

Республика Казахстан, 110000 г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: +77078474298 e-mail: jayziskif@gmail.com.

Yskak Aliya – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of biology, ecology and chemistry, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: +77479666571 e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Nurpeissov Adil Aidarovich* – Master of Technical Sciences, Researcher of the Laboratory of Molecular Genetic Research of the Research Institute of Applied Biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: 87475191036, e-mail: nurpeissov.aa@ksu.edu.kz.

Kazbekova Karina Azamatovna – Master of Pedagogical Sciences, “7M01503-Chemistry” educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: +77074088064 e-mail: karina09081999@gmail.com.

Irzhanov Zhasulan Bulatovich – PhD student, Department of biology, ecology and chemistry, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: +77078474298 e-mail: jayziskif@gmail.com.

XFTAP 68.41.31

ӨОЖ 504.064:631.95

<https://doi.org/10.52269/KGTD2531309>

СУ ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ ТҮПТІК ШӨГІНДІЛЕРІНІҢ СИЛИКАТТЫ-АЛЮМИНАТТЫ НЕГІЗГІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚОҢЫРЖАЙ КЛИМАТТАҒЫ АГРОЭКОЛОГИЯЛЫҚ МАҢЫЗЫ

Сохарев Е.Ю. – медицина ғылымдарының кандидаты, Қостанай облысы әкімдігі денсаулық сақтау басқармасының «Қостанай Облыстық патологиялық-анатомиялық бюросы» КМК директоры, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Ысқақ А. – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қолданбалы биотехнологиялық ғылыми-зерттеу институтының директоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Науырзбаев Ж.К.* – физика магистрі, ҚБ ҒЗИ физика-химиялық және технологиялық зерттеулер зертханасының қызметкері, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Дәулеткелді Г.М. – «6B01511-Химия-Биология» БББ бағдарламасының 4 курс студенті, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы

Ұсынылған мақалада Қостанай облысы аумағында орналасқан Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларының жағалау аймақтарындағы түптік шөгінділерді зерттеу нәтижелері қарастырылған. Қыс мезгілінде теріс температура жағдайында мұз жамылғысының астынан түптік шөгінділер мен судан сынама алу әдістері сынақтан өткізілді, бұл алынған деректердің дәлдігін қамтамасыз етуге мүмкіндік берді. Шөгінділердің құрылымын қалыптастыратын негізгі химиялық компоненттер кремний мен алюминий оксидтері екені анықталды. Бұл деректер қоңыржай климаттық белдеудегі тұщы су экожүйелеріне арналған бұрын жүргізілген зерттеулердің нәтижелерін растайды.

Нәтижелер БҰҰ ЕЭК-тің трансшекаралық және халықаралық көлдерді мониторингтеу мен бағалау жөніндегі Басшылық қағидаттарының ұсынымдарына толық сәйкес келеді. Алынған деректер түптік жүйелердің сапасын бағалау кезінде анықтамалық база ретінде, сондай-ақ уыттылықты бағалау мен рентген-флуоресцентті спектроскопияны қолдана отырып, қатты фазалық компоненттердің жедел экспресс-талдауын қамтитын экологиялық мониторингтің әдістемелік тәсілдерін әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Қосымша ретінде, өңірдің аграрлық бағытын ескере отырып, зерттелген түптік шөгінділер органо-минералдық тыңайтқыштың әлеуетті көзі ретінде қызығушылық тудырады. Олардың құрамы мен құрылымы бұл шөгінділерді топырақтың құнарлылығын арттыру, бүлінген жерлерді рекультивациялау және агроценоздардағы қоректік элементтер тапшылығын толықтыру мақсатында қауіпсіз қайталама қолдану мүмкіндігін қарастыруға негіз болады.

Түйінді сөздер: кремнийдің мөлшері, алюминийдің мөлшері, түптік шөгінділер, рентгенфлуоресценттік спектрлік талдау, су қоймасы.

СИЛИКАТНО-АЛЮМИНАТНАЯ ОСНОВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОГО КЛИМАТА

Сохарев Е.Ю. – кандидат медицинских наук, директор, КГП «Костанайское областное патологоанатомическое бюро» управления здравоохранения акимата Костанайской области, г. Костанай, Республика Казахстан.

Ысқақ А. – кандидат сельскохозяйственных наук, директор научно-исследовательского института прикладной биотехнологии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Науырзбаев Ж.К.* – магистр физики, Научный сотрудник лаборатории физико-химических и технологических исследований НИИ ПБ, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Дәулеткелді Г.М. – студент 4 курса ОП «6B01511-Химия-Биология», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай Республика Казахстан.

В представленной статье рассмотрены результаты исследований донных отложений прибрежных зон Верхнетобольского и Каратомарского водохранилищ, расположенных на территории Костанайской области. В зимний период были апробированы методы отбора проб донных осадков и вод из-под ледового покрова при отрицательных температурах, что позволило обеспечить точность полученных данных. Установлено, что основными химическими компонентами, формирующими структуру донных отложений, являются оксиды кремния и алюминия. Эти данные подтверждают выводы ранее проведенных исследований, посвященных пресноводным экосистемам умеренного климатического пояса.

Результаты полностью соответствуют рекомендациям Руководящих принципов ЕЭК ООН по мониторингу и оценке трансграничных и международных озер. Полученные данные могут быть использованы как справочная база при оценке качества донных систем, а также для разработки методических подходов к проведению экологического мониторинга, включая оценку токсичности и экспресс-анализ твёрдофазных компонентов с применением рентгенофлуоресцентной спектроскопии.

Дополнительно, учитывая аграрный профиль региона, исследованные донные отложения представляют интерес как потенциальный источник органоминерального удобрения. Их состав и структура позволяют рассматривать возможность безопасного вторичного применения для повышения плодородия почв, рекультивации нарушенных земель и восполнения дефицита питательных элементов в агроценозах.

Ключевые слова: содержание кремния, содержание алюминия, донные отложения, рентген-флуоресцентный спектральный анализ, водохранилище.

SILICATE-ALUMINATE SUBSTRATE OF RESERVOIR BOTTOM SEDIMENTS AND THEIR AGROECOLOGICAL SIGNIFICANCE IN TEMPERATE CLIMATE CONDITIONS

Sokharev Ye. Yu. – Candidate of Medical Sciences, Director of the MSE «Kostanay regional anatomico-pathological bureau» of the Health Department of the Kostanay region akimat, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Yskak A. – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Applied Biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Nauyrzbayev Zh.K.* – Master of Physics, Researcher of the Laboratory of Physico-Chemical and Technological Research of the Research Institute of Applied Biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Dauletgeldi G.M. – 4th year student, "6B01511-Chemistry-Biology" educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

The article discusses the results of studies on the bottom sediments of the coastal zones of the Verkhnetobol and Karatomar reservoirs located in the Kostanay region. During the winter period, methods for sampling bottom sediments and water from beneath the ice cover at subzero temperatures were tested, which ensured the accuracy of the data obtained. The study revealed the main chemical components forming the structure of the bottom sediments are silicon and aluminum oxides. These findings confirm the conclusions of previous studies devoted to freshwater ecosystems of the temperate climate zone.

The results fully comply with the recommendations of the UNECE Guidelines on Monitoring and Assessment of Transboundary and International Lakes. The obtained data can be used as a reference base in the assessment of the quality of bottom systems, as well as for the development of methodological approaches for environmental monitoring, including toxicity assessment and express analysis of solid-phase components using X-ray fluorescence spectroscopy.

Additionally, considering the agricultural profile of the region, the studied bottom sediments are of interest as a potential source of organo-mineral fertilizer. Their composition and structure allow for the consideration of safe secondary use for improving soil fertility, reclamation of disturbed lands, and replenishment of nutrient deficiencies in farming ecosystem.

Key words: *silicon content, aluminum content, bottom sediments, X-ray fluorescence spectral analysis, reservoir.*

Кіріспе. Құрғақ климат және шектеулі су ресурстары жағдайында Солтүстік Қазақстандағы су қоймалары өңірдің аграрлық сектордың тұрақтылығын қамтамасыз етуде аса маңызды рөл атқарады. Қостанай облысының ауыл шаруашылығы қажеттіліктерін қамтамасыз ететін ірі жасанды су айдындары – Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймалары болып табылады.

Денисов ауданында орналасқан Жоғарғы Тобыл су қоймасы 1977 жылы пайдалануға берілді және ауыл шаруашылығы жерлерін суару мен техникалық сумен қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Су қоймасының негізгі морфометриялық сипаттамалары: ұзындығы – шамамен 40 км, ені – 7,5 км-ге дейін, айна бетінің ауданы – 87,4 км², жалпы көлемі – 0,8166 км³, орташа тереңдігі – 6,3 м. Су қоймасы Котюбок өзенінен қоректеніп, ағысы Тобыл өзені арқылы жүзеге асырылады. Бұл су қоймасы суармалы жерлердің ауқымды аумағында су режимін тұрақтандыруға және құрғақшылық жылдары ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін сақтауға мүмкіндік береді.

Қостанай облысы Бейімбет Майлин ауданында орналасқан Қаратомар су қоймасы 1966 жылы пайдалануға берілген және өңірдің агроөнеркәсіптік кешені үшін сумен жабдықтаудың негізгі көзі болып табылады. Су қоймасының ұзындығы – 72 км, ені – 4 км-ге дейін, айна бетінің ауданы – 93,7 км², жалпы көлемі – 0,791 км³, ең үлкен тереңдігі – 19,8 м. Су қоймасы Аят өзені арқылы толығып, Тобыл өзені арқылы ағып өтеді. Көлемі мен су ресурстарының қорының арқасында Қаратомар су қоймасы ауыл шаруашылығы алқаптарын тұрақты суаруды қамтамасыз етіп, агроөнеркәсіптік өнімділігі мен экономикалық тұрақтылығына тікелей ықпал етеді.

Осылайша, Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймалары Қостанай облысының ауыл шаруашылығын дамытуға қажетті сумен жабдықтауды қамтамасыз ететін, агроөнеркәсіптік кәсіпорындардың тұрақты жұмысын қолдайтын әрі өңірдің азық-түлік қауіпсіздігіне елеулі ықпал ететін стратегиялық маңызы бар нысандар болып табылады.

Ауыл шаруашылығы мақсатында пайдаланылатын топырақтар мен су экожүйелеріндегі алюминий мен кремнийдің құрамын бақылау аса маңызды, себебі бұл элементтер агроэкожүйелердің күйіне, өнімділігіне және өнім сапасына тікелей әсер етеді.

Алюминий жоғары концентрацияда көптеген мәдени өсімдіктер үшін айқын уытты әсерге ие. Қышқыл топырақтарда алюминийдің жылжымалы формалары (Al³⁺) тамыр жүйесіне қолжетімді болып, су-минералдық алмасудың бұзылуына, тамыр өсуінің тежелуіне, тұқымның өнгіштігі мен өнімділіктің төмендеуіне алып келеді. Алюминийдің уыттылығы фосфор, кальций және магний тапшылығын туындатуы мүмкін, сондай-ақ топырақтың микробиологиялық белсенділігін төмендетеді. Бұл мәселе әсіресе қышқыл немесе қышқылдануға бейім топырақтары бар өңірлер үшін ерекше өзекті.

Кремний, керісінше, өсімдіктер үшін қорғаныс және бейімделу қызметін атқаратын элемент болып табылады. Ол өсімдіктер үшін міндетті элементтер қатарына жатпаса да, жасуша қабырғаларын нығайтуға ықпал етеді, өсімдіктердің абиотикалық (құрғақшылық, тұздану, ауыр металдардың уыттылығы) және биотикалық (аурулар, зиянкестер) стресс факторларына төзімділігін арттырады, сондай-ақ өнім сапасы мен көлемін жақсартады. Өсімдіктерге кремнийдің жеткілікті түсуі алюминийдің уытты формаларының жағымсыз әсерін төмендетуге мүмкіндік береді.

Топырақтағы, судағы және түптік шөгінділердегі алюминий мен кремний құрамын тұрақты бақылау мен талдау қолайсыз процестерді уақтылы анықтауға, ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру жағдайларын оңтайландыру және өңірдің азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында әк себу, силикатты тыңайтқыштарды және өзге де агротехникалық шараларды қолдану бойынша ұсынымдар әзірлеуге мүмкіндік береді.

Кремний ауыл шаруашылығы дақылдарының қуаңшылыққа, тұзды стресске, ауыр металдардың уыттылығына, патогендер мен зиянкестерге төзімділігін арттырудағы аса маңызды элементтердің бірі ретінде танылады. Қазіргі агротехникалық тәжірибе мен табиғи ресурстардың антропогендік сарқылуы, әсіресе қарқынды пайдаланылатын агроэкожүйелерде, топырақтағы биоэкожүйелік кремний формаларының тапшылығына әкелетіні атап көрсетіледі. Топырақтағы кремний айналымын тиімді басқару (тыңайтқыштар енгізу және топырақтың биологиялық белсенділігін сақтау арқылы) – климаттың өзгеруі мен минералдық ресурстардың азаюы жағдайында тұрақты егіншілікті қамтамасыз етудің негізгі стратегияларының бірі ретінде қарастырылады [1, 26.], [3, 4246.].

Бірқатар ғылыми шолуларда кремний маңызды (эссенциалды) элемент болып табылмаса да, оның өсімдіктердің биотикалық және абиотикалық стрессерге – соның ішінде құрғақшылыққа, жоғары тұздануға, ауыр металдардың (Al, Mn, Cd және т.б.) уыттылығына, зиянкестер мен аурулардың әсеріне төзімділігін айтарлықтай арттыратыны көрсетіледі [4, 76.], [6, 86.]. Кремнийлі тыңайтқыштарды қолдану кейбір дақылдарда өнімділікті 20–45%-ға дейін арттырады, жапырақ құрылымын жақсартады,

фотосинтез қарқындылығын күшейтеді, жапырақ бетінен судың булануын азайтады және макро- мен микроэлементтердің (N, P, K, Mg, Ca, Fe, Mn) сіңуін жақсартады [6, 9 б.], [7, 10 б.].

Кремний патогендер мен зиянкестерге қарсы механикалық және биохимиялық кедергілердің қалыптасуына ықпал етеді, қорғаныштық қосылыстардың түзілуін ынталандырады, өсімдіктердің жүйелі қорғаныс реакцияларын белсендіреді. Бұл пестицидтер мен басқа да химиялық қорғану құралдарын қолдануды айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді [4, 76.], [5, 203 б.].

Кремний мен алюминийдің өзара әрекеттесуіне ерекше назар аударылады, себебі қышқыл топырақтарда алюминий айқын фитоуыттылық танытып, тамырдың өсуін тежейді, тұқымның өнгіштігін және өнімділікті төмендетеді. Кремнийді енгізу топырақтағы және өсімдіктердегі алюминийдің уытты формаларының байланысуына, ерімейтін кешендердің түзілуіне ықпал етеді және оның жерүсті мүшелерге тасымалдануын шектейді, нәтижесінде уытты әсерін азайтады [8, 67176.], [11, 3526].

Кремнийлі тыңайтқыштарды (әртүрлі формаларда: калий, кальций, алюмосиликаттар және т.б.) енгізу су тапшылығы, тұздану және алюминийдің уыттылығы жағдайларында астық тұқымдас және бұршақ тұқымдас дақылдарда, қант құрағында, малазықтық шөптерде тиімділігін дәлелдеді [11, 3536.], [13, 5466.]. Заманауи шолуларда қарқынды агрожүйелердегі кремний тапшылығы минералдық қоректенуді түзетуді және кремнийдің табиғи тепе-теңдігін қалпына келтіру мақсатында өсімдік қалдықтарын топыраққа қайтару қажеттілігін көрсетеді [1, 3 б.], [2, 5 б.].

Ауыл шаруашылығының кремнийді қолдануға бағытталған трансформациясы фосфор мен азот тыңайтқыштарын қолдануды азайту арқылы антропогендік жүктемені төмендетіп қана қоймай, агроэкожүйелердің климаттың өзгеруіне және топырақ деградациясына төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді [1, 26.], [2, 66.].

Қазіргі жағдайда өңірдің экологиялық және азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету тікелей су ресурстарының сапасы мен су қоймаларының жағдайына байланысты, өйткені олар сумен жабдықтау және аграрлық секторда шешуші рөл атқарады. Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймалары Қостанай облысы үшін стратегиялық маңызы бар нысандар болып табылады және өңірдегі су қоймаларының жалпы көлемінің 95%-ына дейінгі суды жинақтайды. Бұл су көздері ауыл шаруашылығы алқаптарын суаруға, техникалық мақсаттарға және балық шаруашылығына кеңінен пайдаланылады. Осыған байланысты түптік шөгінділердің сапасы агроэкожүйелердің өнімділігіне, суару суының сапасына, өнім тұрақтылығына және азық-түлік қауіпсіздігіне тікелей әсер етеді.

Түптік шөгінділер ластаушы заттардың жиналуын және химиялық қосылыстардың трансформациясын көрсететін индикатор ғана емес, сонымен қатар қоректік және уытты компоненттердің айналымында маңызды рөл атқарады, су сапасына және ауыл шаруашылығы өнімдеріне ұзақ мерзімді әсер етеді. Егіншілікті қарқынды жүргізу, климаттың өзгеруі және антропогендік әсер жағдайында түптік шөгінділердің физика-химиялық сипаттамаларын кешенді бағалау – тұрақты табиғат пайдалануға көшу, екінші реттік ластанудың алдын алу және ауыл шаруашылығы алқаптарының өнімділігін сақтау саласында шешім қабылдаудың маңызды құралына айналуға.

Мақсат, міндеттер. Зерттеу мақсаты: Қостанай облысындағы Жоғарғы Тобыл мен Қаратомар су қоймаларының түптік шөгінділерінің құрамына кешенді баға беру, олардың экологиялық жағдайын және ауыл шаруашылығында пайдаланудың әлеуетін анықтау.

Зерттеу міндеттері: 1) Түптік шөгінділер мен судан үлгілер жинап, олардың физика-химиялық сипаттамаларын, негізгі компоненттерін және ауыр металдар мен уытты заттардың ықпалын бағалау. 2) Заманауи талдау әдістерін (соның ішінде рентген-флуоресценттік спектроскопияны) сынақтан өткізіп, жедел мониторинг пен экспресс-талдау жүргізудің әдістемелік негіздерін әзірлеу. 3) Алынған нәтижелерді экологиялық қауіп-қатерлерді айқындауда, су қоймаларының жағдайын бағалауда және түптік шөгінділерді аграрлық мақсатта (органо-минералдық тыңайтқыш, жерді рекультивациялау) пайдалану мүмкіндігін негіздеуде қолдану.

Материалдар мен әдістер. Түптік шөгінділердің сынамаларын іріктеу ластануды кешенді бақылау және стратегиялық ауыл шаруашылығы маңызы бар су қоймаларында химиялық макроэлементтердің таралуын зерттеу мақсатында жүзеге асырылды. Іріктеу бағдарламасы ұлттық және халықаралық стандарттардың талаптарына сәйкес әзірленді (ГОСТ 17.1.5.01-80, ГОСТ Р 59024-2020, ГОСТ 31861-2012, ПНД Ф 12.1.2:2.2.3:3.2-03, РД 52.24.609-2013), гидрологияның ерекшеліктері мен ластаушы заттардың жинақталуы ықтимал аймақтары – салалардың сағалары, ағынды сулар түсетін жерлер, сондай-ақ тұрақты динамикалық тепе-теңдік сақталған учаскелер ескерілді. Сынамаларды іріктеу үшін әртүрлі құрылымдағы түптік шөгінді жинағыштар (дночерпательдер) мен өзек түріндегі сынама алғыштар пайдаланылды, бұл шөгінділердің беткі қабатын да, вертикальды қабаттарын да алуға мүмкіндік берді. Репрезентативтілікті қамтамасыз ету және учаскелер арасындағы айырмашылықтарды кеңістіктік талдауға мүмкіндік беру мақсатында нүктелік сынамаларды таңдауға ерекше назар аударылды. Сынамалар химиялық тұрғыдан инертті, герметикалық жабылатын полиэтилен немесе шыны ыдыстарға салынып, сақтау және консервілеу шарттары нормативтік талаптарға сай жүргізілді, бұл материалдың физика-химиялық қасиеттерінің зертханалық талдауға дейін өзгеруін болдырмауға мүмкіндік береді.

ГОСТ 17.1.5.01-80 стандартына сәйкес, түптік шөгінділер – табиғи және техногендік физика-химиялық процестер нәтижесінде су қоймасының түбіне шөккен қатты бөлшектер болып табылады және су мен минералдық фазалардың шекарасында орналасқан ерекше объект болып саналады. Олардың химиялық құрамын талдаудың бірыңғай жүйесі жоқ, сондықтан көбіне топырақты, суды және Ғрунтты бақылауға арналған әдістер қолданылады, бұл ретте элементтердің жалпы (валдық) формаларын анықтауға ерекше назар аударылады. Зерттеулердің тиімділігін арттыру мақсатында заманауи экспресс-әдістер енгізілуде, атап айтқанда рентгенфлуоресцентті спектрлік талдау (РФСА), ол Shimadzu EDX 7000P немесе Olympus VANTA C сияқты жабдықтардың көмегімен элементтердің кең спектрін жылдам әрі дәл анықтауға мүмкіндік береді. Аспаптарды калибрлеу стандартты үлгілер бойынша жүргізіледі, бұл нәтижелердің дұрыстығын және олардың қолданыстағы нормативтерге (СТ РК 2.273-2013, ГОСТ 33850-2016 және т.б.) сәйкестігін қамтамасыз етеді. Түптік шөгінділердің құрамын бақылау үшін, сондай-ақ, ҚР Ауыл шаруашылығы министрлігінің салалық бұйрықтарымен бекітілген агрохимиялық зерттеу әдістері де қолданылуы мүмкін.

Өлшеу нәтижелерін өңдеу және статистикалық талдау барысында ғылыми ұсынымдармен қатар, нормативтік талаптар да ескерілді. Кездейсоқ вариацияларды бағалау қалыпты немесе логарифмдік қалыпты үлестірім заңына сәйкес жүргізілді. Статистикалық өңдеу үшін «Деректерді талдау» қондырмасы бар Microsoft Excel бағдарламасының стандартты пакеті (2024 нұсқасы) пайдаланылды [14, 2596].

Нәтижелер мен талқылау. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларының түптік шөгінділеріндегі негізгі химиялық элементтердің құрамының жалпы (валдық) формалары анықталды, бұл 1 және 2-кестелерде көрсетілген. Екі су қоймасының түптік шөгінді сынамаларында басым компоненттер ретінде кремний (SiO_2) және алюминий (Al_2O_3) оксидтері тіркелді. Аталған оксидтердің орташа мөлшерлері олардың әртүрлі іріктеу нүктелері бойынша таралуының ұқсастығын көрсетеді.

1 кесте – Жоғарғы Тобыл су қоймасындағы түптік шөгінді үлгілеріндегі негізгі химиялық компоненттердің құрамы

Керсеткіш (г/кг)	Сынама нөмірі және іріктеу нүктелері								Орташа мәні	ОКА	ВК, %
	1	2	3	4	5	6	7	8			
SiO_2	651,99	596,30	744,35	801,27	896,36	921,99	548,45	824,95	748,21	128,99	17,2
Al_2O_3	114,90	145,65	114,44	85,52	59,91	34,57	107,32	74,96	92,16	33,17	36,0

Жоғарғы Тобыл су қоймаларының түптік шөгінділеріне жүргізілген химиялық талдау нәтижелерін қарайтын болсақ, алюминий оксидінің мөлшері көбірек екенін байқайға болады. Ал Қаратомар су қоймасы бойынша мәліметтер төменде кестеде көрсетілген.

2 кесте – Қаратомар су қоймасындағы түптік шөгінді үлгілеріндегі негізгі химиялық компоненттердің құрамы

Керсеткіш (г/кг)	Сынама нөмірі және іріктеу нүктелері									Орташа мәні	ОКА	ВК, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
SiO_2	740,4	805,7	984,7	906,6	884,1	836,5	814,0	1 009,5	754,7	859,6	94,63	11,00
Al_2O_3	94,93	77,4	34,6	51,5	58,1	49,2	57,2	15,3	66,4	56,11	23,10	41,18

Жоғарғы Тобыл су қоймасының түптік шөгінділерінде кремнеземнің (SiO_2) орташа мөлшері 748,21 г/кг болса, Қаратомар су қоймасында бұл көрсеткіш едәуір жоғары – 859,6 г/кг. Сонымен қатар, Қаратомар су қоймасындағы SiO_2 құрамы біркелкілігімен ерекшеленеді (вариация коэффициенті – 11,0 %), бұл оның кеңістікте тұрақты таралуын білдіреді. Ал алюминий тотығының (Al_2O_3) мөлшері Жоғарғы Тобылда орта есеппен 92,16 г/кг болса, Қаратомарда – 56,1 г/кг, бірақ соңғысында бұл көрсеткіштің өзгергіштігі жоғары (вариация коэффициенті – 41,18 %), бұл минералдық құрамның мозаикалық сипатын көрсетеді.

Агрохимиялық тұрғыдан қарастырғанда, Қаратомар су қоймасының шөгінділері кремнеземге бай және алюминий мөлшері төмен болғандықтан, олар ерігіш кремнийдің көзі ретінде құнды. Бұл элемент өсімдіктердің абиотикалық күйзелістерге төзімділігін арттырып, сабақтың беріктігін жақсартыды, фотосинтез процесін белсендіреді және жалпы өнімділікті ұлғайтады. Әсіресе, бұл әсер дәнді дақылдарда (бидай, күріш) айқын көрінеді.

Ал Жоғарғы Тобыл шөгінділеріндегі алюминий тотығының жоғары болуы олардың қышқыл топырақтарда қолданылуын шектейді. Себебі, мұндай жағдайда Al^{3+} иондарының фитоуыттылығы артуы

мүмкін. Алайда, алюмосиликаттардың болуы бұл материалдарды топырақ қышқылдығын реттеуге бағытталған буферлік компонент ретінде қолдануға мүмкіндік береді (мысалы, доломит ұнымен бірге).

Осылайша, шөгінділерді ауыл шаруашылығында бірнеше бағытта тиімді қолдануға болады, мысалы, Қаратомар су қоймасының шөгінділері SiO_2 мөлшерінің жоғары және Al_2O_3 мөлшерінің төмен болуына байланысты, силикатты тыңайтқыш ретінде қолдануға болады. Бұл әдіс әсіресе суармалы жерлер мен бейтарап-шымтезекті топырақтарда тиімді. Сонымен қатар, осы шөгінділерді ауыр құрылымды қара топырақтарды жеңілдетуге, сондай-ақ жылыжайлық немесе көшет шаруашылығында топырақ қоспаларына енгізуге қолайлы.

Жоғарғы Тобылдың шөгінділері құрамында 9 %-ға дейін Al_2O_3 болғандықтан, олар қышқыл топырақтарды бейтараптандыруда карбонаттармен бірге қолданылуы мүмкін. Алайда, бұған дейін қозғалмалы алюминий мөлшерін CaCl_2 0,01 М ерітіндісімен анықтау қажет.

Қорытынды. Солтүстік Қазақстандағы Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларының жағалау аймақтарындағы түптік шөгінділерді зерттеу барысында олардың құрамындағы негізгі химиялық компоненттер анықталды. Қыс мезгілінде мұз жамылғысының астынан түптік шөгінділер мен су сынамаларын іріктеу әдістері сынақтан өткізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша түптік шөгінділердің негізгі құрамдас бөліктері ретінде кремний мен алюминий оксидтері басым екені белгілі болды. Алынған мәліметтер су қоймаларының түптік шөгінділерін сипаттайтын анықтамалық ақпарат көзі ретінде ғана емес, сонымен қатар олардың сапалық және токсикологиялық жағдайын бағалау, экспресс рентген-флуоресценттік талдау әдістемесін жетілдіру және болашақ зерттеулерге ғылыми негіз дайындау тұрғысынан да маңызды.

Қаржыландыру бойынша ақпарат. Зерттеу жұмыстары 2023 жылы Ахмет Байтұрсынұлы атындағы ҚӨУ-де 2023-2025 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша гранттық қаржыландыру аясында BR21881993 «Солтүстік Қазақстанның су ресурстарын жедел мониторингілеу және гидротехникалық инженерлік құрылыстарын экологиялық бақылау жүйесін құру» тақырыбындағы жобасы негізінде жүзеге асырылды.

ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Barão L. Editorial: Silicon cycling in agricultural soils under current anthropogenic influences [Text] / L. Barão, F. de Tombeur, J. Schoelynck // *Frontiers in Environmental Science*. – 2023. – Vol. 11. – № 1333256. – P. 1-3. DOI: 10.3389/fenvs.2023.1333256.
2. Schaller J. The transformation of agriculture towards a silicon improved sustainable and resilient crop production [Text] / J. Schaller, H. Webber, F. Ewert, M. Stein, D. Puppe // *npj Sustainable Agriculture*. – 2024. – Vol. 2. – № 27. – P. 1-9. DOI: 10.1038/s44264-024-00035-z.
3. Raven J. A. Cycling silicon – the role of accumulation in plants [Text] / J. A. Raven // *New Phytologist*. – 2003. – Vol. 158. – № 3. – P. 419-430. – DOI: 10.1046/j.1469-8137.2003.00778.x.
4. Verma K.K. Unlocking the role of silicon against biotic stress in plants [Text] / K.K. Verma, X.-P. Song, Q. Liang, H.-R. Huang, et al. // *Frontiers in Plant Science*. – 2024. – Vol. 15. – № 1430804. – P. 1-12. – DOI: 10.3389/fpls.2024.1430804.
5. YAVAŞ I. The Role of Silicon under Biotic and Abiotic Stress Conditions [Text] / I. YAVAŞ, A. ÜNAY // *Turk J Agric Res*. – 2017. – Vol. 4. – № 2. – P. 204–209. – DOI: 10.19159/tutad.300023.
6. REA R.S. Growth, Nutrient Accumulation, and Drought Tolerance in Crop Plants with Silicon Application: A Review [Text] / R.S. REA, M.R. ISLAM, M.M. RAHMAN, B. NATH, K. MIX // *Sustainability*. – 2022. – Vol. 14. – № 4525. – P. 1-16. – DOI: 10.3390/su14084525.
7. Mamasolieva M. Role of silicon and silicon fertilizers in the world: a review of papers from the Scopus database published in English for the period of 2012–2022 [Text] / M. Mamasolieva, L. Gafurova, I. Hudonazarov, M. Juliev // *Soil Science Annual*. – 2024. – Vol. 75 (1) – № 186456. – P. 1-12. – DOI: 10.37501/soilsa/186456.
8. Hodson M.J. Aluminium–silicon interactions in higher plants: an update [Text] / M.J. Hodson, D.E. Evans // *Journal of Experimental Botany*. – 2020. – Vol. 71. № 21. – P. 6719-6729. – DOI: 10.1093/jxb/eraa024.
9. Zsoldos F. Influence of silicon on aluminium toxicity in common and durum wheats [Text] / F. Zsoldos, Á. Vashegyi, A. Pécsváradi, L. Bona // *Agronomie*. – 2003. – Vol. 23. № 4. – P. 349-354. – DOI: 10.1051/agro:2003008.
10. Sousa Junior G. da S. Silicon attenuates aluminum toxicity in sugarcane plants by modifying growth, roots morphoanatomy, photosynthetic pigments, and gas exchange parameters [Text] / G. da S. Sousa Junior, A. Calero Hurtado, R. de C. Alves et al. // *Scientific Reports*. – 2024. – Vol. 14. – № 4717. – P. 1-16. – DOI: 10.1038/s41598-024-53537-8.
11. Baggio G. Silicon Application Induced Alleviation of Aluminum Toxicity in Xaraés Palisadegrass [Text] / G. Baggio, E. Dupas, F.S. Galindo et al. // *Agronomy*. – 2021. – Vol. 11. № 10. – P. 1-18. – DOI: 10.3390/agronomy11101938.
12. Sarma H.H. Impact of Silicon Fertilization in Crop Production: Enhancing Yield, Stress and Disease Resistance in Agriculture [Text] / H.H. Sarma, S. K. Borah, N. Dutta, R. Kashyap, R. Chintey //

Journal of Advances in Biology & Biotechnology. – 2024. – Vol. 27. № 9. – P. 645-658. – DOI: 10.9734/jabb/2024/v27i91337.

13. Salem E.M.M. Influence of silicon forms on nutrients accumulation and grain yield of wheat under water deficit conditions [Text] / E.M.M. Salem, M.K.M. Kenawey, H.S. Saudy, M. Mubarak // *Gesunde Pflanzen*. – 2022. – Vol. 74. № 5. – P. 539–548. – DOI: 10.1007/s10343-022-00629-y.

14. Анализ данных и математическое моделирование в экологии и природопользовании: учебное пособие / И. С. Белюченко, А. В. Смагин, Л. Б. Попок, Л. Е. Попок. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 313 с. – ISBN 978-5-94672-935-2.

15. Botté A. Aluminium in aquatic environments: abundance and ecotoxicological impacts [Text] / A. Botté, M. Zaidi, J. Guery, D. Fichet, V. Leignel // *Aquatic Ecology*. – 2022. – Vol. 56. – P. 415-438. – DOI: 10.1007/s10452-021-09936-4.

16. Khan I. Effects of silicon on heavy metal uptake at the soil-plant interphase: A review [Text] / I. Khan, S. Afzal Awan, M. Rizwan, S. Ali et al. // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2021. – Vol. 222. – N 112510. – P. 539–548. – DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112510.

17. Kumar A. Excessive Aluminum in Soil [Text] / A. Kumar // *Qeios*. – 2024. – N 293IOY.2. – P. 11 – DOI: 10.32388/293IOY.2.

18. Verma K.K., Song X.-P., Li D.-M., Singh M., Wu J.-M., Singh R.K., Sharma A., Zhang B.-Q., Li Y.-R. Silicon and soil microorganisms improve rhizospheric soil health with bacterial community, plant growth, performance and yield [Text] / K.K. Verma, X.-P. Song, D.-M. Li, M. Singh et al. // *Plant Signaling & Behavior*. – 2022. – Vol. 17 (1). N e2104004. – P. 1-15 – DOI: 10.1080/15592324.2022.2104004.

19. Khan A.L. Silicon: A valuable soil element for improving plant growth and CO₂ sequestration [Text] / A.L. Khan // *Journal of Advanced Research*. – 2025. – Vol. 71. – P. 43-54. – DOI: 10.1016/j.jare.2024.05.027.

REFERENCES:

1. Barão L., de Tombeur F., Schoelynck J. Editorial: Silicon cycling in agricultural soils under current anthropogenic influences. *Frontiers in Environmental Science*, 2023, vol. 11, no.1333256, pp. 1-3. DOI: 10.3389/fenvs.2023.1333256.

2. Schaller J., Webber H., Ewert F., Stein M., Puppe D. The transformation of agriculture towards a silicon improved sustainable and resilient crop production. *Sustainable Agriculture*, 2024, vol. 2, no. 27, pp. 1-9. DOI: 10.1038/s44264-024-00035-z.

3. Raven J.A. Cycling silicon – the role of accumulation in plants. *New Phytologist*, 2003, vol. 158, no 3, pp. 419–430. DOI: 10.1046/j.1469-8137.2003.00778.x.

4. Verma K.K., Song X.-P., Liang Q., Huang H.-R et al. Unlocking the role of silicon against biotic stress in plants. *Frontiers in Plant Science*, 2024, vol. 15, no 1430804, pp. 1–12. DOI: 10.3389/fpls.2024.1430804.

5. Yavaş I., Ünay A. The Role of Silicon under Biotic and Abiotic Stress Conditions. *Turk J Agric Res*, 2017, vol. 4, no 2. pp. 204–209. DOI: 10.19159/tutad.300023.

6. Rea R.S., Islam M.R., Rahman M.M., Nath B., Mix K. Growth, Nutrient Accumulation, and Drought Tolerance in Crop Plants with Silicon Application: A Review. *Sustainability*, 2022, vol. 14, no 4525, pp. 1-16. DOI: 10.3390/su14084525.

7. Mamasolieva M., Gafurova L., Hudonazarov I., Juliev M. Role of silicon and silicon fertilizers in the world: a review of papers from the Scopus database published in English for the period of 2012–2022. *Soil Science Annual*, 2024, vol. 75 (1), no.186456, pp. 1-12. DOI: 10.37501/soilsa/186456.

8. Hodson M.J., Evans D.E. Aluminium–silicon interactions in higher plants: an update. *Journal of Experimental Botany*, 2020, vol. 71, no 21, pp. 6719–6729. DOI: 10.1093/jxb/eraa024.

9. Zsoldos F., Vashegyi Á., Pécsváradi A., Bona L. Influence of silicon on aluminium toxicity in common and durum wheats. *Agronomie*, 2003, vol. 23, no 4, pp. 349–354. DOI: 10.1051/agro:2003008.

10. Sousa Junior G. da S., Calero Hurtado A., Alves R. de C et al. Silicon attenuates aluminum toxicity in sugarcane plants by modifying growth, roots morphoanatomy, photosynthetic pigments, and gas exchange parameters. *Scientific Reports*, 2024, vol. 14, no 4717, pp. 1-16. DOI: 10.1038/s41598-024-53537-8.

11. Baggio G., Dupas E., Galindo F.S. et al. Silicon Application Induced Alleviation of Aluminum Toxicity in Xaraés Palisadegrass. *Agronomy*, 2021, vol. 11, no 10, pp. 1-18. DOI: 10.3390/agronomy11101938.

12. Sarma H.H., Borah S. K., Dutta N., Kashyap R., Chintey R. Impact of Silicon Fertilization in Crop Production: Enhancing Yield, Stress and Disease Resistance in Agriculture *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 2024, vol. 27, no 9, pp. 645–658. DOI: 10.9734/jabb/2024/v27i91337.

13. Salem E.M.M., Kenawey M.K.M., Saudy H.S., Mubarak M. Influence of silicon forms on nutrients accumulation and grain yield of wheat under water deficit conditions. *Gesunde Pflanzen*, 2022, vol. 74, no 5, pp. 539–548. DOI: 10.1007/s10343-022-00629-y.

14. Belyuchenko I.S., Smagin A.V., Popok L.B., Popok L.E. *Analiz danny'h i matematicheskoe modelirovanie v e'kologii i prirodopol'zovanii* [Data analysis and mathematical modeling in ecology and environmental management]. Krasnodar, KubGAU, 2015, 313 p. (In Russian)
15. Botté A., Zaidi M., Guery J., Fichet D., Leignel V. **Aluminium in aquatic environments: abundance and ecotoxicological impacts.** *Aquatic Ecology*, 2022, vol. 56, pp. 415–438. DOI: 10.1007/s10452-021-09936-4.
16. Khan I., Afzal Awan S., Rizwan M., Ali S et al. **Effects of silicon on heavy metal uptake at the soil-plant interphase: A review.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021, vol. 222, no. 112510, pp. 539–548. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112510.
17. Kumar A. **Excessive Aluminum in Soil.** *Qeios*, 2024. no. 293IOY.2, 11 p. DOI: 10.32388/293IOY.2
18. Verma K.K., Song X.-P., Li D.-M., Singh M et al. **Silicon and soil microorganisms improve rhizospheric soil health with bacterial community, plant growth, performance and yield.** *Plant Signaling & Behavior*, 2022, vol. 17 (1), no e2104004, pp. 1-15. DOI: 10.1080/15592324.2022.2104004.
19. Khan A.L. **Silicon: A valuable soil element for improving plant growth and CO₂ sequestration.** *Journal of Advanced Research*, 2025, vol. 71, pp. 43–54. DOI: 10.1016/j.jare.2024.05.027.

Авторлар туралы мәліметтер:

Сохарев Евгений Юрьевич – медицина ғылымдарының кандидаты, Қостанай облысы әкімдігі денсаулық сақтау басқармасының «Қостанай Облыстық патологиялық-анатомиялық бюросы» КМК директоры, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., 1 Май көш. 151, тел.: 87058304603, e-mail: fed_crb@mail.ru.

Ысқақ Алия – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қолданбалы биотехнологиялық ғылыми-зерттеу институтының директоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ, Абай даңғ. 28/1, тел.: 87479666571, e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Наурызбаев Ж.К.* – физика магистрі, ҚБ ҒЗИ физика-химиялық және технологиялық зерттеулер зертханасының қызметкері, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ, Абай даңғ. 28/1, тел.: 87057233111, e-mail: nauryzbayev.zh@ksu.edu.kz.

Дәулеткелді Г.М. – «6В01511-Химия-Биология» БББ бағдарламасының 4 курс студенті, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ, Абай даңғ. 28/1, тел.: 87717989774, e-mail: gulnuradauletkel@gmail.com.

Сохарев Евгений Юрьевич – кандидат медицинских наук, директор КГП «Костанайское областное патологоанатомическое бюро» управления здравоохранения акимата Костанайской области, Республика Казахстан, 110000, г. Костанай ул. 1 Мая 151, тел.: 87058304603, e-mail: fed_crb@mail.ru.

Ысқақ Алия – кандидат сельскохозяйственных наук, директор научно-исследовательского института прикладной биотехнологии НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: 87479666571, e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Наурызбаев Жанибек Куанышбаевич* – магистр физики, научный сотрудник лаборатории физико-химических и технологических исследований НИИ ПБ НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: 87057233111, e-mail: nauryzbayev.zh@ksu.edu.kz.

Дәулеткелді Гүлнұр Нұрланқызы – студент 4 курса ОП «6В01511-Химия-Биология», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000 г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: 87717989774, e-mail: gulnuradauletkel@gmail.com.

Sokharev Yevgeny Yuriyevich – Candidate of Medical Sciences, Director of the MSE «Kostanay regional anatomico-pathological bureau» of the Health department of the Kostanay region akimat, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 1 May Str. 151, tel.: 87058304603, e-mail: fed_crb@mail.ru.

Yskak Aliya – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Applied Biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: 87479666571, e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Nauryzbayev Zhanibek Kuanyshbayevich* – Master of Physics, Researcher of the Laboratory of Physico-Chemical and Technological Research of the Research Institute of Applied Biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: 87057233111, e-mail: nauryzbayev.zh@ksu.edu.kz.

Dauletkeldi Gulnol Nurlankyzy – 4th year student, “6B01511-Chemistry-Biology” educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: 87717989774, e-mail: gulnuradauletkel@gmail.com.