

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ
КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

УМБАРОВ ИБРАГИМ АМОНОВИЧ

**ЕРОСТИ ШЎР СУВЛАРИ ТАРКИБИДАГИ ЙОДЛИ
БИРИКМАЛАРДАН ЙОДНИ АЖРАТИБ ОЛИШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент-2018

Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской диссертации (DSc)
Content of abstract of dissertation doctor of science (DSc)

Умбаров Ибрагим Амонович

Ерости шўр сувлари таркибидаги йодли

бирикмалардан йодни ажратиш олиш технологиясини такомиллаштириш.....5

Умбаров Ибрагим Амонович

Усовершенствование технологий выделения

йода из йодных соединений содержащихся в подземных соленых водах.....29

Umbarov Ibragim Amonovich

Improvement of iodine extraction technologies

from iodine compounds contained in underground saline waters55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....59

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ
КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

УМБАРОВ ИБРАГИМ АМОНОВИЧ

**ЕРОСТИ ШЎР СУВЛАРИ ТАРКИБИДАГИ ЙОДЛИ
БИРИКМАЛАРДАН ЙОДНИ АЖРАТИБ ОЛИШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент-2018

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В 2017.1.DSc/T14 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Термиз давлат университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси (www.ionx.uz) ва «Ziynet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Тураев Хайит Худайназарович
кимё фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Намазов Шафоат Саттарович
техника фанлари доктори,
профессор, Ўзбекистон Республикаси
Фанлар Академияси академиги

Шарипов Хасан Турапович
кимё фанлари доктори, профессор

Шамшидинов Исраилжон Тургунович
техника фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот:

Самарқанд давлат университети

Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти ва Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc 27.06.2017.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг 15 май 2018 йил соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (12- рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60); факс: (+99871) 262-79-90.

Диссертация автореферати 2018 йил 30 апрел куни тарқатилди.
(2018 йил 30 апрелдаги 12- рақамли реестр баённомаси).

Б.С.Закиров

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, к.ф.д.

Д.С.Салиханова

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, т.ф.д.

С.Тухтаев

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий
семинар раиси, к.ф.д., проф., академик

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда йоддан озик-овқат ва фармацевтика саноатида, тиббиёт ва ветеринарияда, минерал ўғитлар ишлаб чиқаришда фойдаланилади, у кимё саноатида катализатор сифатида, баъзи ўта тоза материаллар, махсус шиша, ёқилғи, синтетик каучуклар олишда қўлланилади. Шунингдек, йод эндемик бўқоқ ва бошқа касалликларнинг олдини олишнинг асосий омили ҳисобланади. Шу сабабли, республикамызда йод моддасига бўлган эҳтиёжни қондириш учун асосий манба ҳисобланган ерости гидротермал сувларидаги йодни саноат миқёсида ажратиб олишнинг такомиллаштирилган технологиясини ишлаб чиқиш устувор вазифалардан бири ҳисобланади.

Жаҳон миқёсида таркибида йод моддаси бўлган ресурслардан фойдаланиб тиббиётда қўллашга мўлжалланган йод ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор берилмоқда. Бу борада тиббиёт, озик-овқат ва кимё саноати учун зарур бўлган йод олиш технологиясини ишлаб чиқиш долзарб вазифалардан ҳисобланади. Таркибида йодли бирикмалар бўлган ерости шўр сувлари асосида йод моддаси олиш технологиясини ишлаб чиқишда қатор илмий ечимларни асослаш зарур: кислотали муҳитда бурғулаш сувларидаги йодид ионларини оксидлашнинг кинетикаси ва механизми учун мақбул технологик кўрсаткичларини аниқлаш; йод концентратидан йодни чўктириш учун оксидловчиларни танлаш ва жараённинг мақбул шароитларини аниқлаш ҳамда молекуляр кристалл йодни ажратиб олишнинг технологиясини ишлаб чиқиш.

Республикамызда кимё саноатининг тиббиёт, фармацевтика ва ветеринарияга оид, шунингдек, озик-овқат каби соҳаларда ош тузини йодлаш ҳамда бошқа мақсадлар учун ишлатиладиган йод моддасига бўлган эҳтиёжни қондиришда муҳим аҳамиятга эга бўлган ерости шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмалардан йодни ажратиб олишнинг технологиясини ишлаб чиқиш бўйича мақсадли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг 2017-2021 йилларга мўлжалланган Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида «юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом-ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш¹»га қаратилган вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан, ерости шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмаларни оксидлаш, ҳосил бўлган молекуляр йодни ҳаво билан десорбциялаш, ишқорли эритма билан абсорбциялаш ва кислотали муҳитда кристаллаш йўли билан йод олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 4 мартдаги

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7-февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони.

ПФ-4707-сон «2015-2019 йилларда ишлаб чиқаришни таркибий ўзгартириш, модернизация ва диверсификация қилишни таъминлаш бўйича чоратadbирлари дастури тўғрисида»ги, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармонлари ва 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сон «2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳукуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Диссертациянинг мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи.² Кристалл йод олишнинг самарали усуллари ва уларни амалга ошириш ускуналарини ишлаб чиқиш ва қўллашга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Миллий илмий фонд (АҚШ), National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA (АҚШ), NERC - Natural Environment Research Council (Буюк Британия), Deutsche Forschungsgemeinschaft (Германия), Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC (Испания), Ямагата Ёшихиро экологик тадқиқотлар миллий институти (Япония), Ёмито Мотомура илғор саноат фанлари ва технологиялари миллий институти (Япония), National Commission for Scientific and Technological Research of the Republic of Chile, “CONICYT” (Чили), Department of Earth Sciences (Канада), Томск политехника университети Миллий тадқиқот маркази (Россия), Перм давлат Миллий тадқиқот университети (Россия), А.Н. Сысин номидаги РТФА инсон экологияси ва атроф муҳит гигиенаси илмий тадқиқот институти (Россия), Боку давлат университети (Озарбайжон), «Туркманкимё» давлат концерни кимё институти (Туркменистон), Термиз давлат университетида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Дунёда гидротермал сувларда йод ва унинг бирикмаларини аниқлаш ва ажратиб олиш, ерости шўр сувларидан кристалл йод олиш усуллари ва технологиясини ишлаб чиқишга оид олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: ерости гидротермал сувларида йоднинг топилиш шакллари ишлаб чиқилган (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA, АҚШ,); сувдаги йодни аниқлашнинг титриметрик усули ишлаб чиқилган (Ямагата Ёшихиро экологик тадқиқотлар миллий институти Япония); денгиз сувдаги йодни аниқлашнинг фотометрик усули ишлаб чиқилган; (А.Н. Сысин номидаги РТФА инсон экологияси ва

²Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи: <http://en.wikipedia.org>; www.iied.org; www.nsche.org; www.gsj.jp; www.researchgate.net; www.iwu.edu; www.kubsu.ru ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

атроф муҳит гигиенаси илмий тадқиқот институти, Россия); ерости босимли сувлардан йодни ажратиш усули ишлаб чиқилган ва калий йодат ва перйодатнинг термик хусусиятлари тадқиқ этилган (Перм давлат Миллий тадқиқот университети, Россия).

Дунёда шўр сувлардан йод олишнинг турли усуллари ишлаб чиқиш бўйича қатор, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: сувли эритмаларда йодни аниқлаш усуллари ишлаб чиқиш; бурғулаш сувларидаги йодид ионларини оксидлашнинг кинетикаси ва механизмини аниқлаш; йод концентратидан йодни чўктириш учун оксидловчилар танлаш ва жараённинг мақбул шароитларини аниқлаш; йод олиш технологиясининг ҳаво-десорбция, экстракция, ион алмашилиш ва электролитик усуллари такомиллаштириш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Адабиётларда ерости шўр сувлари таркибидан йод моддасини ажратиб олиш бўйича ишлар кенг ёритилган. Ўзбекистонда йод сақлаган ерости саноат сувларини тадқиқ этиш натижалари Т.А. Авазов, Л.С. Балашов, Б.А. Бедер, С.С. Бондаренко, М.Г. Валяшко, Г.А. Голевая, Л.А. Калабугин, В.В. Красинцева, В.А. Кудряков, А.М. Овчинников, А.И. Перельман, К.Е. Питьева, Н.А. Плотников, Д.Ж. Сидыков, Л.В. Славянова, А.Е. Смирнов, А.Н. Султанходжаев, А.С. Хасанов, Е.А. Ходжакулиев, М. В. Швец, К.Д. Потаенко, С. Ишанходжаев, С. Бакиев, Р.А. Қулматов ва бошқаларнинг ишларида ёритилган бўлиб, бу муаммонинг ечилишига салмоқли ҳисса бўлиб қўшилган.

Юқорида қайд этилган олимлар томонидан, Сурхондарё ҳудудидаги ерости шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмалардан йодни ажратиб олиш технологиясини такомиллаштириш бўйича ҳозирга қадар илмий-тадқиқотлар олиб борилмаган. Ушбу диссертация иши ерости шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмалардан йодни ажратиб олиш орқали, уни республиканинг кимё саноати ва фармацевтика соҳалари учун йўналтириш йод танқислигига бўлган эҳтиёжни бартараф этиш имконини беради.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилаётган олий таълим ёки илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Термиз давлат унивеситети илмий-тадқиқот ишлари режасининг И-8-3-сонли «Оксидланиш-қайтарилиш жараёнларини ва турли оксидловчилар билан йод бирикмасининг турли шакллари ҳосил бўлиши механизмини ўрганиш» мавзусидаги инновацион (1997-2001 йй) ва АТ-20170926176-сонли «Сурхондарё вилоятидаги Хаудаг, Кокайти ва Учқизил манбаларининг ерости шўрланган сувларидан йод ва унинг бирикмаларини олиш» (2018-2020 йй) мавзусидаги амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ерости гидротермал сувлари таркибидаги йодли бирикмалардан истеъмолга яроқли йод моддасини олишнинг такомиллаштирилган технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

«Каттакум-2», «Учқизил», «Кокайти» ва «Ўртабулоқ» қудуқлари ерости гидротермал сувларидаги йод бирикмаларининг кимёвий таркибини, физик-кимёвий хоссаларини ва ишлатилиш захираларини аниқлаш;

ерости гидротермал сувлари таркибидаги йодид ионларини турли оксидловчилар билан оксидлаш жараёнлари тадқиқотлари натижалари асосида йодид ионларининг оксидланиш кинетикасини тадқиқ этиш;

ерости гидротермал шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмаларни оксидлаш натижасида ҳосил бўлган молекуляр йодни ҳаво иштирокида десорбциялашнинг, ишқорли эритма билан абсорбциялашнинг, абсорбцион эритмани нордонлаштириш, ҳосил бўлган йодли бирикмаларни қайта оксидлаш ва молекуляр кристалл йодни ажратиб олишнинг технологик катталиклари ҳамда мақбул шароитларини аниқлаш;

лаборатория модел курилмасида ерости гидротермал шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмаларни водород пероксиди ва кальций гипохлорити билан оксидлаш, ҳосил бўлган молекуляр йодни ҳаво билан десорбциялаш, ишқорли эритма билан абсорбциялаш, кислотали муҳитда эритмани натрий нитрит билан оксидлаб кристаллаш йўли билан йод олишни синовдан ўтказиш;

саноат курилмаларида ерости шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмалардан йод олишнинг такомиллашган технологиясини ишлаб чиқариш тажриба- саноат синовидан ўтказиш;

йод олишнинг таклиф этилаётган такомиллашган технологиясининг моддий балансини ҳисоблаш, технологик тизимини ва технологик регламентини тайёрлаш;

йод моддасини ишлаб чиқаришнинг техник-иқтисодий ҳисобларини ўтказиш.

Тадқиқотнинг объекти ерости гидротермал сувлари таркибидаги турли шаклдаги йодли бирикмалар, бурғулаш сувлари, оксидловчилар: натрий персульфат, натрий нитрит, кальций гипохлорит, водород пероксид, сульфат кислота шунингдек, йодни ажратиб олишга қаратилган технологик жараёнлар, кимёвий усуллардан иборат.

Тадқиқотнинг предмети ерости шўр сувларидаги йод бирикмаларидан йодни ажратиб олиш технологиясини такомиллаштириш усуллари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотлар жараёнида ноорганик кимёнинг тажрибавий усуллари, титриметрик, потенциометрик титрлаш, УБ, кўринувчан соҳадаги спектрал анализ ва сканерловчи электрон микроскопия (элемент таҳлили) қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилigi қуйидагилардан иборат:

«Каттақум-2», «Учқизил», «Кокайти» ва «Ўртабулок» қудуқлари ерости гидротермал сувларидаги йод бирикмалари миқдори ва тарқалиш шакллари аниқланган;

ерости гидротермал сувлари таркибидаги йодид ионларини турли оксидловчилар билан оксидлаш жараёнида йодид ионларининг оксидланиш кинетикаси исботланган;

йод тутган ерости гидротермал шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмаларни оксидлаш натижасида ҳосил бўлган молекуляр йодни дастлаб ҳаво билан десорбциялаш, сўнгра ишқорли эритма билан абсорбциялашнинг

мақбул шароитлари аниқланган;

технологик абсорбцион эритмани нордонлаштириш, ҳосил бўлган йодли бирикмаларни оксидлаш ва молекуляр йодни кристаллаш ҳамда уни ажратиб олишнинг технологик катталиклари асосланган;

таркибида йодли бирикмалар бўлган ерости гидротермал шўр сувлари асосида тиббиёт ва кимё саноати эҳтиёжлари учун фойдаланиладиган йод олиш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

маҳаллий хом ашё асосида импорт ўрнини босувчи йод моддасини ишлаб чиқаришнинг моддий баланси ва технологик схемаси ишлаб чиқилган, ҳамда жараённинг мақбул меъёрлари таклиф этилган;

ерости шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмалардан йодни ажратиб олишнинг такомиллаштирилган технологияси «Жарқўрғоннефт» АЖда ҳамда «Косон нефт газ қидирув экспедицияси» МЧЖда тажриба ва саноат-тажриба синовларидан ўтказилди;

ишлаб чиқилган технология асосида Ўзбекистон Республикасида биринчи маротаба тиббиёт ва бошқа эҳтиёжлар учун йод ажратиб олинган;

йод сақлаган тиббиёт препаратларининг дастлабки намуналари меҳрибонлик уйларида берилган;

АООТ «Хаудаг»да саноат миқёсида йодни ишлаб чиқариш йўлга қўйилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Фойдаланилган кимёвий (аналитик кимё), физик-кимёвий усуллар (спектрофотометрик ва потенциометрик) ва сканерловчи электрон микроскопия (элемент таҳлили) таҳлил натижалари ва катталаштирилган тажриба-саноат қурилмаларида синовдан ўтганлиги билан тасдиқланади ҳамда таклиф этилган йод моддасини тиббиёт амалиётида қўллашга рухсат берилган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти йод сақлаган ерости шўр гидротермал сувларидан йод ва унинг бирикмаларини ажратиб олиш жараёнларини системалаштирилган илмий, кимёвий, физик-кимёвий ва технологик тадқиқотларни ўтказиш ва асосий қонуниятларни аниқлаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти илк маротаба йодни ерости шўр гидротермал сувларидан ажратиб олиш технологияси такомиллаштирилди ва йод моддасидан тиббиёт, кимё саноати эҳтиёжлари учун, шунингдек, Ўзбекистон Республикаси олий ўқув юртларида ноорганик моддалар технологияси мутахассислиги бўйича кадрлар тайёрлашдаги ўқув жараёнларида фойдаланишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Маҳаллий ерости шўр гидротермал сувлари таркибидаги йодли бирикмалардан йодни ажратиб олишнинг такомиллаштирилган технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ерости шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмалардан йодни ажратиб олиш технологияси «Жарқўрғоннефт» акционерлик жамиятида амалиётга

жорий этилган («Ўзбекнефтогаз» акциядорлик жамиятининг 2018 йил 17 апрелдаги № 02/12-1-78-сон маълумотномаси). Натижада маҳаллий ерости шўр гидротермал сувлар таркибидаги йодли бирикмаларни юқори иқтисодий самарадорлик билан қайта ишлаш асосида импорт ўрнини босувчи йод ишлаб чиқариш имконини берган;

ерости шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмалардан йодни ажратиб олиш технологияси «Косон нефт газ қидирув экспедицияси» масъулияти чекланган жамиятида жорий этилган («Ўзбекнефтогаз» акциядорлик жамиятининг 2018 йил 17 апрелдаги № 02/12-1-78-сон маълумотномаси). Натижада ерости шўр гидротермал сувлари таркибидан йодид ионларининг оксидланиш даражаси 90%, десобрция даражаси 95% ва абсорбция даражаси 99% ҳамда тоза йод маҳсулотининг чиқиши 82,8% ташкил қилиши исботланган;

ерости шўр гидротермал сувлари таркибидаги йодли бирикмалардан йодни ажратиб олишнинг илмий натижалари А-12-ФҚ-17926-рақамли “Замонавий ядро-физикавий методлар ёрдамида гидрометаллургия корхоналари чиқинди эритмалари таркибидаги нодир металлларни концентрлаш ва ажратиш” мавзусидаги фундаментал лойиҳада сорбентлар ёрдамида модели эритмалар таркибидаги йод ионларини сорбцион ажратишда, тўртламчи азот ва фосфор бирикмалари асосида экстрагентлар синтезида ҳамда улар ёрдамида ерости шўр сувлари таркибидаги йод ва унинг бирикмаларини бойитишда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Фан ва технологиялар агентлигининг 2017 йил 22 декабрдаги ФТА-02-11/1349-сон маълумотномаси). Натижада ерости шўр сувлари таркибидаги йодли бирикмалардан йодни сорбцион ажратиш ва бойитиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 13 та, жумладан 4 та халқаро ва 9 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 26 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 13 та мақола, жумладан, 7 та мақола республика ва 6 та мақола хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 181 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий

аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Йод ажратиш кимёси ва технологиясининг замонавий ҳолати ва айрим муаммолари”** номли биринчи боби адабиётлар шарҳи бўлиб, унда йодни миқдорий анализ қилиш усуллари ва уни олишнинг мавжуд технологиялари бўйича маълумотлар келтирилган, табиий муҳит манбаларидаги йод миқдори бўйича маълумотлар муҳокама ва таҳлил қилинган; замонавий аналитик услублар ва йод олишнинг технологик усуллари баён этилган ва мазкур масаланинг ҳозирги ҳолати бўйича ўтказилган таҳлил асосида ушбу диссертация ишининг мақсад ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг **“Ер ости сувларида йод миқдори ва мавжудлик шакллари аниқлаш”** номли иккинчи бобида Сурхондарё худуди гидротермал шўрланган ерости сувларидаги йод миқдорининг таҳлил натижалари, шунингдек, йод ва унинг бирикмаларининг мавжудлик шакллари аниқлаш бўйича натижалар баён этилган.

Ўзбекистон Республикаси катта ерости сувлари заҳираларига эга, улар қаторига нефт, газнинг йўлдош ва гидротермал сувлари киради. Бу сувлар Устюрт текислиги, Бухоро, Қарши, Сурхондарё артезиан сув ҳавзалари ва Фарғона водийси ҳудудларида жойлашган.

Фарғона водийсида кўплаб гидротермал манбалар мавжуд, жумладан, Чилион, Гуртепа, Шерсу, Бўстон ва бошқалар, Сурхондарё вилоятида эса юқори концентрациядаги водород сульфиди сақлаган сув манбалари аниқланган ва ўрганилган, уларнинг ҳосил бўлиши 300-3500 м чуқурликда жойлашган нефт қатламлари ва нефт ташувчи Хаудаг, Кокайти, Учқизил, Жайронхона ва бошқа ҳудудлардаги тоғ жинслари билан боғлиқ.

Сурхондарё сув ҳавзасидаги нефтга йўлдош сувларнинг кимёвий таҳлили ўтказилди, бунда Хаудаг, Кокайти манбаларининг 1 литр сувида 14,7-24,34 мг йод мавжудлиги, Учқизил ва Хаудаг манбаси “Каттақум-2” гидротермал сув қудуғи (70-75°C) сувларининг 1 литрида 20,7-21,3 мг йод бўлиши аниқланди. Бу сувларнинг рН қиймати 5,2-7,4 оралиғида, ҳарорати эса 25-40°C. Улардаги йод йодид, йодат ва органик моддалар билан бирикма шаклларида бўлади. Сувлардаги бром миқдори йодга нисбатан 15-20 ва бунданда кўпроқ маротаба ортиқ. Ушбу сувлар, шунингдек, кўп миқдорда натрий, кальций, калий, аммоний, магний, темир, стронций, бор, литий катионлари ва йод, бром, хлор, сульфат, нитрит, нитрат, карбонат ва бошқа анионлар сақлайди. Нефтга йўлдош ва гидротермал сувлар натрий-кальций-хлорид билан шўрланган. Кокайти манбаларининг йўлдош сувлари минералланиш даражаси 60,0-136,5 г/л, Хаудаг (марказий сув йиғгич) 178,6,, Каттақум-2да 219,7 ва Учқизилда 319,9 г/л ни ташкил этади.

Шу билан бирга, бу сувлар 0,010-0,020 мг/л оралиғидаги нафтен кислоталарини сақлайди. Шундай қилиб, ушбу сувлар таркиби ва элементлар миқдори билан бир биридан фарқ қилади. Шунинг учун нефтга йўлдош ва гидротермал сувлар таркибини ўрганиш улардан йод, бром ва бошқа

қимматли таркибий қисмларни ажратиб олиш технологияларини ишлаб чиқишда алоҳида аҳамият касб этади.

1-жадвал

Сурхондарё ва Бухоро-Қарши ҳавзаси ерости шўр сувлари кимёвий таркиби

Мин-лиги, мг/л	pH	T, °C	Захира, м³/сут.	Микдори, мг/л						
				I₂	Br₂	NaCl	KCl	CaCl₂	MgCl₂	FeCl₂
Хаудаг «Каттақум-2» ҳудуди ерости шўр сувлари										
210,0	6,3	72-76	414,8	21,32	426,4	142,8	4,2	48,3	10,94	2,1
Учкизил ҳудуди ерости шўр сувлари										
283,0	5,1	40	216,3	20,7	391,4	186,78	2,83	73,58	16,98	2,12
Кокайти ҳудуди ерости шўр сувлари										
142,9	6,7	39	785,4	17,4	313,2	100,03	2,14	27,15	10,29	2,43
Бухоро-Қарши ҳавзаси «Ўртабулок» ҳудуди ерости шўр сувлари										
113,0	6,8	45	9873	24,43	376	80,23	3,39	23,73	3,91	1,1

Сурхондарё ва Бухоро-Қарши ҳавзалари манбаларидаги гидротермал сувлар таркибини комплекс физик-кимёвий тадқиқ этиб олинган натижалар 1-жадвалда келтирилган. Бундан кўриниб турибдики, тадқиқ этилган сувлардаги йод концентрацияси ҳам катта оралиқларда тебранади. Унинг энг катта концентрациялари Хаудаг («Каттақум-2») ва «Ўртабулок» манбаларига хос, йоднинг энг кам микдори - Кокайти манбасида учрайди. Нефт қудукларига йўлдош сувлардан йодни ажратиб олиш учун йод микдори ва унинг заҳиралари бўйича «Каттақум-2» ва «Ўртабулок» қудуғи энг истиқболли ҳисобланади.

Сурхондарё ва Бухоро-Қарши ҳавзаси гидротермал ерости сувларидаги йод бирикмалари микдори ва уларнинг ион шакллари батафсил ўрганилди. Йоднинг ўрганилаётган сувлардаги мавжудлик шакллари аниқлашда юқори сезгирликдаги физик-кимёвий таҳлил усулларида фойдаланилди. Мазкур бобда, шунингдек, йод ионлари ва оксидловчилар орасида содир бўладиган оксидланиш-қайтарилиш реакцияларини ўрганиш натижалари ҳам муҳокама қилинган. Йод олиш мақсадида Сурхондарё ва Бухоро-Қарши ҳавзаларидаги ерости сувларини ўрганиш нефтга йўлдош ва гидротермал сувлар ҳисобига амалга оширилиши мумкин.

Олиб борилган кўп йиллик тадқиқотлардан аниқландики, ўрганилган ерости сувлари йод микдори ва унинг заҳиралари бўйича йодни саноат миқёсида ажратиб олиш учун ишлатилиши мумкин. Аммо ер ости сувларида йоднинг мавжудлик шакллари аниқлаш қизиқишга сабаб бўлди, чунки бундай маълумот шўрланган ерости сувларидан йодни ажратиб олишнинг қулай ва арзон технологик усулини танлаш ва уни такомиллаштириш имконини беради. Йод сақлаган гидротермал сувлардаги йоднинг турли

мавжудлик шакллари аниқлаш натижалари 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

Хаудаг манбаси “Каттакум-2” қудуғи гидротермал сувларидаги йоднинг турли шакллари миқдори

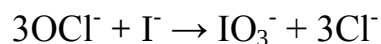
№	Ўрганилаётган сувдаги йод шакллари	Йод турли шаклларининг ўртача миқдори, (%)
1	Молекуляр йод (I_2)	7,3
2	Йодид (I^-)	69,7
3	Йодат (IO_3^-)	13,9
4	Йод хлориди (I^+)	9,3

2-жадвалда келтирилган маълумотларга кўра, ўрганилган сувлардаги йод асосан йодид (69,7%) ва йодат (13,9%) шаклларида учрайди. Молекуляр йод ва йод хлориди сезиларли даражада кам (мос равишда 7,3% ва 9,3%).

Хаудаг манбаси “Каттакум-2” қудуғи ерости гидротермал сувларидаги йоднинг турли шакллари миқдорини аниқлаш бўйича олиб борилган тажрибавий маълумотлар йодни ҳаво-десорбция усулида ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш учун қўлланилди.

Диссертациянинг **“Гидротермал сувлар ва абсорбент эритмаларидан йод ажратиб олиш механизми ва кинетикасини тадқиқ этиш”** номли учинчи бобида Сурхондарё худудининг шўрланган ерости гидротермал сувларидаги йодид ионлари ва йод бирикмаларининг оксидланиш механизми ва кинетикасини ўрганиш натижалари келтирилган.

Ерости гидротермал сувларидан йодни ҳаво-десорбция усули билан ажратиб олишда йод сақлаган сувни кислотали муҳитга ўтказилади, сўнгра йод бирикмаларини суяқ ёки газсимон хлор ёрдамида оксидланади. Аммо ҳозирда республикада суяқ хлор ишлаб чиқарилмаслиги сабабли бу технологик жараён экологик ва иқтисодий талабларга жавоб бермайди. Ерости шўр сувлардан йодни технологик ажратиб олиш учун турли реагентларнинг оксидловчи хоссаларини баҳолаш мақсадида физик-кимёвий тадқиқотлар ўтказилди. Гидротермал йод сақлаган сувлардаги йод бирикмаларини оксидлаш учун қуйидаги оксидловчилар танлаб олинди: $Na_2S_2O_8$, $NaNO_2$, H_2O_2 , $Ca(ClO)_2$. Ўрганилаётган сувнинг 50 мл ҳажмидаги йод бирикмаларини тўлиқ оксидлаш учун 2%-ли $Na_2S_2O_8$ ва $NaNO_2$ эритмаларидан 0,3-0,4 мл талаб этилади, бундан кўринадик, бир хил концентрацияли $Na_2S_2O_8$ ва $NaNO_2$ эритмаларининг сўнггиси кучлироқ оксидловчи ҳисобланади. Шу билан бирга, ўрганилаётган 50 мл сувдаги йод бирикмаларини тўлиқ оксидлаш учун 5%-ли H_2O_2 эритмасидан 0,2-0,25 мл талаб этилади. Йоднинг оксидловчиси сифатида кальций гипохлорити ҳам синовдан ўтказилган.



Йодидни кальций гипохлорити билан оксидлаш реакцияси хлорга нисбатан секинроқ содир бўлади ва диффузион назорат қилинади. Оксидланиш реакцияси жараёни вақтининг камайиши ҳам элементар йод чиқишини оширади (94 дан

97% гача) ва оксидловчи сарфани камайтиради, аммо бу йодидни хлорли сув билан оксидлашдагидек даражада бўлмайди.

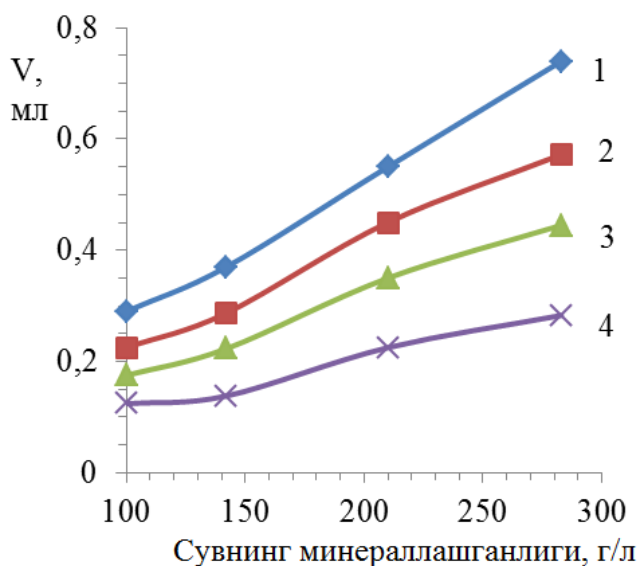
Олинган натижалар ўрганилаётган йод сақловчи сувлардаги йод бирикмаларини тўлиқ оксидлаш учун 0,2%-ли $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ эритмасидан 0,4-0,45 мл талаб этилишини кўрсатди. Оксидловчи концентрациясининг қисман ортиши ҳам сўнгги маҳсулот – йод концентрациясининг камайишига олиб келади, бу йоднинг йодид шаклидан йодат шаклига ўтиши билан боғлиқ.

Шунингдек, Ўртабулоқ, Кокайти, Хаудаг ва Учқизил манбалари учун минераллашган сувлардан йодни ажратишда оксидловчи сарфи ва туз миқдори орасидаги боғлиқлик тадқиқ этилди. Тадқиқ этилаётган йод сақлаган сувлардаги йод бирикмаларини тўлиқ оксидлаш учун талаб этиладиган оксидловчи эритмалари миқдори ва сульфат кислотаси сувнинг минералланиш даражасига боғлиқ.

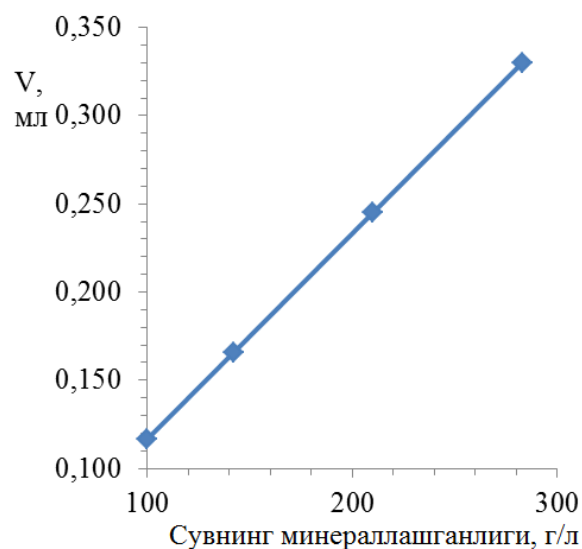
3-жадвал

Минераллашган сувлардан йодни ажратишда оксидловчи сарфи ва туз миқдори орасидаги боғлиқлик ($V=50$ мл)

№	Манба номи	Сувнинг минералланиши, г/л	2 % H_2SO_4 хажми, мл	Оксидловчилар хажми, мл			
				2% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$	2% $\text{Ca}(\text{ClO})_2$	2% NaNO_2	5% H_2O_2
1	Ўртабулоқ	113	0,132	0,20	0,154	0,120	0,074
2	Кокайти	142	0,166	0,29	0,225	0,175	0,124
3	Хаудаг	210	0,245	0,37	0,287	0,223	0,138
4	Учқизил	283	0,330	0,55	0,450	0,350	0,225



1-расм. Йод олишда оксидловчилар сарфига минераллашган сувдаги тузлар миқдорининг таъсири:
1- 2% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$; 2- 2% $\text{Ca}(\text{ClO})_2$;
3- 2% NaNO_2 ; 4- 5 % H_2O_2



2-расм. Йод олишда 2%-ли сульфат кислота сарфига минераллашган сувдаги тузлар миқдорининг таъсири

Тадқиқотларда олинган натижалар 3-жадвалда ва 1-2-расмларда

келтирилган. Шунингдек, қўлланиладиган оксидловчи эритмаларининг сарфи сульфат кислота сарфи билан мос равишда қуйидагича стехиометрик нисбатларда боғланган:

1. 2% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ - 0,20 мл; 2% $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ - 0,154 мл; 2% NaNO_2 - 0,120 мл; 5% H_2O_2 - 0,074 мл.

2. 2% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ - 0,29 мл; 2% $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ - 0,225 мл; 2% NaNO_2 - 0,175 мл; 5% H_2O_2 - 0,124 мл.

3. 2% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ - 0,370 мл; 2% $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ - 0,287 мл; 2% NaNO_2 - 0,223 мл; 5% H_2O_2 - 0,138 мл.

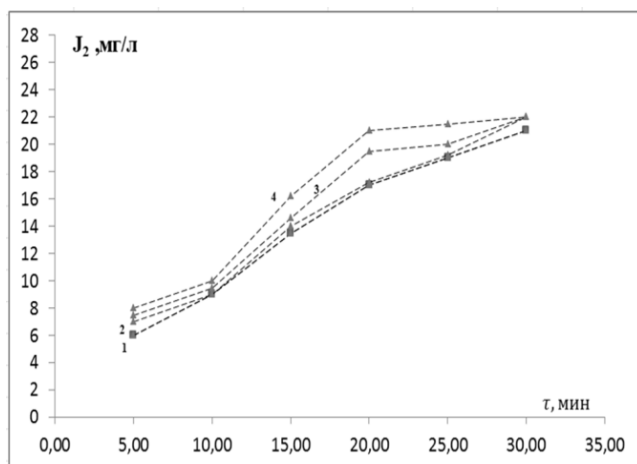
4. 2% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ - 0,550 мл; 2% $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ - 0,450 мл; 2% NaNO_2 - 0,350 мл; 5% H_2O_2 - 0,225 мл.

Шундай қилиб, мазкур изланишларда тадқиқ этилган манбалардаги ерости гидротермал сувлари минералланишининг 113 г/л дан 283 г/л га қадар ортиб бориши оксидловчи эритмалари ва сульфат кислота сарф микдорига пропорционал равишда боғланганлиги исботланди, яъни оксидловчилар сарфи 2,5 марта, сульфат кислота сарфи эса 1,5 марта ортади.

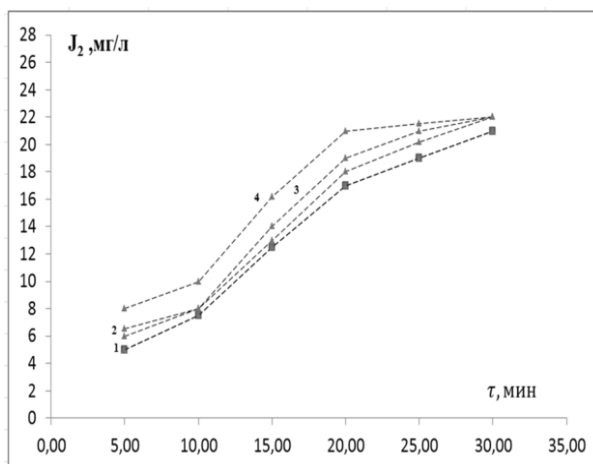
Олинган натижалар гидротермал ерости сувларидан ҳаво-десорбция усулида йод олиш технологик схемасини ишлаб чиқишга асос бўлиб хизмат қилади.

Йодид ионларининг натрий нитрити, кальций гипохлорити ва водород пероксида иштирокида оксидланиш кинетикаси ҳақида маълумот олиш учун йодид ионларининг бошланғич концентрацияси 21,32 мг/л бўлган модел сув эритмаларининг 50 мл ҳажмини оксидловчиларнинг турли нисбатларида 20°C да оксидланиши амалга оширилди.

Оксидланган йодид ионларининг унуми ҳосил бўлган молекуляр йодни хлороформ фазасига экстракция қилиш йўли билан аниқланди ва у методика бўйича натрий тиосульфат билан титрлаш орқали аниқланди. Олинган маълумотлар 3-5-расмларда келтирилган.



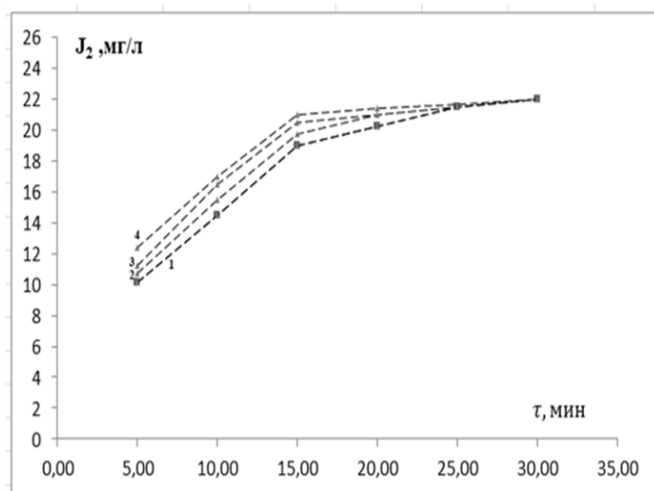
3-расм. Сувли эритмада 2% NaNO_2 иштирокида йод ионларининг оксидланиш кинетикаси. NaNO_2 ҳажми, мл:
1-0,6; 2-0,8; 3-1,0; 4-1,2



4-расм. Сувли эритмада 2% $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ иштирокида йод ионларининг оксидланиш кинетикаси. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ҳажми, мл:
1-1; 2-2; 3-3; 4-4

Бу маълумотлар таҳлили, йодид ионларининг энг юқори оксидланиш

тезлиги водород пероксида (15-20 мин), шунингдек, натрий нитрити (20-25 мин) ва кальций гипохлорити (25-30 мин) қўлланилганда кузатилишини кўрсатди.



5-расм. Сувли эритмада 5 % H_2O_2 ишгирокида йод ионларининг окисланиш кинетикаси. H_2O_2 ҳажми, мл: 1-0,2; 2-0,4; 3-0,6; 4-0,8

Бунда оксидловчилар концентрациясининг ўзгариши окисланиш реакциясининг тезлигига деярли таъсир қилмайди. Ҳароратнинг ҳар 10°C га ортишида реакция тезлигининг 2-4 маротаба ошишини ҳисобга олган ҳолда, 70°C даги окисланиш реакцияси (ишлатилаётган хом ашё сувининг ҳарорати) десорбцион колонканинг юқори қисмида 0,5-0,8 мин. ичида амалга ошади.

Олинган маълумотлар йодид ионларининг окисланиш реакцияси тезлиги молекуляр

йоднинг йодатгача окисланиши реакцияси тезлигига нисбатан сезиларли даражада юқори бўлишини кўрсатади, натижада эса молекуляр йоднинг ҳаво фазасига десорбцияси етарлича тўлиқ амалга ошади (94% гача).

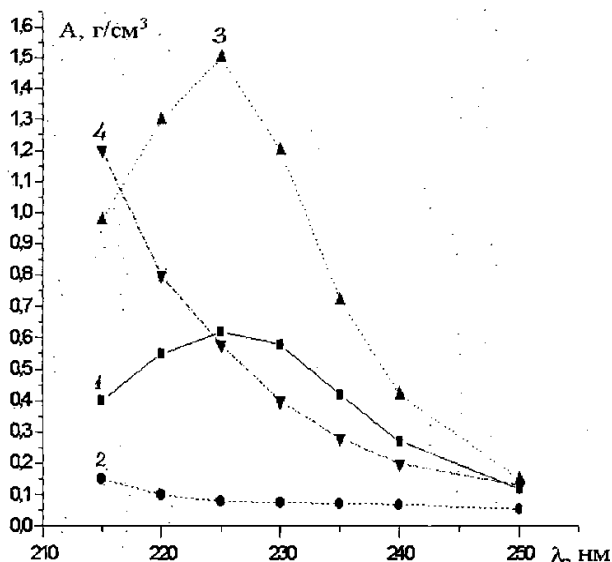
Абсорбент эритмаларидан йодни чўктиришнинг муқобил шароитларини топиш мақсадида бу жараён потенциометрик ва спектрал усулларда ўрганилди. Бошқа усуллар қаторида (спектрофотометрик, сорбцион ва б.) потенциометрик тадқиқот усули йодни сувли муҳитдан ҳаво десорбцияси, экстракция ва чўктириш усуллари билан ажратишда йод ионлари ва оксидловчилар орасида содир бўладиган окисланиш-қайтарилиш жараёнларининг механизмларини аниқлаш имконини беради.

Абсорбент эритмаларини потенциометрик титрлаш йодни чўктириш шароитини аниқлашга имкон беради: pH ва ишлатиладиган оксидловчи. Модел эритмалар сифатида концентрациялари 4,8,12 ва 16 г/л бўлган калий йодиди ва йодати эритмалари, уларнинг аралашмалари, шунингдек, H_2SO_4 эритмалари билан турли pH қийматларигача нордонлаштириладиган завод абсорбенти қўлланилди. Оксидловчи сифатида натрий нитрити ишлатилди. Эксперимент натижасида pH=4 ва ундан юқори қийматларгача йодид ионлари нитрат билан ҳам, йодат билан ҳам окисланмаслиги аниқланди. Эритмалар pH қийматининг 3,5 дан пастга тушиши йодни тўлиқ ажратиш жараёнига деярли таъсир қилмайди (абсорбент эритмалари ва модел эритмаларда йоднинг қолдиқ миқдори 318 мг/л дан 326 мг/л гача абсорбент эритмаларида ва 279 дан 388 мг/л гача модел эритмаларда тебранади). Абсорбент эритмалари ва модел эритмаларда йоднинг қолдиқ миқдори ўрганилган таркибли ва pH қийматларига эга шўрланган сувларда йоднинг эрувчанлик чегараси билан тушунтирилади.

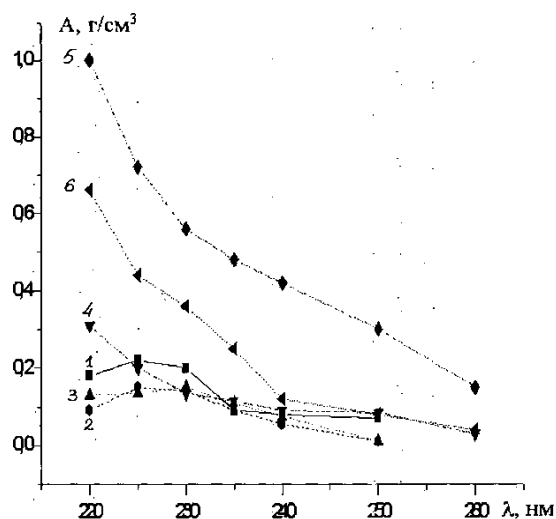
Абсорбент эритмаларидан йодни ажратишда содир бўладиган

оксидланиш-қайтарилиш жараёнларини спектрофотометрик тадқиқот натижалари 6-расмда келтирилган бўлиб, ўлчашлар оптик зичликнинг чегаравий қийматлари оралиғида олиб борилди. 6-расмда келтирилган маълумотлардан кўринадики, йодид (I^-) ва полийодидлар (I_3^-) эритмалари оптик зичликларининг максимумлари тўлқин узунлигининг 225 нм қийматига мос келади, уни шу эритмаларни калибровка қилиш учун ишлатиш мумкин. Модел абсорбент эритмаси сифатида таркибида 12 г/л йод сақлаган NaOH нинг 5%-ли эритмаси 100 ва 1000 мартаба суюлтирилган ҳолда ишлатилди. Молекуляр йодни ажратиш жараёнидаги оксидланиш-қайтарилиш реакциялари СФ-26 спектрофотометрини қўллаган ҳолда спектрофотометрик усулда ультрабинафша соҳада ўрганилди. Ютилиш спектрларини қайд этиш 215-340 нм оралиғида қалинлиги 1 см бўлган кюветада олиб борилди. Модел намуналар сифатида тозаллиги «КТ» маркада бўлган стандарт реагентларнинг эритмалари: йодид ионлари учун KI (0.25 мг/л) эритмаси, йодат-ионлари учун KIO_3 (0,22 мг/л) эритмаси, I_3^- -учун $KI+I_2$ (1,42 мг/л) фиксанали ва молекуляр йод учун – кристалл йоднинг сувдаги 0,28 мг/л эритмаси ишлатилди. Солиштириш эритмаси сифатида дистилланган сув қўлланилди. Олинган абсорбент эритмалари уларни H_2SO_4 билан нордонлаштирилган ҳолда тадқиқ этилди (суюлтириш 1:4). Кўрсатилган эритмаларнинг УБ-соҳадаги ютилиш маълумотлари 6-7-расмларда келтирилган.

6-расмдаги 1 эгри чизиги – 1000 мартаба суюлтирилган ва кювета қалинлиги 1 см бўлган абсорбентнинг модел эритмасидаги ютилиш.



6-расм. Йодид-, йодат-, полийодид-ионлари модел эритмалари ва молекуляр йоднинг УБ-соҳадаги ютилиш спектрлари

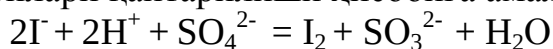


7-расм. Абсорбентнинг сульфат кислотасиз (1 эгри чизик) ва унинг иштирокида (2-6 эгри чизиклар) УБ-соҳадаги ютилиш спектрлари

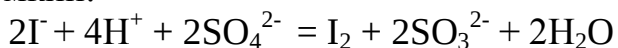
Солиштирма эритма - 1000 мартаба суюлтирилган ва кювета қалинлиги 1 см бўлган 5%-ли NaOH эритмаси. 2-эгри чизик - 1000 мартаба суюлтирилган + 0,1 мл H_2SO_4 (суюлтириш 1:4) 100 мл эритмага ва кювета қалинлиги 1 см бўлган абсорбентнинг модел эритмасидаги ютилиш

солиштирма эритма - 1000 маротаба суюлтирилган ва кювета қалинлиги 1 см бўлган 5%-ли NaOH эритмаси + 0,1 мл H_2SO_4 (1:4) 100 мл эритмага. 3-эгри чизик – 1000 маротаба суюлтирилган + 0,1 мл H_2SO_4 100 мл эритмага ва кювета қалинлиги 1 см бўлган абсорбентнинг модел эритмасидаги ютилиш. Солиштирма эритма - 1 ва 2 солиштирма эритмаларининг аналоги. 4-эгри чизик 100 маротаба суюлтириш + 2 мл H_2SO_4 (1:4) 100 мл эритмага абсорбентнинг модел эритмасидаги ютилиш. Солиштирма эритма – 100 маротаба суюлтириш + 2 мл H_2SO_4 (1:4) 100 мл эритмага ва қават қалинлиги 1 см бўлган 1 ва 2 эритмаларининг аналоги. 5-эгри чизик – абсорбент эритмасидаги ютилиш, 4-нуқта + 2 мл H_2SO_4 (1:4) 100 мл эритмага ва қават қалинлиги 1 см. Солиштирма эритма – 4-нуқта аналоги + 2 мл H_2SO_4 . 6-эгри чизик – абсорбент эритмасидаги ютилиш, 5-нуқта + 2 мл H_2SO_4 (1:4) 100 мл эритмага ва қават қалинлиги 1 см. Солиштирма эритма – 5-нуқта аналоги + 2 мл H_2SO_4 (1:4).

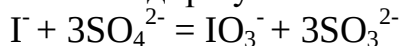
Олинган маълумотлар абсорбентнинг дастлабки эритмаси асосан йодид ионлари сақлаганлигини кўрсатади (1-эгри чизик). Биринчи партия H_2SO_4 қўшилганида эритманинг бошланғич ҳолати ўзгармайди, чунки сульфат кислотаси фақатгина нейтраллашга сарфланади (2-эгри чизик). Сульфат кислотанинг кейинги қўшилиши элементар йод ҳосил бўлишига олиб келади, у полигалогенидлар I_3 ҳосил қилади ва йодид ионлари билан мувозанатда бўлади (3-эгри чизик). Шубҳасиз, молекуляр йод ҳосил бўлиш реакцияси фақатгина сульфат ионлари қайтарилиши ҳисобига амалга ошиши мумкин:



Кейинги сульфат кислота қўшилиши йодид ионлари ва полигалогенидлар орасидаги мувозанатнинг: $\text{I}_2 + \text{I}^- = [\text{I}_3]$ бузилиши ҳисобига элементар йод унумининг ортишига олиб келади (4, 5, 6 эгри чизиклар). 5-эритманинг ғуборланиши сульфат ионларининг сульфит ионларигача қайтарилиши тегишли тузнинг кристалланишига олиб келиши билан тушунтирилиши мумкин:



Эритма оптик зичлигининг кейинги камайиши йодид ионларининг йодат ионларигача қайта оксидланиши содир бўлишини кўрсатади:



Ушбу маълумотлар йодни тўла чўктириш жараёнига эритма нордонлигининг таъсири бўйича олдинги олинган натижалар (2 мл 2%-ли натрий нитрити ишлатилган) билан мос келади. Илгари йодни ажратиш учун тавсия этилган натрий нитритнинг (2% NaNO_2) оксидловчи хоссаларини тадқиқ этиш учун олдингиларига ўхшаш бўлган NaNO_2 қўшилган турли суюлтириш даражасидаги абсорбент эритмаларининг ютилиш спектрлари ўрганилди. Бу маълумотлар оксидланиш жараёнини технологик назорат қилишда ва йодид ионларидан йодни ажратишда чиқинди сув оптик зичлиги ўзгаришини доимий назорат қилиш йўли орқали қўлланилиши мумкин, бу йод ишлаб чиқариш жараёнини автоматлаштириш имконини беради.

Потенциометрик титрлаш усулини қўллаган ҳолда абсорбентдаги йоднинг миқдори ва мавжудлик шакллари ўрганилди. Тадқиқотлар элементар

йодни унинг концентрацияси 0,354 г/л бўлган ҳолда абсорбентдан чўктирилганидан кейин олиб борилди. Эркин йод концентрациясини унинг умумий концентрацияси ва боғланган шакллари концентрацияси орасидаги фарқ орқали ҳисобланди:

$$X_{I_2} = X_{\text{общ}} + X_{I^-} + X_{IO_3^-} + X_{I^+}$$

4-жадвал

Ишчи эритмалардан элементар йод чўктирилганидан кейинги абсорбентларда йоднинг турли шакллари миқдори

№	Йод шакллари	Йод шакллариинг ўртача миқдори (%)
1	Молекуляр йод (I_2)	85,6
2	Йодид (I^-)	3,2
3	Йодат (IO_3^-)	9,1
4	Йод хлориди (I^{+1})	2,1

4-жадвалдан кўриниб турибдики, тадқиқ этилган ишчи эритмаларда $pH=3$ бўлганида йод асосан молекуляр йод шаклида мавжуд бўлади (85,6%), унга йўлдош ҳолда йодид ионлари (3,2%), йодат (9,1%) ва йод хлориди (2,1%) учрайди. Йоднинг барча шакллари эритмада бир вақтнинг ўзида фақатгина йодатларнинг оксидловчи хоссалари кескин камайган ишқорий муҳитда сақлаш имкони бўлади. Олинган маълумотлар турли физик-кимёвий усулларда йод пастасини тозалаш усулини танлаш учун муҳимдир.

Кучланиш 0,250 В дан юқори ва pH 5-3 ва ундан кам бўлганида элементар йод ажралишининг бошланиши тадқиқотларда қайд этилди. Бунда одатда эритма қизғиш ёки жигар ранг тусланувчи қорамтир-қизил рангга киради, бу эритмада йоднинг бошқа ионлар билан комплекс бирикмалари ҳосил бўлганлигини кўрсатади.

Шундай қилиб, ишқорий йод сақлаган эритмаларни потенциометрик титрлаш усули билан муҳит pH нинг турли қийматларида оксидловчилар иштирокида йод ионларининг ҳар хил шакллари ҳосил бўлиши кўрсатиб берилди. Бу шаклларнинг нисбий таркиби муҳитнинг pH қиймати, эритмадаги оксидловчи тури ва концентрациясига боғлиқ бўлади. Бу усулни қўлланилганда маълум кучланишларда йоднинг турли шакллари ҳосил бўлиш имконияти кўрсатиб берилди.

Диссертациянинг «Гидротермал сувлардан йод олишнинг ҳаво-десорбция технологик усулини такомиллаштириш» номли тўртинчи бобида Сурхондарё вилоятидаги Хаудаг манбаси гидротермал ерости сувларидан йод олишнинг ҳаво-десорбция технологик усулини такомиллаштириш бўйича назарий ва амалий тадқиқотларнинг натижалари ва ушбу технологияда қўлланилган технологик жиҳозларни такомиллаштириш маълумотлари келтирилган.

Қайд этиш лозимки, ўрганилаётган сувларнинг ижобий физик-кимёвий хоссалари, жумладан, босим (28 атм), ҳарорат ($76^{\circ}C$) ва минералланишнинг (220 г/л) юқори кўрсаткичлари ерости шўр сувларида мавжуд бўлган йод бирикмаларидан йодни ажратиш технологиясини такомиллаштириш

мумкинлигини асослаб беради. Такомиллаштирилган ҳаво-десорбция усулида йод олиш жараёни қуйидаги технологик босқичлар кетма-кетлигини ўз ичига олади:

- қазилма сувни аралаштиргичга киритиш, уни $pH = 3-3,5$ гача нордонлаштириш;

- йодид ионларини кальций гипохлорит эритмаси билан молекуляр йодгача оксидлаш;

- молекуляр йодни ҳаво билан десорбция қилиш;

- йодни ишқор эритмасига юттириш (абсорбция);

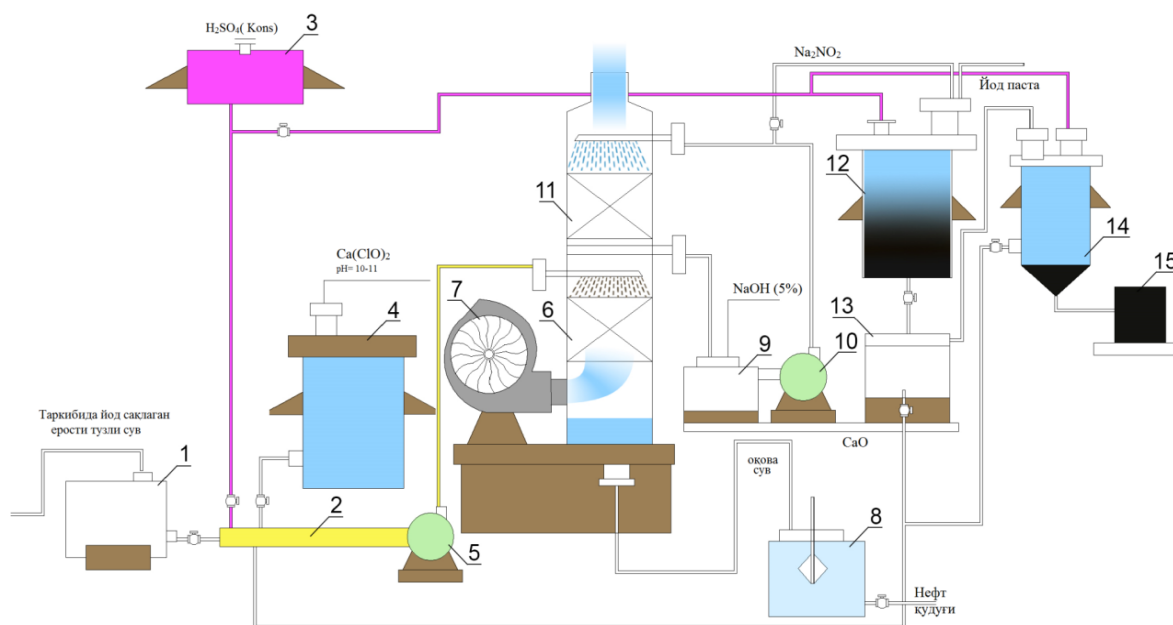
- абсорбент концентратидан йодни чўктириш;

- йод пастасини филтрлаш;

- тайёр маҳсулотни тозалаш, жойлаш ва қадоқлаш.

Йод сакловчи сувлардан йодни ажратишнинг такомиллаштирилган ҳаво-десорбция усули технологик схемаси 8-расмда, тадқиқ этилаётган сувлардан йод олиш бўйича дастлабки технологик маълумотлар 5-жадвалда келтирилган.

Дастлабки қазилма сув қазиш кудукларидан узлуксиз равишда қабул қилувчи сизимга келади (1-ҳолат), ундан кейин аралаштиргичга узатилади (2-ҳолат), аралаштиргичдаги сув 3-сизимдан келадиган концентранган сульфат кислота билан $pH=3,5-3,8$ гача нордонлаштирилади, сўнгра аралаштиргичнинг нордон эритмасига йодид ионларини оксидлаш учун кетма-кет водород пероксиди ёки кальций гипохлорит узатилади.



8-расм. Гидротермал ерости сувларидан ҳаво-десорбция усулида йод олиш технологиясининг ускуналари схемаси

1- қабул қилувчи сизим; 2- аралаштиргич; 3- сульфат кислота учун сизим; 4- кальций гипохлорит учун сизим; 5, 10- насослар; 6- десорбцион колонна; 7-вентилятор; 8- нейтрализатор; 9- абсорбент учун сизим; 11- абсорбцион колонна; 12- кристаллизатор; 13- нутч-филтр; 14- йодни суяқлантириш учун реактор; 15- тайёр маҳсулот учун сизим.

Кислота узатиш pH -метр кўрсатгичи бўйича бошқарилади,

йодидларнинг оксидланиши йиғма сув таҳлили билан назорат қилинади (8-ҳолат), бунда йодидларнинг қолдиқ концентрацияси 1-1,5 мг/л атрофида ушлаб турилади.

Йодидлар микдорининг нолгача камайиши йодидларнинг йодатларгача оксидланиши бошланганлигидан далолат беради. Сўнгра реакцион аралашма марказдан қочма насос (5-ҳолат) ёрдамида 2,1-2,2 м³/соат тезлик билан десорбцион колонка оросителига узатилади (6-ҳолат). Десорберда эндиликда эркин элементар йод (I₂) сақловчи нордонлаштирилган ва оксидланган қазилма сув насадкалар орқали пастга оқади. Насадкаларни суғориш зичлиги 40-60м³/м² соат атрофида ушлаб турилади. Десорбцион колонка остидан қарши оқим билан ҳаво берилади.

5-жадвал

Тадқиқ этилаётган сувлардан йод олиш бўйича дастлабки технологик маълумотлар

№	Технологик босқич	Жараён содир бўладиган ускуна	Муҳит номи	Каттали к номи	Технологик катталиклар			
					Ишчи қиймати	Рухсат этилган диапазон	Назорат нуқтаси	Автомат схемаси
1	Хом ашёни киритиш	Даст. қазилма сув киритиш	Даст. қазилма сув	Сарф, м ³	2,1м ³ /соат	2,08-2,12	Узатиш ёки чиқариш линияси	Сув ҳисоблагич
2	Дастлабки сувни нордонлаштириш	Даст. қазилма сув киритиш	Сульфат кислота	л/соат	0,112	0,110-0,115	5-Насос олди ва йиғимда	pH=3, pH=3,2-3,5
3	Ca(ClO) ₂ билан оксидлаш	Дастлабки қазилма сувнинг узатилиш линияси	Оксидловчи, нордон. сув	Сарф кг/соат	0,01058 кг/соат	0,01058-0,01060	Десорбер дан чиқариш	Қолдиқ Г ни сақлаш =1,0-1,5 мг/л
4	Йод десорбцияси	Десорбер	Нордон. сув, йод	Чиқинд и сувдаги йод	Эркин йод йўқлиги	1,0-1,5 мг/л	Десорбер дан чиқариш	Г микдорининг таҳлили =1-1,5 мг/л
5	Йод абсорбцияси	Абсорбер айланувчи сифими.	Йодидларнинг ишқордаги NaOH	pH=8-9 NaOH	NaOH=5 %	4-5%	Циркул. сифимдан	Ҳар соатда йодидлар концентрациясининг ва pH pH8-9
6	Йодни ажратиш	Кристаллизатор	Йодидлар эритмаси	pH	4,0	3,5-4,0	Кристаллизатор	pH=2,9-3,0 гача H ₂ SO ₄ қўшиш
7	Чиқиндини нейтраллаш	Нейтрализатор	Чиқинди сув	pH	9,0	8-9	Нейтрализатордан	pH=8-9 гача оҳак қўшиш

Десорбердаги ҳаво ҳажми чиқинди сувда эркин йод борлиги (йўқлиги) билан назорат қилинади ва 430-450 м³/соат атрофида бўлади. Агар чиқинди сувда катта миқдорда эркин йод мавжуд бўлса ҳаво узатишни вентилятор ёрдамида оширилади (7-ҳолат). Олинган 50-250 мг/м³ йод сакловчи йод-ҳаво аралашмаси газ йўли-найи орқали абсорбцион колонканинг вентилятор қисмига тушади (11-ҳолат). Абсорберга юқоридан ороситель ускунаси орқали абсорбент узатилади, у марказдан қочма насос ёрдамида циркуляцион сиғим (9-ҳолат) ва абсорбер (11-ҳолат) оралиғида айлантрилади (10-ҳолат). Абсорбент сифатида 5%-ли NaOH эритмаси ишлатилади. Абсорбент кўп маротаба айлантрилади ва йодидлар, йодатлар ва I₃⁻ ионлари шаклида йод билан давомий бойитилади.



Абсорбентда йод концентрациясининг 12 г/л дан ортиқ бўлишига эришиш учун абсорбентнинг асосий қисми циркуляциядан чиқарилади ва кристаллизаторга узатилади (12-ҳолат). Абсорбент эритмаларидан йодни чўктириш жараёни бу технологиянинг босқичларидан бири ҳисобланади.

Йодни чўктириш жараёнига таъсир қилувчи ва мақсад қилинган маҳсулотнинг юқори унумларини белгиловчи асосий омиллар оксидловчи тури, кучланиш қиймати ва муҳит рНи ҳисобланади. Шунинг учун калий дихромат (K₂Cr₂O₇), бертоле тузи (KClO₃), водород пероксид (H₂O₂), кальций гипохлорит Ca(ClO)₂, калий перманганат (KMnO₄) ва нарий нитрит (NaNO₂) каби оксидловчиларни қўллаган ҳолда абсорбентдан йодни ажратиш даражасига оксидловчиларнинг таъсири тадқиқ этилди (6-жадвал).

6-жадвал

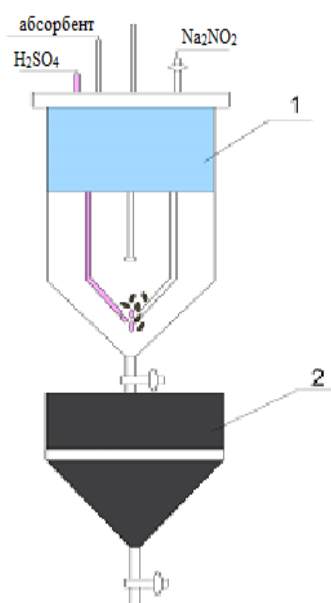
Абсорбентдан элементар йодни ажратиш

Қазилма сувни оксидлаш	H ₂ O ₂		Ca(ClO) ₂		Cl ₂ (хлор)	
	Нейтрал, нордон	Нордон	Нордон	Нордон	Нордон, ишқорий, нейтрал	Нордон
Йод пастасини олиш	K ₂ Cr ₂ O ₇ I ₂ унуми 75% гача	KClO ₃ I ₂ унуми 85% гача	H ₂ O ₂ J ₂ + KJO ₃ 50% гача	Ca(ClO) ₂ I ₂ унуми 50% гача	KMnO ₄ J ₂ + KJO ₃ до 50%	NaNO ₂ I ₂ унуми 97,6% гача
Ўзига хослиги	1. Нархнинг юқорилиги. 2. Қизғиш ранг жараён назоратини қийинлаштиради	1. Реакция тезлиги кичик. 2. FeCl ₂ катализаторининг зарурлиги 3. 40°С гача қиздириш	1. Йодиднинг йодатгача қайта оксидланиши 2. Мураккаб технология. 3. Сақланганд а оксидловчи хоссаларининг йўқолиши	1. Кўп меҳнат талаб этиши. 2. Йод чўкмасининг вақт ўтиши билан парчаланиши	1. Йодатгача қайта оксидланиш. 2. Нархнинг юқорилиги. 3. Сувда кам эрувчанлиги.	1. Нархнинг юқорилиги .
Йод пастасини 10 маротаба кўп ҳажмдаги сув билан 3 маротаба ювиш. Йод унуми, %	85-90%	90%	Йоднинг эриши сабабли унинг йўқотилиши ~40%	Са нинг эримайдиган тузлари ювишни қийинлаштиради 30-40%	Йоднинг эриши сабабли унинг йўқотилиши ~40%	90%

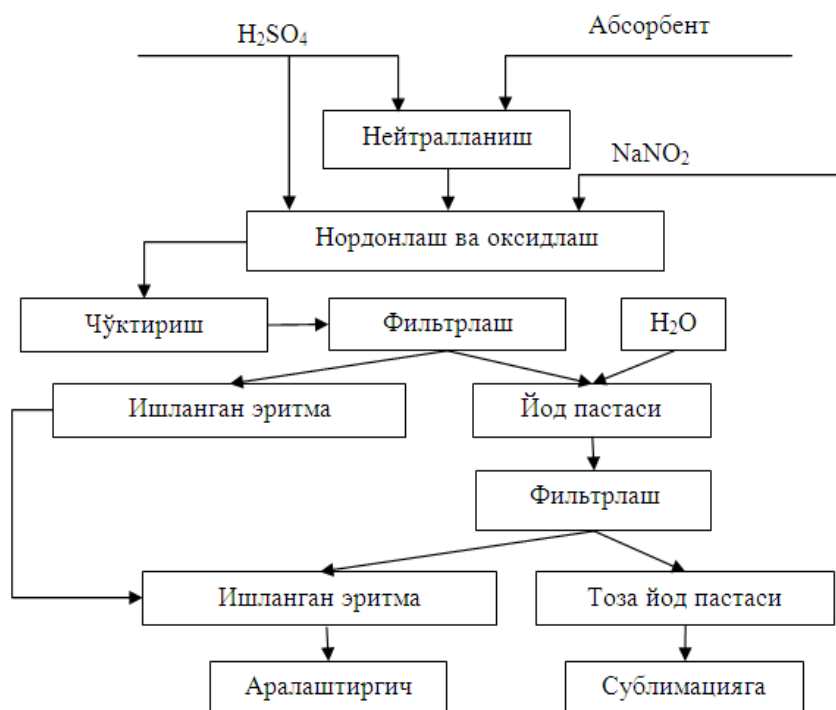
Абсорбентдаги элементар йодни чўктириш учун оксидловчилар сифатида $K_2Cr_2O_7$, $KClO_3$, H_2O_2 , $Ca(ClO)_2$, $KMnO_4$ ва $NaNO_2$ синовдан ўтказилди. Натрий нитрит ва водород пероксидларининг экологик хавфсизлиги ва яроқлилигининг юқорилиги, нархи арзонлиги аниқланди. Натижада, олинган маълумотлар технологик жараёнини мақбуллаштириш имконини яратди.

Абсорбентдан элементар йод ажратиш усулини такомиллаштириш

Кристаллизатордаги абсорбентга $pH=4-3,5$ бўлгунига қадар концентранган сульфат кислота ва оксидловчи узатилади. Абсорбентлардан элементар йодни чўктириш қурилмаси ва элементар йодни чўктириш жараёнининг принципиал схемаси 9-10-расмларда келтирилган схема бўйича олиб борилди, 6-жадвалда эса кўрсатилган оксидловчиларни қўллашнинг ўзига хос томонлари ҳақида маълумотлар берилган.



9-расм. Абсорбентлардан элементар йодни чўктириш қурилмасининг схемаси:
1- кристаллизатор,
2-нутч-фильтр



10-расм. Абсорбентлардан элементар йодни чўктириш жараёнининг принципиал схемаси

Абсорбентдаги йодни pH нинг турли қийматларида чўктириш даражасини назорат қилиш қизиқиш уйғотади. Йодид ионларини pH нинг турли қийматларида оксидлаш потенциаллари ҳақида маълумотлар олинди.

Бунда турли концентрациядаги абсорбент эритмалари ишлатилди, шу билан бирга концентрацияга боғлиқ бўлмаган ҳолда оксидланиш потенциаллари фақатгина эритма pH қийматига боғлиқ равишда ўзгарди. Олинган маълумотлар 7-жадвал ва 11-расмда келтирилган.

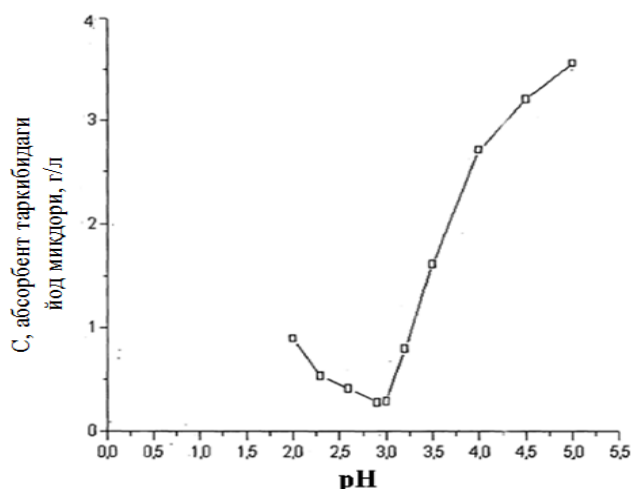
Бунда эритмада қолдиқ йод концентрацияси pH нинг 3-2,9 қийматлари оралиғида минимал бўлди, яъни шу оралиқ йодни чўктириш учун муқобил

ҳисобланади. Йоднинг эрувчанлиги ҳақидаги маълумотлар 11-расмда келтирилган.

7-жадвал

Абсорбентларни потенциометрик титрлаш маълумотлари

№	Абсорбент эритмасининг конц-цияси,	Эритма ҳажми, мл	pH	ф, В	Йод чўкмаси массаси, г	Абсорбентдаги қолдиқ йод конц-цияси, г/л	Абсорбентдаги йод миқдори, %	Абсорбент эритмаларининг ранги
1	12	50	5,0	0,509	0,308	3,556	29,0	Қорамтир-қизил
2	-//-	-//-	4,5	0,515	0,396	3,207	26,7	
3	-//-	-//-	4,0	0,521	0,472	2,710	22,5	
4			3,5	0,544	0,580	1,600	13,3	Қизил
5	-//-	-//-	3,2	0,558	0,787	0,795	6,62	
6	-//-		3,0	0,567	0,863	0,285	2,37	Оч-сарик
7	-//-		2,9	0,569	0,871	0,278	2,31	
8	-//-	-//-	2,6	0,576	0,811	0,410	3,41	Сарғиш-қизил
9	-//-		2,3	0,584	0,748	0,530	4,41	Қизил
10	-//-	-//-	2,0	0,590	0,655	0,889	7,30	



11-расм. Абсорбентнинг кислотали муҳитида йоднинг эрувчанлиги ҳақидаги маълумотлар

иборат.

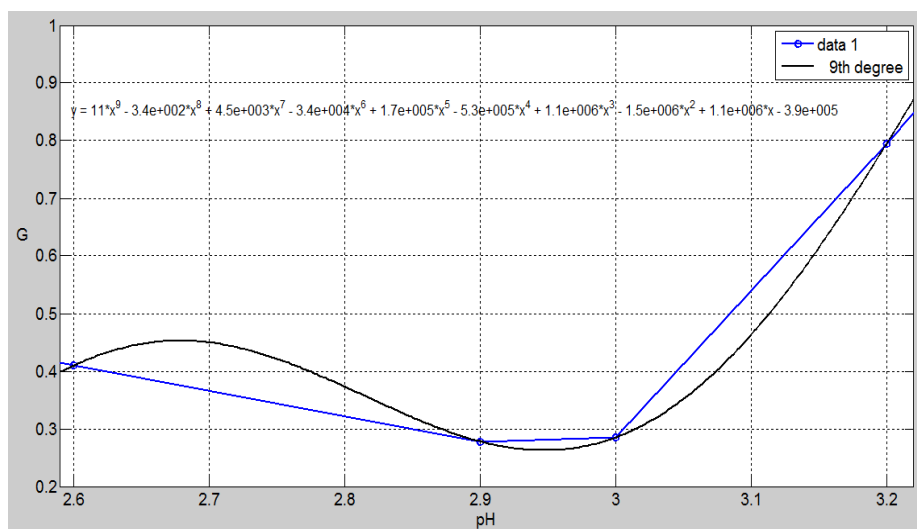
Шу билан бирга, олинган маълумотлар абсорбентдан йодни ажратиш жараёнида йодид ионларининг оксидланишини назорат қилиш имконини беради, шунингдек, уни олиш жараёнида йодид-ионлари оксидланиш потенциали (0,569) ҳам назорат қилинади, бу йод ишлаб чиқариш жараёнини автоматлаштиришга имкон яратади.

Ускунанинг тиндириш қисми кўриб чиқилди, бунда эритманинг рНи асосий кириш катталиги сифатида қабул қилинди.

Абсорбентдаги қолдиқ йод концентрациясини ва абсорбентдаги йод миқдорини эритманинг турли рН қийматларида аниқлаш йўли билан

Адабиёт маълумотлари асосида ва йоднинг сувдаги эрувчанлигини ҳисобга олиб, абсорбентдаги йоднинг қолдиқ концентрациясини 0,63-0,58 г/л тарзида аниқлаш лозим эди, аммо, олинган маълумотларга мувофиқ (11-расм), қолдиқ йод концентрацияси 0,2 г/л гача камайиши мумкин, бу йоднинг унумини сезиларли даражада оширади. Абсорбентдан йодни чўктириш жараёнини такомиллаштириш мана шундан

чўктириш жараёнини моделлаштириш учун тадқиқот объекти сифатида абсорбентдаги қолдиқ йод концентрацияси ўзгаришини ифодаловчи эгри чизикларнинг график кўриниши 12-расмда келтирилган.



12-расм. Йод сақловчи эритмадан йодни чўктиришнинг муқобил соҳасини математик ифодалаш

Олтинчи даражали тенглама қўлланилганида абсорбентдаги қолдиқ йод концентрацияси ўзгаришига эритма рНнинг таъсири, қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$y = p1 \cdot x^6 + p2 \cdot x^5 + p3 \cdot x^4 + p4 \cdot x^3 + p5 \cdot x^2 + p6 \cdot x + p7$$

Коэффициентлар:

$$p1 = 0.0013813$$

$$p2 = 0.37313$$

$$p3 = -6.7401$$

$$p4 = 45.741$$

$$p5 = -147.77$$

$$p6 = 227.76$$

$$p7 = -133.68$$

Қолдиқ нормалари = 0.2211

Бундан кўринадикки, рН қийматига боғлиқ ҳолда йоднинг қолдиқ концентрацияси ўзгаришини олтинчи даражали тенглама бирмунча тўғрироқ ифодалайди.

Шундай қилиб, рН=3 қиймати атрофида бўлган муқобил соҳа аниқланди. Эритманинг муқобил рН қийматини шу соҳа атрофидан излаш ишлари олиб борилди. Бу муқобил қиймат тўққизинчи даражали тенглама билан яхши ифодаланиши амалий MATLAB дастурида олиб борилган тажрибалар ва ҳисоблашларда кўрсатиб берилди (12-расм). Ушбу график тарзидаги характеристикадан келиб чиқадики, рНнинг муқобил соҳаси ушбу кўрсаткичнинг 2,9 – 3 қийматлари оралиғида ётади. Шунинг учун муқобил сифатида рН = 2,95 қийматини ишлатиш лозим бўлади.

Ишлатилган чиқинди қазилма сув йод ажратилганидан кейин нейтрализаторга боради, у ерга чиқиндини нейтраллаш учун тўхтовсиз равишда оҳак сути эритмаси узатилади. Оҳак сутининг миқдори муҳит рН

қийматига қараб бошқарилади. Олинган йод пастаси нутч-фильтр орқали филтрдан ўтказилади (13-ҳолат) ва аралаштиргичга узатиладиган 10 карра кўп миқдордаги сув билан ювилади (2-ҳолат). Филтрлаб олинган ва ювилган паста шаклидаги йод тозалашга берилади (14-ҳолат) ва уни концентрланган сульфат кислота тагида суюқлантириш йўли билан даврий тозаланади. Олинган йод зич ёпиладиган сифими 20-25кг бўлган полимер идишларга жойланади ва тайёр маҳсулот омборига йўналтирилади.

Босқичлар бўйича йод унуми куйидагича:

Десорбция босқичи - 94,0%

Абсорбция босқичи - 99,5%

Абсорбентдан ажратиш босқичи - 97,6%

Тозалашда йод чиқиши босқичи -85,9%

Тайёр маҳсулот сифатида йод чиқиши (умумий унум) - 77%.

Диссертациянинг «**Экспериментал усқунанинг технологик катталикларини ҳисоблаш**» номли бешинчи бобида АООТ «Хаудаг» экспериментал тажриба-саноат қурилмасида такомиллаштирилган технологияни синовдан ўтказиш, ушбу қурилмада йод ишлаб чиқариш технологик катталикларини ўзлаштириш ва “Хаудаг” манбаси “Каттақум-2” қудуғи гидротермал сувидан йоднинг тажриба партиясини олиш бўйича натижалар келтирилган.

Қуввати 50 м³/сутка ёки 2,1 м³/соат қазилма сув бўлган тажриба қурилмасида куйидаги технологик катталиклар олинди.

1. Хом ашё сув бўйича юклаш $V_c=50\text{м}^3/\text{сут}=2,1\text{ м}^3/\text{соат}$.

2. Хом ашё сувдаги йод концентрацияси $C_{\text{ж}}=21\text{ г/м}^3$.

3. Хом ашё сувнинг рН қиймати 6,5; 7,0.

4. Хом ашё сувнинг ҳарорати $t=65^\circ\text{C}$.

5. Генри коэффициентлари $K_r=0.015$.

6. Оксидланиш даражаси $\gamma_{\text{оп}}=90\%$.

7. Десорбция даражаси $f=95\%$.

8. Абсорбция даражаси $\gamma_{\text{об}}=99\%$.

9. Ҳавонинг чизиқли тезлиги $W_r=2.5\text{ м/сек}$.

10. Десорберни суғориш зичлиги $p_6=60\text{ м}^{-1}$

11. Абсорберни суғориш зичлиги $p_a=15\text{ м}^{-1}$.

12. Насадкаларнинг солиштирма юзаси $f=100\text{ м}^2/\text{м}^3$.

13. Йилига иш соатларининг ҳисобланган миқдори 8000 соат/йил қабул қилинган.

14. Абсорбентдаги йод концентрацияси $C_{\text{сop}}=20-25\text{ г/л}$.

Сульфат кислотанинг йиллик сарфи 1680 кг/йил, (913,0 л).

Водород пероксидининг йиллик сарфи 130,37 кг/йил.

Кальций гипохлоритнинг йиллик сарфи 276.48 кг/йил.

Ишқорнинг йиллик сарфи (абсорбент) 207,3 кг/йил.

Ҳаво сарфи 378 м³/соат.

Ўзбекистон қишлоқ хўжалигини электрлаштириш ва механизациялаш илмий-тадқиқот институтининг Тошкент филиалида мақбул технологик режимни ўрнатиш ва тажриба қурилмаси лойиҳаси учун усқуналарни

ҳисоблаш бўйича тажрибалар олиб борилди. Хаудаг манбаси ерости шўрланган сувларидан йодни ажратиш учун тажриба ҳаво-десорбция қурилмасини синовдан ўтказилганда, бажарилган назарий ҳисоблашлар ва тажриба тадқиқотларнинг тўғрилиги ва ишончилиги кўрсатиб берилди. Бу синовлар асосида ерости гидротермал сувларидан йодни ажратиш учун ишлаб чиқариш қуввати йилига 2,1 т бўлган такомиллаштирилган технология таклиф этилди.

Агар 1кг кристалл йоднинг нархини 30 АҚШ доллари ўлчамида ва 1 АҚШ долларининг қийматини Марказий банк ставкаси (1\$ = 8200сўм) бўйича олинса, 1 кг кристалл йоднинг таннарни 76293 сўмни ташкил этади. Бу ҳолда 1 кг йод ишлаб чиқаришдан олинadиган соф фойда $246000 - 76293 = 169707$ сўмни ташкил этади. Йодни ишлаб чиқаришдаги такомиллаштирилган технология асосида қўшимча равишда йод пастаси (49кг) ажратиб олиш имкониятини ҳисобга олган ҳолда, қўшимча даромад 10,332 млн сўмни ташкил этади.

ХУЛОСАЛАР

1. Хаудаг манбасининг “Каттакум-2” қудуғи ерости гидротермал сувларидаги йод миқдори ва унинг топилиш шакллари ўрганилди. Бу сувлар таркибида йод йодидлар (68-70%), йодатлар (12-14%), йод хлориди (8-10%) ва молекуляр йод (6-8%) шаклларида бўлиши аниқланди. Тажрибалар натижасида олинган маълумотлар асосида йоднинг умумий миқдорини математик қайта ишлаш амалга оширилди ва олинган маълумотлар ерости сувларидан йодни ажратиб олишнинг такомиллаштирилган технологиясини ишлаб чиқишга қўлланилди.

2. Таркибида йод сақлаган сувларда йод ва унинг табиий бирикмаларининг миқдорини аниқлашда қўлланилган усуллардан - соддалиги, етарлича сезгирлиги, тезкорлиги ва арзонлиги билан ажралиб турадиган титриметрик ва потенциометрик усуллар энг яхши аналитик усуллар эканлиги аниқланди. Йод ва унинг бирикмаларини аниқлашда титриметрик усулнинг сезгирлиги - 0,01 мг/л ни ташкил этади, потенциометрик усулда - 0,02 мг/л, иккала усулда нисбий стандарт четланиш 4-5%. Мазкур объектда қўлланиладиган йод ажратиб олишни потенциометрик усулда назорат қилиш услуби синовдан ўтказилди ва тадбиқ этилди.

3. Тадқиқ қилинаётган сувлардаги йод бирикмаларини оксидлаш учун оксидловчилар сифатида натрий персульфат, натрий нитрит, кальций гипохлорит ва водород пероксид ишлатилди. Йодид ионининг водород пероксиди, натрий нитрити ва кальций гипохлорити таъсирида оксидланиши динамикаси бўйича тегишли маълумотлар олинди. Оксидловчиларни қиёсий таҳлил қилиш натижасида йод бирикмаларини оксидлаш учун кальций гипохлорит ва водород пероксид таклиф этилди.

4. «Каттакум-2», «Учқизил», «Кокайти» ва «Ўртабулоқ» қудуқларидаги ерости гидротермал сувларидаги йод бирикмалардан йодни

ажратиб олишда, бу сувларда минераллашганликнинг 113 г/л дан 283 г/л гача ортиши, сарфланадиган оксидловчилар ва кислота эритмасининг миқдорига пропорционал боғлиқ бўлиб, оксидловчилар 2,5 ва сульфат кислотаси эритмаси эса 1,5 марта ошиши исботланди.

5. Абсорбентдаги элементар йодни чўктириш учун оксидловчилар сифатида $K_2Cr_2O_7$, $KClO_3$, H_2O_2 , $Ca(ClO)_2$, $KMnO_4$ ва $NaNO_2$ синовдан ўтказилди. Натрий нитрит ва водород пероксидларининг экологик хавфсизлиги, яроқлилигининг юқорилиги ва нархи арзонлиги аниқланди. Натижада, олинган маълумотлар технологик жараёни мақбуллаштириш имконини яратди.

6. Тажрибалар асосида ва MATLAB амалий дастурини қўллаган ҳолда абсорбент таркибидаги 85-90% кристалл йодни ажратиб олиш имконини берадиган сульфат кислота эритмаси учун $pH=2,95$ мақбул қийматга эга эканлиги аниқланди.

7. Хаудаг ҳудудидаги тадқиқ этилаётган гидротермал сувларнинг физик-кимёвий хоссалари ўрганилди ва бу сувларнинг босим кўрсаткичлари (28 атмосфера), ҳарорати ($76^{\circ}C$) ва бромидли минералланиш (220 г/л) юқори қийматларга эга эканлиги аниқланди.

8. Йодид ионларининг элементар йодгача оксидланиш тезлиги йоднинг йодат ионигача оксидланиш тезлигидан сезиларли даражада катта бўлиши аниқланди, натижада, йоднинг ҳаво фазасига десорбцияси 94 % - гача етади. Потенциометрик ва УБ-спектрофотометрик усулларда абсорбентлар эритмаларидаги йоднинг ажралиш механизми ва бу жараёндаги оксидловчиларнинг роли кўрсатилди.

9. Сурхондарё вилояти Хаудаг ҳудудидаги ерости гидротермал сувларидан десорбция қилинган йодни концентрацияси 5-8% ишқор эритмасида юттириб ажратиб олишда ҳаво-десорбция технологик схемаси танланди. Элементар йодни тадқиқ қилинган сувлардан ва абсорбентлардан ажратиш услуги такомиллаштирилди. Натижада абсорбентдаги йоднинг қолдиқ концентрациясини 0,63-0,58 г/л дан 0,2 г/л гача камайишига эришилди, бу эса қўшимча 49 кг йод олиш имконини яратди.

10. Гидротермал сувлардан йодни ажратиб олишнинг такомиллаштирилган технологияси учун оптимал технологик режим ва технологик қурилмаларнинг катталиклари аниқланди, кейинчалик улар “Хаудаг” ҳудудидаги АООТ “Хаудаг” заводининг тажриба-саноат қурилмасидаги синовлар билан тасдиқланди. Бу тажрибалар асосида йилига 2,1 т гача йод ишлаб чиқариш қувватига эга бўлган йод олиш технологияси таклиф этилди.

11. Ерости гидротермал шўр сувларидан йод олишнинг такомиллаштирилган технологиясининг техник-иқтисодий самарадорлиги ҳисобланди, бунда йод олишнинг иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқлиги кўрсатиб берилди, шунга кўра, таклиф этилаётган технология бўйича ишлаб чиқариладиган 1 кг йоднинг таннархи жаҳон бозорида 30 АҚШ доллари ёки $30 \times 8200 = 246000$ сўмни ташкил этади, бу эса чет элдан келтириладиган маҳсулотга нисбатан 2,2 марта арзон бўлиши исботланди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.К/Т.35.01. ПРИ ИНСТИТУТЕ
ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ТАШКЕНТСКОМ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**

ТЕРМЕЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УМБАРОВ ИБРАГИМ АМОНОВИЧ

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ЙОДА ИЗ
ЙОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ПОДЗЕМНЫХ
СОЛЕННЫХ ВОДАХ**

02.00.13 – Технология неорганических веществ и материалов на их основе

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Ташкент-2018

Тема диссертации доктора наук (DSc) зарегистрирована под номером B2017.1.DSc/T14 Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в Термезском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного семинара (www.iopx.uz.) и информационно-образовательного портала «ZIYONET» по адресу (www.ziyonet.uz).

Научный консультант:

Тураев Хайит Худайназарович
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Намазов Шафоат Саттарович
доктор технических наук, профессор, академик
Академии Наука Республики Узбекистана

Шарипов Хасан Турапович
доктор химических наук, профессор

Шамшидинов Исраилжон Тургунович
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация:

Самаркандский государственный университет

Защита состоится «15» мая 2018 г. в «10⁰⁰» часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.K/T.35..01. при Институте общей и неорганической химии и Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел. (99871)262-56-60, факс: (99871)262-56-60; e-mail: ionxanruz@mail.ru

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за № 12 с которой можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре (100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел. (99871)262-56-60, факс: (99871)262-56-60).

Автореферат диссертации разослан «30» апреля 2018 года
(протокол рассылки № 12 от 30 апреля 2018 г.)

Б.С. Закиров

Председатель научного совета по
присуждению учёной степени, д.х.н.

Д.С. Салиханова

Учёный секретарь научного совета по
присуждению учёной степени, д.т.н.

С. Тухтаев

Председатель Научного семинара при научном совете
по присуждению учёной степени, д.х.н., проф., академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире йод используется в пищевой и фармацевтической промышленности, медицине и ветеринарии, производстве минеральных удобрений, применяется в химической промышленности в качестве катализатора, при получении некоторых особо чистых материалов, специального стекла и синтетических каучуков. Кроме того, йод является основным фактором для предотвращения эндемического зоба и других видов заболеваний. Поэтому для обеспечения потребности к йоду в республике приоритетной задачей становится разработка совершенной технологии получения йода в промышленных масштабах из основных источников, как подземные гидротермальные воды.

В мире, использованию йодсодержащих ресурсов для производства йода медицинского назначения, уделяется особое внимание. При этом разработка технологии получения йода для востребованной медицинской, пищевой и химической промышленности является одной из актуальных задач. При разработке технологии получения йода на основе подземных солевых вод, содержащих йодные соединения, необходимо обосновывать ряд, в том числе, научных решений в нижеприведенных направлениях: определение оптимальных технологических параметров кинетики и механизма окисления йодид-ионов в буровых водах в кислой среде; выбор окислителей для осаждения йода из йодных концентратов и определение оптимальных условий процесса, а также разработка технологии выделения молекулярного кристаллического йода.

В Республике для обеспечения потребности йода в химической промышленности, связанной с медициной, фармацевтикой и ветеринарией, а также, пищевой промышленности для йодирования поваренной соли и для других целей, осуществляются целевые меры по разработке технологии выделения йода из йодных соединений, находящихся в составе подземных солевых вод. В третьем направлении Стратегии Действий развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы определены задачи, ориентированные на «дальнейшую модернизацию и диверсификацию промышленности путем перевода её на качественно новый уровень, направленный на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов»¹. В этом отношении, разработка технологии получения йода путем окисления йодных соединений в составе подземных солёных вод, воздушная десорбция полученного молекулярного йода, абсорбирование раствором щелочи и кристаллизация в кислой среде приобретает важное значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в указах Президента Республики Узбекистан УП-4707 от 4 марта 2015 года «О программе мер по обеспечению

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах».

структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства на 2015-2019 годы», УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах» и Постановлением Президента Республики Узбекистан ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы» и других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики VII. «Химическая технология и нанотехнология».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации².

Научные исследования, направленные на создание и эффективное применение способов получения кристаллического йода и устройств для их осуществления, ведутся в высших образовательных учреждениях и ведущих международных научных центрах мира, в том числе, в Национальном научном фонде (США), National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA (США), NERC - Natural Environment Research Council (Великобритания), Deutsche Forschungsgemeinschaft (Германия), Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC (Испания), Национальном институте экологических исследований Ямагата Йошихиро (Япония), Национальном институте передовых промышленных наук и технологий Йомито Мотомура (Япония), National Commission for Scientific and Technological Research of the Republic of Chile, "CONICYT" (Чили), Department of Earth Sciences (Канада), Национальном исследовательском Томском политехническом университете (Россия), Пермском государственном национальном исследовательском университете (Россия), НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАМН (Россия), Бакинском государственном университете (Азербайджан), Институте химии ГК «Туркменхимия» (Туркменистан), Термезском Государственном университете (Узбекистан).

В результате исследований, проведенных в мире, по определению и выделению йода и его соединений из гидротермальных вод, разработки способов и технологии получения кристаллического йода из подземных соленых вод, получен ряд научных результатов, в том числе, научно обоснованы формы нахождения йода в подземных гидротермальных водах (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA, США,); разработан титриметрический способ определения йода в воде (Национальный институт экологических исследований, Ямагата Йошихиро, Япония), разработан способ фотометрического определения йода в морской воде (НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАМН, Россия); разработан способ извлечения йода из подземных напорных вод и

²Обзор по теме диссертации выполнен на основе зарубежных <http://en.wikipedia.org>; www.iied.org; www.nsche.org; www.gsj.jp; www.researchgate.net; www.iwu.edu; www.kubsu.ru и других источников.

исследовано термическое поведение йодата и периодата калия (Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия).

В мире разрабатываются различные способы получения йода из соленых вод, проводятся исследования по ряду приоритетных направлений, в том числе, по разработке методов определения йода в водных растворах; по изучению кинетики и механизма окисления ионов йодида в буровых водах; проводится поиск окислителей и оптимальных режимов процесса осаждения йода из йодного концентрата; совершенствуются технологии получения йода воздушно-десорбционным, экстракционным, ионообменным и электролитическим способами.

Степень изученности проблемы. Результаты исследований промышленных йодсодержащих подземных вод Узбекистана освещены в работах Т.А. Авазова, Л.С. Балашова, Б.А. Бедера, С.С. Бондаренко, М.Г. Валяшко, Г.А. Голевой, Л.А. Калабугина, В.В. Красинцевой, В.А. Кудрякова, А.М. Овчинникова, А.И. Перельмана, К.Е. Питьевой, Н.А. Плотникова, Д.Ж. Сидыкова, Л.В. Славяновой, А.Е. Смирнова, А.Н. Султанходжаева, А.С. Хасанова, Е.А. Ходжакулиева, М. В. Швеца, К.Д. Потаенко, С. Ишанходжаева, С. Бакиева, Р.А. Кулматова и других, которые внесли весомый вклад в решение этой проблемы.

Однако вышеупомянутыми учеными не проводились исследования по усовершенствованию технологии получения йода из йодсодержащих подземных вод месторождений Сурхандарьинского региона до настоящего времени. Данная диссертационная работа позволяет обеспечить недостатки йода в республике, направленные на химическую промышленность и фармацевтическую отрасль путем выделения йода из солевых подземных вод, содержащих йодные соединения.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ выполняемыми в организации, где выполняется диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта Термезского государственного университета И-8-3 «Изучение окислительно-восстановительных процессов и механизма образования различных форм соединений йода различными окислителями» (1997 по 2001 гг.) и ПЗ-20170926176 «Получение йода и его соединений из подземных соленых вод Сурхандарьинской области месторождений «Хаудаг», «Кокайты» и «Учкызыл» (2018 по 2020 гг.).

Целью исследования является разработка усовершенствованной технологии получения йода, годной к употреблению из йодных соединений, содержащихся в подземных гидротермальных водах.

Задачи исследования:

определение химического состава, физико-химических свойств и эксплуатационных запасов месторождений йодсодержащих подземных гидротермальных вод «Каттакум-2», «Учкызыл», «Кокайты» и «Уртабулак»;

исследование кинетики окисления иодид-ионов на основе результатов процесса окисления ионов йода различными окислителями из ионов йодида в составе подземных гидротермальных вод;

определение оптимальных условий и технологических показателей десорбции молекулярного йода в присутствии воздуха из окисленных подземных гидротермальных йодсодержащих вод, абсорбции раствором щелочи, подкисление абсорбционного раствора, окисление полученных йодных соединений и отделение молекулярного кристаллического йода;

апробация окисления йодсодержащих подземных гидротермальных соленых вод пероксидом водорода и гипохлоритом кальция, десорбция молекулярного йода воздухом, абсорбция щелочным раствором, получение йода путем кристаллизации из кислой среды раствора, окисленного натрий нитритом, на модельной лабораторной установке;

опытно-промышленное испытание усовершенствованной технологии получения йодных соединений из подземных соленых вод на промышленных установках;

расчет материального баланса, разработка технологической схемы и подготовка технологического регламента предложенной усовершенствованной технологии получения йода;

выполнение технико-экономических расчетов производства йода.

Объектами исследования являются различные йодные соединения, содержащиеся в основном в подземных гидротермальных водах, буровые воды, окислители: сернистый натрий, гипохлорит кальция, пероксид водорода, серная кислота, а также технологические процессы, направленные на выделение йода, химические методы.

Предметом исследования являются способы усовершенствования технологии выделения йода из йодных соединений, содержащихся в подземных соленых водах.

Методы исследования. В работе использованы экспериментальные методы неорганической химии, титриметрическое, потенциометрическое титрование, спектральный анализ в УФ и видимых областях спектра и сканирующий электронный микроскоп (элементный анализ).

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

определены форма нахождения йода и количество йодсодержащих соединений в подземных гидротермальных водах скважины «Каттакум-2», «Учкызыл», «Кокайты» и «Уртабулак»;

доказана кинетика окисления ионов йода на основе результатов процесса окисления подземных гидротермальных вод различными окислителями;

определены оптимальные условия десорбции молекулярного йода в результате окисления йодсодержащих подземных гидротермальных вод воздухом с последующей абсорбцией раствором щелочи;

обоснованы технологические показатели окисления йодных соединений, полученных подкислением технологического абсорбционного раствора и кристаллизации молекулярного йода и его отделения;

разработана технология получения йода для удовлетворения медицинских и химических потребностей на основе йодсодержащих подземных гидротермальных солевых вод.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

составлен материальный баланс и разработана технологическая схема производства импортозамещающего йода на основе местного сырья, предложены оптимальные условия процесса;

усовершенствованная технология выделения йода из йодсодержащих соединений была апробирована на опытных и опытно-промышленных установках на АО «Жаркурганнефть» и ООО «Касанская НГРЭ»;

впервые в Республике Узбекистан по внедренной технологии получен йод для медицинских и других нужд;

первая партия йодсодержащих медицинских препаратов передана детским домам;

на АО «Хаудаг» налажено серийное промышленное производство йода.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается химическими (аналитическая химия) и физико-химическими методами анализа (спектрофотометрический и потенциометрический), сканирующим электронным микроскопом (элементный анализ), проведением испытаний на опытно-промышленном и промышленном оборудовании, а также разрешено применение йода для медицинских нужд.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследований заключается в систематизировании научного, химического, физико-химического и технологического проведения исследований и основных закономерностей извлечения йода и его соединений из йодсодержащих подземных гидротермальных солевых вод.

Практическая значимость работы заключается, в том что впервые усовершенствована технология получения йода и использована для нужд медицинской, химической промышленности, а также при подготовке кадров по специальности «Технология неорганических веществ в высших учебных заведениях Республики Узбекистан.»

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке усовершенствованной технологии выделения йода и его соединений из местных подземных соленых гидротермальных вод:

технология выделения йода из йодсодержащих соединений была внедрена на акционерном обществе «Жаркурганнефть» (акционерном обществе (Справка «Узбекнефтегаз» от 17 апреля 2017 года № 02/12-1-78). В результате создана возможность производства импортозамещающего йода на основе подземных соленых гидротермальных вод;

технология выделения йода из подземных соленых гидротермальных вод была внедрена на ООО «Касанская НГРЭ» (Справка «Узбекнефтегаз» от 17 апреля 2017 года № 02/12-1-78). В результате доказана степень окисления

йодид-ионов на 90%, степень десорбции-на 95% и степень абсорбции-на 99%, а также выход йодсодержащих продуктов на 82,8% из подземных гидротермальных вод.

результаты научных основ выделения йода из йодсодержащих подземных соленых гидротермальных вод были использованы в фундаментальном проекте А-12-ФҚ-17926 «Концентрирование и выделение благородных металлов из отходных растворов гидрометаллургических предприятий современным ядро-физическим методом», при сорбционном выделении ионов йода из модельных растворов с помощью сорбентов, синтезе экстрагентов на основе четырехзамещенного соединения азота и фосфора, а также с их помощью обогащения йода и его соединений подземных солевых вод (Справка Агенства Науки и технологии Республики Узбекистан от 22 декабря 2017 года № ФТА-02-11/1349). В результате создана возможность сорбционного выделения и обогащения йода из йодсодержащих подземных солевых вод.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были доложены и обсуждены на 13-и, в том числе 4 международных и 9-и республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 26 научных работ. Из них, 13 научных статей, в том числе 7 в республиканских и 6 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 181 страницу.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, его цель и задачи, характеризуются объекты и предмет исследования, обосновывается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики, излагаются научная новизна и полученные практические результаты, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, указываются формы внедрения в практику результатов исследования и приводятся сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

Первая глава диссертации **«Современное состояние и некоторые проблемы химии и технологии выделения йода»** представляет собой литературный обзор, где приводятся литературные данные о количественных методах анализа и существующих технологиях получения йода; обобщаются и анализируются данные о содержании йода в объектах природной среды; описываются современные аналитические методы и технологические способы получения йода, и на основе проведенного анализа современного состояния данного вопроса формулируются цель и задачи настоящей диссертационной работы.

Во второй главе диссертации **«Определение содержания и форм нахождения йода в подземных водах»** описаны результаты анализа содержания и форм нахождения йода и его соединений в гидротермальных соленых подземных водах Сурхандарьинского региона.

Республика Узбекистан располагает большими запасами подземных вод, к числу которых относятся попутные нефтяные, газовые и гидротермальные воды. Эти воды расположены на территориях Устюртского плато, Бухарского, Каршинского, Сурхандарьинского артезианских водных бассейнов и в Ферганской долине.

В Ферганской долине имеется множество гидротермальных месторождений, таких как Чилион, Гуртепа, Шерсу, Бустон и др., а в Сурхандарьинской области выявлены и исследованы месторождения крепких сероводородных вод, образование которых связано с нефтяными залежами и нефтеносными породами Хаудаг, Кокайты, Учкызыл, Джайранхона и т.д., расположенных на глубине 300-3500 м.

Проведенные нами химические анализы попутных нефтяных вод Сурхандарьинского водного бассейна показали, что в 1 литре воды месторождений Хаудаг, Кокайты содержится 17,4-25,5 мг йода, а в 1 л нефтяных вод Учкызыл и гидротермальных вод скважины «Каттакум-2» (70-75°C) Хаудагского месторождения - 20,7-21,3 мг йода. Значения рН этих вод колеблется в пределах 5,2-7,4, а температура - 25-40°C. В этих водах йод находится в виде йодида, йодата и в виде соединений с органическими веществами. Содержание брома в водах 15-20 и более раз превосходит содержание йода. Данные воды содержат также в большом количестве катионы таких элементов, как натрий, кальций, калий, аммоний, магний, железо, стронций, бор, литий, анионы йода, брома, хлора, сульфата, нитрита, нитрата, карбоната и других. Попутные нефтяные и гидротермальные воды являются натриево-кальциево-хлоридными рассолами. Минерализация попутных вод месторождений Кокайты составляет 60,0 - 136,5 г/л, а Хаудаг (центральный водосборник) - 178,6, Каттакум-2- 219,7 и Учкызыла - 283,0 г/л. Кроме того, эти воды содержат нафтеновые кислоты в пределах 0,010-0,020 мг/л.

Таким образом, эти воды как по содержанию, так и по набору элементов отличаются друг от друга. Поэтому исследование состава попутных нефтяных и гидротермальных вод заслуживает особое внимание при разработке технологии извлечения из них йода, брома и других ценных компонентов.

Результаты проведенных нами комплексных физико-химических исследований по изучению состава гидротермальных вод месторождений Сурхандарьинской и Уртабулок Бухаро-Каршинской впадины приведены в таблице 1. Как видно, концентрация йода в изученных водах также колеблется в широких пределах. Наибольшая его концентрация характерна для месторождений Хаудаг («Каттакум-2») и «Уртабулак», наименьшее содержание йода - в пробах Кокайты. Для попутного извлечения йода из нефтяных скважин наиболее перспективным по содержанию йода и его

запасов является скважины «Уртабулак» и «Каттакум-2».

Таблица 1

**Химический состав образцов подземных соленых вод
Сурхандарьинской и Уртабулок Бухаро-Каршинской впадины**

Мин-я, мг/л	pH	Т,°С	Запасы, м ³ /сут.	Содержание, мг/л					
				I ₂	Br ₂	NaCl	CaCl ₂	MgCl ₂	FeCl ₂
Месторождения подземных соленых вод Хаудаг «Каттакум-2»									
210,0	6,3	72-76	414,8	21,32	426,4	142,8	48,3	10,94	2,1
Месторождения подземных соленых вод Учкызыл									
283,0	5,1	40	216,3	20,7	391,4	186,78	73,58	16,98	2,12
Месторождения подземных соленых вод Кокайты									
142,9	6,7	39	785,4	17,4	313,2	100,03	27,15	10,29	2,43
Месторождения подземных соленых вод «Уртабулак» Бухаро-Каршинского бассейна									
113,0	6,8	45	9873	24,43	376	80,23	23,73	3,91	1,1

Нами было подробно изучено содержание соединений йода и его ионных форм в гидротермальных подземных водах Сурхандарьинской и Уртабулок Бухаро-Каршинской впадины. Формы нахождения йода в исследуемых водах установили с применением высокочувствительных физико-химических методов анализа. В данной главе также обсуждаются результаты исследования окислительно-восстановительных реакций, протекающих между ионами йода и окислителями. Освоение подземных вод Сурхандарьинской и Уртабулок Бухаро-Каршинской впадины для получения йода возможно за счет попутных нефтяных и гидротермальных вод.

Полученные нами многолетние экспериментальные данные выявили, что изученные подземные воды по содержанию йода и их запасам вполне можно использовать для промышленного извлечения йода. Однако представляет интерес изучить формы нахождения йода в подземных водах, поскольку эта информация позволяет выбрать доступный и дешевый технологический способ извлечения йода из соленых подземных вод и, по возможности, его усовершенствовать.

Таблица 2

**Содержание различных форм йода в гидротермальных водах скважины
«Каттакум-2» месторождения Хаудаг**

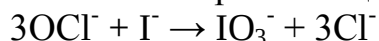
№	Формы йода в исследуемой воде	Среднее содержание различных форм йода, (%)
1	Молекулярный йод (I ₂)	7,3
2	Йодид (J ⁻)	69,7
3	Йодат (JO ₃ ⁻)	13,9
4	Хлористый йод (J ⁺)	9,3

Результаты определения различных форм йода в гидротермальных йодсодержащих водах приведены в таблице 2. Как следует из данных таблицы 3, йод в исследованных водах находится в основном в формах йодида (69,7%) и йодата (13,9%). Доли молекулярного йода и хлористого йода существенно меньше (7,3% и 9,3%, соответственно).

Полученные нами экспериментальные данные по определению содержания и форм нахождения йода в подземных гидротермальных водах скважины «Каттакум-2» Хаудагского месторождения были использованы для отработки технологии извлечения йода воздушно-десорбционным способом.

В третьей главе диссертации **«Исследование механизма и кинетики выделения йода из гидротермальных вод и растворов абсорбента»** представлены результаты исследования кинетики и механизма окисления йодид-ионов и соединений йода в гидротермальных соленых подземных водах Сурхандарьинского региона.

При извлечении йода из подземных гидротермальных вод методом воздушной десорбции йодсодержащую воду подкисляют, затем соединение йода окисляют с помощью жидкого или газообразного хлора. Однако в настоящее время жидкий хлор в республике не производится, и данный технологический процесс не отвечает экологическим и экономическим требованиям. Для технологического извлечения йода из подземных рассолов йодсодержащих вод нами проведены физико-химические исследования по оценке окислительных свойств различных реагентов. Для окисления соединений йода в гидротермальных йодсодержащих водах были выбраны следующие окислители: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$, NaNO_2 , H_2O_2 , $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Для полного окисления соединений йода в 50 мл исследуемых вод требуется 0,3-0,4 мл 2%-ных растворов $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ и NaNO_2 , из чего следует, что при их одинаковой концентрации растворов последний является более сильным окислителем. Кроме того, установлено, что для полного окисления соединений йода в 50 мл исследуемых вод требуется 0,2-0,25 мл 5%-ной H_2O_2 . В качестве окислителя йода опробован также гипохлорит кальция.



Реакция окисления йодида гипохлоритом кальция протекает медленнее, чем хлором и с диффузионным контролем. Уменьшение времени протекания реакции окисления также улучшает выход элементарного йода (с 94 до 97%) и снижает расход окислителя, но не в такой степени, как при окислении йодида хлорной водой.

Полученные результаты показали, что для полного окисления соединений йода в йодсодержащих исследуемых водах требуется 0,4-0,45 мл 0,2%-ного раствора $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Незначительное увеличение концентрации окислителя приводит к уменьшению концентрации конечного продукта - йода, что связано с переходом йода из йодид - формы в йодатную форму.

Также изучена зависимость между расходом окислителей и количеством солей при выделении йода из минерализованных вод месторождений Уртабулак, Кокойты, Хаудаг и Учкызыл. Для полного окисления соединений йода из йодсодержащих исследуемых вод требуется

количество раствора окислителей и серной кислоты находится в зависимости от минерализации воды. Полученные результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 3 и рисунках 1 и 2.

Таблица 3

Зависимость между расходом окислителей и количеством солей в минерализованных водах при выделения йода ($V=50$ мл)

№	Наименование месторождения	Минерализация воды, г/л	Объем 2 % H_2SO_4 , мл	Объем окислителей, мл			
				2% $Na_2S_2O_8$	2% $Ca(ClO)_2$	2% $NaNO_2$	5% H_2O_2
1	Уртабулак	113	0,132	0,20	0,154	0,120	0,074
2	Кокойты	142	0,166	0,29	0,225	0,175	0,124
3	Хаудаг	210	0,245	0,37	0,287	0,223	0,138
4	Учкызыл	283	0,330	0,55	0,450	0,350	0,225

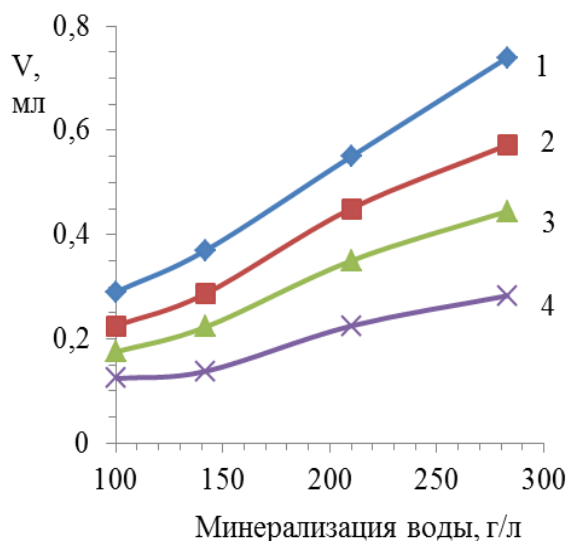


Рис. 1. Влияние содержания солей в минерализованных водах на расход окислителей при получении йода:

1- 2% $Na_2S_2O_8$; 2- 2% $Ca(ClO)_2$;
3- 2% $NaNO_2$; 4- 5% H_2O_2

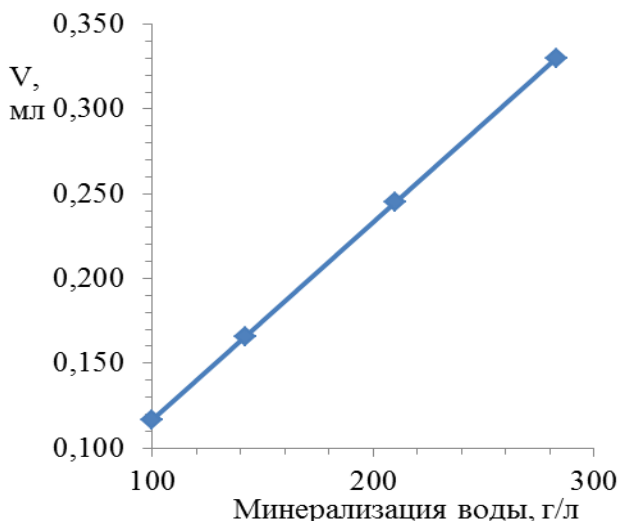


Рис. 2. Влияние содержания солей в минерализованных водах на расход объема 2%-ной серной кислоты при получении йода

Также расход растворов применяемых окислителей связан с расходом серной кислоты по стехиометрическим соотношениям, соответственно следующим образом:

1. 2% $Na_2S_2O_8$ - 0,20 мл; 2% $Ca(ClO)_2$ - 0,154 мл; 2% $NaNO_2$ - 0,120 мл; 5% H_2O_2 - 0,074 мл.

2. 2% $Na_2S_2O_8$ - 0,29 мл; 2% $Ca(ClO)_2$ - 0,225 мл; 2% $NaNO_2$ - 0,175 мл; 5% H_2O_2 - 0,124 мл.

3. 2% $Na_2S_2O_8$ - 0,370 мл; 2% $Ca(ClO)_2$ - 0,287 мл; 2% $NaNO_2$ - 0,223 мл; 5% H_2O_2 - 0,138 мл.

4. 2% $Na_2S_2O_8$ - 0,550 мл; 2% $Ca(ClO)_2$ - 0,450 мл; 2% $NaNO_2$ - 0,350 мл; 5% H_2O_2 - 0,225 мл.

Таким образом, данными исследованиями доказано, что увеличение

минерализации подземных гидротермальных вод исследованных месторождений от 113 г/л до 283 г/л находится в пропорциональной зависимости от расхода количества раствора окислителей и серной кислоты, то есть расход окислителей повышается в 2,5 раза, а серной кислоты в 1,5 раза.

Полученные данные послужили основанием для составления технологической схемы получения йода из гидротермальных подземных вод воздушно-десорбционным способом.

Для получения данных о кинетике окисления йодид-ионов в присутствии нитрита натрия, гипохлорита кальция и пероксида водорода проводили окисление 50 мл модельных растворов воды с начальной концентрацией йодид-ионов 21,32 мг/л при 20°C с различными соотношениями окислителей.

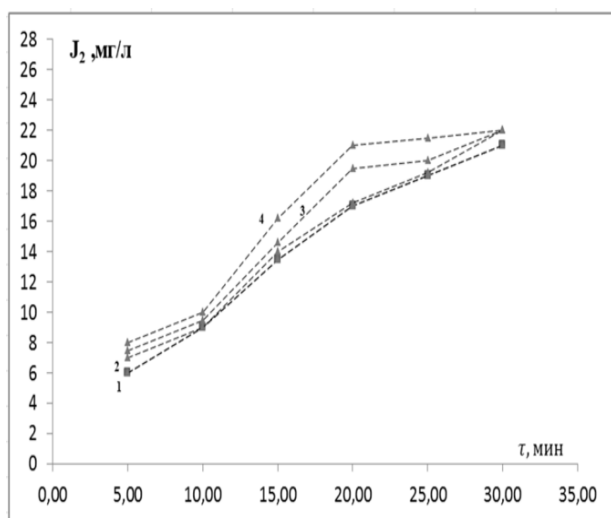


Рис. 3. Кинетика окисления ионов йода в водных растворах в присутствии 2% NaNO_2 . Объем NaNO_2 , мл: 1-0,6; 2-0,8; 3-1,0; 4-1,2.

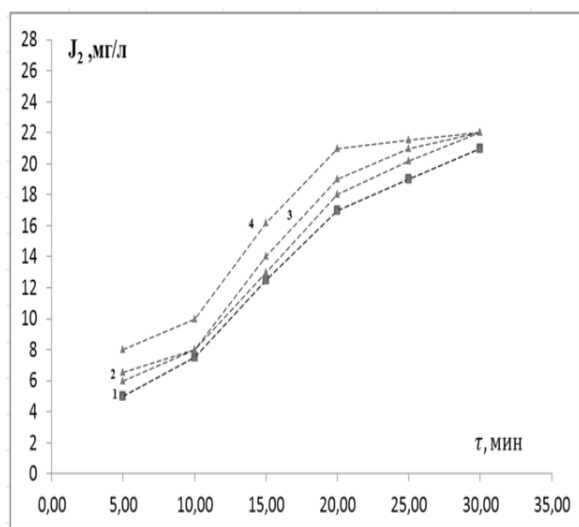


Рис. 4. Кинетика окисления ионов йода в водных растворах в присутствии 2% $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Объем $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, мл: 1-1; 2-2; 3-3; 4-4

Выход окисленных йодид-ионов определяли путем экстракции образующегося молекулярного йода в хлороформную фазу, его определили путем титрования тиосульфатом натрия по методике. Полученные данные приведены на рисунках 3-5.

Анализ этих данных показывает, что наиболее высокая скорость окисления йодид-ионов наблюдается в случае пероксида водорода (15-20 мин), а также нитрита натрия (20-25 мин) и гипохлорита кальция (25-30 мин).

При этом изменение концентрации окислителей почти не влияет на скорость реакции окисления. Учитывая тот факт, что скорость реакций возрастает в 2-4 раза при повышении температуры на каждые 10°C, реакции окисления при 70°C (температура используемой сырьевой воды) проходят в верхней части десорбционной колонны за 0,5-0,8 минуты.

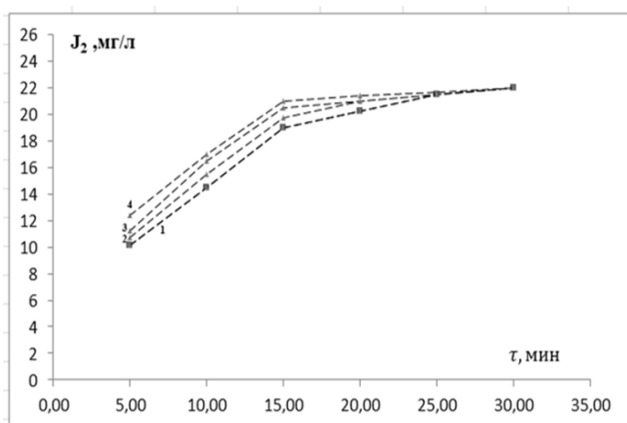


Рис. 5. Кинетика окисления ионов йода в водных растворах в присутствии 5 % H_2O_2 . Объем H_2O_2 мл: 1-0,2; 2-0,4; 3-0,6; 4-0,8

Полученные данные показывают также значительное превышение скорости реакции окисления йодид-ионов относительно скорости реакции окисления молекулярного йода до йодата, в результате чего, десорбция молекулярного йода в воздушную фазу проходит достаточно полно (до 94%).

С целью нахождения оптимальных условий осаждения йода из растворов абсорбента нами был изучен

этот процесс потенциометрическим и спектральным методами. Наряду с другими методами (спектрофотометрическим, сорбционным и др.), потенциометрический метод исследования позволяет выявить механизм окислительно-восстановительных процессов, протекающих между ионами йода и окислителями при выделении йода из водной среды методами воздушной десорбции, экстракции и осаждения.

Потенциометрическое титрование растворов абсорбента позволяет определить условия осаждения йода: pH и используемый окислитель. В качестве модельных растворов использовались растворы йодидов и йодатов калия с концентрацией 4,8,12 и 16 г/л, их смеси, а также заводской абсорбент, подкисляемые растворами H_2SO_4 до различных значений pH. В качестве окислителя использовался нитрит натрия. Нами экспериментально установлено, что до значений pH=4 и выше, йодид-ионы не восстанавливаются ни нитратом, ни йодатом. Понижение pH растворов ниже 3,5 почти не влияет на полноту выделения йода (остаточное содержание йода в растворах абсорбента и модельных растворов колеблется в пределах от 318 мг/л до 326 мг/л для растворов абсорбента и от 279 до 388 мг/л для модельных растворов). Остаточное содержание йода в растворах абсорбента и модельных растворов обуславливается предельной растворимостью йода в солевых растворах исследованных составов и значениями их pH.

Спектрофотометрическое изучение окислительно-восстановительных процессов, проходящих при выделении йода из растворов абсорбента, проводилось в пределах значений оптических плотностей, приведенных на рисунке 6. Как следует из данных, представленных на рисунке 6, максимумы оптических плотностей растворов йодидов (Γ) и полийодидов (Γ_3) соответствуют длине волны 225 нм, что можно использовать для калибровки этих растворов. В качестве модельного раствора абсорбента использовался 5%-ный раствор NaOH, содержащий 12 г/л йода в 1000-кратном и 100-кратном разведении. Окислительно-восстановительные реакции при выделении молекулярного йода изучались спектрофотометрическим методом в ультрафиолетовой зоне с применением

спектрофотометра СФ-26. Регистрация спектров поглощения проведена в кювете толщиной 1 см в интервале 215-340 нм. В качестве модельных образцов использовались растворы стандартных реагентов чистотой "хч": для йодид-ионов - раствор KI (0,25 мг/л), для йодат-ионов - раствор KIO_3 (0,22 мг/л), для I_3^- - раствор фиксанала KI+ I_2 (1,42 мг/л) и для молекулярного йода - раствор кристаллического йода в воде - 0,28 мг/л. Раствором сравнения служила дистиллированная вода. Полученные растворы абсорбента изучались при их подкислении H_2SO_4 (разбавление 1:4). Данные о поглощении указанных растворов в УФ-области приведены на рисунке 7.

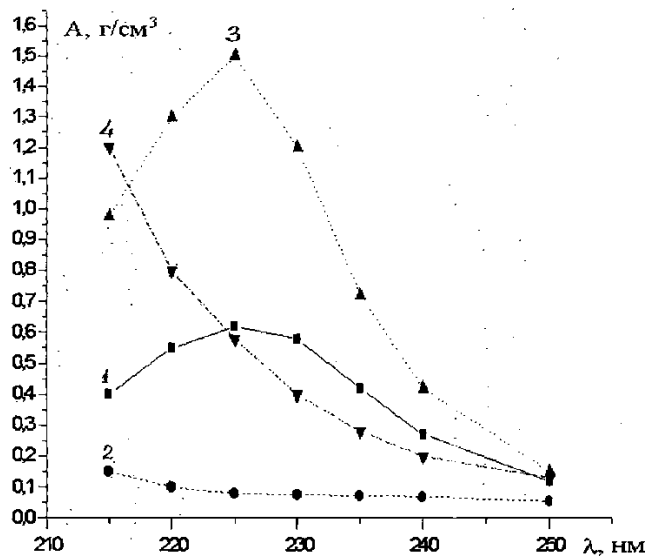


Рис. 6. Спектры поглощения в УФ-области модельных растворов йодид-, йодат-, полийодид-ионов и молекулярного йода

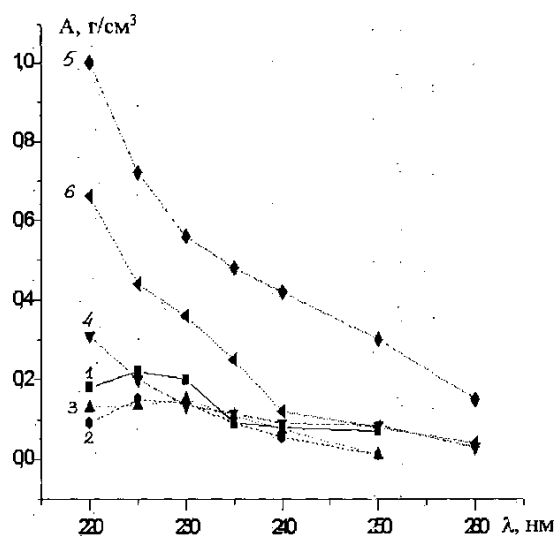
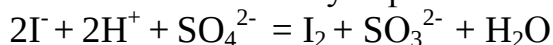


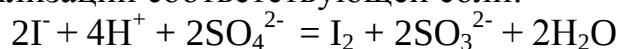
Рис. 7. Спектры поглощения в УФ-области абсорбента в отсутствии (кривая 1) и в присутствии серной кислоты (кривые 2-6)

Кривая 1 на рисунке 6 – поглощение модельного раствора абсорбента при 1000-кратном разведении и толщине слоя кюветы 1 см. Раствор сравнения - 5%-ный раствор NaOH при 1000-кратном разведении и толщине слоя кюветы 1 см. Кривая 2 - поглощение модельного раствора абсорбента при 1000-кратном разведении + 0,1 мл H_2SO_4 (разбавление 1:4) на 100 мл раствора при толщине слоя 1 см. Раствор сравнения - 5%-ный раствор NaOH при 1000-кратном разведении + 0,1 мл H_2SO_4 (1:4) на 100 мл раствора и толщине слоя 1 см. Кривая 3 – поглощение модельного раствора абсорбента при 1000-кратном разведении и толщине слоя 1 см + 0,1 мл H_2SO_4 на 100 мл раствора. Раствор сравнения - аналог растворов сравнения 1 и 2. Кривая 4 - поглощение модельного раствора абсорбента при 100-кратном разведении + 2 мл H_2SO_4 (1:4) на 100 мл раствора. Раствор сравнения - аналог растворов сравнения 1 и 2 при 100-кратном разбавлении + 2 мл H_2SO_4 (1:4) на 100 мл раствора и толщине слоя 1 см. Кривая 5 – поглощение раствора абсорбента по п. 4 + 2 мл H_2SO_4 (1:4) на 100 мл раствора и толщине слоя 1 см. Раствор сравнения - аналог по п. 4 + 2 мл H_2SO_4 . Кривая 6 – поглощение раствора абсорбента по п. 5 + 2 мл H_2SO_4 (1:4) на 100 мл раствора при толщине слоя 1 см. Раствор сравнения - аналог по п. 5 + 2 мл H_2SO_4 (1:4).

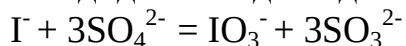
Полученные данные свидетельствуют о том, что исходный раствор абсорбента содержит в основном йодид-ионы (кривая 1). При добавлении первой порции H_2SO_4 начальное состояние раствора не изменяется, так как серная кислота расходуется лишь на нейтрализацию (кривая 2). Дальнейшее добавление серной кислоты приводит к образованию элементарного йода, образующего полигалогениды I_3^- и находящегося в равновесии с йодид-ионами (кривая 3). Очевидно, что реакция образования молекулярного йода может идти лишь путем восстановления сульфат-ионов:



Дальнейшее прибавление серной кислоты увеличивает выход элементарного йода из-за нарушения равновесия йодид-ионов и полигалогенидов: $\text{I}_2 + \text{I}^- = [\text{I}_3^-]$ (кривые 4, 5, 6). Помутнение раствора 5 может быть объяснено восстановлением сульфат-ионов до сульфит-ионов, приводящее к кристаллизации соответствующей соли:



Дальнейшее снижение оптической плотности раствора свидетельствует о возможности переокисления йодид-ионов до йодат-ионов:



Эти данные согласуются с полученными ранее данными о влиянии кислотности растворов на полноту осаждения йода (с 2 мл 2%-ного натрия нитрита).

Для изучения окислительных свойств рекомендованного ранее для выделения йода нитрита натрия (2% NaNO_2) были изучены спектры поглощения растворов абсорбента, аналогичные предыдущим с добавкой NaNO_2 в различной степени разбавления. Этот факт может быть использован для технологического контроля процесса окисления и выделения йода из йодид-ионов путем постоянного слежения за изменением оптической плотности сбросной воды, что дает возможность автоматизировать работу йодного производства.

С применением метода потенциометрического титрования нами было изучено содержание и формы нахождения йода в абсорбенте. Эксперименты проводились после осаждения элементарного йода из абсорбента при его концентрации 0,354 г/л. Концентрацию свободного йода рассчитывали по разности между его общей концентрации и концентрацией связанных форм:

Таблица 4

Содержание различных форм йода в абсорбентах после осаждения элементарного йода из маточных растворов

№	Формы йода	Среднее содержание форм йода (%)
1	Молекулярной йод (I_2)	85,6
2	Йодид (I^-)	3,2
3	Йодат (IO_3^-)	9,1
4	Хлористый йод (I^{+1})	2,1

$$X_{I_2} = X_{\text{общ}} + X_{I^-} + X_{IO_3^-} + X_{I^+}$$

Как видно из таблицы 4, в исследованных маточных растворах при pH=3, йод в основном находится в виде молекулярного йода (85,6%), ему сопутствуют ионы йодида (3,2%), йодата (9,1%) и хлористого йода (2,1%).

Сохранение в растворе одновременно всех форм йода возможно только в щелочной среде, резко снижающей окислительные свойства йодатов. Полученные данные важны для выбора способа очистки йодной пасты различными физико-химическими методами.

Экспериментально установлено, что при потенциалах выше 0,250 в и pH 5-3 и менее, начинается выделение элементарного йода. При этом раствор становится обычно красноватым или темно-красным с коричневым оттенком, что указывает на образование в растворе комплексного соединения йода с другими ионами.

Таким образом, методом потенциометрического титрования щелочных йодсодержащих растворов показано образование различных форм ионов йода в присутствии окислителей при различных значениях pH среды. Относительное содержание этих формы зависит от величины pH среды, от вида и концентрации окислителя в растворе. При использовании этого метода показана возможность образования различных форм йода при определенных потенциалах.

В четвертой главе **«Усовершенствование технологии воздушно-десорбционного способа получения йода из гидротермальных вод»** приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований по усовершенствованию технологии воздушно-десорбционного выделения йода из гидротермальных подземных вод Хаудагского месторождения Сурхандарьинской области и данные по усовершенствованию технологического оборудования, использованного в этой технологии.

Следует отметить, что благоприятные физико-химические свойства исследуемых вод, в частности, высокие показатели давления (28 атм), температуры (76°C) и минерализации (220 г/л) обуславливают возможность усовершенствования технологии выделения йода из йодных соединений, содержащихся в подземных соленых водах. Процесс получения йода усовершенствованным нами воздушно-десорбционным способом включает следующие последовательные технологические стадии:

- подача в смеситель буровой воды, подкисление её до pH =3-3,5;
- окисление йодид-ионов до молекулярного йода раствором гипохлорита кальция;
- десорбция молекулярного йода воздухом;
- поглощение (абсорбция) йода раствором щелочи;
- осаждение йода из концентрата абсорбента;
- фильтрация пасты йода;
- очистка, расфасовка и упаковка готового продукта.

Технологическая схема извлечения йода из йодсодержащих вод, усовершенствованная нами воздушно-десорбционным способом, приведена на рисунке 8 и таблице 5.

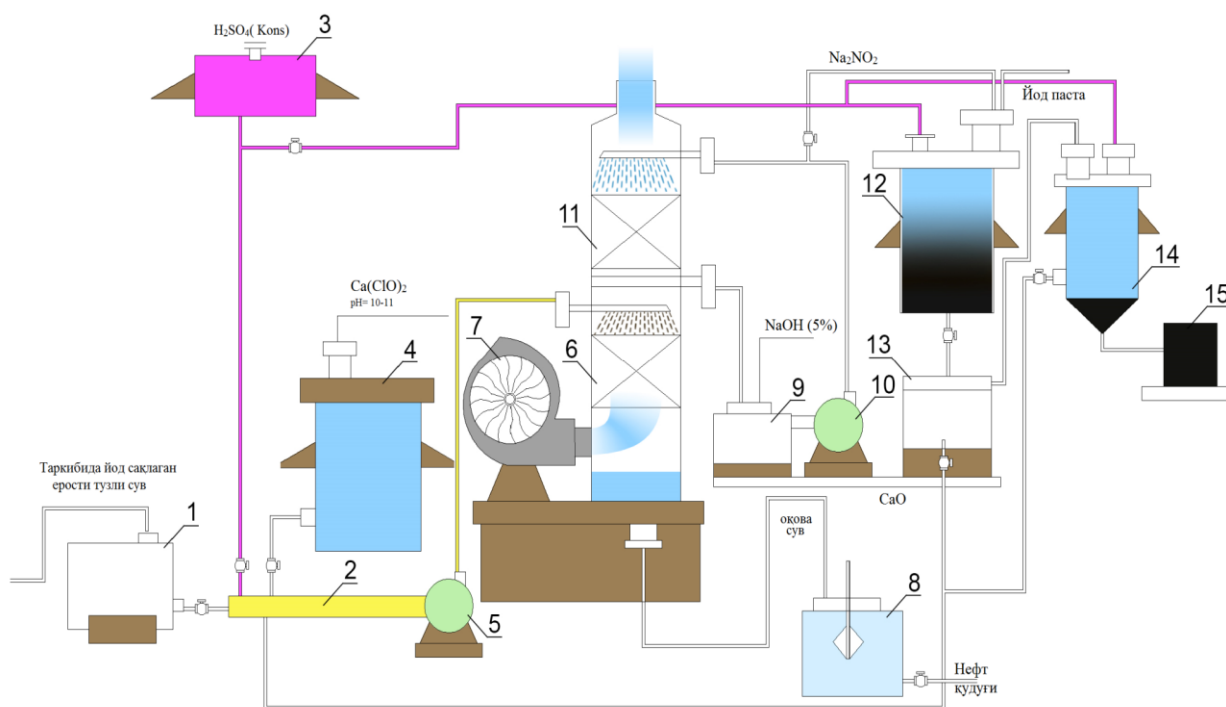


Рис. 8. Аппаратурная схема технологии получения йода из гидротермальных подземных вод воздушно-десорбционным способом

1- приёмная емкость; 2- смеситель; 3- ёмкость для серной кислоты; 4- емкость для гипохлорита кальция; 5, 10- насосы; 6- десорбционная колонна; 7-вентилятор; 8-нейтрализатор; 9- ёмкость для абсорбента; 11- абсорбционная колонна; 12- кристаллизатор; 13- нутч-фильтр; 14- реактор для плавки йода; 15-ёмкость для готового продукта.

Исходная буровая вода из буровых скважин непрерывно поступает в приёмную емкость (поз. 1), откуда она затем передается в смеситель (поз. 2), где вода сначала подкисляется до $\text{pH}=3,5 - 3,8$ подаваемой из ёмкости 3 концентрированной серной кислотой, а затем в кислый раствор смесителя подаётся последовательно перекись водорода или гипохлорит кальция для окисления йодидов.

Подачу кислоты регулируют по показанию рН-метра, а контроль окисления йодидов проводят путем анализа сбросной воды (поз. 8), в которой поддерживается остаточная концентрация йодида порядка 1-1,5 мг/л.

Падение содержания йодидов до нуля свидетельствует о начале переокисления йодидов до йодатов. Далее реакционная смесь центробежным насосом (поз. 5) со скоростью 2,1-2,2 м³/час подается в ороситель десорбционной колонны (поз. 6). В десорбере подкисленная и окисленная буровая вода, содержащая уже элементарный свободный йод (I₂), стекает по насадкам вниз. Плотность орошения насадок поддерживается в пределах 40-60 м³/м² час. С низа десорбционной колонны противотоком подается воздух.

Объем воздуха в десорбере контролируется наличием (отсутствием) свободного йода в сбросной воде и составляет около 430-450 м³/час. При наличии в сбросной воде большего количества свободного йода подачу воздуха увеличивают вентилятором (поз. 7).

Таблица 5

**Сводные технологические данные по получению
йода из исследуемых вод**

№	Технологическая стадия	Аппарат, где протекает процесс	Наименование среды	Наименование параметра	Технологические параметры			
					Рабочее значение	Допустимый диапазон	Точка контроля	Схема автомата
1	Подача сырья	Линия подачи исх. буровой воды	Исходная буровая вода	Расход, м ³	2,1 м ³ /час	2,08-2,12	Линии подачи или сброса	Счетчик воды
2	Подкисление исходной воды	Линия подачи исх. буровой воды	Серная кислота	л/час	0,112	0,110-0,115	Перед насосом 5 и на сбросе	pH=3, pH=3,2-3,5
3	Окисление Ca(ClO) ₂	Линия подачи исх. буровой воды	Окислитель, подкис. вода	Расход кг/час	0,01058 кг/час	0,01058-0,01060	Сброс из десорбера	Поддержание остаточного Г =1,0-1,5 мг/л
4	Десорбция йода	Десорбер	Подкис. вода, йод	Содерж. свобод. йода в сброс. воде	Отсутствие свободного йода	1,0-1,5 мг/л	Сброс из десорбера	Анализ на содержание Г=1-1,5 мг/л
5	Абсорбция йода	Циркуляц. емкость абсорб.	Раствор щелочи йодидов в NaOH	pH=8-9 NaOH	NaOH=5%	4-5%	Из циркуляц. емкости	Ежечасно анализ концентр. йодидов и pH pH8-9.
6	Выделение йода	Кристаллизатор	Раствор йодидов	pH	4,0	3,5-4,0	Кристаллизатор	Добавление H ₂ SO ₄ до pH=2,9-3,0
7	Нейтрализатор сброса	Нейтрализатор	Сбросная вода	pH	9,0	8-9	После нейтрализатора	Добавление извести до pH=8-9

Полученная йодовоздушная смесь, содержащая 50-250 мг/м³ йода, через патрубок-газоход поступает в вентиляторную часть абсорбционной колонны (поз. 11). Сверху в абсорбер через оросительное устройство подается абсорбент, который циркулирует с помощью центробежного насоса (поз. 10) между циркуляционной емкостью (поз. 9) и абсорбером (поз. 11). В качестве абсорбента используется 5%-ный раствор NaOH. Абсорбент многократно циркулирует и постепенно обогащается йодом в виде йодидов, йодатов и ионов I₃⁻:



По достижении концентрации йода в абсорбенте выше 12 г/л, основная часть абсорбента выводится из циркуляции и подается в кристаллизатор (поз. 12). Одной из стадий этой технологии является процесс осаждения йода из растворов абсорбента.

Основными факторами, влияющими на процесс осаждения йода и определяющими наибольший выход целевого продукта, являются вид окислителя, значение потенциала и pH среды. В связи с этим, нами исследовано влияние окислителей на степень извлечения йода из абсорбента, включая двуххромовокислый калий ($K_2Cr_2O_7$), бертолетову соль ($KClO_3$), перекись водорода (H_2O_2), гипохлорит кальция $Ca(ClO)_2$, перманганат калия ($KMnO_4$) и нитрит натрия ($NaNO_2$) (таблица 6).

Таблица 6.

Выделение элементарного йода из абсорбента

Окисление буровой воды	H_2O_2		$Ca(ClO)_2$		Cl_2 (хлор)	
Кислотность среды	Нейтральная, кислая	Кислая	Кислая	Кислая	Кислая, щелочная, нейтральная	Кислая
Получение йод-пасты	$K_2Cr_2O_7$ выход J_2 до 75%	$KClO_3$ выход J_2 до 85%	H_2O_2 $J_2 + KJO_3$ до 50%	$Ca(ClO)_2$ выход J_2 до 50%	$KMnO_4$ $J_2 + KJO_3$ до 50%	$NaNO_2$ выход J_2 до 97,6%
Особенности	1. Высокая стоимость. 2. Красноватая окраска затрудняет контроль процесса	1. Малая скорость реакции. 2. Необходимость катализатора $FeCl_2$ 3. Подогрев до 40°C	1. Переокисление иодида в иодат. 2. Сложная технология. 3. Потери окислительных свойств при хранении	1. Большая трудоемкость 2. Разлагается осадок йода со временем.	1. Переокисление до иодата. 2. Высокая стоимость. 3. Малорастворим в воде. 4. Фиолетовый цвет затрудняет контроль процесса	1. Высокая стоимость.
3-кратная промывка йод-пасты 10 крат. объемом воды. Выход йода, %	85-90%	90%	~40% Потери йода за счет его растворения	30-40% Нерастворимые соли Ca затрудняют промывку	~40% Потери йода за счет его растворения	90%

Для выделения элементарного йода из концентратов почти все известные окислители были испытаны $K_2Cr_2O_7$, $KClO_3$, H_2O_2 , $Ca(ClO)_2$, $KMnO_4$ и $NaNO_2$. Установлено, что нитрит натрия и перекись водорода обладают большей экологической безопасностью, доступностью и низкой стоимостью. Полученные данные позволили оптимизировать технологические процессы.

Усовершенствование способа выделения элементарного йода из абсорбента

К абсорбенту, находящемуся в кристаллизаторе, подается концентрированная серная кислота до получения $\text{pH}=4-3,5$ и окислитель. Схема установки и принципиальная схема процесса осаждения элементарного йода из абсорбентов приведены на рис.9 и 10, а в таблице 6 приведены данные об особенностях использования указанных окислителей.

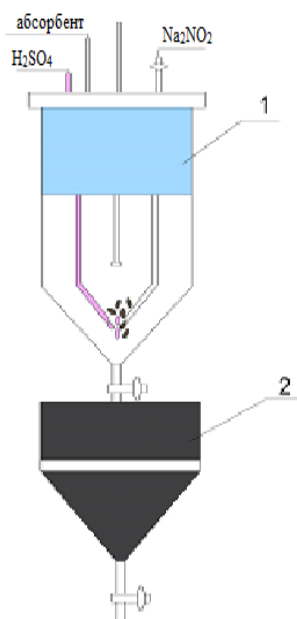


Рис.9. Схема установки осаждения элементарного йода из абсорбентов:
1- кристаллизатор,
2-нутч-фильтр

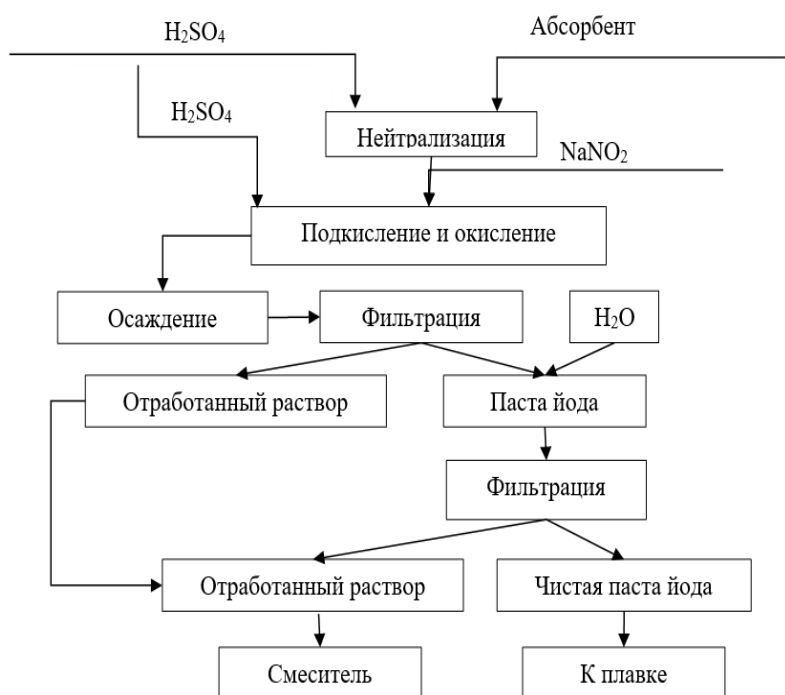


Рис.10. Принципиальная схема процесса осаждения элементарного йода из абсорбентов

Представляет интерес контроль полноты осаждения йода из абсорбента при различных значениях pH . Нами были получены данные о потенциале окисления иодид-ионов при различных значениях pH .

Для этого использовались растворы абсорбента различной концентрации, причем, независимо от концентрации окислительные потенциалы менялись лишь в зависимости от значений pH раствора. Полученные данные приведены в таблице 7 и на рис.11.

При этом остаточная концентрация йода в растворе была минимальной при значениях pH в интервале 3-2,9, то есть этот интервал является оптимальным для осаждения йода.

По литературным данным и учитывая растворимость йода в воде, остаточную концентрацию йода в абсорбенте следовало бы определить равной 0,63-0,58 г/л, но, как следует из полученных нами данных (рис.11), возможно снижение остаточной концентрации йода до 0,2 г/л, что существенно повышает выход йода. Именно этот факт послужил основанием для усовершенствования процесса осаждения йода из абсорбента.

Таблица 7

Данные потенциметрического титрования абсорбентов

№	Концентрация раствора абсорбента, г/л	Объем раствора, мл	pH	ϕ , В	Вес осадка йода, г	Остаточная концентрация йода в абсорбенте, г/л	Содержание йода в абсорбенте, %	Окраска растворов абсорбента
1	12	50	5,0	0,509	0,308	3,556	29,0	Темно-красная
2	-/-	-/-	4,5	0,515	0,396	3,207	26,7	
3	-/-	-/-	4,0	0,521	0,472	2,710	22,5	
4			3,5	0,544	0,580	1,600	13,3	Красная
5	-/-	-/-	3,2	0,558	0,787	0,795	6,62	
6	-/-		3,0	0,567	0,863	0,285	2,37	Бледно-желтая
7	-/-		2,9	0,569	0,871	0,278	2,31	
8	-/-	-/-	2,6	0,576	0,811	0,410	3,41	Желто-красная
9	-/-		2,3	0,584	0,748	0,530	4,41	Красная
10	-/-	-/-	2,0	0,590	0,655	0,889	7,30	

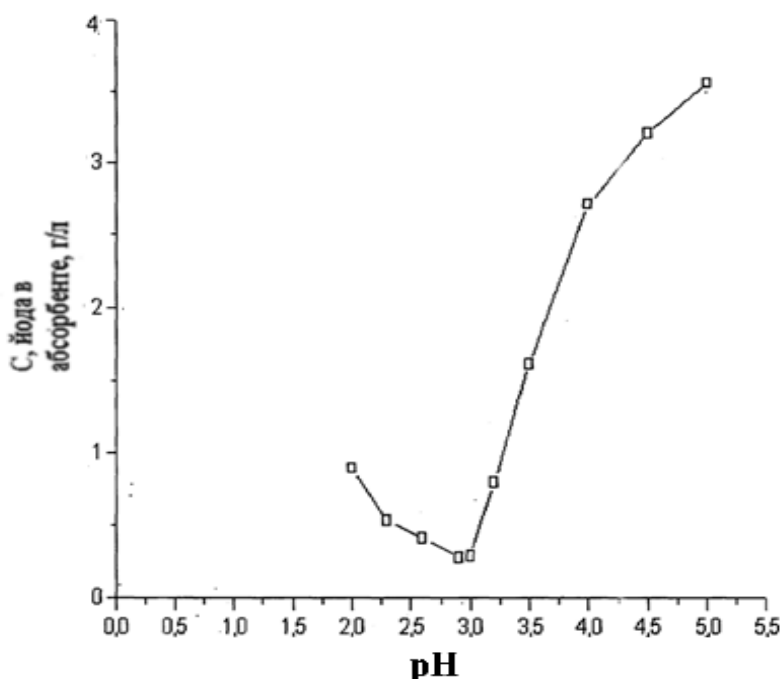


Рис. 11. Данные о растворимости йода в кислой среде абсорбента

Кроме того, полученные данные позволяют контролировать процесс окисления йодид-ионов как в процессе выделения йода из абсорбента, так и в процессе его получения путем контроля потенциала окисления йодид-ионов (0,569), что дает возможность автоматизировать процесс производства йода.

Рассмотрена часть осаждения установки, при этом в качестве основного входного параметра принят pH раствора.

Для моделирования процесса осаждения путем определения остаточной концентрации йода в абсорбенте и содержания йода в абсорбенте при различных значениях pH раствора графический вид кривой изменения остаточной концентрации йода в абсорбенте представлен на рисунке 12.

Изменение остаточной концентрации йода в абсорбенте при

использовании уравнения шестой степени – воздействие рН раствора - имеет вид:

$$y = p1 \cdot x^6 + p2 \cdot x^5 + p3 \cdot x^4 + p4 \cdot x^3 + p5 \cdot x^2 + p6 \cdot x + p7$$

Коэффициенты:

$$p1 = 0.0013813$$

$$p2 = 0.37313$$

$$p3 = -6.7401$$

$$p4 = 45.741$$

$$p5 = -147.77$$

$$p6 = 227.76$$

$$p7 = -133.68$$

Остаточные нормы = 0.2211

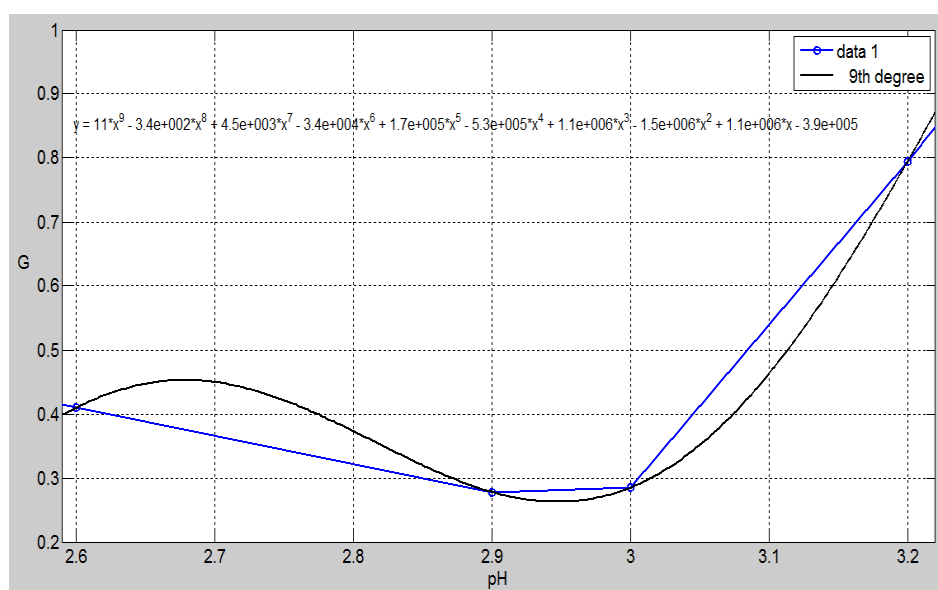


Рис. 12. Математическое описание оптимальной области осаждения йода из йодсодержащего раствора

Как видно, уравнение шестой степени намного правильнее характеризует изменение остаточной концентрации йода в зависимости от значения рН.

Таким образом, выявлена оптимальная область, находящаяся вокруг значения рН=3. Вокруг этой области нами проведен поиск оптимального значения рН раствора. Проведенные эксперименты и расчеты по прикладной программе MATLAB показали: это оптимальное значение хорошо описывается уравнением девятой степени (рисунок 12). Из этой графической характеристики следует, что оптимальная область рН находится в пределах значений этого показателя 2,9 - 3. Поэтому в качестве оптимального желательно использовать значение рН 2,95.

Полученную йодную пасту фильтруют через нутч-фильтр (поз.13) и промывают 10-кратным количеством воды, которая подается в смеситель (поз. 2). Отфильтрованный и промытый йод в виде пасты подают на очистку (поз. 14) и периодически очищают путем его плавки концентрированной серной кислотой. Полученный йод расфасовывают в плотно закрывающуюся

полимерную тару вместимостью 20-25 кг и направляют на склад готовой продукции.

Выход йода по стадиям следующий:

Стадия десорбции - 94,0%

Стадия абсорбции - 99,5%

Стадия выделения из абсорбента - 97,6%

Стадия выхода йода при очистке - 85,9%

Выход йода как готового продукта (общий выход) - 77%.

В пятой главе диссертации **«Расчет технологических параметров экспериментальной установки»** приводятся результаты испытания усовершенствованной технологии на экспериментальной опытно-промышленной установке АООТ «Хаудаг», результаты отработки технологических параметров производства йода на этой установке и наработка опытной партии йода из гидротермальных вод скважины «Каттакум-2» месторождения Хаудаг.

На опытной установке мощностью $50 \text{ м}^3/\text{сутки}$ или $2,1 \text{ м}^3/\text{час}$ сырьевой воды получены следующие технологические параметры.

1. Нагрузка по сырьевой воде $V_{\text{ж}}=50 \text{ м}^3/\text{сут}=2,1 \text{ м}^3/\text{час}$.
 2. Концентрация йода в сырьевой воде $C_{\text{ж}}=21 \text{ г/м}^3$.
 3. Значение рН сырьевой воды 6,5; 7,0.
 4. Температура сырьевой воды $t=65^\circ\text{C}$.
 5. Коэффициент Генри $K_{\text{Г}}=0.015$.
 6. Степень окисления $\gamma_{\text{оп}}=90\%$.
 7. Степень десорбции $f=95\%$.
 8. Степень абсорбции $\gamma_{\text{об}}=99\%$.
 9. Линейная скорость воздуха $W_{\text{Г}}=2.5 \text{ м/сек}$.
 10. Плотность орошения десорбера $p_{\text{б}}=60 \text{ м}^{-1}$.
 11. Плотность орошения абсорбера $p_{\text{а}}=15 \text{ м}^{-1}$.
 12. Удельная поверхность насадок $f=100 \text{ м}^2/\text{м}^3$.
 13. Расчетное количество рабочих часов в году принято 8000 час/год .
 14. Концентрация йода в абсорбенте $C_{\text{сор}}=20-25 \text{ г/л}$.
- Годовой расход серной кислоты 1680 кг/год , ($913,0 \text{ л}$).
Годовой расход перекиси водорода $130,37 \text{ кг/год}$.
Годовой расход гипохлорита кальция 276.48 кг/год .
Годовой расход щелочи (абсорбента) $207,3 \text{ кг/год}$.
Расход воздуха $378 \text{ м}^3/\text{час}$.

В Ташкентском филиале научно-исследовательского института механизации и электрификации проведены эксперименты по установлению оптимальных технологических режимов и расчеты оборудования для проектирования опытной установки. Испытания опытной воздушно-десорбционной установки для выделения йода из подземных соленых вод месторождения Хаудаг показали правильность и достоверность выполненных теоретических расчетов и экспериментальных исследований. На основе этих испытаний предложена усовершенствованная технология выделения йода из подземных гидротермальных вод производительностью

до 2,1 т/год.

Себестоимость 1 кг кристаллического йода составит 76293 сум, если принять стоимость 1 кг кристаллического йода в размере 30 долларов США и стоимость 1 доллара США по курсу Центрального банка ($1\$ = 8200\text{сум}$). В этом случае прибыль от производства 1 кг йода составляет $246000 - 76293 = 169707$ сум. Учитывая возможность извлечения дополнительного количества йодной пасты (49кг) по усовершенствованной технологии её производства, дополнительная прибыль составит 10,332 млн. сум.

ВЫВОДЫ

1. Изучены содержание и формы нахождения йода в подземных гидротермальных водах скважины «Каттакум-2» Хаудагского месторождения. Установлено, что йод в водах находится в виде йодидов (68-70%), йодатов (12-14%), хлористого йода (8-10%) и в форме молекулярного йода (6-8%). Проведена математическая обработка общего содержания йода по экспериментальным данным. Полученные данные использованы для разработки усовершенствованной технологии извлечения йода из подземных вод.

2. Установлено, что для определения содержания йода и его природных соединений в йодсодержащих водах лучшими аналитическими методами являются титриметрический и потенциометрический методы анализа, отличающиеся простотой техники выполнения, достаточной чувствительностью, экспрессностью и дешевизной. Чувствительность определения йода и его соединений по титриметрическому методу составляет 0,01 мг/л, а по потенциометрическому - 0,02 мг/л. Относительные стандартные отклонения по двум методам составляют 4-5%. Отработана и использована методика контроля извлечения йода потенциометрическим методом применительно к данному объекту.

3. Для окисления соединений йода в исследуемых водах в качестве окислителей были испытаны персульфат натрия, нитрит натрия, гипохлорит кальция и перекись водорода. Получены данные о динамике окисления йодид-ионов перекисью водорода, нитритом натрия и гипохлоритом кальция. В результате сравнительного анализа окислителей, для окисления соединений йода предложены гипохлорит кальция и перекись водорода.

4. Таким образом, доказано, что увеличение минерализации подземных гидротермальных вод в месторождениях «Каттакум-2», «Учкызыл», «Кокайты» и «Уртабулак» при выделении йода из йодсодержащих соединений от 113 г/л до 283 г/л находится в пропорциональной зависимости от расхода количества раствора окислителей и серной кислоты, то есть расход окислителей повышается в 2,5 раза, а серной кислоты - в 1,5 раза.

5. Для осаждения элементарного йода из абсорбента в качестве окислителей были испытаны $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, KClO_3 , H_2O_2 , $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, KMnO_4 и NaNO_2 . Установлено, что нитрит натрия и перекись водорода обладают большей экологической безопасностью, доступностью и низкой стоимостью.

Полученные данные позволили оптимизировать технологические процессы.

6. На основании экспериментов и с применением прикладной программы MATLAB определено оптимальное значение $pH=2,95$ для раствора серной кислоты, которое позволяет выделить с абсорбента 85-90% кристаллического йода.

7. Установлены физико-химические свойства исследуемой гидротермальной воды Хаудагского месторождения и выявлено, что она имеет высокие показатели давления (28 атмосфер), температуры ($76^{\circ}C$) и бромидной минерализации (220 г/л).

8. Установлено, что скорость окисления йодид-ионов до элементарного йода значительно превышает скорость окисления йода до йодат-ионов, в связи с чем, десорбция йода в воздушную фазу достигает 94%. Потенциометрическим и Уф-спектрофотометрическим методами установлены механизм выделения йода из растворов абсорбентов и роль окислителей в этом процессе.

9. Выбрана воздушно-десорбционная технологическая схема, включающая поглощение извлекаемого йода раствором щелочи концентрацией (5-8%) йода из гидротермальных подземных вод Хаудагского месторождения Сурхандарьинской области. Проведено усовершенствование способа выделения элементарного йода из исследуемых вод и абсорбентов. В результате достигнуто уменьшение остаточной концентрации йода в абсорбенте с 0,63-0,58 г/л до 0,2 г/л, что позволило дополнительно получить 49 кг йода.

10. Найдены оптимальный технологический режим усовершенствованной технологии извлечения йода из гидротермальных вод и параметры технологического оборудования, которые в дальнейшем подтверждены испытаниями на опытно-промышленной установке завода АООТ «Хаудаг» месторождения «Хаудаг». На основе этих испытаний предложена технология получения йода производительностью до 2,1 т йода в год.

11. Произведен технико-экономический расчет эффективности переработки получения йода из подземных гидротермальных соленых вод, который показал очевидную экономическую целесообразность переработки йода, так как себестоимость производства 1 кг йода по предлагаемой технологии составляет на мировом рынке 30 долларов США, то есть, $30 \times 8200 = 246000$ сум, что в 2,2 раза дешевле по сравнению с ввозимым из-за рубежа продуктом.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC
DEGREES DSc 27.06.2017.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY AND TASHKENT
CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

TERMEZ STATE UNIVERSITY

UMBAROV IBRAGIM AMONOVICH

**IMPROVEMENT OF IODINE EXTRACTION TECHNOLOGIES
FROM IODINE COMPOUNDS CONTAINING IN UNDERGROUND
SALINE WATERS**

**02.00.13 - Technology of inorganic substances and materials based on
them**

**DISSERTATION ABSTRACT OF
DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES DSc**

Tashkent-2018

The dissertation subject of doctor of science is registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.1.DSc/T14.

The dissertation has been carried out at the Termez State University.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English) is posted on the web page of Scientific council at the address of www.inp.uz and Information-educational portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific consultant:

Turaev Hayit Khudainazarovich
doctor of chemical sciences, professor

Official opponents:

Namazov Shafolat Sattarovich
doctor of technical sciences, professor, academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Sharipov Hasan Turapovich
doctor of chemical sciences, professor

Shamshidinov Israiljon Turgunovich
doctor of technical sciences, docent

Leading organization:

Samarkand State University

The defense will take place on 15 May 2018 at 10⁰⁰ at the meeting of Scientific council DSc 27.06.2017.K/T.35.01 at Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent Chemical-technological Institute, (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek Str., 77-a. ph.: (+99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90; e-mail: ionxanruz@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource center of Institute of General and Inorganic Chemistry, (registration number 12). (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek Str., 77-a. ph.: (+99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on 30 April 2018 year
(mailing report No 12 on 30 April 2018 y.).

B.S. Zakirov

Chairman of scientific council on award of
scientific degree d.ch.s.

D.S. Salikhanova

Scientific secretary of scientific council on award of
scientific degree, d.t.s.

S. Tukhtayev

Chairman of scientific seminar under scientific council on
award of scientific degree, d.ch.s., prof., academician

INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

The aim of the research work is to develop an improved technology for obtaining iodine from iodine compounds containing in underground hydrothermal waters.

The objects of the research work: various iodine compounds, containing mainly in the underground hydrothermal waters, as well as oxidizing agents such as sodium persulfate, calcium hypochlorite, hydrogen peroxide, sulfuric acid.

The scientific novelty of the research work is as follows:

the form of iodine presence in the underground hydrothermal waters of the Kattakum-2, Uchkyzyl, Kokaiti and Urtabulak wells is determined;

the kinetics of oxidation of iodine ions on the basis of the results of the oxidation process of underground hydrothermal waters by various oxidants is proved;

the optimal conditions for desorption of molecular iodine as a result of oxidation of iodine-containing underground hydrothermal waters by air and subsequently by absorption with an alkali solution are determined;

the technological indicators of oxidation of iodine compounds obtained by acidification of the technological absorption solution and crystallization of molecular iodine and its separation are substantiated;

the technology of obtaining iodine for the use of medical and chemical needs on the basis of the iodine-containing underground hydrothermal salt water has been developed.

Implementation of the research results. On the basis of the scientific results obtained on the development of an improved technology for the recovery of iodine and its compounds from local underground saline hydrothermal waters:

technology for the extraction of iodine from iodine-containing compounds was introduced at the JSC Zharkurganneft (certificate No 02/12-1-78 of Uzbekneftgaz Not sentence dated April 17, 2017). As a result, the possibility of producing import-substituting iodine based on underground saline hydrothermal waters;

technology, the extraction iodine from underground saline hydrothermal waters was implemented at LLC Kasanskaya NGRE (certificate № 02/12-1-78 of Uzbekneftgaz dated April 17, 2017). As a result, the degree of oxidation of iodide ions by 90%, the degree of desorption by 95% and the degree of absorption by 99%, and the yield of iodine-containing products by 82.8% from underground hydrothermal waters have been proved;

the results of scientific bases for the recovery of iodine from iodine-containing underground saline hydrothermal waters were used in the fundamental project A-12-FK-17926 "Concentration and separation of noble metals from waste solutions of hydrometallurgical enterprises by a modern core-physical method", with sorption recovery of iodine ions from model solutions with sorbents, the synthesis of extractants based on the four-substituted compounds of nitrogen and phosphorus, and also by their enrichment of underground salt water with iodine and its compounds (reference No FTA-02-11/1349 of Agency for Science and Technology of the Republic of Uzbekistan dated December 22, 2017). As a result,

the possibility of sorption recovery and enrichment of iodine from iodine-containing underground salt water is created.

The structure and volume of the thesis. The dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusions, list of references and, applications. The volume of the dissertation is 181 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I-бўлим (часть I; part I)

1. Умбаров И.А., Тураев Х.Х., Касимов Ш.А., Умбарова М.И. Разработка технологической схемы получения йода из подземных соленых вод // Вестник НУ Уз. – Ташкент, 2017. – № 3/1. – С. 441–445. (02.00.13. №12).
2. Умбаров И.А., Тураев Х.Х., Умбарова М.И. Технологические расчеты оборудования для получения йода из гидротермальных подземных вод // Вестник НУ Уз – Ташкент, 2017. - № 3/1. – С. 446 – 449. (02.00.13. №12).
3. Umbarov I.A., Turaev Kh.Kh., Alimnazarov B.Kh., Babamurodov B.E., Abdurakhmonov C. Separation of iodine from iodine-containing underground hydrothermal water // Proceedings of the III Tashkent International Innovation Forum. – Tashkent – 2017.- 10-12 may, p.103-107.
4. Умбаров И.А., Тураев Х.Х., Касимов Ш.А., Умбарова М.И. Усовершенствование способа выделения элементного йода из абсорбентов // Научный вестник СамГУ. – Самарканд, 2017. – № 3. – С. 5-10. (02.00.13. №9).
5. Умбаров И.А., Тураев Х.Х. Исследование формы нахождения йода в абсорбенте // Узбек. Хим. журнал. – Ташкент, 2016. – № 1 – С. 7 –9 (02.00.13. №6).
6. Умбаров И.А., Тураев Х.Х. Спектрофотометрический метод исследования как способ нахождения йода в абсорбенте // Вестник НУУз. – Ташкент, 2015. – № 3/2. – С. 276-280. (02.00.13. №12).
7. Умбаров И.А., Тураев Х.Х. Исследование кинетики окисления йодид-ионов в гидротермальных водах различными окислителями // Узб. Хим. журнал. – Ташкент, 2015. – № 6 – С. 12 – 16 (02.00.13. №6).
8. Умбаров И.А., Тураев Х.Х. Исследование процесса осаждения йода из растворов абсорбента потенциометрическим титрованием // Вестник Таш ГТУ. – Ташкент, 2015. – № 4. – С. 165–170. (02.00.13. №11).
9. Umbarov I.A., Turaev Kh.Kh. Investigation mechanisms and kinetics of oxidation iodide ions in hydrothermal waters various oxidants // Int. Journal of Engineering Sciences & Research Technology.- 4.12. December, 2015 p. 530-532.
10. Umbarov I.A., Turaev Kh.Kh. Study of iodine distribution form in an absorbent // Int. Journal of Engineering Sciences & Research Technology.- 4.12. December, 2015.- p. 527-529.
11. Умбаров И.А., Тураев Х.Х. Потенциометрические исследования окисления ионов йода нитритом натрия // UNIVERSUM: Технические науки: электрон. научн. журнал. 2017. №12 (45). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/5406> (02.00.13. №1).
12. Умбаров И.А., Тураев Х.Х. Подземные воды как промышленное сырье // UNIVERSUM: Технические науки: электрон. научн. журнал.- 2018.- № 1(46). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/5448> (02.00.13. №1).
13. Умбаров И.А., Тураев Х.Х. Кинетике окисления йодид-ионов в

присутствии различных окислителей из подземных соленых вод // UNIVERSUM: Технические науки : электрон. научн. журн. 2018. № 3(48) . URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/> (02.00.13. №1).

II бўлим (часть II; part II)

14. Умбаров И.А., Определение количества, форм нахождения и процесса окисления йода в подземных водах // Жайхун Вестник ТерГУ. – Термез, 2006. – № 2 – С. 130 – 133.

15. Умбаров И.А., Тураев Х.Х. Определение элементного состава подземных соленых гидротермальных вод // Science Time. Казань, - 2018. - № 2 (50). -С.76-80.

16. Umbarov I.A., Turaev Kh.Kh. Complex processing of hydrothermal water // Abstr. XXXVth Int. scientific and practical conference «European research: innovation in science, education and technology».- (London, United Kingdom, Printed in USA); December 28-29, 2017, p. 8-11.

17. Умбаров И.А., Тураев Х.Х., Турасуннат Ш., Алимназаров Б.Х., Умбарова М.И. Исследование способа выделения элементарного йода из абсорбентов // Тезисы докл. IX-ой Междунар. научно-технич. конфер. «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 2017. – С. 296.

18. Умбаров И.А. Комплексная переработка природных подземных вод // Тезисы докл. Республ. научно-технич. конфер. «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». - Навои, 2016. – С. 366.

19. Умбаров И.А., Нуралиев Ғ., Икромов И., Камолова Т., Қаршиев А. Получение йода из подземных вод // Тезисы докл. Республ. научной и научно-технич. конфер. «Проблемы организации спектроскопических исследований природных соединений и полимеров». – Қарши, 2013. – С. 25-28.

20. Умбаров И.А., Хужамкулов Д.Х., Шамаев Б.Э., Мукимов А., Қаршиев А. Распределение йода в объектах природной среды // Тезисы докл. Республ. научной и научно-технич. конфер. «Проблемы организации спектроскопических исследований природных соединений и полимеров». – Қарши, 2013. – С.164-165.

21. Умбаров И.А., Гаимов А., Набиев Д., Эшонкулов Х., Камолова Т. Существующие методы технологии получения йода // Тезисы докл. Республ. научной и научно-технич. конфер. «Проблемы организации спектроскопических исследований природных соединений и полимеров». – Қарши, 2013. – С.166 –167.

22. Умбаров И.А., Оманов У., Умбарова М.И. Изучение распространение йода в природной среды // IV Тезисы докладов Республиканской научно-практической конференции. «Проблемы актуальность аналитический химии» – Термез, – 2014. – С. 345 – 346.

23. Умбаров И.А., Умбарова М.И., Маматкаримов А.Т., Химматов,С.Н. Методика анализа йода в природной среды // IV Тезисы докладов

Республиканской научно-практической конференции. «Проблемы актуальность аналитической химии» – Термез, – 2014. – С. 214 – 215.

24. Умбаров И.А., Тураев Х.Х., Умбарова М.И. Получение йода из йодсодержащих подземных вод // Тезисы докл. Республ. научно-практич. конфер. «Развитие и перспективы инновационных технологий химической промышленности» – Ургенч, 2017. – С. 39-40.

25. Умбаров И.А., Тураев Х.Х., Касимов Ш.А., Умбарова М.И. Распространение йода в подземных водах // Тезисы докл. IV Республ. научно-практич. конфер. «Проблемы и актуальность аналитической химии» – Термез, 2017. - С. 23-25.

26. Умбаров И.А., Тураев Х.Х. Получения йода из гидротермальных вод воздушно-десорбционным способом // Тезисы докл. IV Республ. научно-практич. конфер. «Проблемы и актуальность аналитической химии» – Термез, 2017. - С. 179-180.

Автореферат «Ўзбекистон кимё» журнали таҳририятида
таҳрирдан ўтказилган.

Босишга рухсат этилди: 27.04.2018 йил
Бичими 60x84 ¹/₁₆. «TimesNewRoman»
гарнитурда рақамли босма усулда чоп этилди.
Шартли босма табағи 4. Адади 100. Буюртма № 48

“Fan va ta’lim poligraf” MChJ босмахонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Дўрмон йўли кўчаси, 24-уй.