

ХФТАР 34.31.29; 68.35.03

ӨОЖ 556.551.3:631.41

<https://doi.org/10.52269/KGTD2531186>

**ҚАЗАҚСТАН СУ ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ ТҮПТІК ШӨГІНДІЛЕРІНІҢ
ГРАНУЛОМЕТРИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН СОРБЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ:
АГРОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ӘЛЕУЕТ ЖӘНЕ ЭКСПРЕСС-ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІ**

Қуанышбаев С.Б. – география ғылымдарының докторы, Басқарма Төрағасы-Ректор, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Ермолдина Г.Т. – техника ғылымдарының магистрі, ҚБ ҒЗИ ғылыми кеңесшісі, «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.

Нурсеитова А.М.* – «7М05201 Геоэкология және табиғатты пайдалануды басқару» БББ магистрантура білім алушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Мақалада Қазақстан Республикасында орналасқан Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларының жағалаулық аймағындағы түптік шөгінділерге жүргізілген зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Далалық жұмыстар қыс мезгілінде, мұз жамылғысының астынан су және түптік шөгінділер үлгілерін іріктеуге бейімделген әдістемелерді қолдану арқылы жүргізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша, бөлшек өлшемі 0,1 мм-ден кіші фракциялар органикалық заттармен, ауыр металдармен (Zr, Ni, Cu, Zn, As, Y, Pb және т.б.), металл оксидтерімен және фосформен (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , TiO_2 , MnO , P_2O_5) жоғары адсорбциялық қабілетке ие екені анықталды. Сонымен қатар, хром, күкірт, кобальт элементтері мен кремний, магний, кальций оксидтері майда дисперсті және аллювийлі фракциялармен әлсіз корреляция көрсетеді. Шөгінділердің химиялық құрамын талдау үшін рентгенофлуоресценттік спектроскопияны пайдалану арқылы жедел әдістер игерілді. Гранулометриялық құрам, химиялық компоненттер мен органикалық заттар арасында тұрақты корреляциялық байланыстар анықталды. Алынған нәтижелер тек экологиялық мониторинг үшін ғана емес, сондай-ақ ауыл шаруашылығы саласында да – органикалық заттармен байытылған түптік шөгінділерді органикалық тыңайтқыш ретінде қайталама пайдалану, топырақтың құнарлылығын арттыру және бүлінген аумақтарды рекультивациялау үшін қолдануға болатын құнды тәжірибелік маңызға ие.

Түйінді сөздер: гранулометриялық құрамы, түптік шөгінділер, топырақтар, фракция, рентген-флуоресценттік спектрлік талдау, корреляциялық тәуелділік.

**ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОХРАНИЛИЩ КАЗАХСТАНА:
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И МЕТОДЫ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА**

Куанышбаев С.Б. – доктор географических наук, Председатель Правления-Ректор, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Ермолдина Г.Т. – магистр технических наук, Научный консультант НИИ ПБ, 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.

Нурсеитова А.М.* – обучающийся магистратуры ОП «7М05201 – Геоэкология и управление природопользованием», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

В статье представлены результаты исследований донных отложений прибрежной зоны Верхнетобольского и Каратомарского водохранилищ, расположенных в Республике Казахстан. Полевые работы проводились в зимний период с применением адаптированных методик отбора проб донных отложений и воды из-под ледового покрова. Установлено, что фракции с размером частиц менее 0,1 мм обладают высокой сорбционной способностью в отношении органического вещества, тяжёлых металлов (Zr, Ni, Cu, Zn, As, Y, Pb и др.), оксидов металлов и фосфора (Al_2O_3 ,

Fe_2O_3 , K_2O , TiO_2 , MnO , P_2O_5). В то же время такие элементы, как хром, сера, кобальт, а также оксиды кремния, магния и кальция, демонстрируют слабую корреляцию с мелкодисперсными и аллювиальными фракциями. Отработаны экспрессные методы анализа химического состава с использованием рентгенофлуоресцентной спектроскопии. Установлены устойчивые корреляционные связи между гранулометрическим составом, химическими компонентами и органическим веществом. Полученные результаты обладают прикладной ценностью не только для экологического мониторинга, но и в сельскохозяйственной практике – как основа для повторного использования обогащённых органикой донных отложений в качестве органоминеральных удобрений, способных улучшить плодородие почв и рекультивировать нарушенные участки.

Ключевые слова: гранулометрический состав, донные отложения, грунты, фракция, рентгенофлуоресцентный спектральный анализ, корреляционная зависимость.

GRANULOMETRIC COMPOSITION AND SORPTION PROPERTIES OF BOTTOM SEDIMENTS OF KAZAKHSTANI RESERVOIRS: AGROECOLOGICAL POTENTIAL AND EXPRESS ANALYSIS METHODS

Kuanyshbayev S.B. – Doctor of Geographical Sciences, Chairperson of the Board-President, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Yermoldina G.T. – Master of Technical Sciences, Scientific Adviser of the Research Institute of Applied Biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Nauryzbayev 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.

Nurseitova A.M.* – Master's student, "7M05201 Geoecology and Environmental Management" educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

The article presents the results of studies on the bottom sediments of the coastal zones of the Verkhnetobol and Karatomar reservoirs located in the Republic of Kazakhstan. Fieldwork was conducted during the winter season using adapted sampling techniques for collecting bottom sediments and water from beneath the ice cover. The study revealed that particle fractions smaller than 0.1 mm exhibit high sorption capacity for organic matter, heavy metals (Zr, Ni, Cu, Zn, As, Y, Pb, etc.), metal oxides, and phosphorus compounds (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , TiO_2 , MnO , P_2O_5). Conversely, elements such as chromium, sulfur, cobalt, as well as oxides of silicon, magnesium, and calcium show weak correlations with fine and alluvial fractions. Rapid analytical methods based on X-ray fluorescence spectroscopy were developed for determining the chemical composition. Stable correlations were established between the granulometric composition, chemical elements, and organic matter. The findings have practical value not only for environmental monitoring but also for agricultural applications—serving as a foundation for the reuse of organic-rich bottom sediments as organomineral fertilizers capable of improving soil fertility and reclaiming degraded lands.

Key words: granulometric composition, bottom sediments, soils, fraction, X-ray fluorescence spectral analysis, correlation dependence.

Кіріспе. Соңғы жылдары су айдындарының түптік шөгінділерін ауыл шаруашылығында органикалық және минералдық заттардың баламалы көзі ретінде пайдалану мәселесіне қызығушылық арта түсуде. Бұл заттар тозған топырақтардың құнарлылығын қалпына келтіруге және сапасын арттыруға ықпал етуі мүмкін. Түптік шөгінділер, әдетте, едәуір мөлшерде органикалық заттар мен макро- және микроэлементтерді, соның ішінде фосфор, калий, кальций және темірді қамтиды, бұл оларды агроөнеркәсіп көшені үшін әлеуетті құнды ресурсқа айналдырады.

Бірқатар зерттеулер түптік шөгінділерді қолдану өсімдіктердің өсуін жақсартуға, өнімділікті арттыруға және топырақ құрылымын қалпына келтіруге септігін тигізетінін көрсетті. Эвтрофты көл шөгінділері қолданылған төрт жылдық далалық тәжірибе барысында шөптесін дақылдардың тұрақты өсуі тіркеліп, өсімдіктердің қоректенуіне қажетті фосфор мен басқа да микроэлементтердің мөлшері артқаны байқалды [1, 1091 б.]. Алайда, бұл ретте қоршаған ортаға қоректік заттардың (ең алдымен азот пен фосфордың) шайылу қаупі ескеріліп, шөгінділерді енгізудің мөлшерін және әдістерін оңтайландыру қажеттігі туындайды [2, 163 б.].

Зерттеулердің бір бағыты – түптік шөгінділерді органикалық тыңайтқыш ретінде пайдалану арқылы құнарсызданған және тозған топырақтарды қалпына келтіру. Мәселен, органикалық көміртек мөлшері 0,54–3,07 % аралығындағы Цимлян су қоймасының шөгінділерін қолдану рекультивация үшін тиімді екенін көрсетті, бұл ретте санитарлық-гигиеналық көрсеткіштер рұқсат етілген шектерден аспаған [3, 317 б.].

Лабораториялық және далалық тәжірибелер барысында түптік шөгінділерді қолдану ауыл шаруашылығы дақылдарының, атап айтқанда қытай қырыққабатының биомассасының ұлғаюына, топырақтағы микробиологиялық белсенділіктің және қарашірік мөлшерінің артуына әкелгені байқалды [4]. Бұл

тұрғыда шөгінділерді алдын ала өңдеу технологиясының маңызы зор. Атап айтқанда, жауын құрты қатыстырылған вермикомпосттау әдісі ауыр металдардың құрамын едәуір төмендетуге және қоректік элементтердің биожетімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Мұндай тиімділік Қазақстандағы су қоймаларында да дәлелденген [5, 187 б.].

Қолданбалы зерттеулер шеңберінде түптік шөгінділерді салат, редис және қызанақ сияқты көкөніс дақылдарын өсіруде қолдану олардың өнімділігін арттыратынын және санитарлық нормалар сақталған жағдайда қауіпсіз екенін көрсетті [6, 58 б.].

Осылайша, су айдындарының түптік шөгінділері ауыл шаруашылығында пайдалануға болатын болашағы зор ресурс болып табылады. Алайда оларды қолдану экологиялық қауіпсіздіктің кешенді бағасын және енгізу мөлшерінің әрі өңдеу технологияларының ғылыми негізделуін қажет етеді.

Зерттеудің мақсаты – топырақтың құнарлылығын қалпына келтіру және арттыру контекстінде ауыл шаруашылығы ғылымдары үшін маңызды болып табылатын табиғи факторлардың әсерін ескере отырып, Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларының түптік шөгінділерінің гранулометриялық құрамын бағалау.

Міндеттері: 1) Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларының түптік шөгінділерінен сынамалар алу және зертханалық жағдайда талдау жүргізу. 2) Түптік шөгінділердің гранулометриялық құрамын анықтау және фракциялық ерекшеліктерін сипаттау. 3) Шөгінділердің физика-химиялық сипаттамалары мен агрономиялық маңызды компоненттер арасындағы өзара байланыстарды бағалау. 4) Алынған нәтижелер негізінде түптік шөгінділерді ауыл шаруашылығының қажеттіліктері үшін минералды және органикалық заттардың балама көзі ретінде қолдану әлеуетін айқындау.

Материалдар мен әдістер. Түптік шөгінділердің сынамаларын Қостанай облысының ауыл шаруашылық саласы үшін маңызды болып табылатын Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларының түптік шөгінділерінің жалпы 17 сынамасы зерттеуге алынды.

Сынамаларды іріктеу түптік шөгінділерді іріктеу норативтік-әдістемелік нұсқаулықтары мен құжаттарына сай жүзеге асырылды. Жоғарғы Тобыл су қоймасының жағалау аймағының 8 іріктеу нүстесінен 8 сынама алынса, Қаратомар су қоймасының 9 іріктеу нүктесінен 9 сынама іріктеліп алынды.

Түптік шөгінділердің гранулометриялық құрамын зерттеу әдістемесі нормативтік құжаттарды (ГОСТ 12536-2014, ГОСТ 12536-79) және минералды және органо-минералды (сапропелдік) үлгілердің ерекшеліктерін ескере отырып, ғылыми ұсыныстарды қолдануға негізделген. Түптік шөгінділердің сынамалары 105-110 °С температурада алдын ала кептіріледі, содан кейін оларды 2,50-ден 0,050 мм-ге дейінгі ұяшықтары бар зертханалық електер жиынтығын және ВП-50 типті діріл жетегін пайдалана отырып, құрғақ елеуіш талдау әдісімен фракциялау жүргізіледі. Әрбір гранулометриялық фракцияның массалық үлесі құрғақ сынаманың жалпы массасының пайызы ретінде анықталады. Деректерді статистикалық өңдеу қалыпты немесе логарифмдік қалыпты үлестіруді ескере отырып, Microsoft Excel пакетін (2024 нұсқасы) пайдалана отырып жүргізіледі, бұл гранулометриялық және химиялық құрам, сондай-ақ зерттелетін түптік шөгінділердегі органикалық заттардың құрамы арасындағы корреляциялық тәуелділіктерді анықтауға мүмкіндік береді.

Нәтижелер мен талқылау. Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларының жағалау аймақтарының түптік шөгінділердің гранулометриялық құрамын зерттеу нәтижелері бойынша түптік шөгінділер түйіршіктерінің (дән өлшемді) белгілі бір мөлшері бар фракциялардың массалық пайыздық құрамының деректері алынды (1,2 кестелер).

1 кесте – Жоғарғы Тобыл су қоймасының түптік шөгінділерінің гранулометриялық құрамы

Бөлшектер түйіршіктеріні ң өлшемі, мм	Сынама және іріктеу нүктелерінің нөмірлері								Орта мән, %	ОКА
	1	2	3	4	5	6	7	8		
	Түптік шөгінді үлгілеріндегі әртүрлі түйіршіктері фракциялардың массалық үлестірілуі, %									
>2,50	10,33	9,48	11,50	8,65	3,85	20,19	11,68	3,98	10,0	5,1
1,60-2,50	6,17	6,61	4,81	5,32	5,22	6,38	7,51	4,06	5,8	1,1
1,00-1,60	9,42	9,89	7,92	8,17	11,92	6,98	10,27	7,73	9,0	1,6
0,63-1,00	10,62	12,80	17,18	14,77	24,08	5,24	12,39	8,13	13,2	5,8
0,40-0,63	11,49	13,98	26,37	25,50	26,09	6,21	14,90	12,39	17,1	7,8
0,315-0,40	5,09	5,13	7,65	6,71	6,58	2,75	5,90	4,92	5,6	1,5
0,20-0,315	16,32	11,75	12,65	16,38	12,04	21,76	13,41	31,85	17,0	6,8
0,16-0,20	2,88	2,18	1,94	2,06	1,75	10,48	2,26	2,35	3,2	2,9
0,10-0,16	17,85	10,51	4,80	7,58	4,37	17,10	13,23	17,92	11,7	5,7
0,063-0,10	3,68	5,90	1,68	2,23	1,29	1,18	4,08	2,21	2,8	1,6
0,050-0,063	2,72	1,52	0,61	0,72	0,49	0,33	1,49	1,25	1,1	0,8
<0,050	3,25	10,00	2,88	1,90	2,18	1,28	2,72	3,06	3,4	2,7

Жүргізілген зерттеу нәтижелері Жоғарғы Тобыл су қоймасындағы түптік шөгінділердің айтарлықтай әркелкі гранулометриялық құрамға ие екенін көрсетті. Атап айтқанда, түптік шөгінділерінде орташа және ұсақ түйіршікті фракциялардың басым екенін көрсетті. Атап айтқанда, 0,20–0,315 мм (17,0%) және 0,40–0,63 мм (17,1%) фракциялар жоғары үлеспен ерекшеленеді, бұл шөгінділердің құрылымының ауыл шаруашылығында қолдануға қолайлы екенін көрсетеді. Ұсақ бөлшектер (<0,063 мм) аз мөлшерде кездеседі, бұл шөгінділердің тығыз әрі тез шөгу қабілетін меңзейді. Ірі фракциялар (>2,50 мм) тек жекелеген учаскелерде жоғарылаған. Жалпы алғанда, шөгінділердің құрамы әркелкі және өңірлік ерекшеліктерге байланысты ауытқиды.

2 кесте – Қаратомар су қоймасының түптік шөгінділері үлгілерінің гранулометриялық құрамы

Бөлшектер түйіршіктер інің өлшемі, мм	Сынама және іріктеу нүктелерінің нөмірлері									Орта мән, %	ОКА
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Түптік шөгінді үлгілеріндегі әртүрлі түйіршіктер фракциялардың массалық үлестірілуі, %										
>2,50	1,77	0,56	4,04	0,09	0,24	71,41	16,43	5,02	7,11	11,85	22,92
1,60-2,50	2,66	0,45	2,48	0,44	0,40	5,91	7,19	10,98	1,90	3,60	3,67
1,00-1,60	5,58	1,60	8,07	2,77	2,45	6,01	9,77	19,50	2,67	6,49	5,62
0,63-1,00	9,27	6,12	17,28	10,71	10,71	4,21	7,67	20,75	5,73	10,27	5,50
0,40-0,63	12,52	18,01	26,45	25,86	23,47	4,87	10,47	25,26	10,61	17,50	8,12
0,315-0,40	7,37	9,44	7,39	7,89	9,88	1,61	3,83	3,88	7,00	6,48	2,78
0,20-0,315	25,41	41,30	23,36	31,31	33,28	2,11	21,53	8,34	29,60	24,03	12,26
0,16-0,20	4,66	4,95	3,09	4,25	3,70	0,65	5,20	1,84	5,81	3,80	1,68
0,10-0,16	17,79	13,79	6,43	10,40	10,20	2,44	14,72	4,00	21,21	11,22	6,28
0,063-0,10	5,19	1,95	0,69	1,90	1,82	0,45	1,73	0,17	4,51	2,05	1,73
0,050-0,063	1,65	0,39	0,16	0,71	0,62	0,07	0,35	0,02	1,23	0,58	0,55
<0,050	6,02	1,27	0,38	3,48	3,06	0,15	1,07	0,04	2,48	2,00	1,97

Түптік шөгінділердің алынған фракциялық құрамы бөлшектердің мөлшеріне қарай шартты түрде жіктелуі мүмкін. Фракциялардың атаулары шартты болып табылады және қолда бар електерді ескере отырып, електен талдау барысында алынған фракциялардың түйіршіктерінің мөлшеріне байланысты (3 кесте).

3 кесте – су қоймаларының түптік шөгінділер түйіршіктерінің белгілі бір мөлшері бар фракциялардың массалық үлесі

Атауы	Өлшемі, мм	Сынама және іріктеу нүктелерінің нөмірлері								Орта мән, %	ОКА
		1	2	3	4	5	6	7	8		
		Фракциялардың массалық үлесі, %									
Жоғарғы Тобыл су қоймасы											
Үлкен фракция	>1,00	25,92	25,99	24,23	22,14	21,00	33,55	29,46	15,77	24,76	5,40
Орташа фракция	0,10 – 1,00	64,25	56,35	70,60	73,00	74,91	63,54	62,09	77,56	67,79	7,32
Кішкентай фракция	<0,10	9,64	17,42	5,17	4,85	3,97	2,79	8,30	6,51	7,33	4,65
Қаратомар су қоймасы											
Үлкен фракция	>1,00	10,01	2,61	14,58	3,30	3,08	83,33	33,38	35,50	11,67	21,94
Орташа фракция	0,10 – 1,00	77,01	93,61	84,01	90,43	91,24	15,88	63,43	64,07	79,96	73,29
Кішкентай фракция	<0,10	12,86	3,60	1,24	6,09	5,50	0,67	3,14	0,24	8,22	4,62

Көрсеткіштер арасындағы корреляциялық байланыстардың болуын бағалау материалдардың қасиеттерін болжаудың және процестерді болжаудың маңызды ғылыми құралы болып табылатыны сөзсіз. Төменгі шөгінділер көрсеткіштері арасындағы қатынастарды кешенді бағалау берілген басылымдарда процестердің динамикасына әсер етудің көп факторлылығы және факторлар мен параметрлердің мүмкіндігінше көп санын ескеру қажеттілігі көрсетілген [7, 56 б., 8, 327 б.].

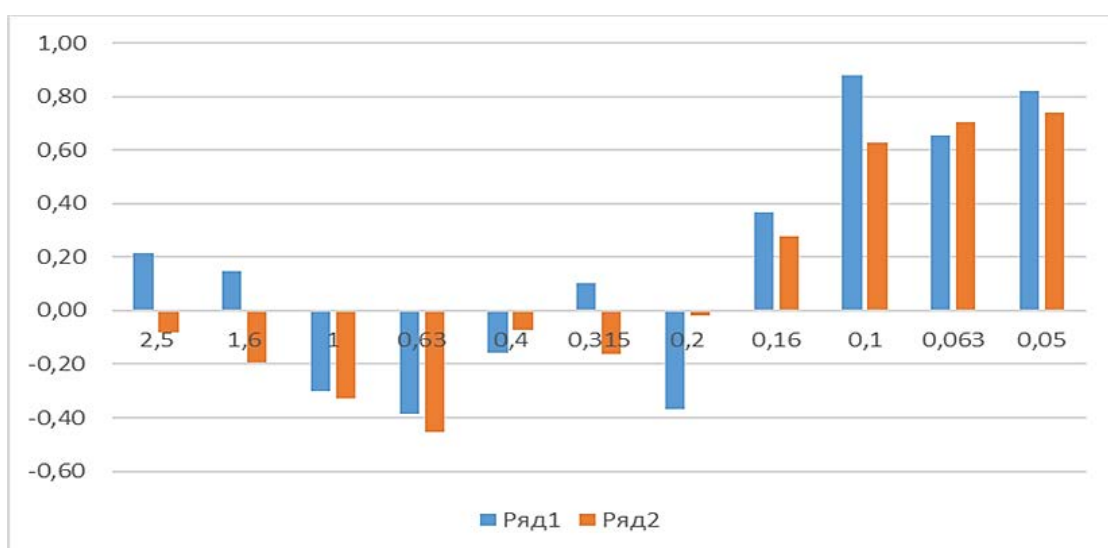
Белгілі бір түйіршік тектес мөлшері бар түптік шөгінді фракцияларының массалық құрамы мен органикалық заттар мөлшері арасындағы корреляциялық талдау нәтижелері бойынша, түйіршік мөлшері 0,16 мм және одан кіші фракциялар арасында тәуелділіктің жеткілікті жоғары деңгейлері анықталды.

(4 кесте). Бөлшектердің белгілі бір түйіршік мөлшері мен органикалық заттар мөлшері арасындағы корреляция коэффициенттерінің ең жоғары мәндері түйіршік мөлшері 0,1 мм-ден аз фракцияларға қатысты (4 кесте).

4 кесте – Органикалық заттардың құрамы мен бөлшектердің мөлшері арасындағы корреляция коэффициенттері 0,16 мм-ден аз

Бөлшектер түйіршіктерінің өлшемдері, мм	0.16-0.1	0.1-0.063	0.063-0.05	0.05-0.0
Жоғарғы Тобыл су қоймасы				
Органикалық зат	0.37	0.88	0.65	0.82
Қаратомар су қоймасы				
Органикалық зат	0,27	0,63	0,71	0,74

Түйіршік өлшемі 0,16 мм-ден жоғары болған жағдайда, белгілі бір түйіршік мөлшері бар түптік шөгінді фракцияларының массалық үлестері мен органикалық заттар мөлшері арасындағы тәуелділіктің күрт төмендегені байқалады (1 сурет).



1 сурет – Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларындағы түптік шөгінділерінің сынамаларында белгілі бір түйіршік мөлшері бар фракциялардың массалық үлестері мен органикалық заттар мөлшері арасындағы корреляция коэффициенттері (1-қатар – Жоғарғы Тобыл су қоймасы, 2-қатар – Қаратомар су қоймасы).

Органикалық заттардың көп бөлігі түйіршек мөлшері 0,16 мм-ден аз (4 кестедегі 9–12-фракциялар) екі су қоймасының түп шөгінділеріндегі фракцияларда шоғырланған деп айтуға болады. Бұл фракцияларға алевритті, сазды және сапропельді құрамдас бөліктер жатады. Ал түйіршік мөлшері 0,16 мм-ден асатын фракциялар бойынша олардың массалық үлестері органикалық заттар мөлшерімен іс жүзінде корреляцияланбайды немесе корреляция коэффициенттері теріс мәндер көрсетеді (1 сурет).

Корреляциялық талдау нәтижелері бойынша көптеген химиялық компоненттердің концентрациялары мен түйіршік мөлшері 0,1 мм-ден аз түптік шөгінді фракциялары арасында жеткілікті жоғары корреляциялық тәуелділік мәндері анықталды (4 кесте). Бұл, сондай-ақ, түйіршік мөлшері 0,16 мм-ден аз түптік шөгінді фракциялары Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , TiO_2 , MnO , P_2O_5 , Ni , Cu , Zn , Zr , As , Y , Rb , Pb және басқа да элементтер мен химиялық компоненттердің тиімді адсорбенттері болып табылатынын көрсетеді. Алынған нәтижелер БҰҰ ЕЭК-нің трансшекаралық және халықаралық көлдерді мониторингтеу және бағалау жөніндегі жұмыс тобының жетекші қағидаттарымен толық сәйкес келеді. Бұл қағидаттар түптік шөгінділердің ірі түйіршік фракциялары ауыр металдар мен органикалық ластаушы заттардың төмен деңгейімен сипатталатынын атап көрсетеді. Мұндай ерекшелік жалпы сынамадағы ластаушы заттар концентрациясының төмендеуіне ықпал етеді [9].

Хром, күкірт, кобальт, кремний, магний және кальций оксидтері сияқты кейбір химиялық компоненттердің көрсеткіштері түптік шөгінділердің аллювиалды және сазды фракцияларының массалық үлесімен, сондай-ақ органикалық заттар мөлшерімен іс жүзінде корреляцияланбайды.

5 кесте – Белгілі бір түйіршік мөлшері бар фракциялардың массалық құрамы мен түптік шөгінділердің химиялық құрам көрсеткіштері арасындағы корреляция коэффициенттері

Кер-сет-кіш	ЖТСҚ	ҚСҚ	ЖТСҚ	ҚСҚ	ЖТСҚ	ҚСҚ	ЖТСҚ	ҚСҚ	ЖТСҚ	ҚСҚ	ЖТСҚ	ҚСҚ
	Фракция дәндерінің өлшемі (мм)											
	0,20-0,315	0,20-0,315	0,16-0,20	0,16-0,20	0,10-0,16	0,10-0,16	0,063-0,10	0,063-0,10	0,050-0,063	0,050-0,063	<0,050	<0,050
Al ₂ O ₃		0,56		0,63		0,63	0,83	0,82	0,61	0,82	0,74	0,77
Fe ₂ O ₃					0,35		0,56	0,49	0,89	0,58	0,35	0,49
K ₂ O							0,85	0,44	0,60	0,37	0,80	0,40
P ₂ O ₅						0,56	0,67	0,73	0,83	0,67	0,62	0,45
MnO				0,69		0,82	0,83	0,88	0,91	0,84	0,61	0,71
TiO ₂				0,51		0,55	0,89	0,56	0,88	0,49	0,67	0,49
Zr					0,75	0,65	0,59	0,50	0,60	0,42	0,38	0,35
Ni		0,54		0,39	0,08	0,48	0,85	0,65	0,81	0,65	0,70	0,60
Cu			0,85	0,26	0,73	0,39	0,49	0,45	0,87	0,40	0,39	
Zn			0,87	0,52	0,82	0,73	0,67	0,90	0,93	0,89	0,50	0,79
As			0,80						0,89			
Rb			0,87		0,82	0,35	0,96	0,39	0,59	0,31	0,91	0,28
Sr							0,80		0,60	0,11	0,42	0,07
Y						0,93	0,9	0,89	0,81	0,79	0,72	0,58
Pb				0,64		0,77	0,54	0,64	0,89	0,46		

*Белгілер: ЖТСҚ – Жоғарғы Тобыл су қоймасы, ҚСҚ – Қаратомар су қоймасы, R – корреляция коэффициенті

Зерттеу барысында 5 кесте деректеріне сүйене отырып, белгілі бір түйіршік мөлшеріне ие фракциялардың массалық құрамы мен екі су қоймасының түптік шөгінділеріндегі химиялық құрам көрсеткіштері арасындағы корреляция коэффициенттері салыстырмалы түрде талданды. Түйіршік мөлшері 0,16 мм-ден кіші фракциялар үшін екі су қоймасында да корреляция коэффициенттерінің жоғары мәндері айқын байқалды. Бұл белгілі бір түйіршік мөлшеріндегі фракциялардың массалық үлесі мен екі су қоймасының түптік шөгінділеріндегі негізгі химиялық компоненттер арасындағы жоғары корреляциялық тәуелділіктердің ұқсастығын көрсетеді. Сондай-ақ түйіршік мөлшері 0,16 мм-ден кіші фракциялар Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, TiO₂, MnO, P₂O₅, Ni, Cu, Zn, Zr, As, Y, Rb, Pb және басқа да компоненттердің тиімді адсорбенттері болып табылатыны дәлелденді.

Қорытынды. Солтүстік Қазақстандағы Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларының жағалау аймақтарының түптік шөгінділерін зерттеу нәтижесінде үлгілердің фракциялық-гранулометриялық құрамы анықталды. Түйіршік мөлшері 0,1 мм-ден аз ең ұсақ фракциялардың органикалық заттарды, ауыр металдар мен көптеген элементтерді (мысалы, Zr, Ni, Cu, Zn, Rb, Y, Nb, Pb және т.б.), сондай-ақ металл оксидтері мен фосфор қосылыстарын (Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, TiO₂, MnO, P₂O₅) адсорбциялау қабілеті жоғары екені анықталды.

Талдау көрсеткендей, хром, күкірт, кобальт сияқты химиялық компоненттердің, сондай-ақ кремний, магний және кальций оксидтерінің мөлшері 0,1 мм-ден аз фракциялардың массалық үлесімен және органикалық заттардың мөлшерімен айтарлықтай байланыспайды. Зерттеу барысында әртүрлі гранулометриялық фракциялардың құрамы, түп шөгінділердің негізгі компоненттерінің химиялық көрсеткіштері мен екі су айдынындағы органикалық заттардың концентрациясы арасында жоғары корреляция коэффициенттерімен сипатталатын өзара байланыстар анықталды.

Алынған нәтижелер ғылыми және экологиялық тұрғыдан маңызды құндылыққа ие. Оларды келесі мақсаттарда пайдалануға болады:

1. Қоңыржай климаттық белдеудегі су айдындарының түп шөгінділерінің сипаттамалары бойынша анықтамалық деректер ретінде.

2. Ағынды тұщы су айдындарының түптік шөгінділерінің сапалық және уыттылық жағдайын кешенді бағалау бойынша әдістемелік ұсынымдар ретінде.

3. Түптік шөгінділердің қатты фазалық формаларын экспресс рентгенофлуоресценттік спектрлік талдау жұмыстарын ұйымдастыру және жүргізу үшін әдістемелік негіз ретінде.

4. Әртүрлі су объектілерінің түп шөгінділерінің сапалық және сандық көрсеткіштері бойынша әрі қарай тереңдетілген зерттеулер жүргізу үшін ғылыми негіз ретінде.

Қаржыландыру бойынша ақпарат. Зерттеу жұмыстары 2023 жылы Ахмет Байтұрсынұлы атындағы ҚҰУ-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. Igarashi Yasunori. Hydrological setting controls 137Cs and 90Sr concentrations in a headwater catchment in the Chernobyl Exclusion Zone [Text] / Yasunori Igarashi, Yuichi Onda, Koki Matsushita, Hikaru Sato, Yoshifumi Wakiyama, Hlib Lisovyi, Gennady Laptev, Valentyn Protsak, Dmitry Samoilov, Serhii Kirieiev, Alexei Konoplev // *Science of The Total Environment*. – 2023. – vol. 891. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164384>.
2. Lalau C. M. Toxicological effects of AgNPs on duckweed (*Landoltia punctata*) [Text] / C. M. Lalau, C. Simioni, D.S. Vicentini, L.C. Ouriques, R. A. Mohedano, R. C. Puerari, W. G. Matias // *Science of The Total Environment*. – 2020. – vol. 710. – Article 136318. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136318>.
3. Stepanyan D. Climate Change Mitigation in Agriculture beyond 2030: Options for Carbon Pricing and Carbon Border Adjustment Mechanisms [Text] / D. Stepanyan, A. Spiegel, C. Heidecke, J.G. Fournier Gabela, M. Söder, F. Freund, A. Gocht, M. Banse, B. Osterburg // *EuroChoices*. – 2024. – vol. 23, no. 1. – P.19-27. DOI: 10.1111/1746-692X.12425.
4. Xie M. Selection and Application of ssDNA Aptamers for Fluorescence Biosensing Detection of Malachite Green [Text] / M. Xie, Z. Chen, F. Zhao, Y. Lin, S. Zheng, Sh. Han // *Food Analytical Methods*. – 2022. – vol. 11, no. 13. <https://doi.org/10.3390/foods11131933>.
5. Yessenbayeva Z. Utilization of bottom sediments of reservoirs [Text] / Z. Yessenbayeva, G. A. Sainova // *Eurasian Journal of Ecology*. – 2022. – vol. 73, no. 4. <https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v73.i4.03>.
6. Liao J. The association between artificial light at night and gestational diabetes mellitus: A prospective cohort study from China [Text] / J. Liao, Ch. Yu, J. Cai, R. Tian, X. Li, H. Wang, L. Li, G. Song, L. Fu, X. Li, Q. Ge, L. Zhang, Zh. Liu, Ch. Xiao // *Science of The Total Environment*. – 2024. – vol. 919. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170849>.
7. Дауальтер В. А. Исследование физического и химического состава донных отложений при оценке экологического состояния водоемов: учебное пособие по дисциплине «Геохимия окружающей среды» для направления 511100 «Экология и природопользование» и специальности 013600 «Геоэкология» [Текст] / В. А. Дауальтер. – Мурманск: Изд-во МГТУ, – 2006. – С.84: ил. – УДК 551.312.012:502.51(471.21). – ББК 26.222 Д21.
8. Саинова Г. А., Есенбаева Ж. Ж.Характеристика донных отложений водохранилищ Туркестанского района и области их применения [Текст] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 3-2. – С. 327–328. – URL: <https://applied-research.ru/article/view?id=11455> (жүгінген уақыты: 10.05.2025).
9. Рабочая группа ЕЭК ООН по мониторингу и оценке. Руководящие принципы мониторинга и оценки трансграничных и международных озер. – ECE/ENHS/NONE/2004/20; GE.04-31774 (R) 081104 191104. – Женева: ЕЭК ООН, 2004. – URL: https://unece.org/DAM/env/water/publications/assessment/LakesguidelinesA_B_russian.pdf (жүгінген уақыты: 10.05.2025).

REFERENCES:

1. Igarashi Y., Onda Y., Matsushita K. et al. Hydrological setting controls 137Cs and 90Sr concentrations in a headwater catchment in the Chernobyl Exclusion Zone. *Science of The Total Environment*, 2023, vol. 891, art. 164384. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164384>.
2. Lalau C.M., Simioni C., Vicentini D.S. et al. Toxicological effects of AgNPs on duckweed (*Landoltia punctata*). *Science of The Total Environment*, 2020, vol. 710, art. 136318. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136318>.
3. Stepanyan D., Spiegel A., Heidecke C. et al. Climate Change Mitigation in Agriculture beyond 2030: Options for Carbon Pricing and Carbon Border Adjustment Mechanisms. *EuroChoices*, 2024, vol. 23, no. 1, pp. 19–27. DOI: 10.1111/1746-692X.12425.
4. Xie M., Chen Z., Zhao F. et al. Selection and Application of ssDNA Aptamers for Fluorescence Biosensing Detection of Malachite Green. *Food Analytical Methods*, 2022, vol. 11, no. 13. <https://doi.org/10.3390/foods11131933>.
5. Yessenbayeva Z., Sainova G.A. Utilization of bottom sediments of reservoirs. *Eurasian Journal of Ecology*, 2022, vol. 73, no. 4. <https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v73.i4.03>.
6. Liao J., Yu Ch., Cai J. et al. The association between artificial light at night and gestational diabetes mellitus: A prospective cohort study from China. *Science of The Total Environment*, 2024, vol. 919, art. 170849. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170849>.
7. Dauvalter V.A. Issledovanie fizicheskogo i himicheskogo sostava donny'h otlozhenij pri ocenke e'kologicheskogo sostoyaniya vodoemov [Study of the physical and chemical composition of bottom sediments in the assessment of the ecological state of water bodies]. Murmansk, Izd-vo MGTU, 2006, 84 p. (In Russian)

8. Sainova G.A., Esenbayeva Zh.Zh. **Harakteristika donny'h otlozhenij vodohranilishh Turkestan-skogo rajona i oblasti ih primeneniya** [Characteristics of bottom sediments of the Turkestan district reservoirs and areas of their application]. *Mezhdunarodny'j zhurnal prikladny'h i fundamental'ny'h issledovanij*, 2017, no. 3-2, pp. 327–328, available at: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11455> (accessed 10 May 2025). (In Russian)

9. **Rabochaya gruppa EE'K OON po monitoringu i ocenke. Rukovodyashhie principy' monitoringa i ochenki transgranichny'h i mezhdunarodny'h ozer** [UNECE Working Group on Environmental Monitoring and Assessment. Guidelines for monitoring and assessment of transboundary and international lakes]. Geneva, UNECE, 2004. ECE/ENHS/NONE/2004/20, available at: https://unece.org/DAM/env/water/publications/assessment/LakesguidelinesA_B_russian.pdf (accessed 10 May 2025). (In Russian)

Авторлар туралы мәліметтер:

Қуанышбаев Сейтбек Бекенович – география ғылымдарының докторы, Басқарма Төрағасы-Ректор, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Абай даңғ., 28/1, тел.: 87479666571 e-mail: kuanysbayev65@bk.ru.

Ермолдина Гульназ Тлеубаевна – техника ғылымдарының магистрі, ҚБ ҒЗИ ғылыми кеңесшісі, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Абай даңғ., 28/1, тел.: 87773674633, e-mail: yermoldina.g@ksu.edu.kz.

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

Нурсеитова Аружан Мағауяқызы* – «7М05201 Геоэкология және табиғатты пайдалануды басқару» БББ магистрантура білім алушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, тел.: 87472814967, e-mail: nurseitova.am@ksu.edu.kz.

Қуанышбаев Сейтбек Бекенович – доктор географических наук, Председатель Правления-Ректор, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: 87058854684, e-mail: kuanysbayev65@bk.ru.

Ермолдина Гульназ Тлеубаевна – магистр технических наук, научный консультант научно-исследовательского института прикладной биотехнологии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: 87773674633, e-mail: yermoldina.g@ksu.edu.kz.

Наурызбаев Жанибек Қуанышбаевич – 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.

Нурсеитова Аружан Мағауяқызы* – обучающийся магистратуры ОП «7М05201 Геоэкология и управление природопользованием», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: 87472814967, e-mail: nurseitova.am@ksu.edu.kz.

Kuanysbayev Seitbek Bekenovich – Doctor of Geographical Sciences, Chairperson of the Board-President, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: 87058854684, e-mail: kuanysbayev65@bk.ru.

Yermoldina Gulnaz Tleubayevna – Master of Technical Sciences, Scientific Adviser of the Research Institute of Applied Biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: 87773674633, e-mail: yermoldina.g@ksu.edu.kz.

Nauryzbayev Zhanibek Kuanysbayevich – 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.

Nurseitova Aruzhan Magauyakyzy* – Master's student, "7M05201- Geoecology and Environmental Management" educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: 87472814967, e-mail: nurseitova.am@ksu.edu.kz.