DOI:10.26104/NNTIK.2022.84.73.014

Мустафа Долаз, Шайкиева Н.Т., Жумадилова Э.

ТЕМИР КЫРЫНДЫСЫ МЕНЕН ТОЛТУРУЛГАН НАСАДКАЛЫК РЕАКТОРДО ФЕНОЛДУ ТАЗАЛОО

Мустафа Долаз, Шайкиева Н.Т., Жумадилова Э.

УДАЛЕНИЕ ФЕНОЛА В РЕАКТОРЕ С НАСАДОЧНЫМ СЛОЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗНОЙ СТРУЖКИ

Mustafa Dolaz, N. Shaykieva, E. Zhumadilova

PHENOL REMOVAL IN A PACKED BED REACTOR USING IRON SHAVINGS

УДК: 66.011:547.56/621.357

Ичүүчү сууларда же саркынды сууларда арылуусу кыйын болгон булганууга алып келген уулуу, органикалык эмес жана органикалык заттар ар кандай себептерден улам сууга аралашууда. Сууда булгоочу заттардын концентрациясы жогорулаган сайын суунун сапатына таасирин тийгизип аны төмөндөтөт. Суу менен аралашкан бул булгоочу заттарды ичүүдөн мурун же таштанды агымына агызуудан мурда чектүү деңгээлге чейин тазалоо керек. Бул булганууну суудан тазалоо үчүн үнөмдүү жана оңой колдонула турган ыкмалар күндөн-күнгө пайдалуу болуп баратат. Бул макалада, суудагы органикалык булгоочу заттардын бири болгон фенол Электро-Фентон (EF) ыкмасы менен жок кылынды. Бул ыкмада темирдин кырындылары анод катары, жана толтурулган насадкалык Электро-Фентон (EF) реактору колдонулду. Бул изилдөөдө системага берилген ток, суутек перекисинин көлөмү, темир иондорунун концентрациясы, суутек көрсөткүчү (pH), убакыт сыяктуу параметрлер изилденип чыкты.

Негизги сөздөр: *фенол, фентон, электро-фентон, темир кырындылары, суу тазалоо, суу.*

Токсичные, трудно удаляемые неорганические и органические вещества, вызывающие загрязнение питьевой воды или сточных вод, смешиваются с водой по разным причинам. Повышение концентрации загрязняющих веществ в воде влияет и снижает качество воды. Эти загрязняющие вещества, смешанные с водой, должны быть очищены до допустимых пределов, прежде чем они будут потреблены или сброшены в поток отходов. Чтобы удалить это загрязнение из воды, экономичные и легко применимые методы становятся все более полезными. В этой статье фенол, один из органических загрязнителей воды, будет удален методом Электро-Фентона (ЭФ). В этом методе в качестве анода будет использоваться железной стружки, а также реактор EF с насадочным слоем. В этом исследовании изучались такие параметры, как ток, подаваемый в систему, количество перекись водорода, показатель водорода (pH), время и концентрация ионов железа.

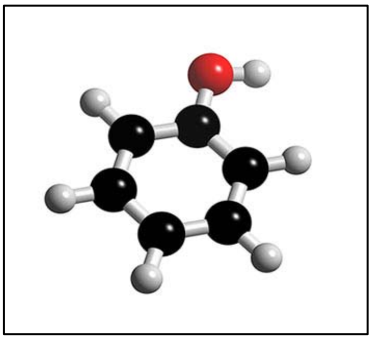
Ключевые слова: *фенол, фентон, электро фентон, железные стружки, очистка воды, вода.*

Toxic, inorganic and organic substances that cause pollution of drinking and standing water, which are difficult to get rid of, are mixed with water for various reasons. As the concentration of pollutants in the water increases, the water quality is affected. These contaminants, which are mixed with water, must be treated to a certain degree before they are consumed or discharged into the waste stream. Effective and easy-to-use methods for removing this pollutant from water are becoming increasingly useful. In this article, phenol, one of the organic pollutants in water, was removed by the Electro-Fenton (EF) process. In this method, iron scrap was used as the anode and an Electro-Fenton (EF) reactor with a packed-bed. In this research such parameters as the current supplied to the system, the amount of hydrogen peroxide, the concentration of iron ions, the hydrogen index (Ph) and time were studied.

Key words: *phenol, fenton, electrofenton, iron scrap, water cleaning, water.*

Кириш сөз. Суу биз жашаган дүйнөдөгү бардык жандыктардын жашоосунда маанилүү орунга ээ. Ал үчүн суунун булганышын алдын алуу жана суунун үзгүлтүксүздүгүн камсыздоо боюнча туура жана эффективдүү ыкмаларды колдонуу зарыл.

Ичүүчү суу ичүүгө жарактуу болушу керек жана ошондой эле, саркынды суулар да булгоочу заттарды камтыбашы керек же стандарттык маанилерден төмөн болушу керек. Сууда булгоочу заттардын концентрациясы жогорулаган сайын суунун сапатына таасирин тийгизип, аны төмөндөтөт. Ошондуктан суудагы булгоочу заттарды жок кылуу же стандарттуу концентрациядан төмөн түшүрүү зарыл.

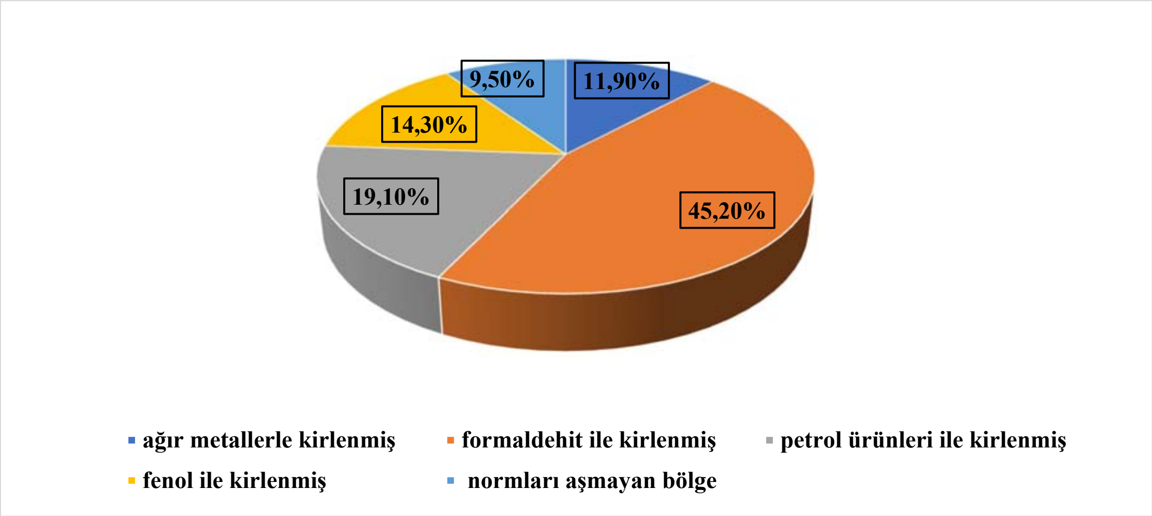


1-сүрөт. Фенол.

Фенол өнөр жайдагы саркынды сууларда эң көп таралган булгоочу зат болуп саналат. Бул булгоочу зат көбүрөөк ароматтык углеводороддор; хлорфенол, бензол, толуол, этилбензол жана ксилол нефтехимиялык продукцияларда көбүнчө бензинде жана өнөр жай эриткичтеринде кездешет [1]. Нефтини кайра иштетүүчү заводдордон чыккан саркынды суулардан тышкары жардыргыч заттарды өндүрүү, чайыр жана кокс өндүрүү, көмүр иштетүүчү заводдор, пестициддерди өндүрүү жана текстиль фабрикаларынын агындыларында кездешет. Фенол - темир жана болот фабрикаларына окшош өнөр жай, фармацевтика өнөр жайы, жыгач иштетүүчү химиялык заттар жана кагаз

өнөр жайларынын саркынды сууларында табылган химиялык зат [2,3].

Фенол жана хлорфенолдор айлана-чөйрөдө эркин кездешет, айрыкча өндүрүш калдыктары тазаланбай ташталгандыктан. Сууда эрүүчү фенол жалпысынан өнөр жай объектилеринен агып чыккан агынды суулардын натыйжасында өзөндөрдү, дарыяларды жана көлдөрдү булгайт. Изилдөөлөрдө көрсөткөндөй, 1 г фенол адамды өлтүрүүчү таасирге ээ, ал эми фенолдук заттары көп сууну ичүү рак оорусуна алып келет. Ушундай терс таасирлерден улам Бүткүл дүйнөлүк саламаттыкты сактоо уюму тарабынан ичүүчү суудагы фенолдун концентрациясы 1 мг/л менен чектелет деп бекитилген [4].



2-сүрөт. Дүйнө жүзү боюнча фенол жана башка заттар менен булгануунун пайызы.

Фенолду жана анын туундуларын агынды суулардан тазалоо үчүн адсорбция, химиялык кычкылдануу, дистилляция, тундурма, ион алмашуу, мембраналык процесстер жана биодеградация ыкмалары колдонулат [5].

Негизинен курамында фенол бар болгон саркынды сууларды тазалоодо физикалык, химиялык жана биологиялык ыкмалар колдонулат. Адсорбция жана мембрана процесстери көбүнчө физикалык жана химиялык тазалоодо, ал эми микроорганизмдер үчүн биологиялык тазалоо ыкмалары колдонулат [6].

Фенолду жок кылуунун көптөгөн ыкмалары бар. Бул ыкмалардын ичинен бүгүнкү күндө эң артыкчылыктуу жана кеңири колдонулуучу ыкма болуп өнүккөн кычкылдануу процесстери саналат. Бул процесстердин кээ бирлери:

- озондоо,
- озон жана суутек перекиси,
- фентон,
- фото-фентон,
- электрофентон,
- суутек перекиси/ UV,
- озон/ UV,
- озон/сутек перекиси/ UV процесси,
- UV/TiO2 (фотокатализ) процесстери.

Биологиялык тазалоо; биофильтрлер, активдештирилген ылай ыкмасы, узак аэрацияланган активдештирилген ылай системалары жана табигый сугат керебеттери сыяктуу ар кандай ыкмалар менен колдонсо болот. Биологиялык тазалоо – микроорганизмдер тарабынан ажыратуу жолу менен эриген органикалык заттарды чыгаруу процесси. Көптөгөн бактериялар жана козу карындар, көмүртек жана энергия булагы катары ароматтык кошулмаларды колдонушат [7].

Бул изилдөө ишинде, өнөр жай булгоочу зат катары аныкталган фенол Электро-Фентон ыкмасы менен жок кылынды.

Электро-Фентон процесси сууну жана саркынды сууларды тазалоо үчүн жаңы пайда болгон тазалоо технологиясы болуп саналат. Электро-Фентон коркунучтуу булгоочу заттарды кычкылдандыруу үчүн гидроксил радикалдарын колдонот жана кадимки суу жана саркынды сууларды тазалоочу жайларда оңой менен бузулбаган өжөр кошулмаларды тазалоо үчүн өзгөчө пайдалуу.

Акыркы күндөрү электрохимиялык өнүккөн кычкылдануу процессине экологиялык жактан таза методдор жана сууну калыбына келтирүү үчүн көбүрөөк көңүл бурулду. Электро-Фентон электрохимиялык прогрессивдүү кычкылдануу процесстериндеги эң популярдуу процесс [8], Электро-Фентон процесси саркынды сууларды тазалоо процессинин келечектүү технологиясы жана кадимки технологияларга салыштырмалуу органикалык заттарды тазалоо жана жок кылуу үчүн кыйла үнөмдүү, эффективдүү жана эколо-

гиялык жактан таза [9]. Бул технология Фентон реакциясы аркылуу массалык оксидант ОН өндүрүү үчүн иштетилген эритмеге темир катализаторун кошуу менен эриген кычкылтекти же абаны калыбына келтирүү аркылуу ылайыктуу катоддо H_2O_2 нин үзгүлтүксүз электр өндүрүүсүнө негизделген.

$$O_2 + 2H^+ + 2e- \rightarrow H_2O_2$$

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^- + HO^\cdot$$

$$Fe^{3+} + e- \rightarrow Fe^{2+}$$

Электро-Фентон процесси Фентон процессинен келип чыккан кээ бир көйгөйлөрдү мисалы, органикалык материалдардын бузулушун чечет. Катоддо үзгүлтүксүз Fe^{2}+ регенерациясынан улам булгоочу заттар көбөйөт жана сактоо, ташуу көйгөйлөрүн болтурбоо үчүн H_2O_2 жеринде өндүрүлөт [10].

Фентон реагенти же башка тазалоо технологиясы менен салыштырганда, ар кандай агынды сууларды тазалоо процесстери үчүн Electro Fenton Process (EFP) процессине ушунчалык көп көңүл бурулган [11]. Муну менен Электро-Фентон процессинин женил, экономдуу жана пайдалуу экендигин айтсак болот.

Бул изилдөөдө системага берилген ток, суутек перекисинин көлөмү, темир иондорунун концентрациясы, суутек көрсөткүчү (pH), убакыт сыяктуу параметрлердин таасири Электро-Фентон (EF) ыкмасы менен изилденип чыкты.

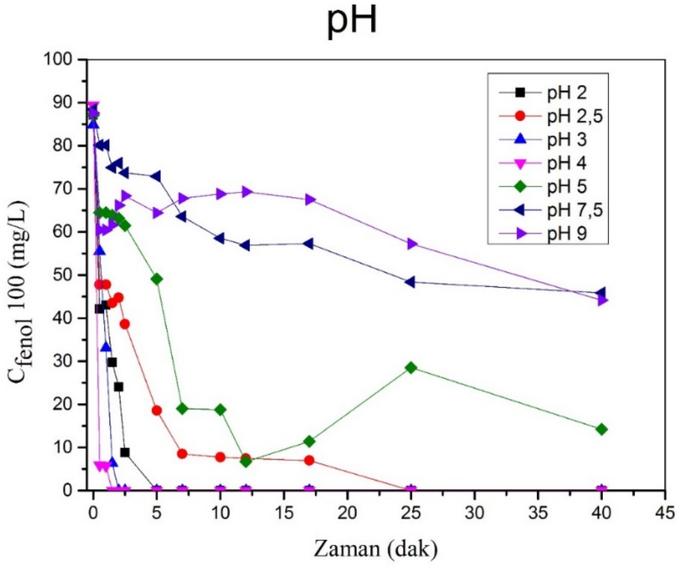
Изилдөө методдору. Электр кычкылдануу (elektro oksidasyon prosesi) процесстеринин бири болгон Электро-Фентон (EF) процесси колдонулган көмүртек катодунун урматында кычкылтектин эки электронунун кыскаруусу менен үзгүлтүксүз чөйрөдө H_2O_2 нин пайда болушу менен ишке ашкан бир система.

Электро-Фентон (EF) процесси. Бул процессте эң башкысы, анод катары темир кырындылары жана толтурулган насадкалык Электр-Фентон реактору колдонулду. Реактор катары болот менен болот алынды.

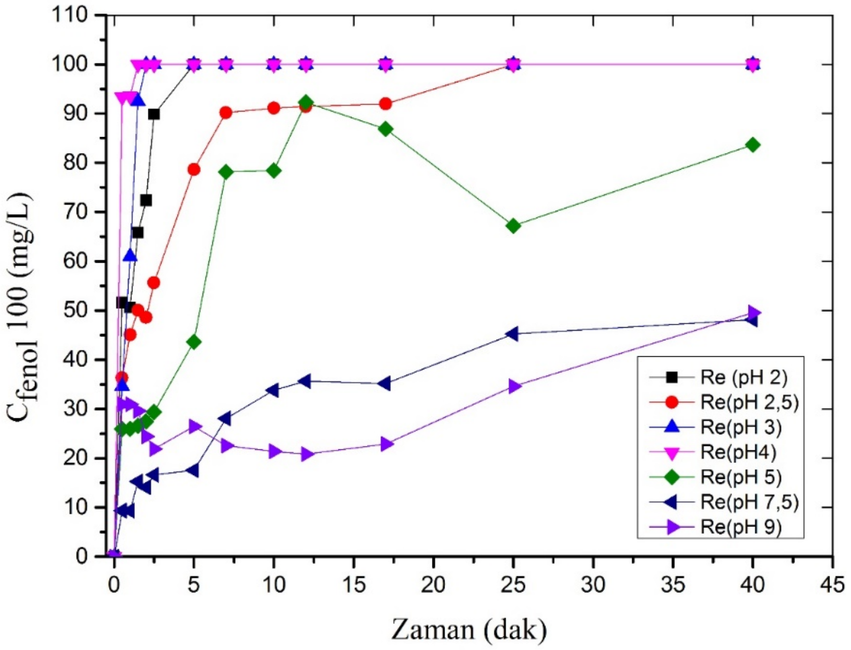
Концентрациясы 100 ppm болгон фенол 500 мл дык меркалуу колбага даярдалып алынды жана 1g Na_2SO_2 чыңалууну төмөндөтүү үчүн кошулду. Оптималдуу шартта pH көрсөткүчүн тууралоо үчүн HCL жана NaOH колдонулду. Ошондой эле, 0,5 мл H_2O_2 кошулду. Реактордогу фенол магниттик аралаштыргыч жана туруктуу ток булагы (GW Instek, GPD-4303S Bench PSU модели, 0-3 A, 0-30 V) менен кылдат аралаштырылды. Ар бир белгилүү бир убакытта үлгү алынып, чыңалуу өлчөндү. Алынган үлгүлөр NaOH менен чөктүрүлүп, андан кийин фильтрлеп, фильтрленген үлгүлөрдөн 2 мл дан 50 мл дык меркалуу колбаларга үлгүлөр алынды. Алынган үлгүлөргө 2 мл $NH_3 + NH_4Cl$, 1мл 4-AAP, 1мл $K_3[Fe(CN)_6]$ кошулуп, суу менен толтурулгандан кийин 10-15 мин күтөбүз. Фенолдун концентрациясы спектрофотометр (Specord 50) аппараты менен 510 nm аныкталды.

Оптимум шартта pH көрсөткүчүн тандоо: фенолду кетирүү үчүн жүргүзүлө турган эксперименттерде оптималдуу pH маанисин аныктоо үчүн эксперименттер ар кандай pH маанилеринде (2; 2,5; 3; 4;5;7,5; 9) жүргүзүлдү.

pH маанисинин фенолду кетирүү эффективдүүлүгүнө таасири. Фенолду жок кылуунун натыйжалуулугун текшерүү үчүн биринчи кезекте оптималдуу pH аныкталды. Ар кандай pH маанилеринин (2; 2,5; 3; 4;5;7,5; 9) фенолду кетирүү эффективдүүлүгүнө таасирин изилдөө үчүн убакытка жараша алынган үлгүлөр спектрофотометр (Specord 50) аппаратында анализденип, фенолду кетирүү эффективдүүлүгү үчүн алынган натыйжалар 3-4-сүрөттөрдө берилген.



3-сүрөт. pH маанисине карата фенолду кетирүүдөгү өзгөрүүлөр.



4-сүрөт. pH маанисине карата фенолду кетирүүдөгү өзгөрүүлөрдүн пайыз менен көрсөтүлүшү.

4-сүрөттө көрсөтүлгөндөй pH 2 де 5 мүнөттө фенолдун алынышы 100 %, pH 3дө 2 мүнөттөн кийин эле 100%, pH 2,5 болгондо 25 мүнөт ичинде 100% фенол жок болгон. Ал эми pH 4тө 1 мүнөттө 93,5 %, pH 5те 40 мүнөттө 83,5%, pH 7,5 да 40 мүнөт ичинде 48 %, ошондой эле pH 9 да 49,5 % фенол арылган.

Оптималдуу pH аныктоодогу маанилүү жагдай – бул учурдагы агынды суулардын pH на жакын pH маанисин аныктоо менен бирге химиялык заттарды аз колдонуу. Ошондуктан, бул изилдөөдө оптималдуу pH мааниси 2,5 деп аныкталган, анткени алып салуу ылдамдыгы башкаларга салыштырмалуу аябай тез эмес жана көпкө созулган эмес, башкача айтканда pH 2,5 да башка да параметрлерде байкоолор жүргүзүү үчүн же анализдин туура так болушу үчүн маанилүү.

1-таблица

pH маанисине карата фенолду кетирүүдөгү өзгөрүүлөрдөн кийин калган фенол концентрацияларынын көрсөтүлүшү.

Убакыт	C_{fenol} – 100 mg/L						
(мүнөт)	pH – 2	pH – 2,5	pH – 3	pH – 4	pH – 5	pH – 7,5	pH – 9
0	100	100	100	100	100	100	100
0,3	87,07	87,07	84,86	89,35	87,07	88,4	87,55
0,5	42,16	47,79	55,51	5,91	64,48	80,12	60,46
1	43,01	47,79	33,12	5,75	64,48	80,12	60,46
1,5	29,75	43,52	6,35	0	63,9	74,92	61,63
2	24,06	44,73	0	0	63,15	75,95	66,15
2,5	8,83	38,64	0	0	61,47	73,72	68,38
5	0	18,58	0	0	49,1	72,89	64,41
7	0	8,52	0	0	19,03	63,57	67,8
10	0	7,76	0	0	18,79	58,52	68,8
12	0	7,47	0	0	6,72	56,9	69,32
17	0	7	0	0	11,4	57,3	67,51
25	0	0	0	0	28,54	48,39	57,25
40	0	0	0	0	14,23	45,86	44,15

Жыйынтык. Фенолдор табиятка жана адамдын ден соолугуна тийгизген зыяндуу таасири боюнча алар уулуу булгоочу заттарга кирет. Фенолдор аз концентрацияда да организмдер үчүн зыяндуу жана био ажыратуу кыйын. Бул жыпар жыттуу кошулмалар нефтини кайра иштетүү, фармацевтика, металл иштетүү, көмүрдү кайра иштетүү, пластмасса, текстиль жана кагаз өндүрүшү сыяктуу көптөгөн өнөр жайлардын агынды сууларында кездешет. Фенолду камтыган агынды суулар кабыл алуучу жайга куюлганга чейин тиешелүү мыйзамдарга ылайык тазаланышы керек.

Бул изилдөөдө саркынды суулардан фенолду бөлүп чыгаруу, өнүккөн кычкылдануу процесси (advanced oxidation process) болгон Электро-Фентон процесси менен изилденген.

3-4-сүрөттөрдө pH маанисине карата фенолду кетирүүдөгү өзгөрүүлөргө анализ жүргүзүп карай турган болсок; натыйжада, оптималдуу шартта орточо аз убакытта жогорку деңгээлде фенолдун суудан арылуусу pH 2,5 да жүргөн. Себеби, pH 2,3,4 төрдө тез эле максимум 2 мүнөттө бүтүп калган. Бирок, башка да параметрлерде байкоолор жүргүзүү үчүн же анализдин туура так болушу үчүн убакыт да маанилүү.

Оптималдуу pH мааниси 2,5 болгондо 5,10,25 мүнөттөрдүн аягында катары менен 78,6%, 91%, жана 100 % фенолдун арылуусу алынды. Бул ыкма менен саркынды суулардан фенолду эффективдүү жана тез тазалоо үчүн колдонсо болот деп айта алам.

Адабияттар:

1. Yılmaz G. Коркунучтуу калдыктарды жана өндүрүштүк саркынды сууларды тазалоодо колдонулган бактериялардын популяцияларынын өзгөчөлүктөрүн изилдөө. / Дипломдук иш. - Анкара, 2005.
2. Yener J., Aksu Z. Фенол менен хлорофинндердин агынды суулардагы активдештирилген көмүргө жана активдештирилген кургатылган ылайга адсорбциясы, Tr. J. of Engineering and Environmental Science, 23, 93-104., 1999.
3. Bülbül G., Aksu, Z. Агынды суулардагы фенолдун булганышын бош жана Ca-альгинат капсулаланган P.putida менен аралаштырган реакциялык идиште алып салууну салыштырып изилдөө. / Turkish Journal of Engineering and Environmental Science, 21, 175-181, 1997.
4. Saha N.C., Bhunia, F., Kaviraj A. Toxicity of phenol to fish and aquatic ecosystems. / Bull. Environ. Contam. Toxicol., 63, 195-202, 1999.
5. Busca G., Berardinelli S., Resini C., Arrighi L. Technologies for the Removal of Phenol from Fluid Streams: a Short Review of Recent Developments, J. Hazard. Mater., 160, 265-288, 2008.
6. Yılmaz G. Коркунучтуу калдыктарды жана өндүрүштүк саркынды сууларды тазалоодо колдонулган бактериялардын популяциялардын беттик касиеттерин изилдөө. / Магистрдик диссертация. - Анкара, 2005.
7. Erhan E., P.Putida жардамы менен фенолду жоюу кинетикасы. / Магистрдик диссертация. / Ата-Түрк Университети, Табигый илимдер институту. - Эрзурум, 1995.
8. Nidheesh V.P., Gandhimathi R., Trends in electro-Fenton process for water and wastewater treatment: An overview. / Desalination 299 (2012) 1 -15.
9. Dios M., Dios d. F., Iglesias O., Pazos M., SanromanA.M., Application of electro – Fenton Technology to remediation of polluted effluent by self – sustaining process., the scientific world journals 2014, 1-8.
10. Heng Lin., Removal of organic pollutants from water by indirect electro-oxidation using hydroxyl and sulphate radical species. / Elimination des pollutants organiques de I'eau par electrochimie indirect basee sur les radicaux hydroxyls and sulphates.,2006, HAL 1-164.
11. Rahmani.R.A., Hossieni. E.,Poormohammadi. A., Removal of Cr(VI) from Aqueous solution using electro-Fenton process. - Environ. Process (2015) 2: 419- 428.