

FTAMP 61.33.39

Ж.М. Алтыбаев¹ – негізгі автор, ©
Б.Т. Омаров², Н.Х. Умирзахова³, Б.Н. Тәжбенова⁴,
М.М. Ескермесова⁵, Г.Е. Калымбетов⁶



¹PhD, доцент, ²PhD, ³Магистр, ^{4,6}Докторант, ⁵Кіші ғылыми қызметкер

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0001-9091-4575> ²<https://orcid.org/0000-0003-1903-8466>

³<https://orcid.org/0009-0002-1919-5509> ⁴<https://orcid.org/0009-0004-0453-4314>

⁵<https://orcid.org/0009-0003-0057-6413> ⁶<https://orcid.org/0000-0002-0983-2044>



^{1,2,3,4,5,6}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті,



Шымкент, Қазақстан



⁶gani_himik@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/TRBK7955>

ОРГАНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚАЙТА ӨНДЕУДІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗ ТӘЖІРИБЕЛІК ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Аңдатпа. Бұл зерттеу жұмысында Түркістан облысында ірі қара малдың жаңа көңін химиялық өңдеу арқылы биогумус өндірісіне дайындау технологиясы зерттелді. Зерттеудің мақсаты – бастапқы шикізаттың санитарлық қауіпсіздігін қамтамасыз ете отырып, оның агрохимиялық және микробиологиялық сапасын арттыру. Бастапқы көңнің физика-химиялық (ылғалдылық – 72,4%, рН – 7,2, жалпы N – 1,15%, P₂O₅ – 0,72%, K₂O – 0,95%, органикалық заттар – 68,5%, C:N ≈ 25:1) және микробиологиялық құрамдары (*Escherichia coli* – 2,1×10⁶ КТБ/г, *Salmonella spp.* оң, гельминт жұмыртқалары – 15-20 дана/г) анықталды. Алдын ала өңдеу үшін 5% массалық үлеспен кальций гидроксидінің (Ca(OH)₂) 10% сулы суспензиясы қолданылды. Өңдеу барысында ортаның рН 11–12 деңгейіне көтеріліп, патогендер саны айтарлықтай төмендеді. Химиялық дезинфекциядан кейінгі компосттану кезеңінде микроб саны экспоненциалды түрде азайып, дайын биогумуста 1,0×10³ КТБ/г деңгейіне жетті, бұл санитарлық-гигиеналық нормативтерге сай келеді. Зерттеу нәтижелері көнді химиялық өңдеу биогумус алу мерзімін қысқартып, қоректік элементтер құрамын (N, P, K) 10–25%-ға арттыратынын көрсетті. Бұл технология ауыл шаруашылығында экологиялық қауіпсіз, минералдарға бай органикалық тыңайтқыш өндіруге мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: биогумус, органикалық қалдықтар, химиялық өңдеу, кальций гидроксиді, микробиологиялық талдау, экологиялық қауіпсіздік, вермикомпост, топырақ құнарлылығы.



Алтыбаев, Ж.М. Органикалық қалдықтарды қайта өңдеудің экологиялық қауіпсіз тәжірибелік технологиясы [Мәтін] / Ж.М. Алтыбаев, Б.Т. Омаров, Н.Х. Умирзахова, Б.Н. Тәжбенова, М.М. Ескермесова, Г.Е. Калымбетов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.344-358. <https://doi.org/10.55956/TRBK7955>

Кіріспе. Соңғы онжылдықта ауыл шаруашылығында топырақтың құнарлылығын сақтау және экологиялық тепе-теңдікті қамтамасыз ету мәселесі алдыңғы қатарға шықты [1]. Минералдық тыңайтқыштардың шамадан тыс қолданылуы топырақтың қышқылдығын арттырып, оның

құрылымын бұзады және қоршаған ортаға теріс әсер етеді [2]. Осыған байланысты, экологиялық қауіпсіз, тұрақты және тиімді органикалық тыңайтқыштарға сұраныс жылдан жылға артып келеді. Солардың ішінде биогумус – агрономиялық тұрғыдан ең тиімді тыңайтқыштардың бірі болып саналады [3].

Биогумус – органикалық қалдықтарды жауынкұрттар (*Eisenia fetida*) мен пайдалы микроағзалардың көмегімен биологиялық қайта өңдеу нәтижесінде алынатын, өсімдіктер үшін қолжетімді макро- және микроэлементтерге бай тыңайтқыш [4,5]. Оның құрамында азот, фосфор, калий, кальций, магний сияқты маңызды қоректік заттардан бөлек, өсімдіктердің өсуін ынталандыратын гумин қышқылдары мен ферменттер бар [6]. Зерттеулер көрсеткендей, биогумус топырақтың физикалық қасиеттерін жақсартады, су ұстау қабілетін арттырады және өсімдік тамырларының қоректік заттарды сіңіруін күшейтеді [7,8].

Биогумустың сапасы мен тиімділігі көбіне бастапқы шикізаттың түріне және оны өңдеу технологиясына байланысты. Өндірісте ең жиі қолданылатын шикізат – мал көңі, әсіресе ірі қара малдың көңі [9]. Оның құрамында органикалық заттардың мөлшері жоғары, бірақ санитарлық-гигиеналық тұрғыдан қауіпті болуы мүмкін: патогендік бактериялар (*E. coli*, *Salmonella spp.*), ішек таяқшалары, арамшөп тұқымдары және жағымсыз иіс тудыратын ұшпа қосылыстар кездеседі [10,11]. Бұл факторлар өңделмеген көнді тікелей биогумус өндірісінде қолдануға мүмкіндік бермейді.

Көнді алдын ала өңдеудің бірнеше әдістері бар: термоөңдеу, биологиялық (компосттау), механикалық және химиялық өңдеу [12]. Олардың ішінде химиялық өңдеу әдісі тиімділігімен ерекшеленеді, себебі ол бір мезетте бірнеше міндетті шешеді: санитарлық қауіпсіздікті қамтамасыз етеді, өйткені әк ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) сияқты сілтілік реагенттер патогендерді жояды; минералдық құрамды байытады, себебі суперфосфат фосфор қорының артуына ықпал етеді; микроэлементтермен толықтырады, мысалы, магний сульфаты топырақтағы магний тапшылығын жояды; сондай-ақ иісті бейтараптандырады, яғни аммиак пен күкіртсутек бөлінуін азайтады [13-15].

Ғылыми зерттеулер көрсеткендей, химиялық алдын ала өңделген көнді вермикомпостта қолдану биогумус алу мерзімін 15–20%-ға қысқартады, ал дайын өнімнің азот, фосфор және калий мөлшері орта есеппен 10–25%-ға жоғары болады [16,17]. Сонымен қатар, мұндай биогумус топырақтың микробиологиялық белсенділігін арттырып, ауыл шаруашылығында өсімдіктердің өнімділігін 12–18%-ға арттырғаны дәлелденген [18].

Осылайша, көнді химиялық өңдеу – биогумус өндірісінде сапалы, экологиялық қауіпсіз және қоректік заттарға бай шикізат алудың маңызды технологиялық кезеңі болып табылады. Бұл әдіс ауыл шаруашылығында органикалық тыңайтқыштар өндірісін жетілдіруге және тұрақты егіншілік принциптерін іске асыруға ықпал етеді.

Зерттеудің мақсаты – бастапқы шикізаттың санитарлық қауіпсіздігін қамтамасыз ете отырып, оның агрохимиялық және микробиологиялық сапасын арттыру.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу жұмысы Түркістан облысында ауыл шаруашылығына бейімделген аймақтық ерекшеліктерін ескере отырып жүргізілді. Аймақ климаты күрт континенттік, жазы ұзақ, ыстық әрі құрғақ, ал қысы салыстырмалы түрде қысқа және жұмсақ болып келеді. Жазғы маусымда тәуліктік орташа температура +26 - +28°C аралығында, ең жоғарғы мәні +40°C-қа дейін көтерілуі мүмкін. Қысқы

кезеңде орташа температура $-1...-3^{\circ}\text{C}$ шамасында сақталады. Жылдық жауын-шашын мөлшері 250–350 мм, оның басым бөлігі көктем мен күзде түседі. Мұндай климат көңнің табиғи ылғалдылығы мен микробиологиялық белсенділігін, сондай-ақ биогумус өндірісінде жүретін биохимиялық процестердің жылдамдығын анықтайды.

Зерттеуге алынған шикізат – ірі қара малдың жаңа жиналған көңі – аймақтағы отбасылық мал шаруашылығы қожалығынан тікелей алынды. Мал рационсындағы негізгі азық түрлері – жоңышқа (*Medicago sativa*), жүгері (*Zea mays*) сүрлемі, бидай (*Triticum aestivum*) сабаны және минералдық қоспалар. Бұл азық құрамындағы қоректік элементтер көңнің агрохимиялық құндылығына тікелей әсер етеді.

Көңнің бастапқы физика-химиялық сипаттамалары:

- Ылғалдылық – $72,4 \pm 1,3\%$;
- рН – $7,2 \pm 0,1$;
- Жалпы азот (N) – $1,15 \pm 0,04\%$;
- Жылжымалы фосфор (P_2O_5) – $0,72 \pm 0,03\%$;
- Жылжымалы калий (K_2O) – $0,95 \pm 0,02\%$;
- Органикалық заттар – $68,5 \pm 1,5\%$ құрғақ затқа шаққанда;
- Көміртек:Азот (C:N) қатынасы – шамамен 25:1, бұл вермикомпост процесіне қолайлы диапазон.

Микробиологиялық құрамына жүргізілген зерттеу нәтижелері көңнің санитарлық қауіптілігін растады: жаңа көңде *Escherichia coli* мөлшері $2,1 \times 10^6$ КТБ/г (КТБ/г – грамға шаққандағы колония түзуші бірлік) деңгейінде анықталды; *Salmonella spp.* сынамасы оң нәтиже берді; гельминт жұмыртқалары (*Ascaris spp.*, *Trichuris spp.*) саны 15–20 дана/г құрады; ал жалпы аэробты және факультативті анаэробты микроорганизмдер саны $4,5 \times 10^7$ КТБ/г деңгейінде болды.

Көң биогумус өндірісі үшін тиімді шикізат болып табылады, себебі оның құрамында өсімдіктер үшін қолжетімді макроэлементтермен қатар (N, P, K), кальций, магний, темір және мырыш сияқты микроэлементтер де кездеседі. Сонымен қатар, органикалық фракциясының жоғары болуы оны жауынкүрттар (*Eisenia fetida*) арқылы өндеуге қолайлы етеді.

Шикізатты жинау және сақтау шарттарына тоқталатын болсақ, көңді жинау процесі гигиеналық талаптарға сәйкес жүргізілді. Жинау үшін тот баспайтын болаттан жасалған күрек пен арнайы дөңгелекті арбалар пайдаланылды. Жиналған көң ластанудан және бөгде қоспалардан (тас, пластик, металл сынықтары) толық тазартылды. Әр партия бірден көлеңкелі, жауын-шашыннан қорғалған және табиғи желдеткіші бар ашық қоймаға жеткізілді.

Сақтау кезінде көңнің ылғалдылығы мен температурасы тұрақты бақылауда болды. Ылғалдылықтың 70%-дан төмен түсуіне жол берілмеді, себебі бұл микроорганизмдердің белсенділігін төмендетеді. Артық ылғалдануды болдырмау үшін төсеніш ретінде ағаш жаңқасы мен сабан қабаты қолданылды.

1-суретте Түркістан облысы, Сайрам ауданындағы қожалықтан жаңа жиналған, сабан және жоңышқа қалдықтары аралас, ашық қоңыр түсті көң үйінділері көрсетілген.



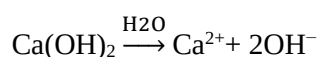
Сурет 1. Түркістан облысы, Сайрам ауданындағы қожалықтан жиналған жаңа көңнің сыртқы көрінісі

Зерттеу жұмысы 2024–2025 жж. аралығында Түркістан облысындағы жеке қожалық базасында жүргізілді. Жиналған ірі қара малдың жаңа көңі биогумус өндіруге дейін алдын ала химиялық өңдеуден өткізілді.

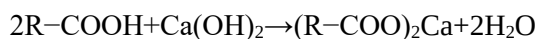
Көң жинау мал қорасынан тікелей тот баспайтын болаттан жасалған құралдармен жүргізілді. Шикізат арнайы көлеңкелі, жауын-шашыннан қорғалған қоймада 3 тәулік сақталды. Үлгілердің біртекті болуын қамтамасыз ету үшін көң механикалық ұсақтағышта (зернодробилка типті, айналу жылдамдығы 1500 айн/мин) ұсақталды.

Жаңа жиналған көңнің құрамында әртүрлі патогенді микроорганизмдер (*Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens*), гельминт жұмыртқалары, личинкалар және арамшөп тұқымдары сақталуы мүмкін, бұл биогумус сапасын төмендетіп қана қоймай, ауыл шаруашылығында қолдану кезінде санитарлық-эпидемиологиялық тұрғыдан қауіпті жағдай туғызады [18,19]. Осы себепті биогумус өндірісінің бастапқы сатысында шикізатты міндетті түрде химиялық өңдеуден өткізу қажет. Бұл зерттеуде негізгі дезинфекциялаушы реагент ретінде кальций гидроксиді (Ca(OH)_2 , әк сүті) пайдаланылды. Оның басты артықшылықтары – қолжетімділігі, бағасының төмендігі, қоршаған ортаға қауіптілігінің аздығы, күшті сілтілік әсері арқылы патогендердің белсенділігін жою мүмкіндігі және органикалық заттармен әрекеттесіп, гумус түзуге қажетті минералдық қосылыстар түзу қабілеті [20].

Химиялық өңдеу алдында көң механикалық ұсақтаудан өткізіліп, реагенттің біркелкі таралуына жағдай жасалды. Үлгілердің ылғалдылығы 65–70% деңгейінде ұсталды, өйткені тым құрғақ ортада реакция баяулайды, ал тым ылғалды жағдайда реагент концентрациясы төмендейді [21]. Кальций гидроксиді алдын ала 10% сулы суспензия түрінде дайындалып, ерітінді температурасы $20 \pm 2^\circ\text{C}$ шамасында сақталды. Шикізат массасына шаққанда Ca(OH)_2 мөлшері 50 г/кг (5% массалық үлес) деңгейінде енгізілді. Ca(OH)_2 суда еріген кезде гидроксид иондары (OH^-) бөлініп, ортаның рН-ын 11–12 деңгейіне көтереді:



Мұндай сілтілік ортада көптеген бактериялардың ферменттері денатурацияға ұшырап, гельминт жұмыртқаларының қабықшалары бұзылады [22]. Сонымен қатар кальций органикалық қышқылдармен әрекеттесіп, кальций тұздарын түзеді, бұл биогумустың минералдық құрамын байытады:



Ерітінді мен көң қоспасы механикалық араластырғышпен 15 минут бойы араластырылып, жабық, бірақ ауа айналымы бар жағдайда 24 сағат ұсталды. Экспозиция аяқталған соң рН біртіндеп 7,5–8,0 деңгейіне жеткізілді, ол үшін бейтараптандыру мақсатында фосфатты тыңайтқыш ерітіндісі қосылды. Бұл процесс вермикюльтура (*Eisenia fetida*) үшін қолайлы ортаны қамтамасыз етті. Өңдеу барысындағы негізгі параметрлерге 65–70% ылғалдылық, 50 г/кг реагент мөлшері, бастапқы рН 11–12, экспозиция уақыты 24 сағат және соңғы рН 7,5–8,0 жатады, бұл толық дезинфекцияны және кейінгі биоконверсия процесінің тиімділігін қамтамасыз етті.

Түркістан облысында жиналған жаңа ірі қара мал көңі және оны химиялық өңдеу барысында алынған барлық аралық үлгілердің физика-химиялық қасиеттері Қазақстан Республикасының ұлттық стандарттары (ҚР СТ), Мемлекеттік стандарттар (ГОСТ) және халықаралық стандарттар (ISO) талаптарына сәйкес кешенді түрде талданды. Биогумус шикізатын зертханалық физика-химиялық талдау сызбасы 2 суретте көрсетілген.



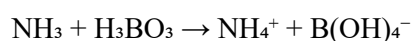
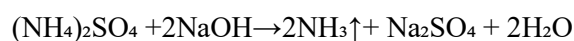
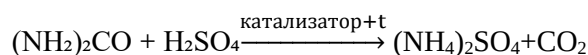
Сурет 2. Биогумус шикізатын зертханалық физика-химиялық талдау сызбасы

Алдын ала үлгілер ірі механикалық қоспалардан қолмен тазартылып, бөлшектердің біркелкілігін қамтамасыз ету үшін 2 мм тесікті електен өткізілді, бұл зерттеу нәтижелерінің қайталанғыштығын арттырады. Ылғалдылық мөлшері ГОСТ 26713-85 [23] бойынша термогравиметриялық әдіспен анықталды: $5,000 \pm 0,001$ г дәлдікпен өлшенген үлгілер BINDER FD53 типті кептіргіш шкафта $105 \pm 2^\circ\text{C}$ температурада тұрақты массаға жеткенше кептірілді, нәтижелер $W = m_1 - m_2 / m_1 \times 100\%$ формуласы бойынша есептелді, әдістің өлшеу дәлдігі $\pm 0,5\%$. рН және электр өткізгіштік ISO 10390:2005 [24] стандартына сәйкес су-экстракциялық әдіспен (1:10 қатынасында, дистилденген суда) анықталды, Hanna HI 2211 рН-метрі (дәлдігі $\pm 0,01$ рН бірлік) және HANNA HI 993310 ЕС-метрі (диапазоны 0–3999 $\mu\text{S}/\text{cm}$) қолданылды, өлшеулер $20 \pm 2^\circ\text{C}$ температурада жүргізілді. Жалпы азот мөлшері ГОСТ 26107-84 [25] бойынша Кельдал әдісімен анықталып, минералдау кезеңінде катализатор ретінде K_2SO_4 және CuSO_4 (мас. қатынасы 9:1) қоспасы пайдаланылды, реакция күкірт қышқылының артық мөлшерінде жүргізілді, түзілген аммиак бор қышқылында абсорбцияланып, 0,1 н HCl

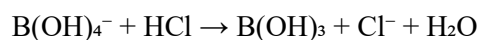
ерітіндісімен автоматты бюреткада титрленді. Жалпы фосфор (P_2O_5) мөлшері ГОСТ 26261-84 [26] талаптарына сәйкес молибден-көк комплексті фотоколориметриялық әдіспен анықталып, алдын ала минералдау HNO_3 және HCl (3:1) қоспасында жүргізілді, түс қарқындылығы SF-2000 спектрофотометрымен $\lambda = 440$ нм толқын ұзындығында өлшенді. Жалпы калий (K_2O) мөлшері ГОСТ 26205-91 [27] стандарты бойынша PFP7 Flame Photometer (Ұлыбритания) аспабында жалындық фотометрия әдісімен анықталды, калибрлеу 0, 5, 10, 20 және 50 мг/л K^+ концентрациялы стандартты KCl ерітінділерімен жүргізілді. Органикалық заттардың үлесі ГОСТ 26714-85 [28] бойынша муфель пешінде (Nabertherm L9/11/B410, Германия) $550^\circ C$ температурада 4 сағат бойы толық жандыру арқылы анықталды, айырма арқылы күлділігі есептелді. Микробиологиялық көрсеткіштер ҚР ДСМ №209 бұйрығы [29] негізінде зерттелді: жалпы коли-формалар саны (КТБ/г), *Escherichia coli* және *Salmonella spp.* бар-жоғы ет-пептонды агарда егу және $37 \pm 1^\circ C$ температурада 24–48 сағат инкубациялау арқылы есептелді; нәтиже колония түзуші бірліктер (КТБ/г) түрінде берілді. Гельминт жұмыртқалары ГОСТ 25311-82 [30] бойынша флотациялық әдіспен анықталды: $NaNO_3$ ерітіндісінің тығыздығы $\rho = 1,30$ г/см³, центрифугалау жылдамдығы 1500 айн/мин, экспозиция уақыты 10 мин, микроскоптау Motis BA310 зертханалық микроскопымен $40\times$ үлкейту режимінде жүргізілді. Барлық өлшеулер үш рет қайталанып, нәтижелердің орташа арифметикалық мәндері $\pm$ стандарттық ауытқуымен берілді, деректерді өңдеу үшін Microsoft Excel 2021 және OriginPro 2023 бағдарламалары қолданылды.

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

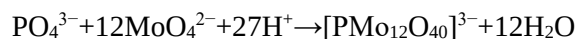
1. Кьельдал әдісінде азотты анықтау:



Титрлеу кезінде:



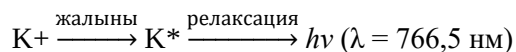
2. Молибден-көк әдісімен фосфорды анықтау:



Қалпына келтіру (аскорбин қышқылы):



Жалындық фотометрияда калийді анықтау:



pH және электр өткізгіштік – су-экстракциялық әдіспен (1:10, массалық қатынас) өлшенді. pH Hanna HI 2211 pH-метрмен, электр өткізгіштік HANNA HI 993310 ЕС-метрмен анықталды (ISO 10390:2005) [24].

Жалпы азот – Кьельдал әдісімен (ГОСТ 26107-84) [25]. Минералдау күкірт қышқылында жүргізілді, катализатор ретінде $K_2SO_4 + CuSO_4$ қоспасы қолданылды, түзілген аммиак бор қышқылына абсорбцияланып, 0,1 н HCl ерітіндісімен титрленді.

Жалпы фосфор (P_2O_5) – молибден-көк комплексті фотоколориметриялық әдіспен ($\lambda = 440$ нм, SF-2000 спектрофотометры) анықталды, алдын ала минералдау $HNO_3 + HCl$ (3:1) қоспасында жүргізілді (ГОСТ 26261-84) [26].

Жалпы калий (K_2O) – жалындық фотометрия әдісімен, PFP7 Flame Photometer (UK) аспабында, стандартты KCl ерітінділерімен калибрленіп өлшенді (ГОСТ 26205-91) [27].

Органикалық заттардың мөлшері – муфель пешінде $550^\circ C$ температурада күйдіру арқылы анықталды, айырма арқылы күлділігі есептелді (ГОСТ 26714-85) [28].

Микробиологиялық көрсеткіштер – жалпы коли-формалар саны (КТБ/г), *Escherichia coli* және *Salmonella spp.* бар-жоғы ҚР ДСМ №209 бұйрығына сәйкес анықталды [29]. КОЕ мәндері қоректік агарда $37^\circ C$ температурада 24–48 сағат инкубациялау арқылы есептелді.

Гельминт жұмыртқалары – ГОСТ 25311-82 бойынша флотациялық әдіспен ($NaNO_3$ ерітіндісі, $\rho = 1,3$ г/см³) анықталды [30].

Микробиологиялық талдау әдістері (кесте 2) бойынша биогурус шикізатының микробиологиялық көрсеткіштерін анықтау үшін зерттеу үлгілері Түркістан облысы, Сайрам ауданындағы қожалықтардан жиналып, $4^\circ C$ температурада стерильді контейнерлерде зертханаға жеткізілді. Талдау жұмыстары ҚР ДСМ №209 «Өнімдердің микробиологиялық қауіпсіздігіне қойылатын санитарлық-эпидемиологиялық талаптар» (2021) және ISO 7218:2007 «Microbiology of food and animal feeding stuffs – General requirements and guidance for microbiological examinations» халықаралық стандартына сәйкес жүргізілді.

Зерттеудің негізгі мақсаты – биогурус шикізатындағы жалпы микробтық санды (КТБ/г), санитарлық-індеттік маңызы бар бактерияларды (*E. coli*, *Salmonella spp.*, *Enterococcus spp.*) және патогенді емес, бірақ биологиялық белсенді топтарды (*Azotobacter*, *Actinobacteria*) анықтау.

Талдау кезеңдері:

1. Суспензия дайындау – 10 г көң 90 мл стерильді физиологиялық ерітіндіге (0,85 % NaCl) қосылып, гомогенизаторда 3 минут өңделді.
2. Серіктік егу – ЕПА (ет-пептонды агар), Эндо, Сабуро, Мак-Конки, КАА (картофельді агар) орталарында егу жүргізілді.
3. Инкубация – $37^\circ C$ (бактериялар үшін) және $28^\circ C$ (саңырауқұлақтар мен актиномицеттер үшін) температурада 24–72 сағат ұстау.
4. Колония санау – Петри табақшаларындағы өскен колониялар саналып, КТБ/г түрінде есептелді:

$$КТБ/г = \frac{\text{ортадағы колония саны} \times \text{сұйылту коэффициенті}}{\text{салмақ (г)}} \quad (2)$$

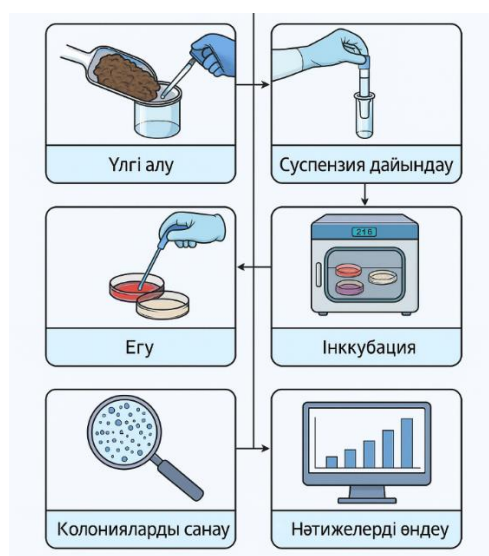
Идентификация – Грам әдісімен бояу, оксидаза және каталаза сынақтары, биохимиялық идентификация (API test strips).

Кесте 2

Микробиологиялық талдау әдістері мен нәтижелерді тіркеу форматы

№	Мақсатты микроорганизм	Қоректік орта	Инкубация шарттары	Нәтиже көрсеткіші	Норматив (КТБ/г)
1	Жалпы микробтық сан (ЖМС)	ЕПА	37°C, 48 сағ	КТБ/г	$\leq 1 \times 10^6$
2	<i>E. coli</i>	Эндо	37°C, 24 сағ	КТБ/г	0
3	<i>Salmonella spp.</i>	Раппопорт агар	37°C, 48 сағ	Болуы/болмауы	Болмауы тиіс
4	<i>Enterococcus spp.</i>	КАА	37°C, 24 сағ	КТБ/г	$\leq 1 \times 10^2$
5	<i>Azotobacter</i>	Ашби агар	28°C, 72 сағ	КТБ/г	-
6	<i>Actinobacteria</i>	Сабуро агар	28°C, 72 сағ	КТБ/г	-

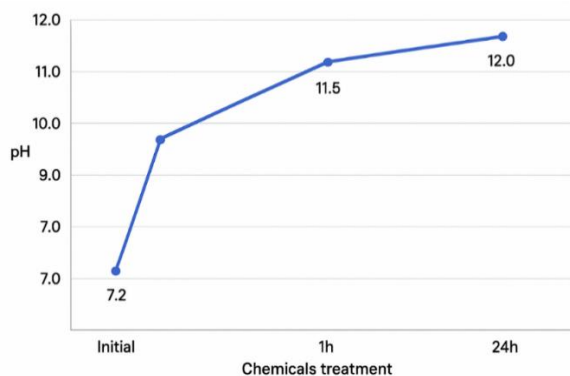
3-суретте бастапқы шикізаттан (жаңа көң) сынама алу, сынаманы стерильді ыдысқа салу және зертханаға жеткізу кезеңдері көрсетілген. Әрі қарай зертханалық жағдайда микроорганизмдерді бөліп алу үшін стандартталған қоректік орталарға (Эндо, Сабуро, МПА) егу әдісі жүргізіледі. Инкубациядан кейін колониялар саналады, морфологиялық және биохимиялық сәйкестендіру әдістері қолданылады. Қорытындысында патогенді микроорганизмдердің (*Escherichia coli*, *Salmonella spp.*), жалпы аэробты және факультативті анаэробты бактериялар саны, сондай-ақ гельминт жұмыртқаларының болуы анықталады.



Сурет 3. Биоғұмус шикізатының микробиологиялық талдау сызбасы

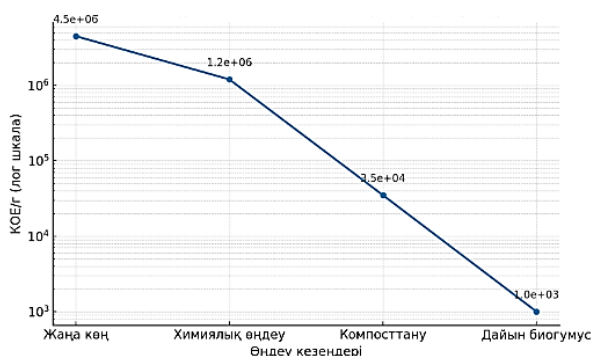
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Көңнің химиялық өңдеуден кейінгі рН өзгерісі оның құрамындағы органикалық және минералдық заттардың трансформациясына тікелей байланысты. Бастапқы кезеңде көң құрамындағы аммонийлі қосылыстардың ыдырауы және сілтілік реагенттердің әсері нәтижесінде рН мәні жоғарылауы мүмкін, бұл ортада аммиак бөлінуімен түсіндіріледі. Ал қышқылдық реагенттер қолданылған жағдайда керісінше рН төмендеп, қышқыл орта қалыптасады. Өңдеу процесінің келесі сатыларында органикалық заттардың биodeградациясы, карбонаттардың еруі, ұшпа қышқылдардың түзілуі және оларды

микроорганизмдердің тұтынуы рН мәнінің біртіндеп өзгеруіне әкеледі. Уақыт өте келе бұл өзгерістер бәсеңдеп, рН белгілі бір тұрақты мәнге жетеді, бұл жүйеде химиялық және микробиологиялық тепе-теңдік орнағанын білдіреді. Мұндай тұрақтану биогумус түзілуінің аяқталуына және оның топыраққа енгізілгенде тұрақты агрохимиялық әсер беруіне мүмкіндік береді. Сонымен қатар рН динамикасын бақылау өңдеу процесінің тиімділігін бағалауда және өнім сапасын тұрақты деңгейде қамтамасыз етуде маңызды көрсеткіш болып саналады. Көңнің химиялық өңдеуден кейінгі рН өзгерісі төмендегі 4 суретте келтірілген.



Сурет 4. Көңнің химиялық өңдеуден кейінгі рН өзгерісі

Төмендегі 5 суретте келтірілген график биогумус өндірісіндегі микробиологиялық қауіпсіздіктің қалыптасу динамикасын нақты бейнелейді және әрбір технологиялық кезеңнің микробтық ластануды азайтудағы үлесін сандық тұрғыдан бағалауға мүмкіндік береді. Бастапқыда, жаңа көңде микроб саны 4.5×10^6 КТБ/г шамасында болады, бұл көңнің табиғи органикалық құрылымы мен құрамында азотты және көміртекті қосылыстардың, сондай-ақ ылғалдың жеткілікті мөлшерінің болуына байланысты микроорганизмдердің, соның ішінде шартты-патогенді және патогенді түрлердің белсенді көбеюіне қолайлы орта қалыптасқанын көрсетеді [31].



Сурет 5. Биогумус шикізатындағы микробтық санның өзгерісі

Химиялық өңдеу кезеңінде микробтық сан 1.2×10^6 КТБ/г-ға дейін төмендейді, бұл қолданылған реагенттердің

(мысалы, сілтілі ерітінділердің немесе әк сүтінің) микробтық жасуша қабырғалары мен мембраналарын бұзып, олардың тіршілік ету қабілетін жою әсерінің нәтижесі болып табылады [32]. Бұл кезеңде әсіресе сальмонелла, ішек таяқшалары сияқты қауіпті бактериялардың саны айтарлықтай азаяды, бірақ толық жойылмайды, сондықтан қосымша өңдеу кезеңдері қажет. Компосттану кезеңінде микроб саны 3.5×10^4 – 3.5×10^5 КТБ/г-ға дейін күрт азаяды, бұл кезде органикалық қалдықтар аэробты микроорганизмдер әсерінен қарқынды ыдырап, биотермиялық процесс нәтижесінде температура 55–65°C аралығында тұрақтанады, мұндай жоғары температура патогендердің көпшілігін, соның ішінде спор түзбейтін түрлерін жояды [33]. Дайын биогурус сатысында микроб саны 1.0×10^3 – 1.0×10^4 КТБ/г-ға дейін төмендейді, бұл санитарлық-гигиеналық нормативтерге толық сәйкес келеді және өнімнің ауылшаруашылығында тыңайтқыш ретінде қауіпсіз пайдаланылуын қамтамасыз етеді [34]. Жалпы алғанда, графиктің логарифмдік масштабта көрсетілуі микроб санының экспоненциалды түрде төмендеуін айқын көруге мүмкіндік береді және биогурус өндірісінің технологиялық тізбегі – бастапқы шикізаттағы микробтық жүктемені қауіпсіз деңгейге дейін азайтуда жоғары тиімділікке ие екендігін дәлелдейді. Мұндай жүйелі төмендеу шикізаттың химиялық дезинфекциясы мен компосттануының, сондай-ақ соңғы жетілдіру кезеңдерінің үйлесімділігін қамтамасыз ететін ғылыми негізделген технологиялық режимдердің қолданылуының нәтижесі болып табылады [35].

Қорытынды. Жүргізілген зерттеу нәтижелері Түркістан облысында ірі қара мал көңін химиялық өңдеу арқылы биогурус өндірудің тиімділігін дәлелдеді. Кальций гидроксидінің 10% сулы суспензиясын 5% массалық үлеспен енгізу нәтижесінде көң ортасының рН мәні 11–12 деңгейіне дейін көтеріліп, патогенді микроорганизмдер (*Escherichia coli*, *Salmonella spp.*), гельминт жұмыртқалары мен жағымсыз иіс көздері толықтай дерлік жойылды. Алдын ала химиялық дезинфекциядан кейінгі компосттау процесі микробиологиялық жүктемені айтарлықтай төмендетіп, дайын өнімнің санитарлық-гигиеналық көрсеткіштерін нормативтерге сай деңгейге жеткізді. Сонымен қатар, химиялық өңдеу шикізаттың минералдық құрамын байытып, қоректік элементтер (азот, фосфор, калий) мөлшерін 10–25%-ға арттырды. Бұл әдіс өндіріс мерзімін қысқартып қана қоймай, экологиялық қауіпсіз, минералдарға бай, жоғары сапалы органикалық тыңайтқыш алуға мүмкіндік береді. Ұсынылған технология ауыл шаруашылығында биогурус өндірудің тиімді және санитарлық тұрғыдан қауіпсіз шешімі ретінде кеңінен қолданылуы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. World fertilizer trends and outlook to 2022. – Rome: FAO, 2019. – 160 p.
2. Tilman D. Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polasky S. Agricultural sustainability and intensive production practices // Nature. – 2002. – Vol. 418, No. 6901. – P. 671-677.
3. Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Sherman, R. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. – Boca Raton : CRC Press, 2010. – 500 p.
4. Domínguez, J. Edwards, C.A. Relationships between composting and vermicomposting // Earthworm Ecology / C.A. Edwards (Ed.). – Boca Raton: CRC Press, 2004. – P. 367-381.

5. Atiyeh R.M. et al. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth // *Bioresource Technology*. – 2002. – Vol. 84, No. 1. – P. 7-14.
6. Lazcano C., Domínguez J. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility // *Soil Nutrients*. – 2011. – Vol. 10, No. 1. – P. 1-23.
7. Arancon N.Q. et al. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers // *Bioresource Technology*. – 2005. – Vol. 93, No. 2. – P. 139-144.
8. Sharma S., Pradhan K., Satya S., Vasudevan P. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses – a review // *Journal of American Science*. – 2005. – Vol. 1, No. 1. – P. 4-16.
9. Қазақстан Республикасының агрохимия бойынша ұлттық стандарттары [Мәтін]. – Астана, 2018. – 86 б.
10. Orozco F.H. et al. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients // *Biology and Fertility of Soils*. – 1996. – Vol. 22, No. 3. – P. 162-166.
11. Westerman P.W., Bicudo J.R. Management considerations for organic waste use in agriculture // *Bioresource Technology*. – 2005. – Vol. 96, No. 2. – P. 215-221.
12. Bernal M.P., Albuquerque J.A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review // *Bioresource Technology*. – 2009. – Vol. 100, No. 22. – P. 5444-5453.
13. Mkhabela M.S., Warman P.R. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2005. – Vol. 106, No. 1. – P. 57-67.
14. Lemunyon J.L., Gilbert R.G. The concept and need for a phosphorus assessment tool // *Journal of Production Agriculture*. – 1993. – Vol. 6, No. 4. – P. 483-486.
15. Hsu J.H., Lo S.L. Chemical stabilization of pig sludge with alkaline materials // *Bioresource Technology*. – 2001. – Vol. 76, No. 2. – P. 143-149.
16. Bhat S.A., Singh J., Vig A.P. Vermiremediation of dyeing sludge from textile mill with the help of earthworm *Eisenia fetida* // *International Journal of Environmental Science and Technology*. – 2013. – Vol. 10, No. 3. – P. 605-614.
17. Suthar, S. Vermistabilization of municipal sludge by *Eisenia fetida*: Seasonal variation in earthworm growth and activity // *Environmental Technology*. – 2008. – Vol. 29, No. 2. – P. 245-252.
18. Aira M., Monroy F., Domínguez J. Changes in microbial biomass and microbial activity of pig slurry after the transit through the gut of the earthworm *Eisenia fetida* // *Applied Soil Ecology*. – 2007. – Vol. 36, No. 2-3. – P. 183-189.
19. Кенжетаев, А.Ш. Органикалық тыңайтқыштардың микробиологиялық қауіпсіздігі [Мәтін] / А.Ш. Кенжетаев, С.Ж. Оспанов. – Алматы: ҚазҰАУ баспасы, 2020. – 152 б.
20. Guidelines on Sanitation and Health. – Geneva: World Health Organization, 2018. – 227 p.
21. Vinnerås B., Jönsson H. The potential of faecal treatment processes for sanitizing and recycling nutrients in urine and faeces // *Bioresource Technology*. – 2002. – Vol. 84, No. 2. – P. 189-194.
22. Родионова, И.А. Гигиеническая оценка применения извести в обработке навоза [Текст] / И.А. Родионова, Е.Н. Соколова // *Ветеринария*. – 2016. – № 7. – С. 45-48.
23. The microbiological safety and quality of food: Microbial ecology of food commodities / B. Lund, P. McClure, D. Brown. – Cham : Springer, 2020. – 672 p.
24. ГОСТ 26713–85. Органические удобрения. Методы определения влажности [Текст]. – Введ. 01.07.1985. – Москва: Министерство сельского хозяйства СССР, 1986. – 5 с.
25. ISO 10390:2005. Soil quality — Determination of pH.

26. ГОСТ 26107–84. Почвы. Методы определения общего азота [Текст]. – Введ. 01.01.1985. – Москва: Министерство сельского хозяйства СССР, 1985. – 8 с.
27. ГОСТ 26261–84. Почвы. Методы определения подвижных соединений фосфора и калия [Текст]. – Введ. 01.07.1985. – Москва: Министерство сельского хозяйства СССР, 1984. – 11 с.
28. ГОСТ 26205–91. Почвы. Определение подвижных соединений калия [Текст]. – Введ. 01.07.1993. – Москва: Госстандарт России, 1991. – 8 с.
29. ГОСТ 26714–85. Органические удобрения. Методы определения зольности [Текст]. – Введ. 01.01.1987. – Москва: Издательство стандартов, 1986. – 2 с.
30. ҚР ДСМ №209 бұйрығы, 06.04.2011 ж. Топырақтың санитариялық-гигиеналық көрсеткіштерін анықтау әдістемесі [Мәтін].
31. ГОСТ 25311–82. Почвы. Методы обнаружения яиц гельминтов [Текст]. – Введ. 01.07.1983. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 7 с.
32. Хусаинов, Б.К. Органикалық тыңайтқыштарды дайындау технологиялары [Мәтін] / Б.К. Хусаинов, Г.Е. Жұмабекова. – Алматы : Қазақ университеті, 2020. – 156 б.
33. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater / APHA (American Public Health Association). – 23rd ed. – Washington, DC : APHA, 2017. – 1504 p.
34. Bernal M.P., Alburquerque J.A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review // Bioresource Technology. – 2019. – Vol. 100, No. 22. – P. 5444-5453.
35. ҚР АШМ. Органикалық тыңайтқыштарға қойылатын санитарлық-гигиеналық талаптар [Мәтін]. – Астана, 2019. – 40 б.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған АР27511917 «Органикалық қалдықтарды қайта өңдеу арқылы биогаз өндіру және топырақтың құнарлығын арттырып, ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін дамыту» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 04.09.25 түсті, 19.11.25 қабылданды.

**Ж.М. Алтыбаев¹, Б.Т. Омаров¹, Н.Х. Умирзахова¹,
Б.Н. Тәжбенова¹, М.М. Ескермесова¹, Г.Е. Калымбетов¹**

¹Южно-Казахстанский исследовательский университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Аннотация. В данной научно-исследовательской работе изучена технология подготовки свежего навоза крупного рогатого скота для производства биогаза методом химической обработки в Туркестанской области. Целью исследования являлось улучшение агрохимических и микробиологических показателей качества сырья при обеспечении его санитарной безопасности. Определены физико-химические (влажность – 72,4%, pH – 7,2, общий N – 1,15%, P₂O₅ – 0,72%, K₂O – 0,95%, органическое вещество – 68,5%, C:N ≈ 25:1) и микробиологический состав сырого навоза (кишечная палочка – 2,1×10⁶ КОЕ/г, сальмонелла spp. положительно, яйца гельминтов – 15-20 шт/г). Для предварительной обработки использовали 10%-ную водную суспензию гидроксида кальция (Ca(OH)₂) с массовой долей 5%. В процессе обработки pH среды повышался до 11–12, а количество патогенных микроорганизмов существенно снижалось. В период компостирования после химического обеззараживания численность микробов снижалась в геометрической прогрессии, достигнув в готовом биогазе 1,0×10³ КОЕ/г, что соответствует

санитарно-гигиеническим нормативам. Результаты исследования показали, что химическая обработка навоза сокращает сроки получения биогумуса и увеличивает содержание питательных веществ (N, P, K) на 10–25%. Данная технология позволяет производить экологически безопасные, богатые минералами органические удобрения в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: биогумус, органические отходы, химическая обработка, гидроксид кальция, микробиологический анализ, экологическая безопасность, вермикомпост, плодородие почвы.

**Zh.M. Altybaev¹, B.T. Omarov¹, N.Kh. Umirzahova¹,
B.N. Tazhbenova¹, M.M. Eskermesova¹, G.E. Kalymbetov**

¹*M. Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan*

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY EXPERIMENTAL TECHNOLOGY FOR ORGANIC WASTE PROCESSING

Abstract. This research work studies the technology of preparing fresh cattle manure for the production of vermicompost by chemical treatment in the Turkestan region. The aim of the study was to improve the agrochemical and microbiological quality indicators of raw materials while ensuring their sanitary safety. The physicochemical (humidity – 72.4%, pH – 7.2, total N – 1.15%, P₂O₅ – 0.72%, K₂O – 0.95%, organic matter – 68.5%, C:N ≈ 25:1) and microbiological composition of raw manure (*E. coli* – 2.1×10⁶ CFU/g, *Salmonella spp.* positive, helminth eggs – 15-20 pcs/g) were determined. For preliminary treatment, a 10% aqueous suspension of calcium hydroxide (Ca(OH)₂) with a mass fraction of 5% was used. During the treatment, the pH of the medium increased to 11–12, and the number of pathogenic microorganisms decreased significantly. During the composting period after chemical disinfection, the number of microbes decreased exponentially, reaching 1.0×10³ CFU/g in the finished vermicompost, which meets sanitary and hygienic standards. The results of the study showed that chemical treatment of manure reduces the time of vermicompost production and increases the content of nutrients (N, P, K) by 10–25%. This technology allows producing environmentally friendly, mineral-rich organic fertilizers in agriculture.

Keywords: vermicompost, organic waste, chemical treatment, calcium hydroxide, microbiological analysis, environmental safety, vermicompost, soil fertility.

References

1. World fertilizer trends and outlook to 2022. – Rome: FAO, 2019. – 160 p.
2. Tilman D. Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polasky S. Agricultural sustainability and intensive production practices // *Nature*. – 2002. – Vol. 418, No. 6901. – P. 671-677.
3. Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Sherman, R. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. – Boca Raton : CRC Press, 2010. – 500 p.
4. Domínguez, J. Edwards, C.A. Relationships between composting and vermicomposting // *Earthworm Ecology* / C.A. Edwards (Ed.). – Boca Raton: CRC Press, 2004. – P. 367-381.
5. Atiyeh R.M. et al. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth // *Bioresource Technology*. – 2002. – Vol. 84, No. 1. – P. 7-14.
6. Lazcano C., Domínguez J. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility // *Soil Nutrients*. – 2011. – Vol. 10, No. 1. – P. 1-23.

7. Arancon N.Q. et al. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers // *Bioresource Technology*. – 2005. – Vol. 93, No. 2. – P. 139-144.
8. Sharma S., Pradhan K., Satya S., Vasudevan P. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses – a review // *Journal of American Science*. – 2005. – Vol. 1, No. 1. – P. 4-16.
9. Qazaqstan Respublikasynyng agrokhimiiya boıynsha ultiq standarttary [National standards of the Republic of Kazakhstan on agrochemistry]. – Astana, 2018. – 86 p. [in Kazakh].
10. Orozco F.H. et al. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients // *Biology and Fertility of Soils*. – 1996. – Vol. 22, No. 3. – P. 162-166.
11. Westerman P.W., Bicudo J.R. Management considerations for organic waste use in agriculture // *Bioresource Technology*. – 2005. – Vol. 96, No. 2. – P. 215-221.
12. Bernal M.P., Alburquerque J.A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review // *Bioresource Technology*. – 2009. – Vol. 100, No. 22. – P. 5444-5453.
13. Mkhabela M.S., Warman P.R. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2005. – Vol. 106, No. 1. – P. 57-67.
14. Lemunyon J.L., Gilbert R.G. The concept and need for a phosphorus assessment tool // *Journal of Production Agriculture*. – 1993. – Vol. 6, No. 4. – P. 483-486.
15. Hsu J.H., Lo S.L. Chemical stabilization of pig sludge with alkaline materials // *Bioresource Technology*. – 2001. – Vol. 76, No. 2. – P. 143-149.
16. Bhat S.A., Singh J., Vig A.P. Vermiremediation of dyeing sludge from textile mill with the help of earthworm *Eisenia fetida* // *International Journal of Environmental Science and Technology*. – 2013. – Vol. 10, No. 3. – P. 605-614.
17. Suthar, S. Vermistabilization of municipal sludge by *Eisenia fetida*: Seasonal variation in earthworm growth and activity // *Environmental Technology*. – 2008. – Vol. 29, No. 2. – P. 245-252.
18. Aira M., Monroy F., Domínguez J. Changes in microbial biomass and microbial activity of pig slurry after the transit through the gut of the earthworm *Eisenia fetida* // *Applied Soil Ecology*. – 2007. – Vol. 36, No. 2-3. – P. 183-189.
19. Kenzhetayev, A.Sh., Ospanov, S.Zh. Organikalyq tynghaıtqyghardyg mikrobiologiyalyq qaııpsızdigi [Microbiological safety of organic fertilizers]. – Almaty: KazNAU Publishing House, 2020. – 152 p. [in Kazakh].
20. Guidelines on Sanitation and Health. – Geneva: World Health Organization, 2018. – 227 p.
21. Vinnerås B., Jönsson H. The potential of faecal treatment processes for sanitizing and recycling nutrients in urine and faeces // *Bioresource Technology*. – 2002. – Vol. 84, No. 2. – P. 189-194.
22. Rodionova I.A., Sokolova E.N. Gigienicheskaya otsenka primeneniya izvesti v obrabotke navoza [Hygienic assessment of lime application in manure treatment] // *Veterinariya* [Veterinary Medicine]. – 2016. – No. 7. – P. 45-48. [in Russian].
23. The microbiological safety and quality of food: Microbial ecology of food commodities / B. Lund, P. McClure, D. Brown. – Cham : Springer, 2020. – 672 p.
24. GOST 26713–85. Organicheskie udobreniya. Metody opredeleniya vlazhnosti. – [Organic fertilizers Method for determination of moisture and dry residue]. – Introduced 01.07.1985. – Moscow: Ministry of Agriculture of the USSR, 1986. – 5 p. [in Russian].
25. ISO 10390:2005. Soil quality — Determination of pH.

26. GOST 26107–84. Pochvy. Metody opredeleniya obshchego azota [Soils. Methods for determination of total nitrogen]. – Introduced 01.01.1985. – Moscow: Ministry of Agriculture of the USSR, 1985. – 8 p. [in Russian].
27. GOST 26261–84. Pochvy. Metody opredeleniya podvizhnykh soedinenii fosfora i kaliya [Soils. Methods for determination of total phosphorus and total potassium]. – Introduced 01.07.1985. – Moscow: Ministry of Agriculture of the USSR, 1984. – 11 p. [in Russian].
28. GOST 26205–91. Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedinenii kaliya [Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Machigin method modified by CINAQ]. – Introduced 01.07.1993. – Moscow: Gosstandart of Russia, 1991. – 8 p. [in Russian].
29. GOST 26714–85. Organicheskie udobreniya. Metody opredeleniya zol'nosti [Organic fertilizers. Method for determination of ash content]. – Introduced 01.01.1987. – Moscow: Izdatelstvo Standartov, 1986. – 2 p. [in Russian].
30. Order of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan No. 209, dated 06.04.2011. Topyraqtyng sanitariyalyq-gigienalyq kórsetkishterin anyqtau ádistemesi [Methodology for determining the sanitary and hygienic indicators of soil]. [in Kazakh].
31. GOST 25311–82. Pochvy. Metody obnaruzheniya yaits gel'mintov [Feeding flour of animal origin. Methods for bacteriological analysis]. – Introduced 01.07.1983. – Moscow: IPK Izdatelstvo Standartov, 2002. – 7 p. [in Russian].
32. Khusainov, B.K., Zhumabekova, G.E. Organikalyq tynghaıtqyghtardy daıyndaı tekhnologiyalasy [Technologies for the preparation of organic fertilizers]. – Almaty: Kazakh University, 2020. – 156 p. [in Kazakh].
33. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater / APHA (American Public Health Association). – 23rd ed. – Washington, DC : APHA, 2017. – 1504 p.
34. Bernal M.P., Albuquerque J.A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review // Bioresource Technology. – 2019. – Vol. 100, No. 22. – P. 5444-5453.
35. Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan. Organikalyq tynghaıtqyghtargha qoıylatyn sanitarlyq-gigienalyq talaptar [Sanitary and hygienic requirements for organic fertilizers]. – Astana, 2019. – 40 p. [in Kazakh].