

ФТОР В ВОДАХ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ КОК-АРТ СУЗАКСКОГО РАЙОНА

Г. М Ирисова¹, Б.М Дженбаев², Е.В Шабанова³, З.А.Джаманбаева¹

1 - Научно образовательный комплекс "Жалал-Абадский государственный университет им.Б.Осмонова"

2 - Институт биологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан

3 – Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН

Аннотация. В статье рассматривается содержание фтора в донных отложениях и воде реки Көк-Арт, расположенной в Сузакском районе Джалал-Абадской области Кыргызстана, а также в её притоках – реках Кара-Алма и Урұмбаш и в ряде населённых пунктов региона. Исследования проводились методом фотоколориметрии (в соответствии с ГОСТ 43-86-89) и методом атомно-эмиссионной спектрометрии.

Результаты исследования показали, что во всех экспериментальных участках реки Көк-Арт общее содержание фтора в донных отложениях относительно высокое, тогда как концентрация фтора в речной и питьевой воде весной находится в пределах нормы, а осенью – ниже установленного уровня. В связи с этим требуется принятие соответствующих мер в данном направлении.

Ключевые слова: микрэлемент; фтор; концентрация; отложение; организм; флюороз; кариес; спектрометрия; река; почва.

КӨК-АРТ ДАРЫЯСЫНЫН СУУСУНДА ЖАНА ТҮПКҮ ЧӨКМӨСҮНДӨ ФТОРДУН КАРМАЛУУСУ

Г. М Ирисова¹, Б.М Дженбаев², Е.В Шабанова³, З.А.Джаманбаева¹

1 – "Б.Осмонов атындағы Жалал-Абад мамлекеттік университетинин" илимий –окуу комплекси

2 – КР УИА нын Биология институту, Бишкек ш., Кыргызстан

3 – РИАнын СБ А.П. Виноградов атындағы Геохимия институту

Аннотация. Макалада Кыргызстандагы Жалал-Абад облыстынын Сузак районунун Көк-Арт дарыясынын жана Көк-Арт дарыясына күйган Кара-Алма, Урұмбаш дарыяларынын тұбұндөгү чөкмөлөрдөгү жана суудагы фтордун курамы иликтөөгө алынат. Изилдөөлөр фотоколориметрия ықмасы (ГОСТ 43-86-89 боюнча) жана атомдук эмиссиялык спектрометрия ықмасы менен аймактын бир катар калктуу аймактарында жүргүзүлгөн. Изилдөөнүн жыйынтығы көрсөткөндөй, Көк-Арт дарыясынын бардык эксперименталдык тилкелеринде дондук чөкмөлөрдөгү фтордун валдык курамы салыштырмалуу жогору экенин, ал эми дарыя сууларында жана ичүүчү сууда фтордун деңгээли жазғы мезгилде ченемдин чегинде ал эми куз айларында андан төмөн экениндиги аныкталды, ошол себептен бул багытта чара колдонуу зарыл.

Негизги сөздөр: микроэлемент; фтор; концентрация; чөкмө; организм; флюроз; кариес; спектрометрия; дарыя; топурак.

FLUORINE IN THE WATERS AND BOTTOM SEDIMENTS OF THE KOK-ART RIVER IN SUZAK DISTRICT

G.M.Irisova¹, B.M.Djenbaev², E.V.Shabanova,³ Z.A.Djamanbaeva¹

1 –Scientific and Educational Complex «Jalal-Abad State University named after B.Osmonov

2 - Institute of Biology NAS KR, Bishkek, Kyrgyzstan

3 – Institute of Geochemistry named after A.P.Vinogradov, SB of the RAS

Abstract. The article examines the fluorine content in the bottom sediments and water of the Kok-Art River, located in the Suzak District of Jalal-Abad Region, Kyrgyzstan, as well as in its tributaries – the Kara-Alma and Urumbash rivers. The studies were carried out using the photocalorimetric method (in accordance with GOST 43-86-89) and the atomic emission spectrometry method in a number of settlements within the region.

The research results showed that in all experimental sections of the Kok-Art River, the total fluorine content in the bottom sediments is relatively high, while the concentration of fluorine in river and drinking water in spring remains within the permissible limits, but in autumn falls below the standard level. Therefore, appropriate measures are required in this regard.

Key words: microelement; fluorine; concentration; sediment; organism; fluorosis; caries; spectrometry; river; soil.

АКТУАЛЬНОСТЬ

На современном этапе исследований, присутствие фторидов в источниках воды является одной из актуальных проблем биологии, химии и медицины. Фтор обладает высокой биологической активностью и представляет собой экологически значимый элемент [1, 2, 3, 6].

Известно, что организм человека из воды усваивает 95-97% содержащегося в ней фтора, а из пищи – 70-80%. Более 90% фтора попадает в кровоток и распространяется по всему организму. Из поступающего фтора 50-65% выводится из организма через естественные выделительные системы, остальное его количество фиксируется в костной ткани и очень небольшая доля – в зубах [2].

Во многих биохимических процессах фтор выступает ингибитором в обмене углеводов и жиров, блокируя ферменты цитохрома С, угнетает тканевое дыхание, снижая активность костной фосфотазы, нарушает процесс оссификации в костях [3].

Помимо зубов, при дефиците фтора страдают межреберные мышцы, возможна аномалия сосудов, потеря их эластичности, что, как известно, приводит к их расширению и застойным явлениям. Первые признаки дефицита фтора – это нестабильность позвонков в позвоночнике, наросшие косточки и утолщение суставов (так называемый деформирующий артрит), сосудистые звездочки на коже, фиброзные узлы [4].

Всемирной организацией здравоохранения установлены нормативы содержания фтора в питьевой воде – 0,7–1,2 мг/л, ПДК – 1,5 мг/л; недостаточное содержание – ниже 0,6 мг/л. ПДК фтора в питьевой воде в Кыргызстане составляет 1,5 мг/литр. Это значение соответствует нормам, установленным для стран СНГ. Оптимальное содержание фтора для

профилактики кариеса считается 1 мг/литр, но превышение ПДК может приводить к негативным последствиям для здоровья, в частности, к флюорозу [5, 21].

Нужно отметить исследования в США по фтору, согласно Yousefi et al. 2019 в 2016 году было проанализировано 88 проб питьевой воды с использованием спектрофотометрического метода. Риски для здоровья, связанные с воздействием фтора, оценивались с применением метода Агентства по охране окружающей среды США (EPA) и геоинформационной системы (GIS). Результаты показали, что концентрация фторидов в воде варьировала от 0,0 до 5,5 мг/л [8].

Известно, что фтор попадает в природные воды в результате химического выветривания фторсодержащих минералов (например, флюорита) [9].

Антропогенными источниками соединений фтора являются производство фторидов, алюминия, фосфорной кислоты и фосфорных удобрений. А также сжигание угля (частные дома, ТЭЦ) – при горении угля выделяются газообразные фториды и частицы пыли, содержащие фтор. Тепловая станция, работающая на буром угле в округе Котбуса (Bezirk Cottbus), выбрасывает 75 % фтора в виде фтороводородной кислоты. Содержание фтора в углях, на котором работает эта станция, от 6 до 50 мг/кг. Станция сжигает около 10000 т в час. В результате этого отмечается превышение допустимых уровней загрязнения воздуха фторид-ионами более чем в 2 раза. Для миграции фтора большое значение имеет плохая растворимость фторида кальция (около 2,1 мг/л). Это обстоятельство предопределяет возможность осаждения фтора на кальциевом барьере. Важная особенность фтора – склонность к образованию комплексных соединений. Многие комплексы устойчивы, не гидролизуются и слабо диссоциируют [10].

За последние годы в ряде регионов Кыргызстана наблюдается значительное увеличение распространённости кариеса зубов. При этом содержание фторидов в питьевой воде исследовано недостаточно, частично как вторичный микроэлемент изучен проф. Джебаевым Б.М., Ирисовой Г. М [6] и др. авторами: Р.А. Тыналиевой, Н.Б. Караевой, Г.С. Чолоковой, А.А. Калбаевым, Д.М. Тыналиевой [7] и др.

В современном мире особое внимание обращают значению так называемых критических элементов (микро и ультра микроэлементы). Изучение этих химических элементов представляет архиважный интерес в масштабах всей Центральной Азии в особенности, как с практической, так и с теоретической точки зрения. А в Кыргызстане недостаточно изучены биологически незаменимые микроэлементы, в том числе фтор. Из этой необходимости поставлена цель – изучение и установление концентрации фтора в питьевых водах Кок-Артской долины Сузакского района Жалал-Абадской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отбор проб проводился в Кыргызской Республике, Жалал-Абадской области, Сузакском районе, на реке Кок-Арт, Кара-Алма и Урумбаш. Сузакский район расположен на юге области, в восточной части Ферганской впадины в пределах речных долин рек Кара-Дарья, Кок-Арт, их притоков и прилегающего к ним горного обрамления. На северо-востоке район ограничен Ферганским хребтом. Долинная часть расположена между отрогами и адырами Ферганского хребта, представлена речными террасами, предгорными шлейфами на абсолютных отметках от 650 до 1600 м над уровнем моря. Высотные отметки в горах достигают 3892 м. Климатические условия района характеризуются значениями средних температур воздуха в январе $-4,4^{\circ}\text{C}$ в долинной части, -8°C в горной части. В июле средние

месячные температуры изменяются от +26,3°C в долине, до +23,2°C в горах. Минимумы температуры воздуха –30°C в долине, –35°C в горах; максимумы +41°C в долине, +23 °C в горах. Средняя годовая сумма осадков составляет от 456 мм в долинной части и до 1090 мм в горах. В теплый период в долинной части выпадает до 300 мм осадков и до 600 мм в горах. Суточный максимум осадков может достигать 70 мм в долинах рек, 90 мм в горах. Средняя высота снежного покрова в долинной части достигает 50 см, до 200 см в горах [11].

Река Кок-Арт – это наиболее крупная река юго-западного склона Ферганского хребта. По геологическому строению для бассейна реки Кок-Арт характерно полное отсутствие магматических горных пород и известняков. Верхняя часть водосбора, составляющая две трети всей его площади, сложена сланцами, а остальная треть – конгломератами, песчаниками, глинами, мергелями и. т. д. В отличие от бассейнов большей части других рек, рассматриваемый бассейн почти полностью (92% площади) покрыт мягким почвенным слоем и растительностью. В частности, в нем, главным образом, в правой половине растут, на площади около 270 км³ густые орехоплодовые леса и заросли кустарников на типичных лесных, буровозенных, высоко влагоёмких почвах. Около с. Гавриловка река Кугарт перегорожена вододелительной плотиной, от которой в летнее время вся вода из реки расходится по каналам [12].

Местом исследования были восемь поселений Сузакского района (Жалал-Абадская область, Кыргызстан), которые расположены в долине рек Кок-Арт, Калмак-Кырчын и Кара-Алма, Саты, Таран-базар, Гавриловка, Благовещенка, Достук, районного центра Сузак, город Жалал-Абад. Географические координаты точек отбора воды и донных отложений представлены на карте (рис.1)

Отбор проб воды и донных отложений осуществлялся в начале апреля и ноября. Для отбора пробы донных осадков из рек применяли метод точечных проб согласно ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84 [13,14]. Пробы отбирали на берегу каждой реки, выбирались 4-5 точек отбора воды и донных осадков.

Отбор проб воды выполнен в девяти поселениях весной из 16 точек (из реки, родника и водопровода) Калмак-Кырчын и Кара-Алма, Саты, Таран-Базар, Гавриловка, Благовещенка, Достук, районного центра Сузак и города Жалал-Абад в специальные высокой плотности полиэтиленовые фляконы объёмом 1 л. **Отбор проб воды** из реки проводился в полиэтиленовую посуду из различных точек, на глубине 20–30 см от поверхности воды. Для отбора проб использовался пластиковый пробоотборник, предварительно промытый дистиллированной водой. Фильтрация проб выполнялась через бумажный фильтр. Пробы водопроводной воды отбирались после открытия крана; сосуд с водой оставляли на некоторое время до установления постоянной температуры, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592–2000 [16]. Анализ водных проб проводился в течение трёх суток в химических лабораториях. Определение массовой концентрации фторида в воде проводилось по методу фотоколориметрии (по ГОСТ 43-86-89) и донные осадки атомно-эмиссионной спектрометрии [17].

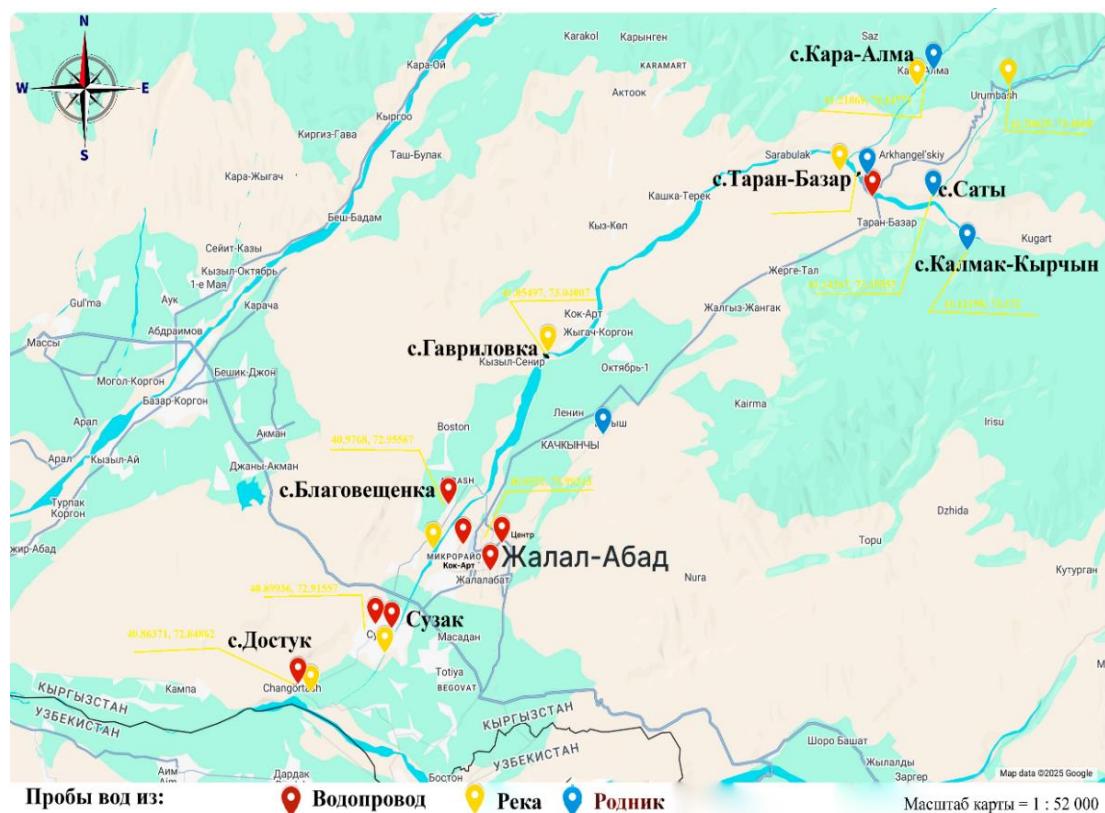


Рисунок 1 Места отбора проб воды и донных отложений

Результаты и обсуждение

По результатам исследований, проведённых в разные сезоны года, установлено, что концентрация фтора в донных отложениях р. Кок-Арт изменяется в зависимости от сезона (таблица 1).

Таблица-1 Содержание (мг/кг) фтора в донных отложениях реки Кок-Арт и река Кара-Алма (Сузакский район)

№	Места отбора донных отложений (наименование сел)	Фтор (С ± Δ) Весна 2024г	Фтор (С ± Δ) Осень 2024г.
1	Саты	730	800
2	Кара-Алма	690	350
3	Калмак-Кырчин	680	740
4	Гавриловка	570	680
5	Сузак районный центр	530	590
6	Село Таран-Базар	510	800
7	Село Достук	500	650
8	Село Благовещенка	490	400

Полученные данные о содержании фтора в донных отложениях на исследовательских участках р. Кок-Арт показали, что уровень повышен по отношению к почвенному покрову

в республике (10 мг/кг). Осенью наблюдалось слабое повышение уровня содержания фтора в верховьях реки: Саты – до 800 мг/кг, Калмак-Кырчын – 740 мг/кг, что на 20–30% выше по сравнению с нижними участками и среднем в осенний период слабо повышен по отношению с весной. Для сравнения: в илистых отложениях озёр (например, в Кокчетавских) содержание фтора может достигать до 3500 мг/кг [18]. Осенью 2024 года тенденция в целом сохранялась, при этом на отдельных участках зафиксировано дальнейшее увеличение концентрации фтора (таблица 2).

Таблица 2. Массовая концентрация фторид-иона (мг/дм³) в воде

№	место отбора (наименование сел)	Содержание фторидов весной (мг/дм ³)	Содержание фторидов осенью (мг/дм ³)
1	Калмак-Кырчын родник	1,05	0,39
2	Калмак-Кырчын река Кок-Арт	1,15	0,51
3	Таран-Базар река Кок-Арт	1,22	0,38
4	Таран-Базар Кок-Арт родник	1,21	0,48
5	Гавриловка платина река Кок-Арт	1,26	0,40
6	Саты родник	1,04	0,69
7	Саты река Урум-Баш	1,07	0,41
8	Кара-Алма родник	1,22	-
9	Кара-Алма река	0,19	0,43
10	Благовещенка в/к	0,89	0,40
11	Благовещенка река Кок-Арт	1,24	0,43
12	Сузак центр в/к.ул Дакан-Палван	0,99	-
13	Сузак центр в/к.ул Юблейная	-	0,40
14	Сузак центр в/к. ул Тиллабай Ажы	-	0,39
15	Сузак центр река Кок-Арт	1,25	0,48
16	Достук река Кок-Арт	1,26	0,49
17	г.Жалал-Абад микро район Кок_Арт ул Келечек №9	1,08	0,39
18	г. Жалал-Абад центр	0,99	0,44

По результатам исследований фтора в разных участках с верхней и средней зоны р. Кок-Арт Сузакского района до границы Узбекистана в течении двух сезонов (весна и осень), содержание фтора в реке Кок-Арт и в питьевых водах района показало пределы нормы (ГОСТ 4386-89), а в отдельных участках ниже принятых норм. Особенно нужно отметить, в роднике с. Калмак-Кырчын содержание фтора составило 1,05 мг/дм³, в реке Калмак-Кырчын 1,15 мг/дм³, особенно в с. Достук 1,26 мг/дм³, в с. Гавриловка 1,26 мг/дм³, в центре Сузак 1,25 мг/дм³. А в осенний период концентрация фторидов снижалась, максимальное количество фтора (0,39 мг/дм³) отмечено в роднике село Саты. В остальных

источниках концентрация составляла 0,51–0,49 мг/л, что имеет ниже оптимальных значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты исследований показали, что валовое содержание фтора в донных отложениях на всех экспериментальных участках реки Кок-Арт имеет сравнительно высокие значения по отношению к гигиеническому нормативу в почвах (10 мг/кг). Особенно повышенные концентрации фтора отмечены в илистых донных осадках верховьев реки: Саты — до 730 мг/кг, Кара-Алма — 690 мг/кг и Калмак-Кырчын — 680 мг/кг. Повышенное содержание наблюдалось также и на других участках в донных осадках, но это показатели по отношению почвы. Однако нужно отметить, что в илистых отложениях озер в Центральной Азии концентрация фтора более высокие и составляет тысячи мг/кг сухого вещества [18]. Осенью 2024 года уровень концентрации фтора в донных осадках показало сравнительно немного ниже по отношению весеннего периода, данная тенденция в целом сохранилась, а по отношению кларка (270 мг/кг) в среднем на 2 раза повышенено.

Анализ проб воды из реки Кок-Арт показал, что подземные и поверхностные воды Сузакского района Джалаал-Абадской области концентрация фтора в воде, в весенний период соответствует физиологическим потребностям населения (ГОСТ 4386-89), и установленным нормативами Всемирной организации здравоохранения (0,7–1,5 мг/л). В осенний период наблюдалось снижение концентрации фтора в среднем на 50%, что подтверждает влияние климатических условий. Таким образом, межсезонные различия статистически значимы.

Полученные данные в донных отложениях реки Кок-Арт и питьевых водах в изученном регионе по биоэлементу фтору показывают, что необходимо дальнейшее углубленное изучение и в других горных реках республики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Irisova Gulbaira, Dzhenbaev Bekmamat M., Jolueva Parishta T., Ernazarova Baktygul K., and Suiunbekova Aishakan. Seasonal Changes in Fluoride Content in Drinking Water in the Suzak Region in the Kyrgyz Republic. // Technological Horizons of Decarbonization Based on Environmental Innovations. – 2025. – С.299-303
2. Сидоренко С.В., Коваленко О.В. Роль Фтора и его соединений в жизнедеятельности человека <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstreams/472d0752-431b-49c3-9b2b-3278b7616adf/download>
3. Аничкина Н. В Исследования биогеохимии фтора в компонентах геосистем: научное обозрение / Н.В. Аничкина // Биологические науки. – 2016. – № 3. – С. 5–23.
4. Алейникова В.Н., Терентьева Д.А., Машинский А.А., Яркина Т.В. Фтор в питьевых водах горного Алтая // Горно-Алтайский государственный университет – высшее учебное заведение в Горно-Алтайске [Wikipedia](#)
5. Ирисова Г. М., Джебаев Б. М., Абдыкеева З.Т., Джаманбаева З.А. Фтор в воде и донных отложениях горных рек Кыргызстана (Кок-арт) // Проблемы геохимической экологии в условиях техногенеза биосфера // Материалы XIV Международной Биогеохимической школы- конференции, 2025. Томск. – С. 291-292.

6. Дженбаев Б.М., Ирисова Г.М., Джаманбаева З. А. Содержание фтора в реке Кок-Арт Сузакского района. //Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2022– № 4,. – С 69-70.
7. Тыналиева Р.А., Караева Н.Б., Чолокова Г.С., Калбаев А.А., Тыналиева Д.М. Концентрация фтора в питьевой воде КР. // Вестник КРСУ, 2023. –Т. 23. – № 9. – С.149-152.
8. Irisova Gulbaira, Dzhenbaev Bekmamat M., Jolueva Parishta T. Ernazarova Baktygul K., and Suiunbekova Aishakan. Season al Changes in Fluoride Content in Drinking Water in the Suzak Region in the Kyrgyz Republic. // Technological Horizons of Decarbonization Based on Environmental Innovations. – 2025. – С.299-303
9. Уильям Х. Шлезингер, Эмили М. Кляйн, Авнер Венгош. Глобальный биогеохимический цикл фтора // *Global Biogeochemical Cycles*, 2020. – Т. 34. – №12 <https://doi.org/10.1029/2020GB006722>
10. Аничкина Н.В. Исследования биогеохимии фтора в компонентах геосистем. // Научное обозрение. Биологические науки, 2016. – № 3. – С. 5-23.
11. Заттарбеков С. Местные проблемы. Джалаал-Абадская область. Сузакский район. // Курсовая работа. Кыргызско-Российский Славянский университет. Бишкек, 2021. <http://allbest.ru>
12. Ильин И.А. Водные ресурсы Ферганской долины. Среднеазиатский научно-исследовательский гидрометеорологический институт. Л., 1959. – С 130.
13. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М: Изд.-во стандартов, 1985. –14 с.
14. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: Изд-во стандартов, 2004. – 3 с.
15. Шелехова Т. С. Методы исследования донных отложений озер Карелии / Т. С. Шелехова, З. И. Слуковский, Н. Б. Лаврова. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2020. – С-111
16. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – М: Госстандарт России, 2001. – 36 С.
17. ГОСТ 4386-89. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации фторидов. – М: Изд-во стандартов, 2002. – 494-503 с.
18. Ирисова Г. М., Дженбаев Б. М., Абыкеева З.Т., Джаманбаева З.А.Фтор в воде и донных отложениях горных рек кыргызстана (Кок-арт) // проблемы геохимической экологии в условиях техногенеза биосфера. материалы XIV Международной Биогеохимической школы- конференции, 2025. Томск. С. 291-292.
19. Дженбаев Б. М., Мурсалиев А. М. Биогеохимия природных и техногенных экосистем Кыргызстана. – Бишкек, 2012. – 404 с