



ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ И РЕНТГЕНОВСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОСФОРНО-ГУМУСОВЫХ УДОБРЕНИЙ

Темиров Укташ Шавкатович - (temirov-2012@mail.ru) докторант, кафедра Химическая технология, Навоийский государственный горный институт, PhD

Донияров Нодир Абдухакимович - декан "Химико-металлургического" факультета Навоийский государственный горный институт, док. тех.наук,

Усанбаев Назимуддин Халмурзаевич - ведущий научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, док. тех.наук,

Тагаев Ильхам Ахрорович - доцент кафедры «Химическая технология» Навоийский государственный горный институт, канд. сель-хоз. наук.

Азимова Дурдона Аюдуллоевна - младший научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз,

Жумаева Гулнисо Юлчи қизи – лаборант, Институт общей и неорганической химии АН РУз,

Аннотация. Изучено взаимодействие гуминовых кислот, выделенных из активного ила, с некондиционными фосфоритами Центральных Кызылкумов. Методом химического, рентгенографического анализа и ИК-спектроскопия изучены некондиционные фосфориты Центральных Кызылкумов шламовый фосфорит, гуминовые кислоты и их продукты взаимодействия. Показано что в процессе получения органоминеральных удобрений на основе некондиционных фосфоритов и активного ила происходит взаимодействие между гуминовой кислотой и фосфоритом с образованием гуматов кальция, монокальцийфосфата и дикальцийфосфата.

Ключевые слова. Гуминовые кислоты, шламовые фосфориты, активный ил, органоминеральные удобрения, монокатальный фосфат, дикальцийфосфат.

ФОСФОР -ГУМУСЛИ ЎГИТЛАРНИНГ ИҚ СПЕКТРОСКОПИК ВА РЕНГЕНОГРАФИК ТАХЛИЛИ

Темиров Ўкташ Шавкатович - Навоий давлат кончилик институти Кимё технология кафедраси докторанти, техника фанлари фалсафа доктори (PhD),

Донияров Нодир Абдухакимович - Навоий давлат кончилик институти "Кимё-металлургия" факултети декани, техника фанлари доктори,

Усанбайев Назимуддин Халмурзаевич - Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Умумий ва ноорганик кимё институти баш илмий ходими, техника фанлари доктори,

Тагаев Илҳом Ахрорович - Навоий давлат кончилик институти Кимё технологиялари кафедраси доценти, қишлоқ ҳўжалиги фанлар номзоди.

Азимова Дурдона Аюдуллоевна - Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Умумий ва ноорганик кимё институти кичик илмий ходими.

Жумаева Гулнисо Юлчи қизи - Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Умумий ва ноорганик кимё институти лаборанти.

Аннотация. Фаол лойқадан ажратиб олинган гумин кислоталарнинг нокондицион Марказий Қизилкумнинг фосфоритлари билан ўзаро таъсири ўрганилди. Нокондицион Марказий Қизилкум фосфорити шламли фосфорит, гумин кислоталари ва уларнинг ўзаро таъсири маҳсулотлари кимёвий, рентгенографик, ИК-спектроскопик усуслда ўрганилди. Нокондицион фосфорит ва фаол лойқа асосида органик минерал ўғитлар олиниш жараёнида гумин кислота ва фосфорит билан ўзаро таъсирлашуви гумат калций, монокатлсий фосфат, дикальцийфосфат ҳосил бўлиши билан боришини кўрсатди.

Калит сўзлар. Гумин кислоталар, шлам фосфоритлари, фаол лойқа, органоминерал ўғитлар, монокатлсий фосфат, дикальцийфосфат.

IR SPECTROSCOPIC AND X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS OF PHOSPHORUS-HUMUS FERTILIZERS



Temirov Uktam Shavkatovich - doctoral student, Department of Chemical Technology, Navoi State Mining Institute, Doctor of Philosophy (PhD),

Doniyorov Nodir Abduhakimovich - Dean of the Faculty of Chemistry and Metallurgy of Navoi State Mining Institute, Doctor of Technical Sciences,

Usanbayev Nazimuddin Khalmurzaevich - Chief Research Fellow of the Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Doctor of Technical Sciences,

Tagaev Ilhom Akhrorovich - Associate Professor of Chemical Technology, Navoi State Mining Institute, Candidate of Agricultural Sciences.

Azimova Durdona Abdulloyevna - junior researcher of the Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Doctor of Technical Sciences,

Jumayeva Gulniso Yulchi qizi - laboratory assistant of the Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Doctor of Technical Sciences,

Annotation. The interaction of humic acids isolated from activated sludge with substandard phosphorites of the Central Kyzyl Kum is studied. By the method of chemical, X-ray diffraction analysis and IR-spectroscopy, substandard phosphorites of the Central Kyzyl Kum, slime phosphorite, humic acids and their interaction products were studied. It is shown that in the process of obtaining organomineral fertilizers based on substandard phosphorites and activated sludge, there is an interaction between humic acid and phosphorite with the formation of calcium humates, monocalcium phosphate and dicalcium phosphate.

Keywords. Humic acids, sludge phosphorites, activated sludge, organic fertilizers, monocatal phosphate, dicalcium phosphate.

Ҳозирги кунда тупроқ унумдорлигини сақлаш қишлоқ- хўжалигининг енг долзарб вазифаларидан биридир. Тупроқ унумдорлигини сақлашда органик моддалар мухим рол ўйнайди ва унинг асосий унумдорлигини белгиловчи қисми гумусдир. Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалиги ҳозирги кунда азотли ва калийли ўғитларга бўлган эҳтиёжини тўлиқ қондирган ҳолда, фосфорли ўғитларга бўлган эҳтиёжини атиги 29 фоизга қопланган. Шунинг учун фосфорли ўғитларга бўлган эҳтиёж ниҳоят баланд даражада бўлиб, Қизилкум фосфорит комбинатида фосфоритли хом-ашёсини бойитиш жараёнида қўшимча чиқинди сифатида ажралиб чиқкан паст навли фосфоритлар таркибида фойдали модда сифатида 12-14% P₂O₅, чиқинди шламлар таркибида эса 8-11% P₂O₅ борлиги аниқланган бўлиб, ҳозирги вақтга келиб, паст навли фосфоритлар миқдори 15 млн.т. ва шламлар миқдори 6 млн.т.дан ошиб кетган. Шунинг учун ушбу чиқиндилар таркибидан фойдали моддани ажратиб олиш учун кам харажатли биотехнологик усуслни қўллаб, янги турдаги органоминерал ўғитни олиш долзарб муаммолардан биридир[1-3].

Қизилкум фосфоритлари асосан фосфатланган фаунистик қолдиқлардан иборат бўлиб, майда донали кальцитли цемент билан мустахкамланган. Изотропли ва заиф кристалланган фосфат нуқтали кальцит доналари билан чиганоқнинг ички бўшлигини тўлдирган. Айrim ҳолларда, фосфат билан ўрин алмашган ва сақланиб қолган реликт кальцит чиганоқларнинг пўсти ва ички тўсиқларини ҳам ташкил этган. Фосфатли бирикмалар ичидаги кальцит, “эндокальцит”, жинсни цементлаб бириктирувчи кальцит эса “экзокальцит” деб номланган. Кальций карбонатининг учинчи шакли фосфат минералининг кристалл панжарасига изоморф бириккан ҳолда учрайди. Фосфоритларнинг цемент асоси майда донали кальцитдан иборат бўлиб, лойсимон ёки фосфатли лойсимон моддалардан иборат. Асосий фосфатли минерал – франколит (фторкарбонатапатит) ва кальцит маъданларнинг 80-90% ташкил этади.

Донадор фосфорит рудаларининг минералогик таркибини ўрганиш, уларнинг бир хиллиги ҳақида далолат беришади.



Кимёвий таркиби жиҳатидан шаҳар чиқинди сувларини тозалаш жараёнида ҳосил бўлган фаол лойқа органоминерал ўғитлар олиш учун асосий хом ашёлардан биридир. Ушбу чўқиндилар биоген ва абиоген келиб чиқадиган турли хил органик ва ноорганик моддаларни, шу жумладан токсик елементларни, патоген микроорганизмларни, гелминт тухумларини ва бошқаларни ўз ичига олади. Чўқиндиларда ифлослантирувчи моддалар мавжудлигига қарамай, таркибида ўсимликларнинг озиқланиши учун кўплаб озуқавий моддалардан ташкил топган бўлиб, 50% гача органик моддалар, 1-2% умумий азот, 3-5% фосфор беш оксиди, шунингдек ўсимликлар учун бошқа макро- ва микроэлементлар мавжуд. Фаол лойқа қишлоқ хўжалигида ишлатиш уларда оғир металларнинг мавжудлиги билан чекланади, уларнинг миқдори рухсат етилган концентрациядан ошиб кетиши мумкин. Аммо сўнгги йилларда чиқинди сувларни тозалаш технологиялари такомиллаштирилгани ва бир қатор саноат тармоқлари қисқарганлиги сабабли янги ҳосил бўлган лой таркибида оғир металларнинг миқдори пастроқ. Шу сабабли, кўплаб илмий-тадқиқот муассасалари канализация лойлари асосида ўғитларни ишлаб чиқариш ва улардан фойдаланишнинг самарали, экологик тоза технологияларини ишлаб чиқармоқдалар[4-5].

1 жадвал. Марказий Қизилқум фосфоритларининг минералогик таркиби.

| Минералнинг номи | Кимёвий формуласи | Миқдор, % | Минералнинг номи | Кимёвий формуласи | Миқдор, % |
|--|---|-----------|----------------------------|---|---------------|
| Франколит | $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})^* (\text{PO}_4)_3$ | 56,0 | Гипс | $\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 3,5 |
| Кальцит | CaCO_3 | 22,5 | Гётит | $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | 1,0 |
| Фторапатит ва гидроксилапатитлар | $\text{Ca}_4(\text{CaF})(\text{PO}_4)_3$ $\text{Ca}_4(\text{CaOH})(\text{PO}_4)_3$ | 4,0 | Цеолитлар | SiO_4 ва AlO_4 тетраэдр. фрагментлари | 1,0 кам |
| Кварц | SiO_2 | 7,5-8,0 | Органик модда | Оксалатлар | 0,5 атрофид а |
| Гидрослюдали минераллар ва дала шпатлари | $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (Na, Ca, Ba) | 4,0-4,5 | Камёб элементлар йиғиндиси | Камёб ер элементлари | 0,03 |

Паст навли марказий Қизилқум фосфоритларини қорамол гўнги ва парранда чиқиндиси қўшиб компостлар тайёрлаш йўли билан органик минерал ўғитлар олиш жараёнлари ўрганилган. Компостларни етилтириш даомийлиги, гўнгнинг миқдори ортиши ўзлашучан шаклдаги фосфор ва кальцийни кўпайишига таъсири аниqlangan. Компостлаш давомийлиги ортиши билан барча нисбатларда ўзлашувчан шаклдаги фосфор ва кальций миқдорлари ошиши кузатилган. Ўрганилган нисбатларда (гўнг : фосфорит = 100 : (2-25)) уч ойлик етилтиришдан сўнг қўйдаги кўрсаткичлар билан тавсифланадиган органик минерал ўғитлар олинди (оғир. %): 1,32- 2,79 P_2O_5 умум; 0,95-1,26 P_2O_5 ўзл трилон Б бўйича; 0,83-1,21 P_2O_5 ўзл 2 %-ли лимон кислотаси эритмаси бўйича; 2,09-7,13 CaO умум; 1,76-5,52 CaO ўзл; 15,29-12,52 органик моддалар; 2,67-2,03 гумин кислоталар; 6,27-5,34 фульвокислоталар; 2,07-1,68 сувда эрийдиган органик моддалардан ташкил топган [6-8].



Нокондицион фосфоритларни сульфат кислота билан түлиқсиз меъёрда парчалаш ва сүнгра уни оқава сувлар чўкиндиси билан органик минерал ўғитларга қайта ишлаш жараёнлари ўрганилган. Бунда фософрит таркибидаги фосфор беш оксидининг ўсимлик ўзлашувчан ҳолатга ўтишида сульфат кислота таъсиридан ташқари фаол лойқа таркибидаги гумус моддалар ва микроорганизимларнинг таъсири юқори эканлиги аниқланган [9-10].

Ушбу муаммолардан келиб чиқсан ҳолда Марказий Қизилқум нокондицион фосфоритларни фосфор-гумусли компостли ўғитлар тайёрлаш жараёнида ишлатиш, ушбу мақсад учун эса фаол лойқадан фойдаланиб органик минерал ўғитлар олиш жараёнида фосфор беш оксидининг ўсимлик ўзлашувчан ҳолатга ўтишида гумус моддалар таъсири ўрганилди.

Фосфор-гумусли компостли ўғитлар тайёрлаш жараёнида гумин кислоталар иштирокида фосфоритлар парчаланиши механизмини аниқлаш учун соф ҳолдаги гумин кислота фаол лойқадан тайёрланган намунадан ажратиб олинди. Бунинг учун фаол лойқа наъмунаси 1 %-ли NaOH сувли эритмаси ёрдамида экстракцияланди. Гумин кислоталарни чўкмага тушириш учун фильтратга 5 %-ли HCl эритмаси билан ишлов бериб чўкмани хлор ионларидан сув ёрдамида тозаланди ва қуритилди.Faол лойқадан ажратиб олинган гумин кислота таркиби қуйидагича (%): намлиги 3,35; кули 6,43; углерод 48,51; водород 3,46; азот 3,38; кислород ва олтингугурт 40,57; функционал группалар; -COOH 5,14 мг-экв/г, -OH 4,37 мг-экв/г. Фосфорит ва гумин кислоталар таъсирашуви қуйидагича ўрганилди. Таъсирашувчи моддалар нокондицион фосфорит ва гумин кислота 1 : 0,1 дан 1 : 2 гача бўлган оғирлик нисбатда олинди. Моддаларни фарфорли ховончага солиб 15 дақиқа давомида бир хил ўлчамга эга бўлгунча майдаладик. Сўнгра уларни 250 мл ли колбага ўtkазиб устидан 100 мл дистирланган сув қўйилди. Колбаларни ротацион аппаратга ўрнатиб, арапашмаларни 6 соат давомида арапаштиридик ва 25°C да 24 соат давомида ушлаб турилди. Сўнгра эритмаларни фильтрлаб фильтратдаги сувда эрийдиган P₂O₅ миқдорлари аниқланди. Чўкмаларни колбага қайтариб қўйилиб, трилон Б 0,2 M эритмасида эритилиб, ўзлашувчан шаклдаги P₂O₅ миқдорлари аниқланди. Faол лойқадан соф ҳолда ажратиб олинган гумин кислоталарнинг нокондицион фосфоритлар билан таъсирашув маҳсулотларини рентгенографик, ИК-спектроскопик тахлиллари тадқиқ этилди.

Рентгенографик тахлил дифрактометр XRD-6100 (Shimadzu, Japan) ускунасида, ИК-спектроскопик тахлил эса Irtracer 100 (Shimadzu) ускунасида амалга оширилди. Олинган натижалар тўлиқ тахлил қилинди аниқланган [11-15].

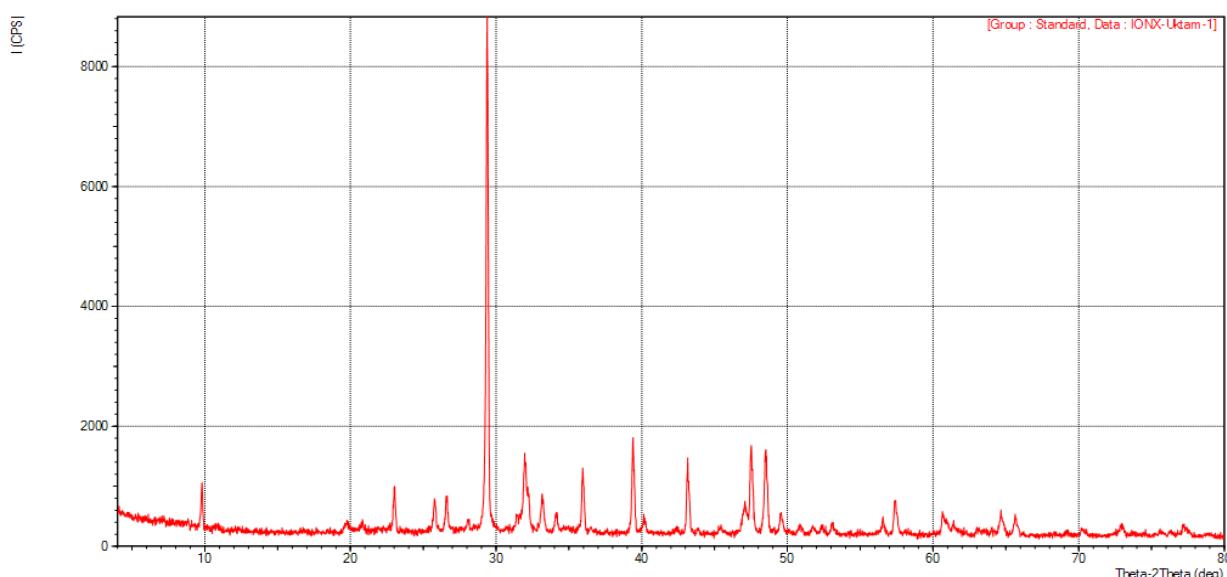
2 жадвал. Шламли фосфорит ва фаол лойқа таркибидан ажратиб олинган гумин кислатаси асосида олинган намуналарнинг таркибидаги фосфор беш оксидининг ўзлашувчан ҳолатга ўтишининг оғирлик нисбатига боғлиқлиги.

| Оғирлик нисбати Фосфорит : Гумин кислота | Таркибий кисми % | | | P ₂ O ₅ сув. эр. .100 P ₂ O ₅ умум. % | P ₂ O ₅ ўзл. .100 P ₂ O ₅ умум. % | pH |
|--|--|--|---|--|--|------|
| | P ₂ O ₅ умум. | P ₂ O ₅ сув.эр. | P ₂ O ₅ ўзл. 0,2 M Тр. Б да | | | |
| 1 : 0 | 10,33 | - | 2,72 | - | 26,35 | 8,40 |
| 1 : 0,2 | 8,60 | 0,142 | 3,13 | 1,65 | 36,45 | 7,86 |
| 1 : 0,4 | 7,36 | 0,141 | 3,10 | 1,92 | 42,15 | 7,63 |
| 1 : 0,6 | 6,43 | 0,138 | 3,04 | 2,15 | 47,36 | 7,39 |
| 1 : 1,0 | 5,13 | 0,170 | 2,78 | 3,31 | 54,12 | 7,13 |
| 1 : 1,5 | 4,10 | 0,230 | 2,44 | 5,61 | 59,66 | 6,86 |
| 1 : 2,0 | 3,40 | 0,239 | 2,26 | 7,02 | 66,56 | 6,63 |

2 жадвалда келтирилган тадқиқот натижалари шуни кўрсатдик ўзлашувчан шаклдаги P_2O_5 миқдори дастлабки фосфоритда 26,35% ташкил этади, гумин кислота билан 1 : 0,2 ўзаро оғирлик нисбатда таъсиrlашувидан сўнг эса фосфорида ўзлашувчан шаклдаги P_2O_5 миқдори 36,45%, 1 : 2 оғирлик нисбатда эса ушбу кўрсаткич 66,56% гача ошди.

1-3 расмларда келтирилган рангенографик тахлилларда гумин кислоталарнинг нокондицион фосфоритлар билан таъсиrlашув бошланғич маҳсулотларда аниқланмаган 4,93; 3,20; 2,57; 2,09; 1,77; 1,71; 1,60 \AA° тўлқин узунлиги монокальцийфосфатга, 4,48; 4,23; 3,75; 2,88; 2,72; 2,61; 2,50; 2,02 \AA° тўлқин узунлиги дикальцийфосфатга тегишилиги аниқланаб фосфор беш оксидининг ўзлашувчан ҳолатга ўтиши аниқланди. Тахлилларда 3,86; 3,03; 2,49; 2,28; 2,09; 1,91 \AA° тўлқин узунлиги йўқолиши карбонатизланиш жараёни борганигини кўрсатади.

```
File Name : Standard\IONX-Uktam-1           Comment :
Sample Name :                               Date & Time : 01-09-19 10:32:13
Condition
  X-ray Tube : Cu(1.54060 \text{\AA})   Voltage : 30.0 kV   Current : 30.0 mA
  Scan Range : 4.00000 <-> 80.00000 deg   Step Size : 0.02000 deg
  Count Time : 0.30 sec     Slit DS : 1.00 deg   SS : 1.00 deg   RS : 0.30 mm
```

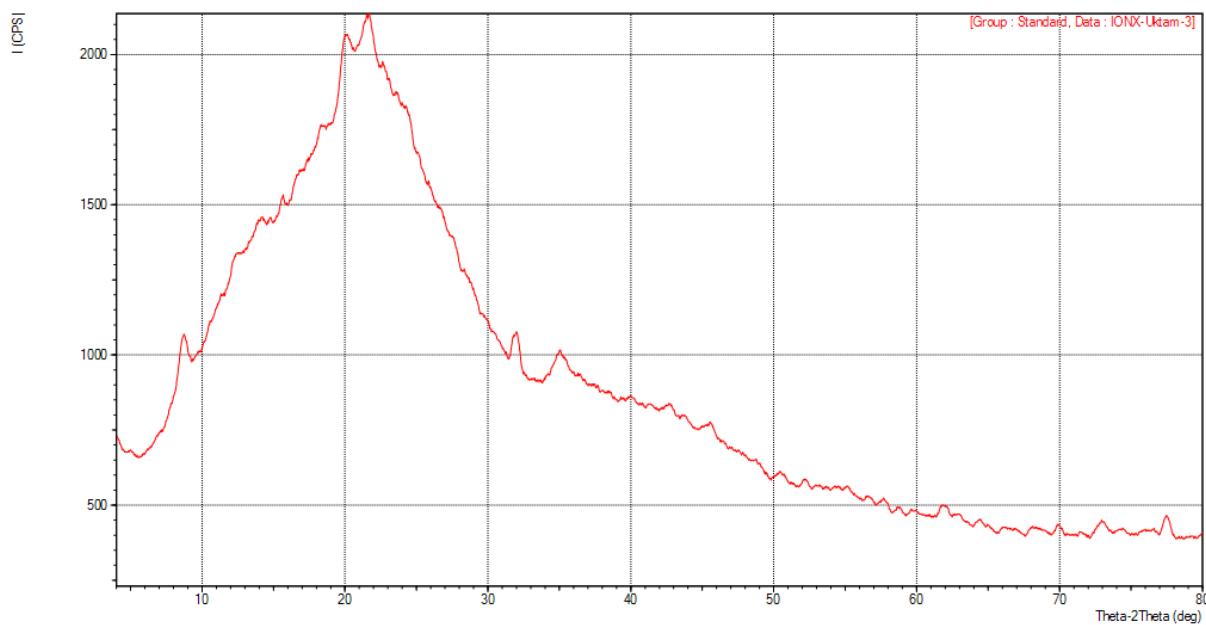


1 расм. Шламли фосфоритнинг рентгенографик тахлили.

Фаол лойқадан соф ҳолда ажратиб олинган гумин кислоталарнинг нокондицион фосфоритлар билан таъсиrlашув маҳсулотларини келтирилган 3-6 расмлардаги ИК-спектроскопик тахлиллари 470; 570; 1330; 1427; 1685; 3568 cm^{-1} тўлқин узунликлари 424; 567; 1265; 1342; 1408; 1423; 1674; 3448 cm^{-1} тўлқин узунлигига силжигани ҳамда 713; 875; 1620; 1427 cm^{-1} тўлқин узунликлари йўқолганилиги аниқланди. Ушбу 567; 1265 cm^{-1} тўлқин узунлиги монокальцийфосфатга, 424; 567; 798; 1627; 1674 cm^{-1} тўлқин узунлиги дикальцийфосфатга ва 713; 875; 1620; 1427 cm^{-1} тўлқин узунлиги турли карбонатларга тегишилиги аниқланди. Бунда гумин кислоталарнинг нокондицион фосфоритлар билан таъсиrlашув натижасида фосфор беш оксидининг ўзлашувчан ҳолатга ўтиши билан карбонатли бирималарнинг камайганлиги ўрганилди.

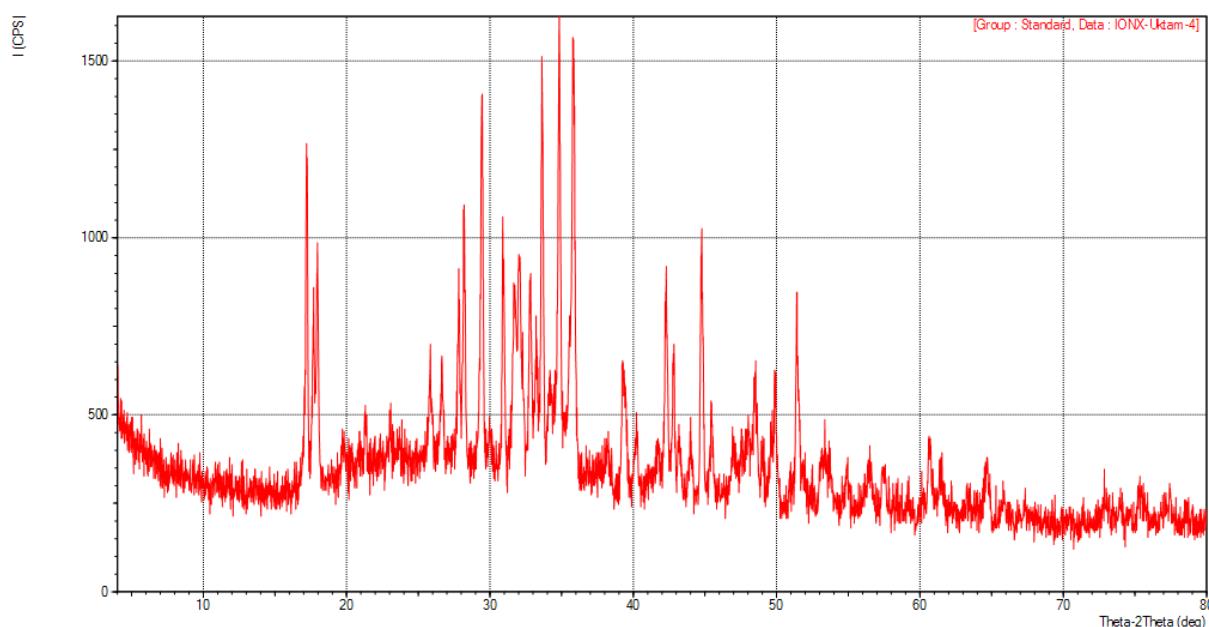


File Name : Standard\IONX-Uktam-3
Sample Name : Comment :
Date & Time : 01-09-19 11:14:25
Condition
X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 30.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 4.0000 <-> 80.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
Count Time : 0.30 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm

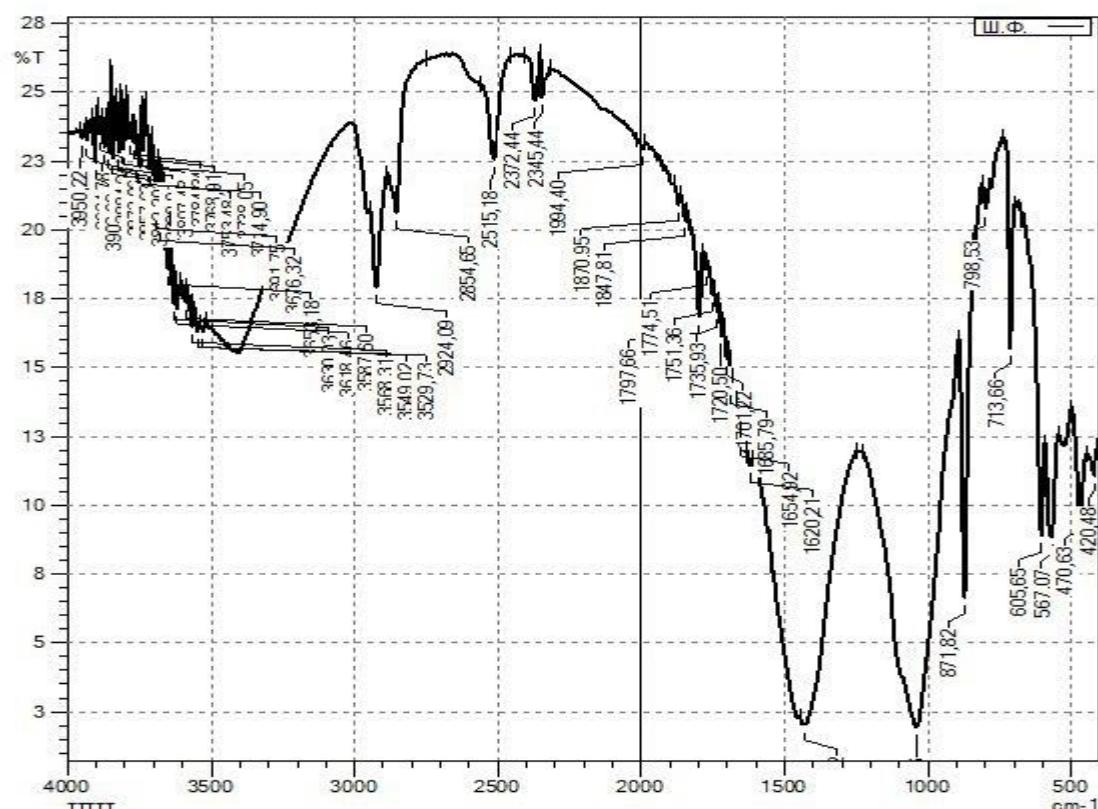


2 расм. Фаол лойқа таркибидан ажратиб олинган гумин кислатасининг рентгенографик таҳлили.

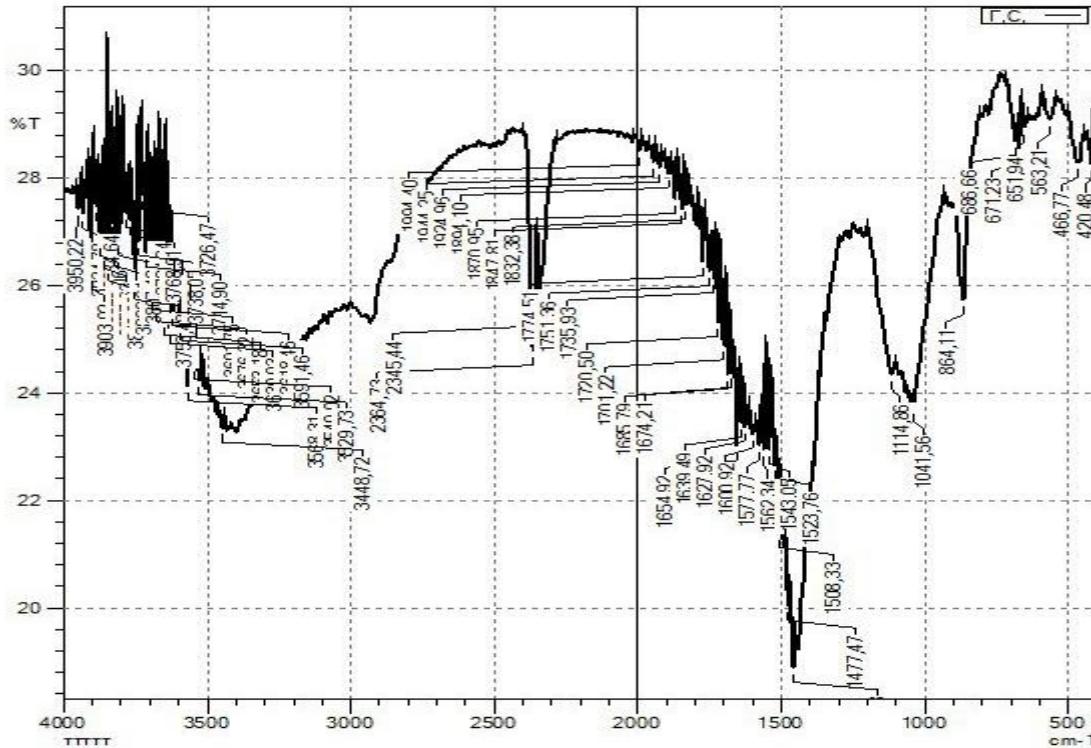
File Name : Standard\IONX-Uktam-4
Sample Name : Comment :
Date & Time : 01-09-19 11:37:04
Condition
X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 30.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 4.0000 <-> 80.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
Count Time : 0.30 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm



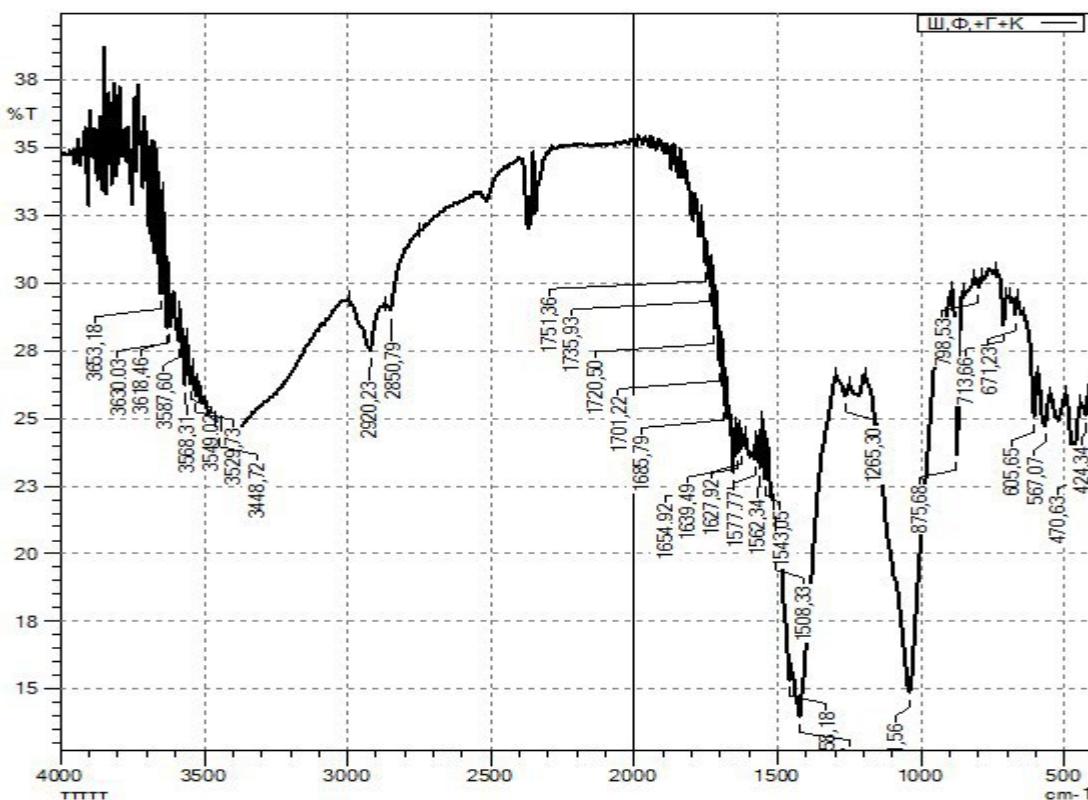
3 расм. Шламли фосфорит ва фаол лойқа таркибидан ажратиб олинган гумин кислатаси асосида олинган намунанинг рентгенографик таҳлили.



4 расм. Шламли фосфоритнинг ИК-спектроскопик таҳлили.



5 расм. Фаол лойқа таркибидан ажратиб олинган гумин кислатасининг ИК-спектроскопик таҳлили.



6 расм. Шламли фосфорит ва фаол лойқа таркибидан ажратиб олинган гумин кислатаси асосида олинган намунанинг ИК-спектроскопик таҳлили.

Хулоса қилганда фаол лойқадан ажаратиб олинган гумин кислота дастлабки шламли фосфорит ва уларнинг таъсирлашув махсулотларида ўтказилган кимёвий, ренгенографик ҳамда ИК-спектроскопик тадқиқотлар натижалари таъсирлашув реакциялари гумин кислоталар корбоксил группалари ва ортафосфат анионларининг кальций ионлари иштироқида кислота асос механизми бўйича эримайдиган гумат кальций хосил бўлиши ва эрийдиган монокальцийфосфат ажралиши билан боришини кўрсадти.

Адабиётлар рўйхати:

1. Иванов В.М. Гумус: основы плодородия // AgroONE (Украина). 2018. № 24. – С.12-13.
2. Титова И.Н. Гуматы и почва. Москва: ИЛКО, 2006. - С.9-12.
3. Хайриддинов А.Б., Раупов Б., Бобоев Ф. Плодородия почвы Узбекистана// Международный научный журнал «Символ науки». 2017. № 06. – С.51-53.
4. Мерзлая Г.Е. Использование органических отходов в сельском хозяйстве. Российский химический журнал 2005, т. XI.IX. №3, – С. 48-54.
5. Зайнуллин Р.Р., Галяутдинов А.А. Современное состояние и перспективы утилизации осадков точных вод. Международный научный журнал «Инновационная наука» № 6. 2016. – С. 74-75.
6. Temirov Uktam, Namazov Shafoat, Najimuddin Usanbayev Intensive technology for processing bird litter in organomineral fertilizers // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. [Russ. J. Chem. & Chem. Tech.]. 2020. V. 63. N 12. P. 85-94. DOI: <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20206312.6210>



7. Temirov, U. S., Namazov, S. S., Usanbaev, N. H., Sultonov, B. E., & Reymov, A. M. (2018). Organic-mineral Fertilizer Based on Chicken Manure and Phosphorite from Central Kyzylkum. *Chemical Science International Journal*, 24(3), 1-7. <https://doi.org/10.9734/CSJI/2018/43452>
8. У.Ш.Темиров, П.Х.Ганиев, Ш.С.Намазов, Н.Х.Усанбаев. Особенности компостирования навоза крупного рогатого скота и фосфоритного шлама с добавкой фосфогипса. // Электронный научный журнал. Universum: химия и биология: – Новосибирск, 2018. – № 8(50) – С. 25-33. <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/6202>
9. Ilkhom Tagaev, Nodirjon Doniyorov, Anvar Asrorov, Islom Murodov, N.KH. Usanbaev & Uktam Temirov. Distinctive IR-Spectroscopic Features of Functional Groups of Low-Grade Phosphorites After Microbiological and Acid Processing // Land Science, 2020, Vol. 2, No. 1, pp. 43-54. DOI: <https://doi.org/10.30560/lv.v2n1p43>
10. Nodirjon Abdihakimovich Doniyorov., Ilkhom Ahrorovich Tagayev. "Obtaining a new kind of organic fertilizer on the basis of low-grade phosphorite of Central Kyzylkum" MZ - M&G. 2018. Vol. 65. pp.01-09. DOI 10.2478/rmzmag-2018-0016
11. Alphabetikal and Group Numerical Index of X-Ray Diffraction Data. / Изд-во Американского общества по испытанию материалов. Нью-Йорк. 1973.
12. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. В 2-х томах. – М., 1957 г, т.1. – 868 с.
13. Гиллер Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний. В 2-х т. – М.: Недра. 1966. – 330 с.
14. Накамото К. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. / Под. ред. Пентина Ю.А. М.: 1966.-412с.20.
15. Печковский В.В., Мельникова Р.Я. и др. Атлас инфракрасных спектров фосфатов (ортофосфаты). - М.: Наука. 1981.-248 с.