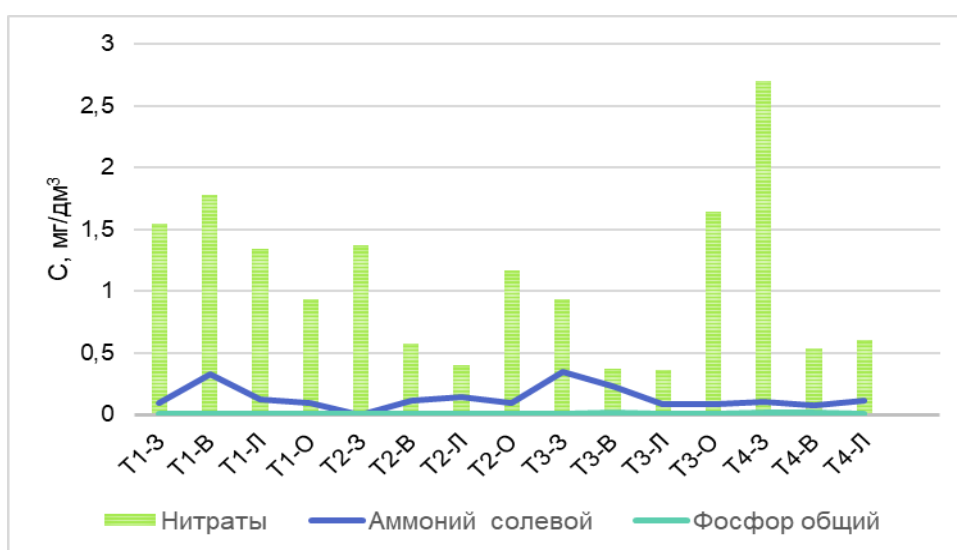


Рисунок 5 - Динамика изменения содержания азотсодержащих веществ в реке Ертіс в черте города Усть-Каменогорск за 2024 год

В период исследований в воде реки Ертис из всех соединений группы азота больший процент приходился на нитраты, содержание которых колебалось в диапазоне (0,36–2,70 мг/дм³). Максимальная концентрация нитратов отмечена зимой в точке Т4 - 2,70 мг/дм³, (не превышает нормы). Минимальная концентрация отмечена в точке Т3 летом – 0,36 мг/дм³. Из азотных соединений превышения предельно допустимого значения не выявлено.

Доля общего фосфора в стоке биогенных веществ в исследуемых точках незначительна и не превышает 0,018 мг/дм³.

Железо. Содержание растворенного железа в воде в исследуемых точках изменяется от 0,03 до 0,20 мг/дм³. Превышение содержания железа наблюдалось весной в точке Т3 - 0,20 мг/дм³ и в точке Т4 – 0,19 мг/дм³. Летом превышение наблюдалось в точках Т1 и Т2 – 0,15 мг/дм³, а в точке Т4 содержание железа снизилось, превышая значение предельно допустимой концентрации для водоемов рыбохозяйственного назначения (0,1 мг/дм³) на 0,03 мг/дм³.

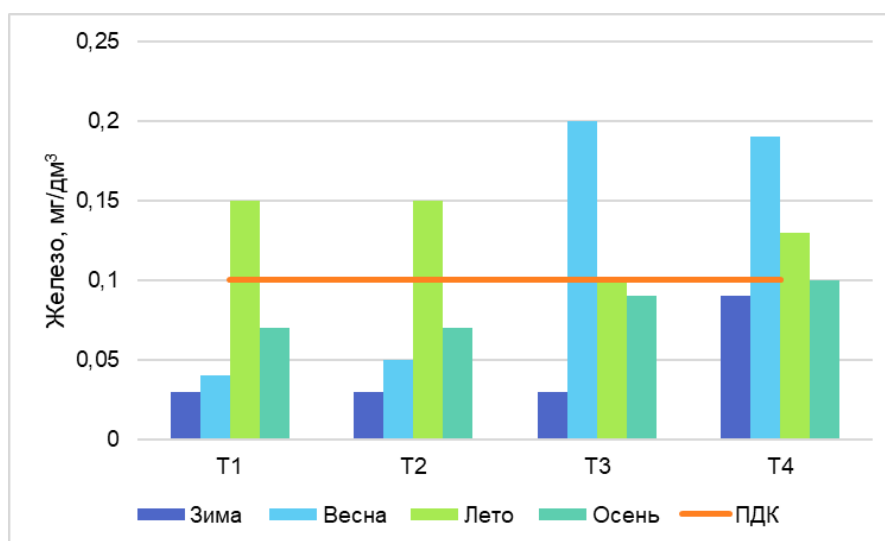


Рисунок 6 - Динамика изменения концентрации железа в р.Ертис в черте города Усть-Каменогорск за 2024 год

Марганец. Максимальное количество марганца отмечалось зимой в точке Т4 и составило 0,018 мг/дм³, а минимальное количество (отсутствие) марганца наблюдалось осенью в этой же точке. Превышение предельно допустимого значения было незначительным.

Цинк. В исследуемых точках концентрация цинка изменялась от 0,00 до - 0,018 мг/дм³ при величине предельно допустимого значения 0,01 мг/дм³, Максимальная концентрация наблюдалась осенью, в точке Т3.

Медь. Содержание меди в период исследований варьировалось в пределах 0,0011 – 0,007 мг/дм³. Максимальное значение наблюдалось весной, в точке Т3, а минимальное – осенью, в точке Т1. Содержание меди в воде в период исследований было в пределах допустимых значений для рыбохозяйственных водоемов.

Такие металлы, как никель и свинец, в пробах воды не обнаружены. Содержание кадмия было ниже нормативных значений.

Таким образом, среди тяжелых металлов превышение норм отмечалось по марганцу зимой и весной в точках Т3 и Т4, а также летом, в точке Т4, а по цинку в точке Т3 в течение всего 2024 года.

Превышение тяжелых металлов, в частности, цинка и марганца в точках Т3 и Т4 обусловлено впадением реки Ульбы в реку Ертис.

Выводы

В результате проведенных исследований по оценке качества поверхностных вод р. Ертис в черте г. Усть-Каменогорска установлено:

- вода р.Ертис по величине водородного показателя слабощелочная, маломинерализованная, гидрокарбонатного класса, кальциевой группы. Общая минерализация и химический состав изменяются в течение года в связи со сменой гидрологических фаз: чем больше расход воды, тем меньше минерализация. В период половодья она составляет 113-211 мг/дм³, в летне-осеннюю межень – 136-173 мг/дм³, зимой – 148-156 мг/дм³. Жесткость воды колеблется в пределах 1,20 -2,64 мг·экв/л, что позволяет отнести поверхностные воды р.Ертис к категории «мягкие»;

- концентрация биогенных веществ, кроме железа, соответствует нормативным показателям и не превышает предельно допустимых значений для водоемов рыбохозяйственного назначения. В то же время, для железа нормативное значение рыбохозяйственного назначения (0,1 мг/дм³) было превышено незначительно;

- общее содержание тяжелых металлов, в частности цинка и марганца, незначительно и превышает предельные значения для рыбохозяйственных водоемов (0,01 мг/дм³).

Согласно «Единой системе классификации качества воды в водных объектах» поверхностные воды р. Ертис в черте г. Усть-Каменогорска в 2024 году имели разные характеристики. Первые две точки исследования (г. Усть-Каменогорск, в черте города; 0,8 км ниже плотины Усть-Каменогорской ГЭС и 0,5 км ниже сброса сточных вод Конденсаторного завода) в течение всего года оценены первым классом – очень хорошее качество. На створе «3,2 км ниже впадения р. Ульби; (09) правый берег» в период зимней межени и весеннего паводка, качество воды снижается до 2 класса – хорошее качество. Скорее всего, на качество поверхностных вод р. Ертис в данной точке сказывается негативное влияние впадающей р.Ульби, так как сюда поступают сточные воды с северного промышленного узла г. Усть-Каменогорск. В замыкающем створе р. Ертис (в черте с. Прапорщиково) наблюдается превышение нормативных значений по ряду тяжелых металлов практически в течение всего года, за исключением осеннего периода и в целом качество воды в данной точке оценено 2 классом – хорошее качество.

Список источников

1 Indra Sekhar Sen, Sarwar Nizam, Aqib Ansari, Michael Bowes, Bharat Choudhary, Miriam Glendell, Surajit Ray, Marian Scott, Claire Miller, Craig Wilkie, Rajiv Sinha. Geochemical evolution of dissolved trace elements in space and time in the Ramganga River, India. Environ Monit Assess (2023) 195:1150 <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11665-0>.

2 Сазонов А.А., Лисина А.А., Ерина О.Н., Фролова Н.Л., Ломаков О.И., Платонов М.М. Синхронные исследования качества воды реки Волги //Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 5. С. 98–114. <https://doi.org/10.35567/19994508-2024-5-98-114>.

3 Решетняк О.С., Косменко Л.С., Коваленко А.А. Антропогенная нагрузка и качество воды на замыкающих створах рек арктической зоны России. Вестник Московского университета. Сер. 5. География и экология. 2022. № 3. С. 3–17.

4 Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Д.М., Рыскельдиева А.М., Ердесбай А.Н., Макаш К.К., Иканова А.С. Об изменении качества воды по гидрохимическим показателям поверхностного стока реки Ертис на приграничной с КНР территории. Гидрология. Вопросы географии и геоэкологии. 2020 -№1.

5 Романова С.М., Крупа Е.Г., Серикова А.С., Алексеев С.Н. Современная гидрохимическая характеристика водных объектов Казахстанской части бассейна р. Ертис. Гидрометеорология и экология. 2024 - №1. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2024-112-1-121-132>.

6 Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Д.М., Рыскельдиева А.М., Кайдарова Р.К., Опп К., Амиргалиев Н.А. Динамика изменения концентраций загрязняющих веществ группы тяжелых металлов в поверхностных водах трансграничной реки ертис на территории Республики Казахстан. Хабаршы. География сериясы. №2 (57) 2020. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2020.v57.i2.05>

7 Арынова Ш.Ж., Ажаев Г.С., Ахметов К.К., Колпакова В.П., Шаймарданов Ж.К. Современное состояние реки Ертис в условиях антропогенного воздействия. Вестник Национального ядерного центра РК. — 2024, № 2. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-2-34-42>

8 Hydroecological assessment of the Kazakh part of the Yertis River under conditions of industrial development. Valentina Kolpakova, Yuliya Yeremeyeva, Samal Anapyanova, Gulnaz Mamyrbekova, Roza Nurekenova, Laura Utepbergenova, Zhanbolat Shakhmov, Aleksej Aniskin. Results in Engineering 24 (2024) 103578 <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103578>

9 Evaluation of the water quality of a highly polluted stream with water quality indices and health risk assessment methods. Memet Varol, Cem Tokatlı. Chemosphere, Volume 311, Part 2, January 2023, 137096 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137096>

10 СТ РК ГОСТ Р 51592-2003 «Вода. Общие требования к отбору проб.» - Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан. - Введен в действие 01.01.2005.

11 Мамырбекова Г.К., Калыбекова Е.М., Колпакова В.П., Анапьянова С.Б., Еремеева Ю.Н., Шевцов М.Н. Ертис өзені су сапасына Үлбі саласының әсері. «Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты». Выпуск 2 -2024 DOI <https://doi.org/10.37884/2-2024/33>.

12 Двинских С.А. Факторы формирования и элементы химического состава поверхностных вод. Пермь, 2020. – 77 с.

13 Никаноров, А.М. Гидрохимия: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. /А.М. Никаноров; СПб:Гидрометеиздат, 2001. – 444 с

14 Егорина А.В. Барьерный фактор в развитии природной среды гор. Барнаул, 2003. 344 с.

References

1 Indra Sekhar Sen, Sarwar Nizam, Aqib Ansari, Michael Bowes, Bharat Choudhary, Miriam Glendell, Surajit Ray, Marian Scott, Claire Miller, Craig Wilkie, Rajiv Sinha. Geochemical evolution of dissolved trace elements in space and time in the Ramganga River, India. Environ Monit Assess (2023) 195:1150 <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11665-0>.

2 Sazonov A.A., Lisina A.A., Erina O.N., Frolova N.L., Lomakov O.I., Platonov M.M. Sinxronny'e issledovaniya kachestva vody` reki Volgi //Vodnoe xozyajstvo Rossii: problemy, texnologii, upravlenie. 2024. № 5. S. 98–114. <https://doi.org/10.35567/19994508-2024-5-98-114>.

3 Reshetnyak O.S., Kosmenko L.S., Kovalenko A.A. Antropogennaya nagruzka i kachestvo vody` na zamy`kayushhix stvorax rek arkticheskoy zony` Rossii. Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 5. Geografiya i e`kologiya. 2022. № 3. S. 3–17.

4 Burlibaev M.Zh., Burlibaeva D.M., Ry`skel`dieva A.M., Erdesbaj A.N., Makash K.K., Ikanova A.S. Ob izmenenii kachestva vody` po gidroximicheskim pokazatelyam poverxnostnogo stoka reki Ertis na prigranichnoj s KNR territorii. Gidrologiya. Voprosy` geografii i geoe`kologii. 2020 -№1.

5 Romanova S.M., Krupa E.G., Serikova A.S., Alekseev S.N. Sovremennaya gidroximicheskaya xarakteristika vodny`x ob`ektov Kazaxstanskoj chasti bassejna r. Ertis. Gidrometeorologiya i e`kologiya. 2024 - №1. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2024-112-1-121-132>.

6 Burlibaev M.Zh., Burlibaeva D.M., Ry`skel`dieva A.M., Kajdarova R.K., Opp K., Amirgaliev N.A. Dinamika izmeneniya koncentracij zagryaznyayushhix veshhestv gruppy` tyazhely`x metallov v poverxnostny`x vodax transgranichnoj reki ertis na territorii Respubliki Kazaxstan. Xabarshy`. Geografiya seriyasy`. №2 (57) 2020. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2020.v57.i2.05>

7 Ary`nova Sh.Zh., Azhaev G.S., Axmetov K.K., Kolpakova V.P., Shajmardanov Zh.K. Sovremennoe sostoyanie reki Ertis v usloviyax antropogennogo vozdejstviya. Vestnik Nacional`nogo yadernogo centra RK. — 2024, № 2. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-2-34-42>

8 Hydroecological assessment of the Kazakh part of the Yertis River under conditions of industrial development. Valentina Kolpakova, Yuliya Yeremeyeva, Samal Anapyanova, Gulnaz

Mamyrbekova, Roza Nurekenova, Laura Utepbergenova, Zhanbolat Shakhmov, Aleksej Aniskin. Results in Engineering 24 (2024) 103578 <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103578>

9 Evaluation of the water quality of a highly polluted stream with water quality indices and health risk assessment methods. Memet Varol, Cem Tokatlı. Chemosphere, Volume 311, Part 2, January 2023, 137096 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137096>

10 ST RK GOST R 51592-2003 «Voda. Obshhie trebovaniya k otboru prob.» - Komitet po standartizacii, metrologii i sertifikacii Ministerstva industrii i torgovli Respubliki Kazaxstan. - Vveden v dejstvie 01.01.2005.

11 Mamyrbekova G.K., Kalybekova E.M., Kolpakova V.P., Anapyanova S.B., Ereemeeva Yu.N., Shevczov M.N. Ertis ozeni su sapasy'na Ylbi salasy'ny'ң әseri. «Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты». Выпуск 2 -2024 DOI <https://doi.org/10.37884/2-2024/33>.

12 Dvinskix S.A. Faktory' formirovaniya i e'lementy' ximicheskogo sostava poverxnostny'x vod. Perm', 2020. – 77 s.

13 Nikanorov, A.M. Gidroximiya: Uchebnik. – 2-e izd., pererab. i dop. /A.M. Nikanorov; SPb:Gidrometeoizdat, 2001. – 444 s

14 Egorina A.V. Bar'erny'j faktor v razvitii prirodnoj sredy' gor. Barnaul, 2003. 344 s.

**Г.К. Мамырбекова^{1*}, Е.М. Калыбекова¹, С.Б. Сауров², А.Г. Шеров³,
С.Б. Анапьянова⁴, Ж.А. Базарбаева⁵**

¹Қазақ Ұлттық аграрлық зерттеу университеті КЕАҚ, Алматы қ., Қазақстан, gkabibolla@mail.ru*, yessenkul.kalybekova@kaznaru.edu.kz

²ҚР ЭЖТРМ «Қазгидромет» ШЖҚ РМК, Астана қ., Қазақстан, Sairov_s@meteo.kz

³Ұлттық зерттеу университеті «Ташкент ирригация және ауыл шаруашылығын механикаландыру инженерлері институты», Ташкент, Өзбекстан, a.sherov@tiame.uz

⁴Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті КЕАҚ, Өскемен қ., Қазақстан, samala.79@mail.ru

⁵Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті Алматы қ., Қазақстан, almaty_2017_e@mail.ru

ӨСКЕМЕН ҚАЛАСЫ ШЕГІНДЕ ЕРТІС ӨЗЕНІНІҢ ЖЕР ҮСТІ СУЫНЫҢ САПАСЫНА КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ СИПАТТАМА

Аңдатпа

Бұл мақалада Өскемен қаласы шегінде Ертіс өзенінің жер үсті суларының сапасына гидрохимиялық көрсеткіштер бойынша баға берілген. 2024 жылдың барлық мерзімдерін қамти отырып, негізгі гидрохимиялық көрсеткіштердің (иондық құрамы, минералдылық, кермектілік, биогенді заттар, ОБҚ, ОХҚ) динамикасы келтірілген. Өскемен қаласының шегінде Ертіс өзенінің жер үсті суларының гидрохимиялық көрсеткіштерінің таралуына кеңістіктік-уақыттық сипаттамасы белгіленді, ол зерттеудің әрбір нақты нүктесінде антропогендік жүктеме деңгейімен айқындалды.

Өскемен қаласының шегінде Ертіс өзенінің жер үсті суларының сапасын бағалау бойынша жүргізілген зерттеулер нәтижесінде:

- сутегі көрсеткішінің шамасы бойынша сәл сілтілі, минералданбаған, гидрокарбонат класы, кальций тобы. Су тасқыны кезінде жалпы минералдану 113-211 мг/дм³, жазғы-күзгі саба кезінде – 136-173 мг/дм³, қыста – 148-156 мг/дм³ құрайды. Судың кермектілігі 1,20 - 2,64 мг·экв/л аралығында ауытқиды, бұл Ертіс өзенінің жер үсті суларын «жұмсақ» санатқа жатқызуға мүмкіндік береді;

- темірден басқа биогендік заттардың концентрациясы нормативтік көрсеткіштерге сәйкес келеді және балық шаруашылығы мақсатындағы су айдындары үшін рұқсат етілген шекті мәннен аспайды. Сонымен қатар, темір үшін балық шаруашылығының нормативтік мәнінен (0,1 мг/дм³) шамалы асып кетті;

- ауыр металдардың, атап айтқанда мырыш пен марганецтің жалпы құрамы балық шаруашылығы су айдындары үшін шекті мәндерден (0,01 мг/дм³) шамалы асады.

Кілт сөздер: су сапасы, судың химиялық құрамы, биогенді заттар, негізгі катиондар, негізгі иондар, минералдылық, ауыр металдар, су сапасының класы.

**G. Mamyrbekova^{1*}, E. Kalybekova¹, S. Sairov², A. Sherov³,
S. Anapyanova⁴, Zh. Bazarbayeva⁵**

¹ NJSC «Kazakh National Agrarian Research University», Almaty, Republic of Kazakhstan,
gkabibolla@mail.ru*, yessenkul.kalybekova@kaznaru.edu.kz

²RSE on the REM «Kazhydromet», Sairov_s@meteo.kz

³National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural
Mechanization Engineers", Tashkent, Uzbekistan, a.sherov@tiiame.uz

⁴NJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan technical university», Ust-Kamenogorsk, Republic of
Kazakhstan, samala.79@mail.ru

⁵Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan,
almaty_2017_e@mail.ru

SPATIAL AND TEMPORAL CHARACTERISTICS OF THE QUALITY OF SURFACE WATER OF THE ERTIS RIVER WITHIN THE CITY OF UST-KAMENOGORSK

Abstract

This article provides an assessment of the quality of surface waters of the Irtis River within the city of Ust-Kamenogorsk based on hydrochemical indicators. The dynamics of the main hydrochemical indicators (ionic composition, mineralization, hardness, biogenic substances, BOD, COD) for 2024, covering all seasons, is presented. The spatial and temporal characteristics of the distribution of hydrochemical indicators of surface waters of the Irtis River within the city of Ust-Kamenogorsk are established, which were determined by the level of anthropogenic load at each specific research point.

As a result of the conducted studies to assess the quality of surface waters of the Irtysh River within the city of Ust-Kamenogorsk, it was established:

- by the value of the hydrogen index, slightly alkaline, low-mineralized, hydrocarbonate class, calcium group. The total salinity during high water is 113-211 mg/dm³, in summer and autumn it is 136-173 mg/dm³, in winter it is 148-156 mg/dm³. The water hardness ranges from 1.20 - 2.64 mg·eq/l, which makes it possible to classify the surface waters of the Yertis River as "soft";

- the concentration of biogenic substances, except for iron, corresponds to the standard indicators and does not exceed the maximum permissible values for water bodies for fishery purposes. In addition, the regulatory value of fisheries for iron (0.1 mg/ dm³) was slightly exceeded;

- the total content of heavy metals, in particular zinc and manganese, slightly exceeds the maximum values for fishery water bodies (0.01 mg/dm³).

Keywords: water quality, chemical composition of water, biogenic substances, main cations, main ions, mineralization, heavy metals, quality class.