

Begmanov Safar Nurmatovich

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, texnika fanlari falsafa doktori
begmanovsn@mail.ru

UMID NEFT KONI QATLAM SUVIDAN YOD AJRATIB OLIISHNING KOMBINATSIYALANGAN VA EKOLOGIK ZARARSIZ USULI

Annotatsiya. Ushbu maqola “Umid” neft konining qatlam suvlaridan kombinatsiyalangan usul ya’ni elektrokimyoviy va ekstraksiya qilib ajratishga asoslangan. Kombinatsiyalangan usulda elektroliz jarayoniga eritma muhiti, harorati, eritma sarfi o’rganilgan, ekstraksiya jarayonining suv fazasi va erituvchi fazasi nisbati, ekstraksiya vaqti, rafinat va qaytaruvchi eritmasining nisbati o’rganilgan. Bundan tashqari rafinatdan qaytarilib, boyitilib olingan yodidni qattiq holatga o’tkazib cho’ktirish jaryonlari ham yoritilgan. Olingan yodning rentgenogrammalari olinib tahlil qilingan. Tajriba natijalar asosida yod ajratib olish texnologiyasi taklif etilgan.

Kalit so’zlar. Yerosti suv, kristall yod, ekstraksiya, oksidlash va qaytarish, eritma muhiti, elektrokimyoviy oksidlanish, boyitilgan yod konsentrati, organik va suv faza.

Бегманов Сафар Нурмаматович

Навоийский государственный горно-технологический университет,
доктор философии по техническим наукам
begmanovsn@mail.ru

КОМБИНИРОВАННЫЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ МЕТОД ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЙОДА ИЗ ПЛАСТОВЫХ ВОД НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «УМИД»

Аннотация. Данная статья посвящена комбинированному методу извлечения йода из пластовых вод нефтяного месторождения «Умид», основанному на электрохимическом процессе и экстракции. В рамках комбинированного метода были изучены влияние среды раствора, температуры и расхода раствора на процесс электролиза; в экстракционном процессе исследованы соотношение водной и растворяющей фаз, время экстракции, соотношение рафината и восстановительного раствора. Кроме того, освещены процессы осаждения и перевода в твёрдое состояние иодида, полученного из рафината после обогащения. Полученные йодсодержащие продукты были проанализированы методом рентгенограммы. На основе экспериментальных результатов предложена технология извлечения йода.

Ключевые слова: подземные воды, кристаллический йод, экстракция, окисление и восстановление, среда раствора, электрохимическое окисление, обогащённый концентрат йода, органическая и водная фаза.

Begmanov Safar Nurmatovich

Navoi state university of mining and technologies, doctor of philosophy in technical
sciences

A COMBINED AND ENVIRONMENTALLY SAFE METHOD FOR IODINE EXTRACTION FROM RESERVOIR WATER OF THE “UMID” OIL FIELD

Abstract. *This article is devoted to a combined method of iodine extraction from the reservoir water of the “Umid” oil field, based on electrochemical processing and extraction. Within the combined method, the effects of solution medium, temperature, and solution consumption on the electrolysis process were studied; in the extraction process, the ratio of aqueous to solvent phases, extraction time, and the ratio of raffinate to reducing solution were investigated. In addition, the processes of precipitation and solidification of iodide, enriched and recovered from the raffinate, are described. The obtained iodine-containing products were analyzed using X-ray diffraction. Based on the experimental results, a technology for iodine extraction has been proposed.*

Keywords: *groundwater, crystalline iodine, extraction, oxidation and reduction, solution medium, electrochemical oxidation, enriched iodine concentrate, organic and aqueous phases.*

Kirish. Yod mikroelementining odam organizmida tutgan roli: bu insonning hayoti, jamiyatda egallaydigan o‘rnini belgilab beradigan hamda ko‘rinmas biologik kuchi hisoblanadi. Yod organizmdagi keraksiz mikroorganizmlarni yo‘qotishda, odam organizmiga sedativ ya‘ni tinchlantiruvchi ta‘sirga ega hamda aqliy faoliyat rivojlanishining asosiy omili hasoblanadi. Bu vazifalarni qalqonsimon bez ishlab chiqaradigan garmonlar taminlaydi. Qalqonsimon bezning normadagi faoliyatini esa yod taminlaydi. Shunga ko‘ra yodning organizmga yetishmasligi yuqoridagi faoliyatlarni amalga oshmasligi va buning oqibatida qalqonsimon bez kasalliklarining kelib chiqishi hamda buning oqibatida ruhiy ortda qolishlar va hattoki ruhiy kasalliklar kelib chiqishini kuzatish mumkin[1].

Ushbu muammo hozirda davlat miqyosidagi muammolar qatoriga kiritilgan va hukumat va davlat organlari tomonidan tegishli qarorlar bilan belgilab qo‘yilgan. Shuningdek O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 10-noyabr 2020 yildagi “Aholining sog‘lom ovqatlanishini ta‘minlash bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarori buning isbotidir. 2023 yil 20-sentabrdan esa O‘zbekistonda “Yorqin millat” dasturi bo‘yicha yod bilan ta‘minlash ishlari boshlandi. Yod preparatlari Sog‘liqni saqlash vazirligi va Maktabgacha va maktab ta‘limi vazirligi orqali 3 yoshdan 15 yoshgacha bo‘lgan barcha bolalar uchun bepul taqdim etiladi[2].

Aholi yod mikroelementini dori vositasi sifatida asosan kaliy yodid birikmasi ko‘rinishida qabul qiladi. Bu tuzni farmosevtik darajada toza olish uchun esa shu talabga javob beradigan erkin yod elementi zarur bo‘ladi. Yod preparatlari birlamchi xomashyolarini hozirda chet el farmasevtika kompaniyalari tomonidan yurtimizga yetkazib berilmoqda. Yuqoridagi shu kabi sabablarga ko‘ra yod ishlab chiqarishni mahalliy lashtirish dolzarb muammolar sanaladi.

Metdologik qism va materiallar.

Tadqiqotning ob'yekti sifatida Qashqadaryo viloyatidagi Umid neft koni qatlam suvlari olindi. Qatlam suv tarkibidagi boshlangich yodid miqdorini va qayta ishlangan suv tarkibidagi qoldiq yodid miqdorini aniqlashda Metodik ko'rsatmalar 4.1.747-99 ning "Suvdagi yodni fotometrik usuli bilan tahlil qilish" va Davlarlararo standart 23268.16-78 ning "Yodometriya usuli bilan tahlil qilish" usullari yordamida olib borildi. Titrimetrik tahlil usuli yod miqdorini aniqlashning eng keng tarqalgan usullaridan biridir. Bu usul oddiy va har qanday sharoitda bajarilishi mumkin, yodning barcha shakllarini – molekulyar, yodidlar va yodatlarni aniqlashda yuqori sezuvchanlikka ega. Odatda titrant sifatida natriy tiosulfat ishlatiladi (indikator sifatida kraxmal). Yodni aniqlashning fotometrik usuli - bu turli xil oksidlovchilar bilan, masalan, kislotali muhitda natriy nitrit bilan murakkab yod birikmasini osidlab, molekulyar yod hosil qilinadi keyin organik erituvchi uglerod (IV) xloridda eritilib binafsha rangli eritma hosil bo'ladi. So'ngra ekstraksiya qilib, optik zichligi bo'yicha yod miqdori aniqlanadi. Optik zichlikni o'lchashda CФ-56 spektrofotometr qurilmasidan foydalanildi. Umid qatlam suvi tarkibi "Navoiyazot" AJ markaziy laboratoriyasida tahlil qilindi va tarkibi 1-jadvalda keltirilgan. Elektroliz natijasida hosil bolgan faol xlor miqdorini Davlarlararo standart 18190-72 "Ichimlik suvi tarkibidagi faol xlor miqdorini aniqlash usuli"ning qoldiq erkin xlorni metil oranji titrlash usuli bo'yicha aniqlandi.

Olingan yod moddasi qaysi me'yorga to'g'ri kelishini aniqlash bilan ilmiy ishning darajasini aniqlash mumkin. Maxsulot sifatni tekshirish orqali ajratib olingan yodning tarkibiy va miqdoriy tahlillari o'tkazildi. Bu tahlillar uchun "Texnik shartlar" - Davlarlararo standart 4159-79 usulidan hamda modeli "Empyrean Series 3" bo'lgan Rentgen defroktometridan foydalanildi va ajratib olingan yodning tozaligi jihatdan tahlil qilib ko'rildi.

1-jadval

Umid koni qatlam suvlarining kimyoviy tahlil natijalari

№	Месторождение	Катионы г/л				Анионы г/л				
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻
1	Умид	6,4	0,9	35,5	0,6	0,2	0,4	69,4	0,45	0,05523

Yod manbasi bo'lgan qatlam suvdan yodid ionini oksidlash elektroliz jarayoni hisobiga amalga oshirildi. Elektroliz uchun olingan qurilma ЭЛАМ-02 markali tajriba qurilmasining elektrolizyori silindr shaklida bo'lib, elektrodlar sifatida grafit olindi. Grafit elektrodlar Navoiy mashinasozlik zavodida tayyorlandi. Elektrolizyor vertikal shaklda bo'lib, hajmi 2000 ml ga teng.

Suv tarkibida yod miqdori kam bo'lganligi uchun yod konsentratini hosil qilish lozim. Buning uchun ekstraksiya jarayoni tanlandi. Bunda jarayon ekstraksiya qaytarish – ekstraksiya oksidlash prinsipiga asosan boradi. Ya'ni tok tasirida hosil bo'lgan erkin yodni organik erituvchida eritilib ekstraksiyalandi, rafinatga qaytaruvchi eritmasi qo'shilib organik fazadan yod suv fazaga o'tkazildi natijada yod boyitildi. So'ngra yana oksidlovchi

ta'sirida yod cho'ktirilib, ajratib olindi. Yodning organik fazaga (I), organik fazadan qaytaruvchi eritmasiga (II) o'tish tezligini hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalanildi [3]:

$$I = \frac{V_E \cdot C_E}{V_F \cdot C_F} \cdot 100 \quad (1)$$

$$II = \frac{V_{qay} \cdot C_{qay}}{V_E \cdot C_E} \cdot 100 \quad (2)$$

Bu yerda:

V_E -organik faza hajmi,

C_E -organik fazadagi yodning konsentratsiyasi,

V_F -boshlang'ich eritma hajmi,

C_F -boshlang'ich eritmadagi yodning konsentratsiyasi,

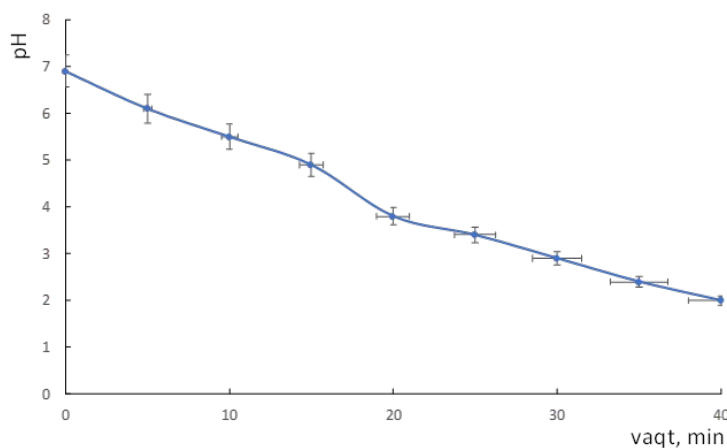
V_{qay} -qaytaruvchi eritmasining hajmi

C_{qay} -qaytaruvchi eritmasiga o'tgan yodning konsentratsiyasi

Ekstraksiya jarayoni uchun organik erituvchi sifatida tetraxlor metan, benzol, uglerod sulfid, n-geksanlar olindi. Qaytaruvchi sifatida natriy sulfit va oksidlab cho'ktiruvchi sifatida vodorod peroksidlar ishlatildi.

Olingan natijalarning tahlili.

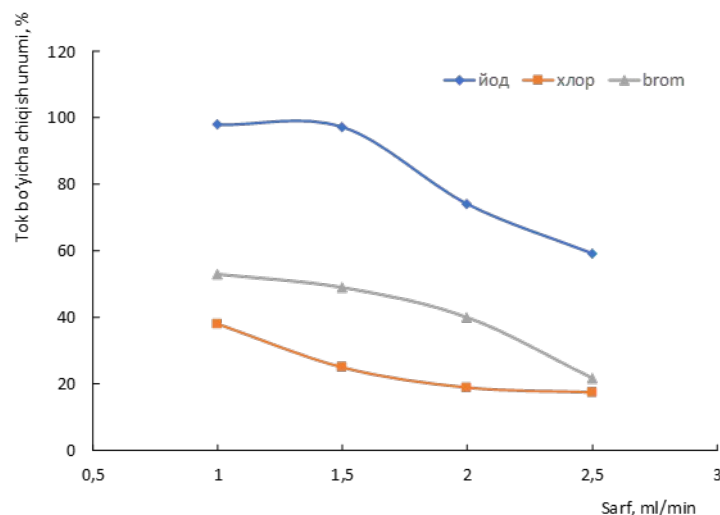
Neft koni qatlam suvlaridan yod komponentini ajratib olish uchun elektrokimyoviy usuldan foydalanildi. Yodning oksidlovchilar ta'sirida oksidlanishi uchun eritma muhiti kislotali bo'lishi lozim [4]. Elektr tokining tasirida eritma muhitining o'zgarishi o'rganildi.



1-rasm. Elektr toki ta'sirida eritma muhitining o'zgarishi. $U=6V$, $pH=6,9$, $V=100ml$

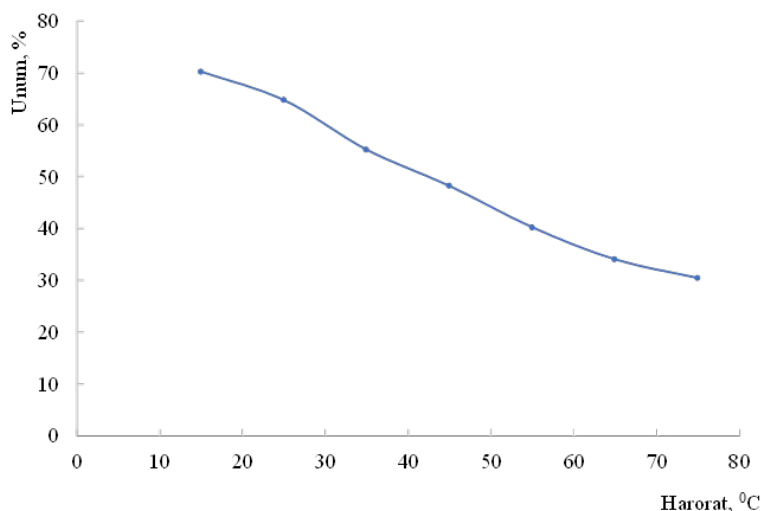
Grafikdan ko'rishimiz mumkinki, eritma muhitini tok ta'sirida vaqt o'tishi bilan ajralgan xlor suv bilan ta'sirlashib, kislotali hotatga o'tkazadi. Eritma muhitini mineral kislota eritmasi qo'shish bilan ham kislotali muhitga o'tishi mumkin va buning natijasida elektr energiyasi tejamkorligiga erishish mumkin.

Jarayonning davriyligini taminlash uchun eritma elektrolizyor vannasidan uzluksiz oqib o'tishi kerak. Buning uchun 10 litr suvning gidrostatik bosimi hisobiga har xil hajmiy sarfda tadqiqotlar o'tkazildi.



2-rasm. Yodning chiqishiga eritma sarfining bogliqligi. $U=6V$, $pH=4$, $C(I_2)=55,2mg/l$

Grafik qatlam suvdagi oksidlangan xlorning 25 foizdan yuqorida va sarf 1 va 1,5 ga teng bo'lganda yodning 98 foizi ajralganligini ko'rsatmoqda. Qatlam suvda xlorning konsentratsiyasi ko'p bo'lganligi uchun birinchi bo'lib anodda xlor ajrala boshlaydi [5]. Bu xlor yodidni oksidlaydi. Sarf 1 ml/min va 1,5 ml/min bo'landa bir xil natijaga erishildi. Bunday vaziyatda xlorning ortiqcha miqdori ekologik muammolarni keltirib chiqarishi mumkin. Shunday ekan maqbul sarf qiymati 1,5 ml/min ga teng. Suv tarkibida bromid ioni ham mavjud. Xlor bromidni ham oksidlaydi. Yodning qaytaruvchilik xossasi bromga nisbatan yuqori bo'lganligi uchun xlor avval yodni oksidlashga sarflanadi. Elektroliz jarayonida yodning chiqish unumiga haroratning ta'siri o'rganildi. Past haroratda xlor gazinning suvda eruvchanligi ortishini hisobga olgan holda 15-65 °C gacha sinovlar o'tkazildi.

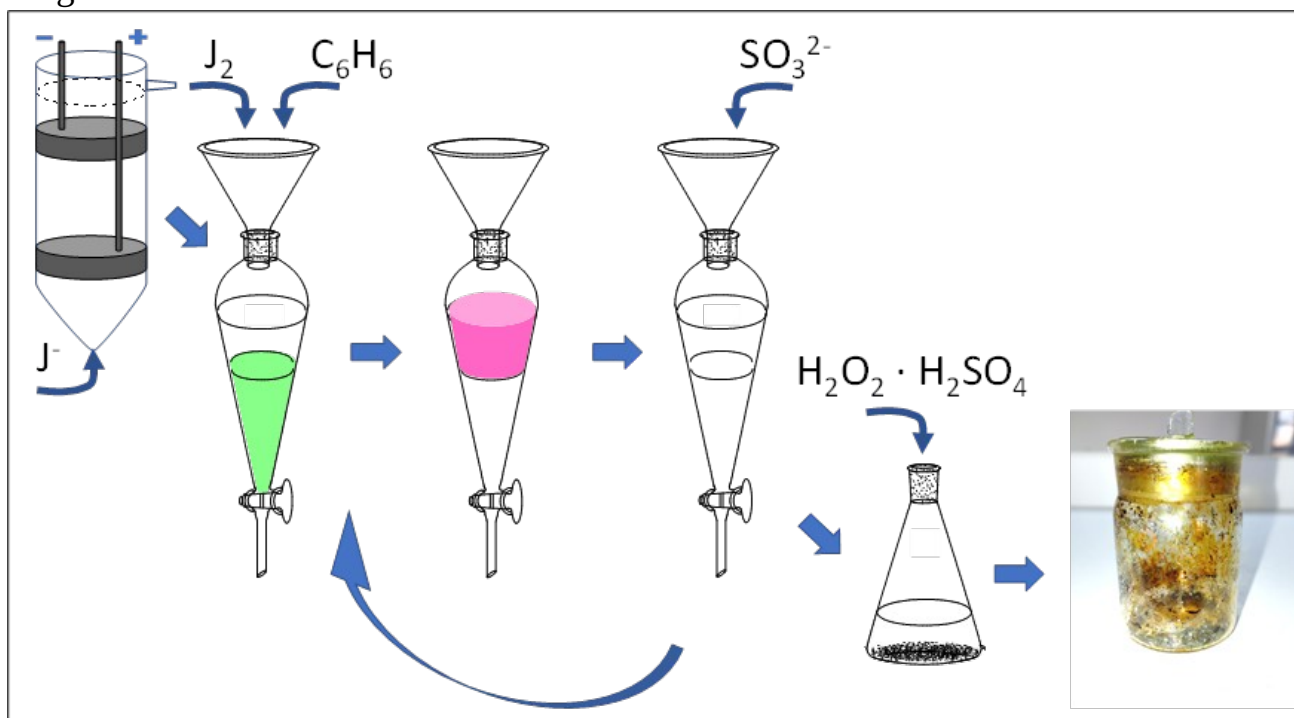


3-rasm. Elektroliz jarayonida yodning oksidlanish unumiga haroratning bog'liqligi

3-rasmdan ko'rinadiki, haroratning ortishi bilan yodni ajralib chiqish unumi kamayib boradi. Bunga asosiy sabab ajralib chiqayotgan xlor molekullari elektroliz olib borilayotgan jarayondan chiqib ketishi natijasida suv tarkibidagi yodni oksidlashga ulgurmaydi. Natijada mahsulot unumi pasayishiga olib keladi.

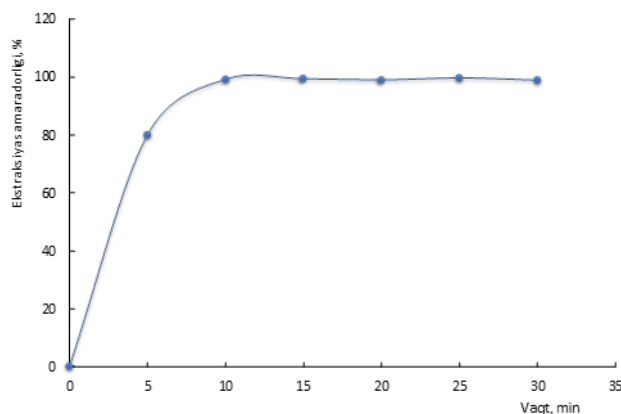
Elektrolizyordan chiqqan elektrolit 500 ml hajimdagi ajratgich voronkaga solindi. So'ngra organik erituvchi alikvotasi qo'shilib, og'zi yopilgan holda voronka chayqatildi va fazalar ajralishi uchun tindirildi.

Organik erituvchilarni tanlashda erituvchiga suvda eruvchanligi past, yodni o'zida yaxshi eritishi va galogenlar bilan oddiy sharoitda reaksiyaga kirishmasligi kabi xossalarni hisobga olish kerak.



4-rasm. Laboratoriya sharoitida yod ajratib olishning ketma-ketligi

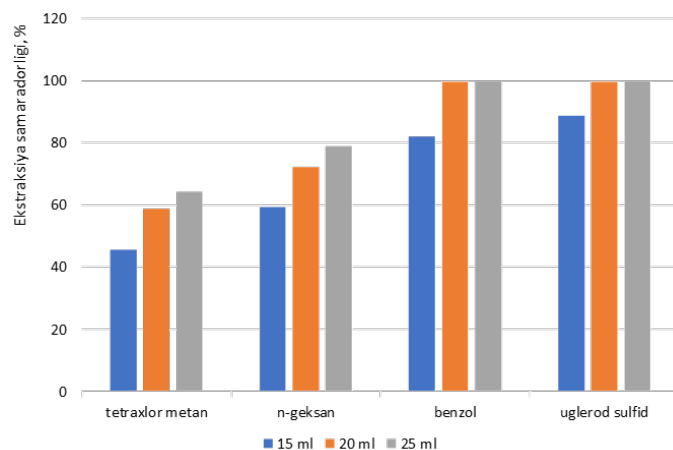
Yod uchun erituvchi sifatida tetraxlor metan, n-geksan, benzol va uglerod sulfidlar tanlandi. Yodning bu erituvchilardagi eruvchanligi quyidagicha oshib boradi: tetraxlormetan: 2,9 gr (25°C) < n-geksan: 13,9 gr (25°C) < benzol: 16,4 gr (25°C) < uglerod sulfid: 20,4 gr (25°C)[6]. Uglerod sulfidning portlash xususiyati borligi uchun erituvchi sifatida benzol tanlandi. Ekstraksiya qilish uchun elektrolizyordan chiqqan suvdan 1000 ml olib, organik fazadan turli hajimda alikvota olindi. Ekstraksiyalash jarayoni 10 minut davomida olib borildi. Ekstraksiya natijalari 5-rasmida keltirilgan.



5-rasm. Organik fazaning turli hajmida yodning ekstraksiya unumiga bog'liqligi
T=25 °C

5-rasmda turli xil organik erituvchilar tomonidan yod ajratib olish samaradorligi ko'rsatilgan va barcha erituvchilar yodni o'zida eritishi aniqlandi, benzol va uglerod sulfid sinovdan o'tgan barcha erituvchilar orasida eng yuqori ekstraktsiya darajasini 99,5% ni ko'rsatdi va organik faza va suv fazasining 1:50 nisbatida maqbul ekanligi aniqlandi.

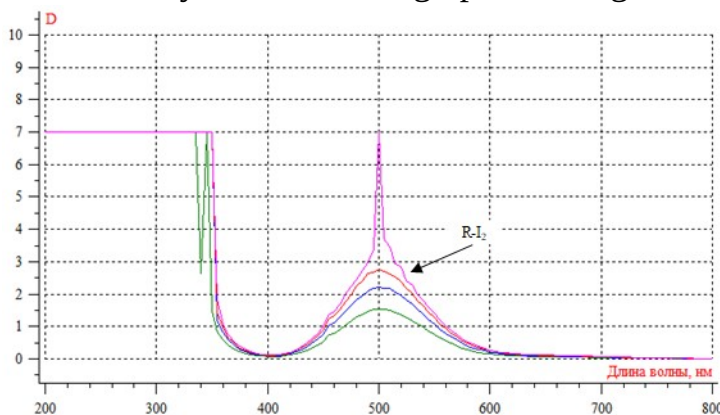
Organik va suv fazalari o'rtasidagi muvozanatga erishish ekstraktsiya jarayonining muhim jihati hisoblanadi. Yodni ajratib olishga turli xil ekstraktsiya davomiyligining (0 dan 30 minutgacha) ta'siri o'rganildi. Qolgan ekstraktsiya parametrlari yuqorida ko'rsatilgandek doimiy ravishda saqlanib turildi: benzol/suv-[I₂] faza hajmi nisbati 1:50; xona haroratida aralashtirildi.



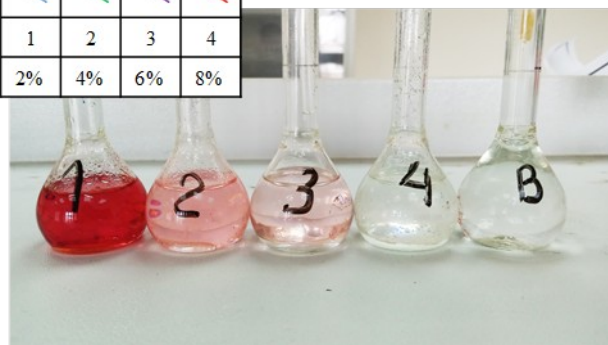
6-rasm. Turli aralashtirish vaqtlarida ekstraktsiya tezligi. Organik faza: benzol; suv fazasi: [I₂] = 55,2 mg/l, E(O/A) = 0,02; T = 25 °C

6-rasmdagi egri chiziqlarning shakli vaqt ortishi bilan barqarorlashadigan to'yinganlik egri chizig'iga xos bo'lib, bu yerda oksidlangan yod uchun 10 daqiqadan so'ng ekstraktsiya jarayoni muvozanatga erishilgani aniqlandi.

Yodni ajratib olish jarayonlarida rafinatdan yod qaytaruvchisi sifatida: oltingugurt angidridi, askorbin kislotasi, natriy tiosulfati eritmalari ishlatiladi. Bu ishda qaytaruvchi sifatida natriy sulfitidan foydalanildi. Natriy sulfiti ekologik xavfsiz, iqtisodiy samaradorligi va qurilmalarni ishlash muddatiga kam ta'sir qilganligi uchun tanlandi. Organik fazadan yodni qaytarish uchun 20 ml organik fazaga 10 daqiqa davomida 25°C da 2-8 % konsentratsiyali hajmi 20 ml bo'lgan natriy sulfit eritmasi qo'shildi va organik erituvchida yod eritmasining optik zichligi CΦ-56 spektrofotometr yordamida o'lchandi.



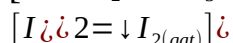
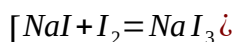
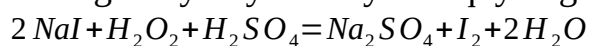
1	2	3	4
2%	4%	6%	8%



7-rasm. Qaytaruvchining turli konsentratsiyasida yodning organik fazadan chiqishi

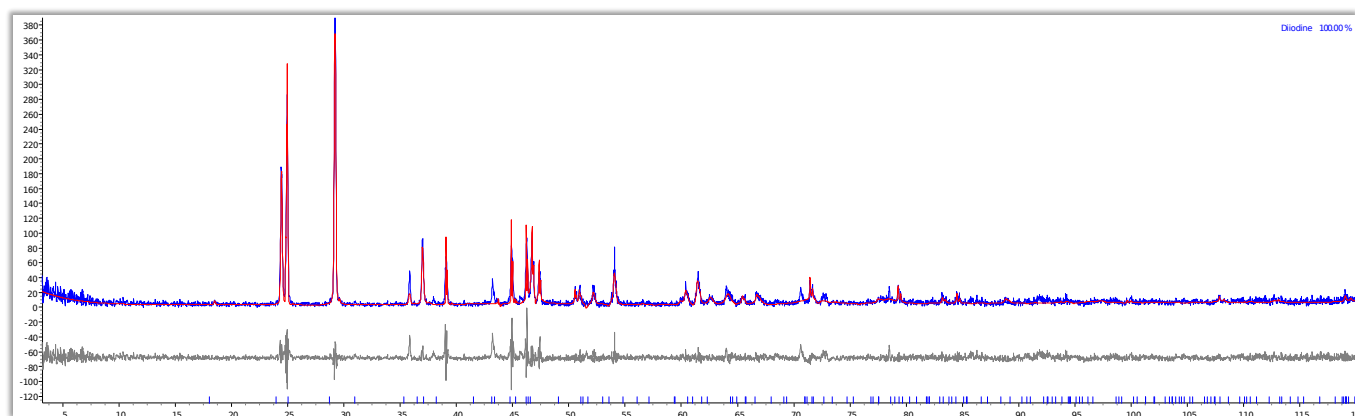
7-rasmdan ko'rinadiki qaytaruvchi konsentratsiyasi yodni suvda yaxshi eriydigan yodid shakllariga (I⁻) o'tishini taminlaydi. Na₂SO₃ konsentratsiyasi 8% dan yuqori bo'lganida qaytarish jarayoni o'zgarmasdan qoladi. Shuning uchun maqbul konsentratsiya sifatida 8% tanlandi.

Qaytaruvchi eritmasiga o'tgan yodidni (konsentratsiyasi 0,7 g/l) qattiq holga keltirib, cho'ktirib olish uchun 30 % li H₂O₂ olindi. Boyitilgan eritmada yodni to'liq cho'ktirish uchun oksidlovchidan mo'l miqdordan olinishi zarur. Chunki eritmada bromid ionlari ham mavjud. Jarayonning kimyoviy reaksiyalari quyidagicha boradi.



Reaksiya davomida yodidning ko'p qismi oksidlanib hosil bo'lgan erkin yod yodid ioni bilan kompleks modda (jigarrang yod eritmasini) hosil qiladi. Keyinchalik yod quyuq jigarrang triyodidga aylanadi va elementar yod (I₂) shaklida cho'ka boshlaydi.

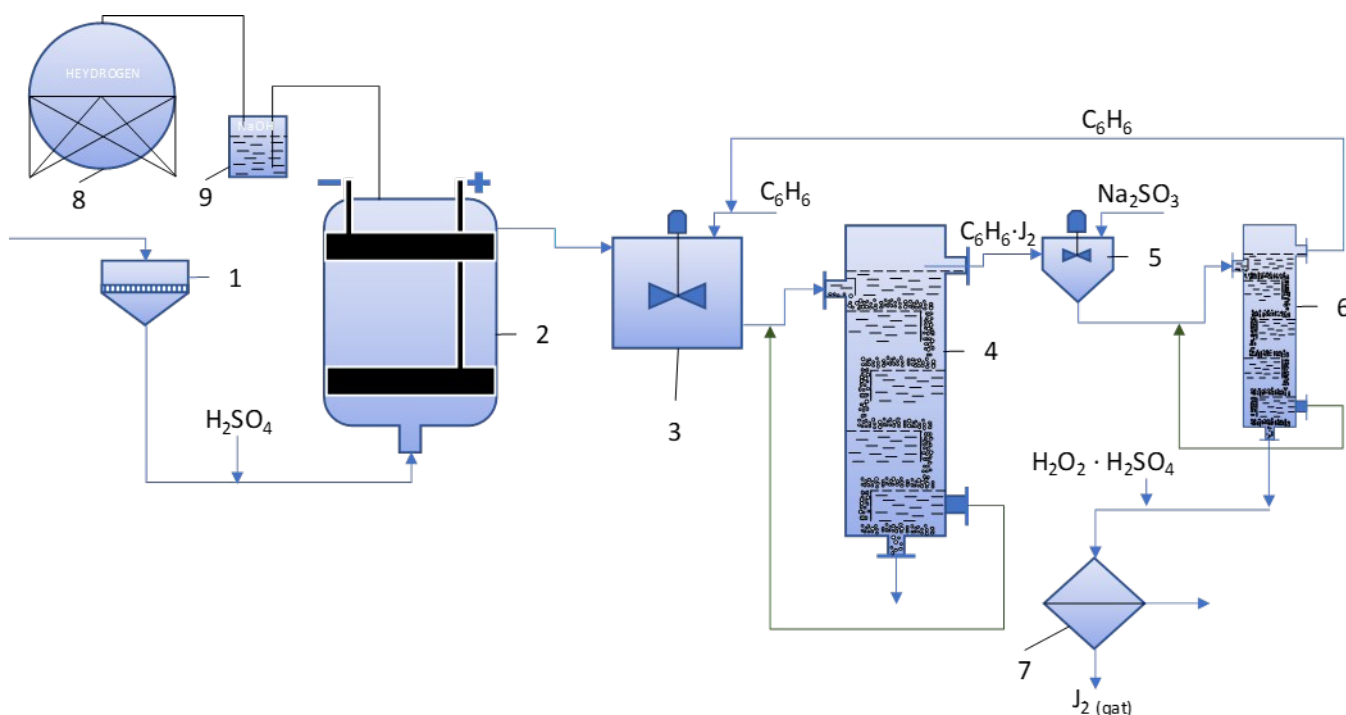
Olingan qattiq holatdagi yodning kristall tuzilishini tavsiflash uchun rentgen difraktometriya (XRD) ishlatilgan va rentgenografiyaning diffraksiya naqshlari yod diffraksiyasi bilan bir xil ekanligi aniqlangan 8-rasm.



8-rasm. Yod mahsulotining XRD rentgenogrammasi

Olingan tajribalar asosida ajratib olish texnologiyasi yaratildi. 9-rasmda elektrokimyoviy oksidlanish va benzol yordamida erituvchi ekstraksiyasidan foydalangan holda "Umid" neft konining qatlam suvidan yodni ajratib olishning texnologik sxemasi keltirilgan.

Texnologik sxema bo'yicha quyidagicha jarayon ketma-ketliklar amalga oshirildi. Qatlam suv filtrdan 1 o'tib mexanik tozalanadi. Keyingi elektrolizyorga 2 o'tishdan avval sulfat kislota bilan kislotalik muhitga o'tkaziladi. Elektrokimyoviy oksidlash pH=2 ga, sarf esa 1,5 ml/min va kuchlanish 3-6 voltgacha qiymatlarda amalga oshiriladi. Tok tasirida yod oksidlanadi. Oqim elektrolizyorning pastki qismidan kirib tepa qismidan chiqadi va aralashtirgichga 3 beriladi. Bir vaqtning o'zida (suv/organik) 1:50 nisbatda benzol qo'shiladi. Aralashma ekstraktorning 4 yuqori qismidan berilib zichliklari bo'yicha suv va organik fazaga ajratiladi. Qayta ishlangan suv ekstraktorning pastki qismidan chiqarib tashlanadi.



9-rasm. “Umid” neft konining qatlam suvidan yod olish uchun tavsiya etilyotgan texnologik sxemasi. 1-filtr, 2-elektrolizyor, 3,5-aralashtirgichlar, 4,6-ekstraktorlar, 7-ajratgich, 8-gaz uchun sig’im, 9-neytrallash uchun sig’im

Erituvchi esa keyingi aralashtirgichga 5 qaytaruvchi (8%) bilan teng nisbatda beriladi. Aralashtirish davomida ikki gamogen sistema rangsizlanadi keyin ikkinchi ekstraktorga 6 o’tadi. Bu yerda yodni qaytargan natriy sulfit qurilmaning pastki qismidan, rangsizlangan benzol esa apparatning yuqori qismidan chiqadi. Benzol yana 3 aralashtirgichga beriladi. Qaytaruvchi fazasida yodid eritmasi hosil bo’lib yodga boyitilgn eritma olinadi. Boyitma bilan 30 foizlik vodorod peroksid, kislotalik muhit bilan cho’ktirgach 7 beriladi. Cho’ktirgichda yod qattiq holatda pastki qismidan chiqarib olinadi.

Xulosa.

Yerosti qatlam suvlari tarkibidan yod elementini ajratib olish izotermasi o’rganildi. Bunda elektrokimyoviy oksidlanishga va erituvchi ekstraksiyasiga asoslangan ajratishni o’z ichiga olgan kombinatsiyalangan usul ishlab chiqildi. Elektrokimyoviy jarayonning eritma muhiti hamda sarfi, haroratning ta’siri tadqiq qilindi. Shunga ko’ra eritma muhiti pH=2, harorat esa $t=25^{\circ}\text{C}$ teng bo’lishi maqbul parametrlar ekanligi aniqlandi. Tajibalar asosida texnologik sxema ishlab chiqildi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 28.01.2022 yildagi “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” gi PF-60-sonli Farmoni.
2. Mirziyoyev Sh.M. Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi. Uchinchi nashr. – Toshkent: “O‘zbekiston” nashriyoti, 2022. – 257 b.

3. Бегманов С.Н., Мухиддинов Б.Ф., Вапоев Х.М., Шодиев А.Ф. Извлечение йода из подземных вод химическими и электросорбционными методами Горный вестник Узбекистана, № 2 2020. с 79-82.

4. <https://www.lex.uz/uz/>

5. Benali K., Benhida R., Khaless K. A novel and complete process for iodine extraction and recovery from industrial wet-process phosphoric acid based on chemical oxidation and solvent extraction. "Process Safety and Environmental Protection" №176 2023. p332–345.

6. Begmanov S.N., Muhiddinov B.F., Vapoyev H.M., Barnoyev A.A. Umid neft koni qatlam suvlaridan yod komponentini ajratib olishning elektrokimyoviy usuli NamDU ilmiy axborotnomasi №6 2023. 46-51 b.

7. Ксензенко В.И., Стасиневич Д.С. Химия и технология брома, йода и их соединений. Москва "Химия" 1995. с 432.

8. Умбаров И.А. Определение количества, форм нахождения и процесса окисления йода в подземных водах. Жайхун Вестник ТерГУ № 2. 2006. с130-133.

9. Schmitz G. The oxidation of iodine to iodate by hydrogen peroxide Physycal Chemistry Chem. Phys., № 3 2001. p. 4741-4746.

10. Бакиев С.А. Промышленные воды Узбекистана и перспективы их использования. Ташкент ГП «Институт ГИДРОИНГЕО» 2012. с 61-96.