

УДК 101.67

## **АҒЫНДЫ СУЛАРДЫҢ ҚАТТЫ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН ОРГАНО-МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШ АЛУ**

**Жұмабекова Алтынай Нұрланқызы**

altynay99@mail.ru

Астана, Қазақстан, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті Жаратылыстану  
ғылымдары факультеті химия мамандығының 3- курс студенті  
Ғылыми жетекші – К. Gorazda, Б. Сүлейменова

Қазіргі уақытта тыңайтқыштар ауыл шаруашылығында өте маңызды рөл атқарады. Су тазалайтын мекемелерде адамдармен қолданылған ағынды сулардан (сточные воды) көп мөлшерде қатты қалдықтар түзіледі. Негізінен қатты қалдықтардың құрамы қоректік элементтер мен органикалық заттарға бай және олардың тыңайтқыштық потенциалы жоғары, тіпті басқа нарықтағы тыңайтқыштардан кем түспейді. Сондықтан, бұл қатты қалдықтарды тыңайтқыштар ретінде қолдану жоғарыда аталған мәселелердің оптималды шешімі бола алады. Бұл жобаның басты мақсаты - зертханада ағынды судың қатты қалдығынан орғано-минералды тыңайтқыш алу. Жоба Краков қаласы (Польша), Краков Технологиялық Университетінде жасалған болатын және жұмыс барысында Краков қаласындағы ағынды суларды тазалаушы мекемеден алынған қатты қалдықтар пайдаланылды. Дегенмен, қатты қалдықтар тікелей топыраққа қолданыла алмайды, себебі олардың құрамында ауыр металдар, патогенді микроорганизмдер және улы заттар болады. Сондықтан осы жоба нәтижесінде алынған тыңайтқыштың құрамындағы қатты қалдықтың үлесі 50%-дан аз болды. Оған қоса азот, фосфор және калий элементтері мөлшерінің қажетті қатынасын (N:P:K) алу үшін қатты қалдыққа қосымша қышқылдар мен тұздар, т.б. минералды компонентер қосылды. Ең соңында алынған тыңайтқыштың қоректік құрамы анализденіп, ол фитоулылыққа тестіленді.

**Кілттік сөздер:** ағынды су (сточные воды), қатты қалдық, орғано-минералды тыңайтқыш, N:P:K қатынасы, ауыр металдар.

### **Кіріспе**

Біз өмірімізді сусыз елестете алмаймыз және күнделікті суды әр түрлі қажеттіліктерімізге қолданамыз. Ол пайдаланылған су канализация немесе басқа құбырлар бойымен тарап, қалдық су немесе ағынды суға айналады. Ағынды сулардың құрамында әртүрлі ластағыш заттар мен қалдықтар болады, мысалы, сабын, тамақ қалдықтары, адамның

зәрі, майлар және өзге де химикаттар [1]. Ағынды сулар арнайы су тазалайтын мекемелерде біріншілік және екіншілік процестер арқылы тазаланады. Соңында осы ағынды суларды тазалау нәтижесінде қатты фазадағы қалдық немесе тұнба алынады. Қатты қалдықтың үш түрі белгілі: коммуналдық тазалау жұмыстарынан алынатын қатты қалдықтар, септиктерден шығарылатын қатты қалдықтар және өндірістік сулардың қатты қалдықтары [2]. Қатты қалдық құрамында улы заттар мен зиянды микроорганизмдер болуы мүмкін. Қалдықты басқарудың қазіргі кезде қолданылып жүрген түрлеріне қаланың сыртындағы қоқысқа (свалкаға) тастау, микроорганизмдермен ыдырату, өртеу және т.б. әдістер жатады. Алайда бұл әдістер экологиялық тиімді емес. Қатты қалдықтарды басқарудың инновациялық, тұрақты және экологиялық тиімді түрі – оларды тыңайтқыш ретінде қолдану. Қатты қалдықтың шамамен 50%-ы органикалық қосылыстар, ал органикалық қосылыстар өсімдіктің өсуінде үлкен рөл атқарады [3]. Оған қоса қатты қалдық өсімдіктерге қажет фосфор, азот, калий секілді макро және микроэлементтердің бай көзі болып табылады. Мысалы, 5% құрғақ заты бар 100 тонна ылғалды қалдықтың құрамында шамамен 190 кг азот, оның 50 кг-ы аммиак, 195 кг фосфат және 30 кг калий болады [4]. Сонымен қатар, ағынды сулардың қатты қалдықтарын орғано-минералды тыңайтқыш ретінде қолдану тағы бір үлкен мәселенің шешімі бола алады.

Фосфорит - тыңайтқыш өндірісіндегі фосфор және өзге де заттардың негізгі шикізат көзі. Әлемдегі фосфордың қоры ендігі шамамен тек 300-400 жылға ғана жетеді деген болжам бар және бұл адамзат үшін маңызды мәселе [5]. Сол үшін де қатты қалдық орғано-минералды тыңайтқыштар (ОМТ) өндірісінде қайта қалпына келетін екіншілік шикізат көзі ретінде қолданыла алады. Бірақ, құрамындағы улы компоненттер, патогенді микроорганизмдер және ауыр металдардың әсерінен біз қатты қалдықты тікелей топыраққа енгізе алмаймыз. Ағынды сулардан табылатын ауыр металдардың көбі адамдардың тұрмыстық қолданатын химикаттары мен дәрі-дәрмек қалдығынан жиналады. Оларға қорғасын, кадмий және мыс секілді элементтер жатады. Ал органикалық ластағыштардың болуы ол – қатты қалдықтарды қолданудың екінші кедергі мәселесі, себебі, олар тірі организмдер мен қоршаған ортаға зиян. Ағынды суларда болатын ең зиянды қосылыстарға полихлорланған дибензодиоксиндер, галоген қосылыстары және органикалық қалайы қосылыстары, полициклды ароматты көмірсутектер, тензидтер жатады [4]. Ауыр металдар мен улы компоненттердің әсерін болдырмау үшін қатты қалдық 100%-дық тыңайтқыш емес, тыңайтқыш өндірісінің бір компоненті ретінде қолданылғаны дұрыс болады. Сонымен қатар, өсімдіктер үшін азот, фосфор және калий элементтерінің дұрыс қатынаста болуы өте маңызды. Ал қатты қалдықта бұл элементтердің мөлшері қажетті қатынаста болмайды. Сол үшін де қатты қалдықты топыраққа енгізбес бұрын алдымен дұрыс тазалап, залалсыздандырып, қосымша компоненттермен минералдау қажет [5].

Бұл жұмыста ағынды судың қатты қалдығына негізделген орғано-минералды тыңайтқыш (ОМТ) алынды және оның нәтижелері талқыланды. Алынған тыңайтқышта азот, фосфор, калий элементтері мөлшерінің қатынасы дұрыс және ауыр металдар концентрациясы аз болды. Тыңайтқыштың құрамындағы элементтердің концентрациясы құрылғылармен анализденді және өнім фитоулылыққа тестіленді.

### **Материалдар мен әдістер**

Орғано-минералды тыңайтқыш (ОМТ) құрғақ қатты қалдыққа минералды қышқылдар мен тұздарды қосу арқылы алынды. Қышқылдар мен тұздар тыңайтқыштың қоректік құрамын арттырады және қажетті NPK (азот, фосфор, калий) қатынасын қамтамасыз етеді. Оған қоса, қышқылдар тыңайтқыш компоненттерін бір-бірімен байланыстырушы агенттің рөлін атқарады. Экспериментте негізгі шикізат ретінде Краков қаласындағы (Польша) ағынды суларды тазалаушы мекемеден (Waste Water Treatment Plant) алынған анаэробты өңделген қатты қалдық қолданылды. 1-кестеде қатты қалдықтың жеке элементтік құрамы берілген.

Кесте 1 - Қатты қалдықтың сипаттамасы

Қатты қалдық элементтері		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	8.35 (±0.08)	
K <sub>2</sub> O (мг/кг)	0.309	
N (%)	4.41 (±0.18)	
Ca (%)	2.76 (±0.37)	
Mg (%)	0.76 (±0.03)	
Fe (%)	2.53 (±0.08)	
Al (%)	1.56	
Zn (мг/кг)	906.8 (±58.3)	
Cu (мг/кг)	190.8 (±10.5)	
	ASA	ICP
Ni (мг/кг)	37.82	21.22
Cd (мг/кг)	14.65	1.28
Cr (мг/кг)	35.35	31.46
Pb (мг/кг)	33.78	38.82
Hg (мг/кг)		0.107

Ең бірінші, сыналатын өсімдік түрі мен оған қажетті NPK қатынасы таңдалынды. Мақсат ретінде соя өсімдігі қойылды және оған қажетті NPK қатынасы - 45:45:60. Келесі кадамда стандартты талаптарға сәйкес келетін органо-минералды тыңайтқыш алуға қажетті компонент түрлері мен олардың мөлшері жоспарланды. Еуропалық стандартқа сәйкес, органо-минералды тыңайтқыштың құрамындағы қатты күйдегі органикалық заттардың массалық үлесі (күрғақ күйінде) кемінде 20% болуы қажет. Сонымен қатар тыңайтқышта болуы міндетті элементтердің минималды мөлшері де анықталды: жалпы азот мөлшері (N) 1% (м/м), фосфор пентооксиді түрінде өрнектелген жалпы фосфор мөлшері (P) 0.5% (м/м) және калий оксиді түрінде өрнектелген калийдің жалпы мөлшері (K) 1% (м/м) [3]. Тыңайтқышқа калий сульфаты тұзы - калийдің көзі ретінде, азот қышқылы – азоттың көзі ретінде, фосфор қышқылы – фосфордың көзі ретінде қосылды. Азот және фосфор қышқылдары қосымша байланыстырушы агенттің де рөлін атқарды. Сондай-ақ органо-минералды тыңайтқыштар (ОМТ) өндірісінде рұқсат етілген ауыр металдардың максимум концентрациясы берілген: Cr—100 мг; Cd—5 мг; Ni—60 мг; Pb—140 мг; Hg—2 мг [3]. Үшінші кадам таңдалған және мөлшері есептелген тыңайтқыш компоненттерін бірге қосу болды. Тыңайтқыштың жалпы массасы 110 г болуы керек деп есептелінді. Ауыр металдар мен улы қосылыстар әсерін болдырмау үшін 50 г қатты қалдық қолданылды және оның тыңайтқыштағы массалық үлесі 45%-ды құрады. ОМТ компоненттері араластырылып, 105 °С-та 2 күн кептірілді. Алынған соңғы өнім азот және күкірт қышқылдарымен минералдандырылып, кейін анализденді. Тыңайтқыштың химиялық құрамы атомдық жалын спектроскопия құрылғысымен анықталынды. Ал жалпы фосфордың мөлшері мен суда еритін фосфор мөлшері спектрофотометрия әдісімен өлшенді.

Ең соңында өнім фитоулылыққа сыналды. 0.24 г тыңайтқыш 100 г топырақпен араластырылып, оған 25 мл су қосылды. Кейін қоспа өлшемі 0.000001117 га болатын төрт бөлікке бөлінген арнайы пластик контейнерге төртке бөлініп орналастырылып, беті ақ қағазбен жабылды. Қағаз топырақтағы қоректік заттарды абсорбциялайды. Үлгілердің үшеуіне тыңайтқыш қосылды да, бір бақылаушы үлгіге тыңайтқыш қосылған жоқ. Әрбір контейнерге 10 қыша дәні салынды да, олар үш күн тұрақты температурада кептіргіште кептірілді.

#### **Нәтижелер мен талқылаулар**

Айтылып өткендей, қатты қалдықтың массалық үлесі жалпы өнім массасының 45%-ын құрады. Тыңайтқышқа 20 г калий сульфаты қосылған соң, оның өнімдегі массалық үлесі 18% болды. Сонымен қатар, 52.5%-дық 20 г азот қышқылы мен 20 г 50%-дық фосфор қышқылдары да құйылды. Сонда жалпы массасы шамамен 110 г болатын ОМТ алынды.

Кесте 2 - ОМТ-тың элементтік құрамы

Элементтер	ОМТ-тағы концентрациясы
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	17.68
K <sub>2</sub> O %	10.05
Ca (г/кг)	13.34
Mg (г/кг)	4.6
Fe (г/кг)	10.01
Zn (г/кг)	0.75
Cu (г/кг)	0.22
Cd (г/кг)	0.01
Pb (г/кг)	0.04

Алынған өнімнің қоректік құрамы жоғары болды. Нәтижелерде көрсетілгендей тыңайтқыштың құрамында 17.68% (185.5 г/кг) фосфор болды және бұл өсімдіктер үшін оптималды концентрация. Калийдің концентрациясы да қосымша калий сульфатын қосуға байланысты жоғары (10.05%) болды. Ал микроэлементтерге келетін болсақ, кальций (13.34 г/кг) мен магний (4.6 г/кг) концентрациялары да оптималды деңгейде екенін көре аламыз. Анализ нәтижелерінен көрініп тұрғандай, өнімнің ауыр металдарға қатысты мәселесі болған жоқ, Fe, Zn, Cu, Cd, Pb металдарының концентрациясы төмен болды. ОМТ-тағы суда еритін фосфордың мөлшері спектрофотометриялық әдіспен анықталынды. Бұл мәлімет арқылы біз тыңайтқыштың еру дәрежесін біліп, ластануларды болдыртпауға тырыса аламыз. Жалпы фосфордың мөлшері 17.68 г/кг болса, суда еритін фосфордың мөлшері 15.13 г/кг болды (Диаграмма 1). Фосфордың суда ерігіштігі 86% құрады, яғни өнім суда өте жақсы ериді.

Ал физикалық қасиеттеріне келер болсақ, алынған тыңайтқыш қиын үгітілетіндей қатты және берік болды. Тыңайтқыш грануляция процесінен өткен жоқ, бірақ өнімде өздігінен пайда болған әртүрлі өлшемді және пішінді гранулалар байқалды. Гранулалардың пайда болуына азот және фосфор қышқылдарын баяу, араластыра отырып қосу әсер етті.

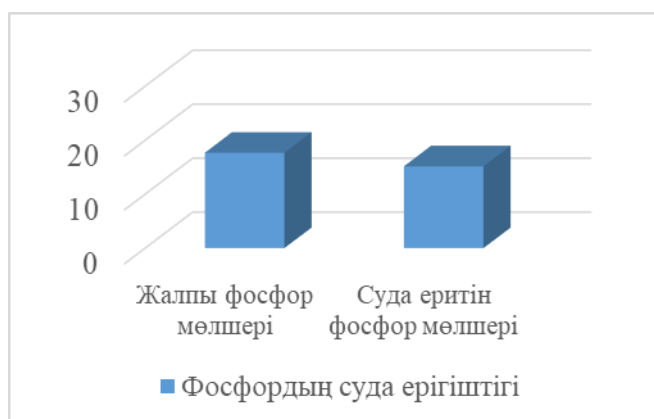
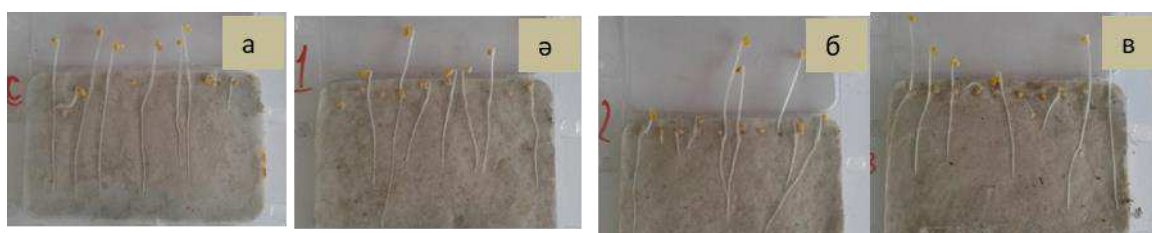


Диаграмма 1. Фосфордың суда ерігіштігі



Сурет 1. Алынған ОМТ



Сурет 2. Отырғызылған қыша дәндерінің үш күннен кейінгі көрінісі:  
а) бақылаушы үлгі; ә) 1-үлгі; б) 2-үлгі; в) 3-үлгі

Фитоулылық сынағының нәтижесі бойынша, бақылаушы үлгідегі өсімдік тамырының ұзындығы 45.50 мм болса, бірінші, екінші және үшінші үлгілердің тамырлары сәйкесінше 40.17 мм, 32.73 мм және 38.43 мм болды. Ал өсімдіктердің сабағы мен гүлінің ұзындығында өзгешеліктер байқалды: бақылаушы үлгіде оның мәні 26.23 мм болса, бірінші, екінші және үшінші үлгілерде сәйкесінше 23.13 мм, 29.55 мм және 28.54 мм құрады, яғни бақылаушы үлгімен салыстырғанда мәндері жоғары болды. Өнім фитоулылық сынағынан ойдағыдай өтті.

### **Қорытынды**

Ағынды сулардың қатты қалдықтарын органо-минералды тыңайтқыш ретінде қолдану мәселесі соңғы уақыттарда жиі талқылауға түсуде, оған себеп - өндірілетін қалдық мөлшерінің артуы. Қатты қалдық фосфор, азот, калий секілді элементтер мен органикалық заттардың қалпына келетін шикізат көзі бола алады.

Органо-минералды тыңайтқыш қатты қалдыққа калий сульфаты, азот және фосфор қышқылын қосу арқылы алынды. Себебі, олар тыңайтқыштың қоректік құрамын арттырды және байланыстырушы агенттің рөлін атқарды. Кейін тыңайтқыш алдымен химиялық құрамы бойынша анализденіп, оның құрамында өсімдіктердің өсуіне қажетті компоненттердің оптималды концентрациясы бар екені дәлелденді. Соңғы өнімнің құрамында 17.68%  $P_2O_5$  және 10.05% of  $K_2O$  болды. Одан соң тыңайтқыштағы ауыр металдардың концентрациясы анализденіп, металдар концентрациясының нормадан аспағаны және тыңайтқышты ауыл шаруашылығында қолдануға болатыны жайлы тұжырым жасалды. Ең соңында өнім фитоулылыққа сыналып, тыңайтқышы бар топырақта өскен өсімдіктердің сабағы мен гүлінің ұзындығы тыңайтқышсыз өскен өсімдіктердегіден үлкенірек мәнге ие болғаны тіркелді. Физикалық қасиеттеріне келсек, тыңайтқыш қатты болды және арасында өздігінен пайда болған гранулалар байқалды.

Қорытындылар қатты қалдықты тыңайтқыш өндірісінде шикізат ретінде қолдануға болатынын көрсетті. Бұл бізді тұрақты даму мен жасыл химияға жақындататын қадамдардың бірі болып табылады.

### **Қолданылған әдебиеттер**

1. M.Mohammed Ali, I.Syazwani, C.Hasfalina, N.Norsyahariati Wastewater Treatment and Biogas Recovery Using Anaerobic Membrane Bioreactors (AnMBRs): Strategies and Achievements // Energies. 2018 №11. P.1675
2. J.Hope Sewage Sludge Disposal and Utilization Study // Washington State Institute for Public Policy. 1986 №86-01-4101
3. H.Kominko, K.Gorazda, Z.Wzorek, K.Wojtas Sustainable Management of Sewage Sludge for the Production of Organo-Mineral Fertilizers // Waste Biomass Valor. 2017 №10. P.1817-1826
4. B.Wiechmann, C.Dienemann, C.Kabbe, S.Brandt, I.Vogel, A.Roskosch Sewage sludge management in Germany // Umweltbundesamt (UBA). 2013
5. H.Kominko, K.Gorazda, Z.Wzorek The Possibility of Organo-Mineral Fertilizer Production from Sewage Sludge // Waste Biomass Valor. 2017 №5. P.1781-1791