

ТЕХНОЛОГИИ КИМИЁВӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY

УДК: 556.3 (575.3)

DOI: 10.65599/ENG4873

ХУСУСИЯТҲОИ ГИДРОХИМИЯВИИ ОБҲОИ ЗЕРИЗАМИНИИ ТОҶИКИСТОНИ МАРКАЗӢ

Ф.И. Нажмудинова, А.С. Қодирӣ, И.М. Раҳимов

Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои рақамии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон,
ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола хусусиятҳои гидрохимиявии обҳои зеризаминии минтақаи таҳқиқшаванда баррасӣ шудаанд. Барои муайян намудани таркиби химиявии об параметрҳои физикӣ ва химиявӣ, аз ҷумла pH, нокилияти электрикӣ (ЕС), консентратсияи катионҳои асосӣ (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) ва анионҳои асосӣ (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-) таҳлил гардиданд. Натиҷаҳо нишон доданд, ки обҳои зеризаминӣ асосан ба навъи гидрохимиявии Са–Мg– HCO_3 мансуб мебошанд. Консентратсияи нитрат ва сульфат бо меъёрҳои Созмони Ҷаҳонии Тандурустӣ (WHO) муқоиса карда шуд. Аксари намунаҳо барои истифода ҳамчун оби нӯшокӣ мувофиқ мебошанд. Манбаи асосии минерализатсияи обҳо ҳалшавии чинсҳои карбонатӣ арзёбӣ гардид. Таркиби гидрохимиявии обҳо таъсири равандҳои обӣ санг ва ҳалшавии минералҳои карбонатиро инъикос менамояд. Консентратсияи ионҳои асосӣ дар нуктаҳои гуногуни интиҳоб фарқ карда, таъсири шароити геологӣ ва гидрогеологӣ минтақаи таҳқиқотро нишон медиҳад. Натиҷаҳои бадастомада барои арзёбии сифати обҳои зеризаминӣ ва муайян намудани имконияти истифодаи онҳо барои таъмини оби нӯшокӣ ва дигар мақсадҳои обтаъминкунӣ аҳамияти муҳим доранд. Онҳо метавонанд барои таҳияи тавсияҳо оид ба истифодаи оқилона, ҳифз ва идоракунии захираҳои обҳои зеризаминӣ дар минтақа истифода шаванд.

Калидвожаҳо: обҳои зеризаминӣ, гидрохимия, гидрокарбонат, нитрат, сульфат, оби нӯшокӣ, Тоҷикистон.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОГО ТАДЖИКИСТАНА

Ф.И. Нажмудинова, А.С. Кодирӣ, И.М. Раҳимов

Центр инновационного развития науки и цифровых технологий Национальной академии наук
Таджикистана, г. Душанбе, Республика Таджикистан

В статье рассмотрены гидрохимические особенности подземных вод исследуемого района. Для оценки химического состава воды были проанализированы физико-химические показатели, включая pH, электропроводность (ЕС), концентрации основных катионов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) и анионов (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-). Полученные результаты показали, что подземные воды преимущественно относятся к гидрохимическому типу Са–Мg– HCO_3 . Концентрации нитратов и сульфатов были сопоставлены с нормативами Всемирной организации здравоохранения (WHO). Большинство исследованных проб соответствует требованиям к питьевой воде. Основным фактором формирования химического состава подземных вод является растворение карбонатных пород. Гидрохимический состав вод отражает влияние процессов взаимодействия воды с горными породами и растворения карбонатных минералов. Концентрации основных ионов различаются в разных пунктах отбора проб, что указывает на влияние геологических и гидрогеологических условий исследуемой территории. Полученные результаты имеют важное значение для оценки качества подземных вод и определения возможности их использования для питьевого водоснабжения и других целей водопользования. Они могут быть использованы для разработки рекомендаций по рациональному использованию, охране и управлению ресурсами подземных вод в регионе.

Ключевые слова: подземные воды, гидрохимия, гидрокарбонат, нитрат, сульфат, питьевая вода, Таджикистан.

HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER IN CENTRAL TAJIKISTAN

F.I. Nazhmudinova, A.S. Qodiri, I.M. Rakhimov

Center for innovative development of science and digital technologies National academy of sciences of Tajikistan,
Dushanbe, Republic of Tajikistan

This study investigates the hydrochemical characteristics of groundwater in the study area. Physical and chemical parameters including pH, electrical conductivity (EC), major cations (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , and Mg^{2+}), and major anions (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , and NO_3^-) were analyzed to evaluate groundwater quality. The results indicate that the groundwater is predominantly of the Са–Мg– HCO_3 hydrochemical type. Nitrate and sulfate concentrations were compared with the World Health Organization (WHO) drinking water guidelines. Most groundwater samples were found to be suitable for drinking purposes. Dissolution of carbonate minerals was identified as the main process controlling groundwater chemistry. The hydrochemical composition of the waters reflects the influence of water-rock interaction processes and the dissolution of carbonate minerals. The concentrations of major ions vary among different sampling points, indicating the influence of geological and hydrogeological conditions in the study area. The obtained results are important for assessing groundwater quality and determining the possibility of using groundwater for drinking water supply and other water-use purposes. They can be used to develop recommendations for the

rational use, protection, and management of groundwater resources in the region.

Keywords: groundwater; hydrochemistry; bicarbonate, nitrate, sulfate, drinking water; Tajikistan.

Сарсухан (Introduction)

Таркиби химиявии обҳои зеризаминӣ дар шароити зиедшавии таъсири омилҳои табиӣ ва антропогенӣ яке аз масъалаҳои калидии амнияти экологии на танҳо Тоҷикистон, балки минтақаи Осиёи Марказӣ ба шумор меравад. Дар бисёр ноҳияҳои Тоҷикистон ифлосшавии обҳои зеризаминӣ бо моддаҳои ҳалшаванда бактерияҳо мушоҳида мешавад, ки саломатии аҳоли ва устувории экосистемаҳоро зери хатар мегузорад [4-5].

Минтақаи тадқиқот дар қисми марказии Тоҷикистон ҷойгир буда, барои омӯзиши хусусиятҳои гидрохимиявии обҳои зеризаминӣ аз нуқтаҳои гуногуни минтақа намунаҳо ҷамъоварӣ карда шуданд. Ҷойгиршавии нуқтаҳои намунагирӣ бо истифода аз харитаи моҳвораӣ ва шабакаи координатӣ муайян карда шуд. Нуқтаҳои намунагирӣ дар қисматҳои гуногуни минтақа, аз ҷумла водиро, доманакӯҳҳо ва маҳалҳои аҳолинишин интихоб гардиданд, то тағйирёбии фазои таркиби химиявии обҳои зеризаминӣ пурра инъикос карда шавад.

Тақсимои нисбатан якнавохти нуқтаҳо имкон медиҳад, ки хусусиятҳои гидрохимиявии минтақа бо дараҷаи баланди эътимод арзёбӣ гардида, омилҳои табиӣ ва антропогенӣ таъсиррасон ба сифати об муайян карда шаванд [6-7].

Ҷойгиршавии нуқтаҳои намунагирӣ бо истифода аз координатаҳои ҷуғрофӣ (GPS) муайян гардида, дар харитаи тадқиқотӣ нишон дода шудааст. Намунагирӣ бо мақсади омӯзиши хусусиятҳои гидрохимиявӣ ва баҳодиҳии сифати обҳои зеризаминӣ барои мақсадҳои нӯшокӣ гузаронида шуд. Ҳамаи нуқтаҳои интихобшуда манбаъҳои фаъоли обҳои зеризаминӣ буда, минтақаҳои гуногуни гидрогеологиро фаро мегиранд. Мо тадқиқотҳоро солҳои 2023-2025 ба таври корҳои сахроӣ ва санҷидани обҳо дар озмоишгоҳ анҷом додем. Давраҳои сурх обҳои зеризаминӣ ва давраҳои кабуд обҳои дарёҳо мебошад. Харитаи ҷойгиршавии нуқтаҳои намунагирӣ дар расми 1 оварда шудааст.

Обҳои зеризаминӣ яке аз манбаъҳои муҳими таъминоти оби нӯшокӣ ва хоҷагии халқ ба ҳисоб мераванд. Дар минтақаҳои кӯҳӣ ва нимхушки Тоҷикистон аҳамияти обҳои зеризаминӣ махсусан калон буда, онҳо барои нӯшокӣ, обёрӣ ва эҳтиёҷоти истеҳсолӣ васеъ истифода мешаванд. Аз ин рӯ, омӯзиши таркиби гидрохимиявӣ ва арзёбии сифати обҳои зеризаминӣ аҳамияти муҳими илмӣ ва амалӣ дорад [1, 8].

Методология (Methodology)

Таркиби химиявии обҳои зеризаминӣ вобаста ба сохтори геологӣ, таъсири ҷинсҳои кӯҳӣ, шароити гидрогеологӣ ва фаъолияти инсон ташаккул меёбад. Омӯзиши катионҳо ва анионҳои асосӣ имконият медиҳад, ки хусусиятҳои гидрохимиявии об муайян карда шуда, дараҷаи мувофиқати он барои истифодаи нӯшокӣ ва дигар мақсадҳо арзёбӣ гардад [9-11].

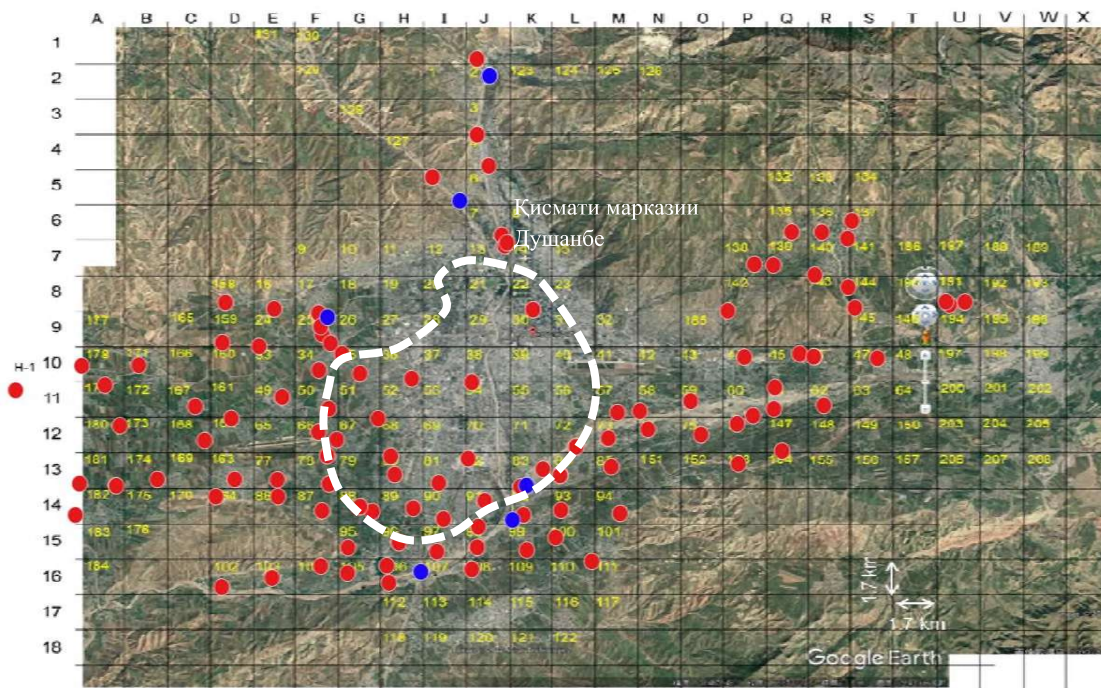
Мақсади тадқиқоти мазкур омӯзиши хусусиятҳои гидрохимиявӣ ва арзёбии сифати обҳои зеризаминии Тоҷикистони Марказӣ мебошад.

Барои таҳқиқот аз 15 нуқтаи обгирӣ намунаҳо ҷамъоварӣ гардида, нишондиҳандаҳои физикӣ ва химиявии об, аз ҷумла pH, EC, Eh, катионҳо ва анионҳои асосӣ таҳлил карда шуданд. Натиҷаҳо нишон доданд, ки муҳити обҳо асосан нейтралӣ ва каме ишқорӣ буда, қимати pH дар ҳудуди 7.0–7.6 тағйир меёбад. Ионҳои асосии об калсий (Ca^{2+}) ва гидрокарбонат (HCO_3^-) мебошанд, ки ташаккули навъи гидрохимиявии Ca-HCO_3 -ро нишон медиҳанд. Дар баъзе нуқтаҳо миқдори нитрат ва сульфат баланд мушоҳида гардид, ки эҳтимолан ба таъсири фаъолияти антропогенӣ вобаста мебошад. Натиҷаҳои тадқиқот нишон медиҳанд, ки таркиби химиявии обҳои зеризаминӣ асосан зери таъсири ҳалшавии ҷинсҳои карбонатӣ ташаккул ёфтааст.

Барои муайян намудани таркиби химиявии об таҳлили катионҳо ва анионҳои асосӣ гузаронида шуд. Консентратсияи Na^+ , K^+ , Mg^{2+} ва Ca^{2+} , инчунин Cl^- , NO_3^- ва SO_4^{2-} бо усулҳои лабораторӣ муайян карда шуданд. Миқдори гидрокарбонат (HCO_3^-) аз рӯи натиҷаҳои alkalinity ҳисоб карда шуд.

Саҳтии об бо формулаи зерин ҳисоб карда шуд:

$$\text{Дурушти} = (\text{Ca} \times 2.5) + (\text{Mg} \times 4.1)$$



Расми 1 – Харитаи ҷойгиришави нуқтаҳои намунагирии обҳои зеризаминӣ дар минтақаи тадқиқот
Figure 1 – Map showing the locations of groundwater sampling points in the study area

Ҳамчунин миқдори гази карбонати озод аз рӯи консентратсияи HCO_3^- муайян карда шуд.

Натиҷаҳои таҳлил нишон доданд, ки қимати pH дар намунаҳои об аз 7.0 то 7.6 тағйир ёфта, муҳити обҳоро ҳамчун нейтралӣ ва каме ишқорӣ тавсиф менамояд. Ин нишон медиҳад, ки обҳои зеризаминӣ асосан барои истифодаи нӯшоқӣ мувофиқ мебошанд.

Таркиби катионҳо- Натиҷаҳои таҳлил нишон доданд, ки калсий (Ca^{2+}) дар аксари намунаҳо иони бартаридошта мебошад. Консентратсияи калсий аз 39.8 то 114.6 mg/L тағйир ёфт. Миқдори нисбатан баланди калсий ба ҳалшавии ҷинсҳои карбонатӣ вобаста мебошад.

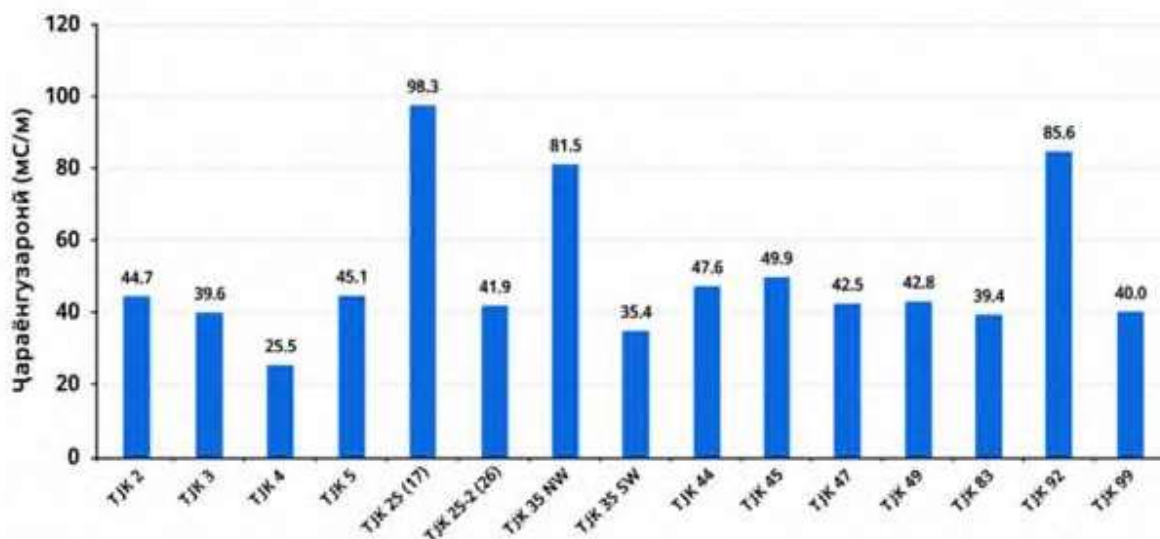
Дар табиат калсий ба таври ҳолис дида намешавад, аммо як қисми маҷмуи пайвастагиҳо мебошад. Масалан, дар таркиби гач, флюорит ё оҳаксанг ба таври баръало дида мешавад. Асосан калсий хангоми аз силикатҳои ҷинсҳои гуногун ва ҷинсҳои таҳшиншуда, инчунин бо партовҳои корхонаҳои саноатӣ ва кишоварзӣ шуста шуданаш ба обҳо дохил мешавад. Миқдори зиёди калсий дар об яке аз нишонаҳои дуруштии об ба ҳисоб меравад. Сарфи назар аз манфиатҳои он ва ҳатто эҳтиёҷ ба кори бадани мо, ҳурдани об бо калсий таъми онро бадтар мекунад ва метавонад боиси мушкилоти саломатӣ гардад [2].

Аз расми 2 дида мешавад, ки қимати ҷараёнгузаронӣ (EC) дар намунаҳо аз 25.5 то 98.3 mS/m тағйир ёфт. Қимати баландтари EC дар нуқтаҳои TJK 25 ва TJK 92 мушоҳида гардид, ки ба зиёд будани минерализатсия ва миқдори ионҳои ҳалшуда вобаста мебошад.

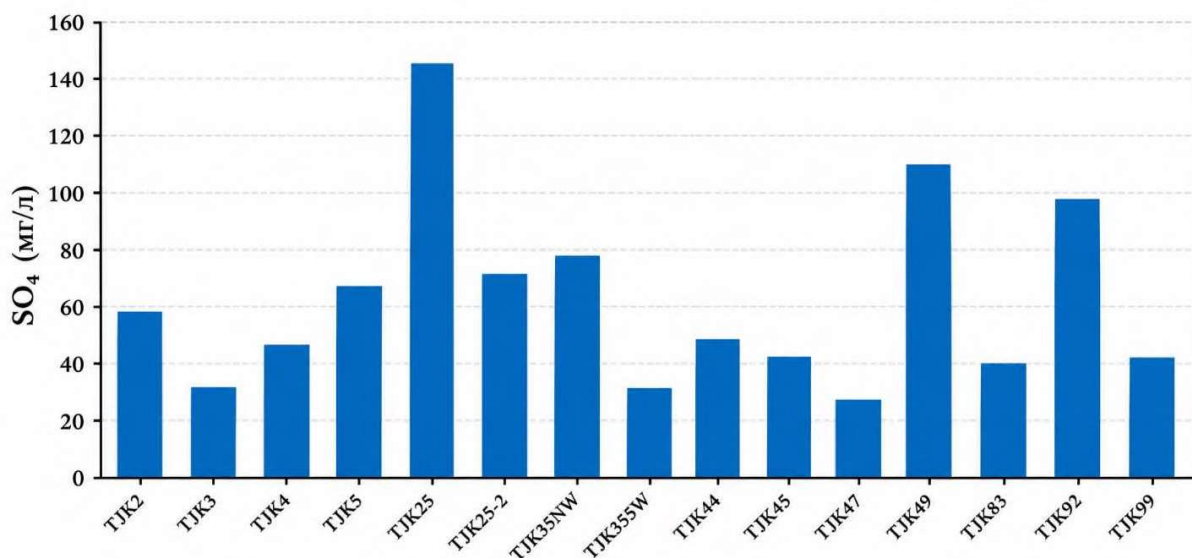
Қиматҳои Eh дар ҳудуди 347–517 mV ҷойгир буда, дар аксари намунаҳо шароити оксидшавӣ мушоҳида гардид.

Миқдори магний (Mg^{2+}) аз 9.1 то 50.8 mg/L ва натрий (Na^+) аз 7.9 то 121.8 mg/L тағйир ёфт. Дар баъзе нуқтаҳо миқдори натрий нисбатан баланд мушоҳида гардид, ки метавонад ба таъсири равандҳои геохимиявӣ вобаста бошад.

Таркиби анионҳо- Дар байни анионҳо гидрокарбонат (HCO_3^-) бартарӣ дошта, консентратсияи он аз 213 то 555 mg/L тағйир ёфт. Ин нишон медиҳад, ки обҳои зеризаминӣ асосан ба навъи гидрохимиявии Ca– HCO_3 мансуб мебошанд.



Расми 2 – Тағйирёбии чараёнгузаронӣ об дар ҳамаи нуқтаҳои минтақа
 Figure 2 – Variation in water electroconductivity at all points in the region

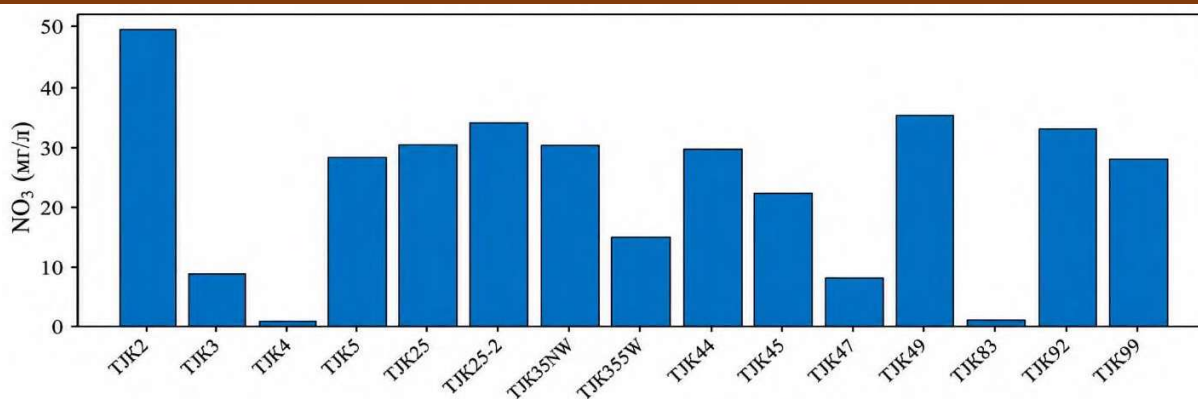


Расми 3 – Тағйирёбии консентратсияи сулфати об дар нуқтаҳои минтақа
 Figure 3 – Variation in water sulfate concentration at points within the area

Консентратсияи сулфат (SO_4^{2-}) аз 27.0 то 147.3 mg/L ва хлорид (Cl^-) аз 6.8 то 24.2 mg/L тағйир ёфт. Гарчанде дар баъзе нуқтаҳо миқдори сулфат баланд мушоҳида гардид, вале он аз меъёрҳои иҷозатшавандаи оби нӯшокӣ зиёд нест. Ҳамаи намунаҳо аз меъёри тавсияшудаи Созмони ҷаҳонӣ тандурустӣ (WHO) [15] барои оби нӯшокӣ (250 mg/L) паस्त мебошанд ва барои истифодаи нӯшокӣ мувофиқанд. Тағйирёбии консентратсияи сулфат дар расми 3 нишон дода шудааст.

Нитрат ва арзёбии сифати об- Консентратсияи нитрат (NO_3^-) дар намунаҳо аз 0.6 то 49.9 mg/L тағйир ёфт. Қимати баландтарин дар нуқтаи TJK 2 мушоҳида гардид. Гарчанде миқдори нитрат аз ҳадди иҷозатшавандаи Созмони ҷаҳонӣ тандурустӣ зиёд нест, вале дар баъзе нуқтаҳо ба меъёри ниҳой наздик мебошад.

Баландшавии нитрат метавонад ба фаъолияти антропогенӣ, аз ҷумла истифодаи нуриҳои минералӣ ва таъсири обҳои маишӣ вобаста бошад (расми 4).

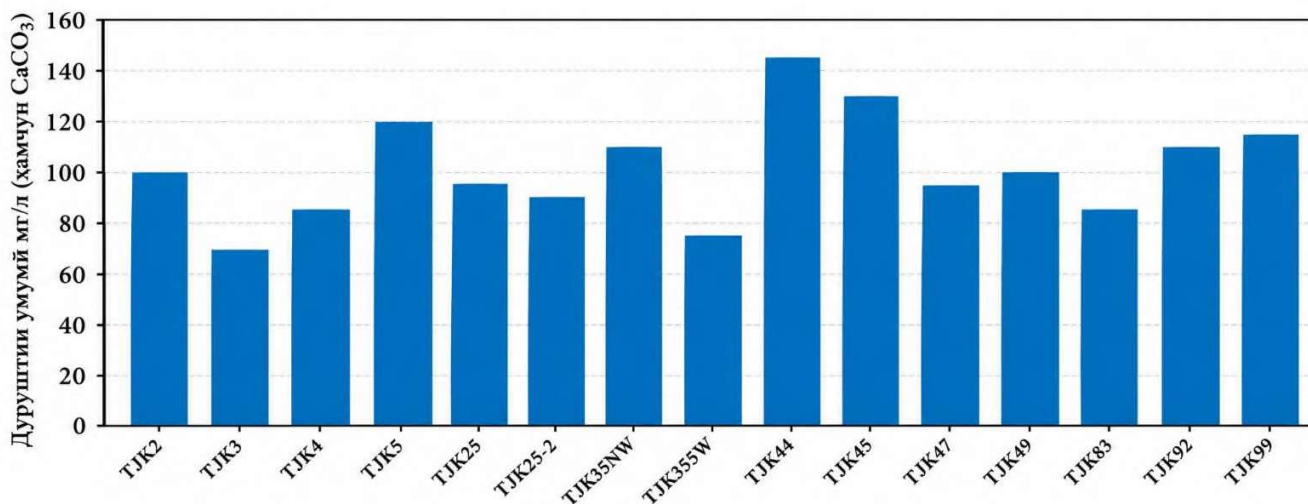


Расми 4 – Тағйирёбии консентратсияи нитрат дар намунаҳо
Figure 4 – Change in nitrate concentration in the samples

Натиҷаҳо (Results)

Натиҷаҳои таҳлили дуруштии об ва ишқорӣ (alkalinity) нишон доданд, ки дараҷаи он аз 176 то 420 mg/L бо дарназардошти CaCO_3 тағйир ёфт. Дуруштии нисбатан баланд аз ғилзати зиёди калсий ва магний вобаста мебошад [14].

Миқдори баланди гидрокарбонат инчунин нишон медиҳад, ки ишқорнокии обҳо нисбатан баланд буда, қобилияти буферии онҳо хуб мебошад (расми 5).

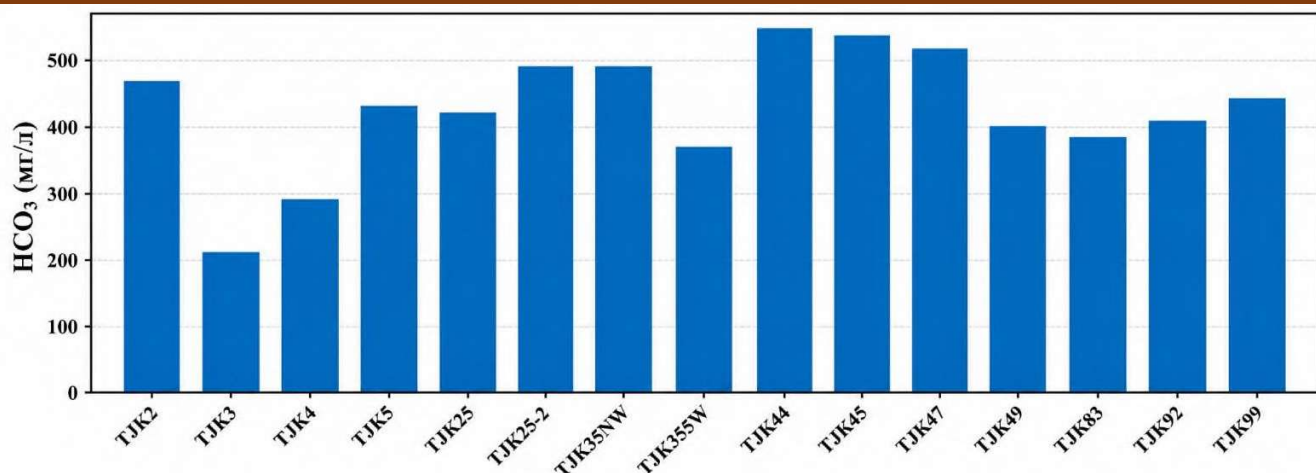


Расми 5 – Консентратсияи дуруштии об дар намунаҳо
Figure 5 – Water hardness concentration in the samples

Дар асоси натиҷаҳои бадастомада обҳои зеризаминӣ асосан ба навъи гидрохимиявии Ca-HCO_3 мансуб мебошанд. Ин ҳолат нишон медиҳад, ки таркиби химиявии обҳо асосан зери таъсири ҳалшавии чинсҳои карбонатӣ ташаккул ёфтааст.

Сахтии умумии об аз 176 то 420 mg/L ҳамчун CaCO_3 тағйир меёбад [12-13]. Қимати баландтарин дар нуқтаи ТЖК 44 ва пасттарин дар нуқтаи ТЖК 3 мушоҳида гардид. Сахтии баланд бо зиёд будани консентратсияи калсий ва магний алоқаманд мебошад. Аксари намунаҳо ба гурӯҳи обҳои саҳт ва хеле саҳт дохил мешаванд. Аксари намунаҳо ба гурӯҳи обҳои саҳт ва хеле саҳт дохил мешаванд, ки ба консентратсияи баланди Ca^{2+} ва Mg^{2+} вобаста аст.

Муносибати мусбат байни ЕС ва HCO_3^- инчунин нишон медиҳад, ки баландшавии минерализатсия бештар бо зиёдшавии гидрокарбонат алоқаманд мебошад (расми 6).



Расми 6 – Концентрация гидрокарбонат дар намунаҳо
Figure 6 – Bicarbonate concentration in the samples

Аз расми 6 дида мешавад, ки концентрацияи гидрокарбонат (HCO_3^-) дар намунаҳои оби зеризаминӣ аз 213 то 555 mg/L тағйир меёбад. Қимати баландтарин дар нуқтаи ТЖК 44 (555 mg/L) ва пасттарин дар нуқтаи ТЖК 3 (213 mg/L) мушоҳида гардид. Бартарии гидрокарбонат нишон медиҳад, ки таркиби химиявии об асосан таҳти таъсири ҳалшавии минералҳои карбонатӣ қарор дорад.

Дар байни катионҳо калсий (Ca^{2+}) ва магний (Mg^{2+}) мавқеи асосиро ишғол намуда, концентрацияи онҳо мутаносибан аз 39.8–114.6 mg/L ва 9.1–50.8 mg/L мебошад. Концентрацияи натрий (Na^+) дар баъзе нуқтаҳо то 121.8 mg/L мерасад, дар ҳоле ки калий (K^+) дар ҳамаи намунаҳо миқдори нисбатан паст дорад.

Дар байни анионҳо гидрокарбонат (HCO_3^-) иони бартаридошта буда, концентрацияи он аз 213 то 555 mg/L тағйир меёбад. Концентрацияи сулфат (SO_4^{2-}) аз 27.0 то 147.3 mg/L ва нитрат (NO_3^-) аз 0.6 то 49.9 mg/L мебошад. Миқдори хлорид (Cl^-) дар ҳамаи намунаҳо нисбатан паст буда, аз 6.8 то 24.2 mg/L тағйир меёбад.

Натиҷаҳои бадастомада нишон медиҳанд, ки обҳои зеризаминии минтақа асосан ба навъи гидрохимиявии Ca-Mg-HCO_3 тааллуқ доранд. Афзалияти гидрокарбонат, калсий ва магний ба таъсири ҳалшавии чинсҳои карбонатӣ дар минтақа вобаста мебошад.

Дар асоси таҳлили қадвали 1 қиматҳои миёнаи хосиятҳои физикӣ-химиявии намунаҳои обҳои зеризаминӣ минтақа дар ҳудуди иҷозави меҳобанд. Натиҷаҳои таҳлили физикӣ-химиявии намунаҳои обҳои зеризаминии минтақаи тадқиқотро нишон медиҳад. (ниг. ба қадвали 1) Арзишҳои pH аз 7.0 то 7.6 тағйир ёфта, муҳити обҳоро ҳамчун нейтралӣ ва каме ишқорӣ тавсиф менамоянд. Нишондиҳандаи ноқилияти электрикӣ (EC) аз 25.5 то 98.3 mS/m тағйир ёфта, аз дараҷаи минерализатсияи обҳо шаҳодат медиҳад.

Қадвали 1 – Нишондиҳандаҳои миёнаи хосиятҳои физикӣ-химиявии намунаҳои обҳои зеризаминии минтақаи тадқиқот
Table 1 – Average values of physicochemical properties of groundwater samples from the study area

Параметр	Ҳади ақал	Максимум	Миёна
pH	7.0	7.6	420
EC (mS/m)	25.5	98.3	~50
HCO ₃ ⁻ (мг/л)	213	555	~427
NO ₃ ⁻ (мг/л)	0.6	49.9	~23
SO ₄ ²⁻ (мг/л)	27.0	147.3	~63
Дурушти (мг/л ҳамчун CaCO ₃)	176	420 420	~300

Хулоса (Conclusion)

Тадқиқоти гузаронидашуда нишон дод, ки обҳои зеризаминии Тоҷикистонӣ Марказӣ асосан муҳити нейтралӣ ва каме ишқорӣ доранд. Дар таркиби гидрохимиявии онҳо ионҳои калсий ва гидрокарбонат бартарӣ дошта, аксари намунаҳо ба навъи Ca-HCO_3 мансуб мебошанд.

Таркиби химиявии обҳо асосан зери таъсири ҳалшавии чинсҳои карбонатӣ ташаккул ёфтааст. Дар баъзе нуктаҳо баландшавии нитрат ва сулфат мушоҳида гардид, вале концентратсияи онҳо аз меъёрҳои иҷозатшавандаи оби нӯшокӣ зиёд нест.

Натиҷаҳои тадқиқот нишон медиҳанд, ки аксари обҳои зеризаминӣ барои истифодаи нӯшокӣ ва ҳоҷагӣ мувофиқ мебошанд. Ҳамаи намунаҳо аз рӯи концентратсияи меъёрҳои тавсияшуда қарор доранд.

Муқарриз: Абдуллоҳова Т.Н. - н.и.т., котиби илмӣ Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои рақамии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.

Адабиёт

1. Кодиров, А.С. Внедрение бассейнового принципа управления водными ресурсами на речных системах для рационального водопользования / А.С. Кодиров // Известия вузов. – 2015. – № 2. – С. 27–31.
2. Қодиров, А.С. Ташаккули таркиби химиявии обҳои зеризаминӣ ва технологияи безараргардонӣ тавассути коагулянтҳо / А.С. Қодиров, У.О. Толибзода, Ф.И. Нажмудинова, Ф.И. Шаймуродов, И.М. Раҳимов // Паёми политехникӣ. – 2025. – № 4 (72). – С. 66–73.
3. Короновский, Н.В. Основы геологии [Электронный ресурс] / Н.В. Короновский, А.Ф. Якушова. – Режим доступа: <https://geo.web.ru/>. – Дата обращения: 23.07.2026.
4. Крат, В.Н. Минеральные лечебные, термальные и промышленные подземные воды Таджикистана: монография / В.Н. Крат. – Душанбе: Дониш, 1985. – 144 с.
5. Максимович, Г.А. Химическая география вод суши: монография / Г.А. Максимович. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 329 с.
6. Особенности формирования химического состава подземных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://escjournal.spbu.ru/>. – Дата обращения: 23.07.2026.
7. Разыков, Б.Х. Экономическая оценка и промышленное использование минеральных вод Таджикистана: монография / Б.Х. Разыков. – Душанбе: Дониш, 2007. – 88 с.
8. Состав подземных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/>. – Дата обращения: 23.07.2026.
9. Физические свойства и химический состав подземных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/>. – Дата обращения: 23.07.2026.
10. Химический состав подземных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ros-pipe.ru/>. – Дата обращения: 23.07.2026.
11. Appelo, C.A.J. Geochemistry, Groundwater and Pollution / C.A.J. Appelo, D. Postma. – 2nd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2005. – 649 p.
12. Freeze, R.A. Groundwater / R.A. Freeze, J.A. Cherry. – Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1979. – 604 p.
13. Hem, J.D. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. – 3rd ed. – Washington, D.C.: U.S. Geological Survey, 1985. – 263 p.
14. Todd, D.K. Groundwater Hydrology / D.K. Todd, L.W. Mays. – 3rd ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2005. – 636 p.
15. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. – Geneva: World Health Organization, 2022. – 541 p.

References

1. Kodirov, A.S. Implementation of the Basin Principle of Water Resources Management in River Systems for Rational Water Use / A.S. Kodirov // Proceedings of Higher Educational Institutions. – 2015. – No. 2. – P. 27–31.
2. Qodirov, A.S. Formation of the Chemical Composition of Groundwater and Disinfection Technology Using Coagulants / A.S. Qodirov, U.O. Tolibzoda, F.I. Najmudinova, F.I. Shaymurodov, I.M. Rahimov // Polytechnic Bulletin. – 2025. – No. 4 (72). – P. 66–73.
3. Koronovskiy, N.V. Fundamentals of Geology [Electronic resource] / N.V. Koronovskiy, A.F. Yakushova. – Available at: <https://geo.web.ru/>. – Accessed: 23.07.2026.
4. Krat, V.N. Mineral Medicinal, Thermal and Industrial Groundwater of Tajikistan: Monograph / V.N. Krat. – Dushanbe: Donish, 1985. – 144 p.
5. Maksimovich, G.A. Chemical Geography of Inland Waters: Monograph / G.A. Maksimovich. – Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1955. – 329 p.
6. Features of the Formation of the Chemical Composition of Groundwater [Electronic resource]. – Available at: <https://escjournal.spbu.ru/>. – Accessed: 23.07.2026.
7. Razykov, B.Kh. Economic Assessment and Industrial Use of Mineral Waters of Tajikistan: Monograph / B.Kh. Razykov. – Dushanbe: Donish, 2007. – 88 p.
8. Groundwater Composition [Electronic resource]. – Available at: <https://studfile.net/>. – Accessed: 23.07.2026.

9. Physical Properties and Chemical Composition of Groundwater [Electronic resource]. – Available at: <https://studfile.net/>. – Accessed: 23.07.2026.
10. Chemical Composition of Groundwater [Electronic resource]. – Available at: <https://ros-pipe.ru/>. – Accessed: 23.07.2026.
11. Appelo, C.A.J. Geochemistry, Groundwater and Pollution / C.A.J. Appelo, D. Postma. – 2nd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2005. – 649 p.
12. Freeze, R.A. Groundwater / R.A. Freeze, J.A. Cherry. – Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1979. – 604 p.
13. Hem, J.D. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. – 3rd ed. – Washington, D.C.: U.S. Geological Survey, 1985. – 263 p.
14. Todd, D.K. Groundwater Hydrology / D.K. Todd, L.W. Mays. – 3rd ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2005. – 636 p.
15. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. – Geneva: World Health Organization, 2022. – 541 p.

Маълумот оид ба муаллифон:

Нажмудинова Фарзона Исматуллоевна, ходими калони илмии Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои рақамии АМИТ. E-mail: ismatullozoda.fn@gmail.com

Қодирий Анвар Саид, доктори илмҳои техникӣ, Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои рақамии АМИТ. E-mail: as.kodirov@gmail.com

Раҳимов Илҳомиддин Мирзоевич, номзоди илмҳои техникӣ, Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои рақамии АМИТ. E-mail: rahimzod74@mail.ru

Сведения об авторах:

Нажмудинова Фарзона Исматуллоевна, старший научный сотрудник Центра инновационного развития науки и цифровых технологий НАНТ. E-mail: ismatullozoda.fn@gmail.com

Қодири Анвар Саид, доктор технических наук, Центр инновационного развития науки и цифровых технологий НАНТ. E-mail: as.kodirov@gmail.com

Раҳимов Илҳомиддин Мирзоевич, кандидат технических наук, Центр инновационного развития науки и цифровых технологий НАНТ. E-mail: rahimzod74@mail.ru

Information about the authors:

Nazhmudinova Farzona Ismatulloevna, Senior Researcher, Center for Innovative Science and Digital Technologies, NAST. E-mail: ismatullozoda.fn@gmail.com

Qodiri Anvar Said, Doctor of Technical Sciences, Center for Innovative Science and Digital Technologies, NAST. E-mail: as.kodirov@gmail.com

Rakhimov Ilkhomiddin Mirzoevich, Candidate of Technical Sciences, Center for Innovative Science and Digital Technologies, NAST. E-mail: rahimzod74@mail.ru