

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.28.02.2018.K.02.05
РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ФАЗЛИЕВА НИГИНА ТОЖИҚУЛОВНА

**ЭЛЕКТРОЛИТ СИСТЕМАЛАР ХРОМАТОГРАФИЯСИНИНГ
ФИЗИК-КИМЎВИЙ АСОСЛАРИ
02.00.04 -Физик кимё**

**КИМЎ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Самарқанд – 2018

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Фазлиева Нигина Тожикуловна

Электролит системалар хроматографиясининг физик-кимёвий асослари 5

Фазлиева Нигина Тожикуловна

Физико-химические основы хроматографии электролитных систем 21

Fazliyeva Nigina Tojiqulovna

Physico-chemical basis of chromatography of electrolyte systems 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 42

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.28.02.2018.К.02.05
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ФАЗЛИЕВА НИГИНА ТОЖИҚУЛОВНА

**ЭЛЕКТРОЛИТ СИСТЕМАЛАР ХРОМАТОГРАФИЯСИНИНГ
ФИЗИК-КИМЁВИЙ АСОСЛАРИ
02.00.04 -Физик кимё**

**КИМЁ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Самарқанд – 2018

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.1.PhD/К93 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Самарқанд давлат университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз(резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифада www.samdu.uz манзилига ҳамда «ZiyoNET» ахборот-таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Мухаммадиев Нурали Қурбоналиевич,
кимё фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Холиқов Абдували Жонизоқович
кимё фанлари доктори

Сидиков Абдужалол Сидикович
кимё фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Ўзбекистон Миллий университети

Диссертация ҳимояси Самарқанд давлат университети хузуридаги PhD.28.02.2018.К.02.05 рақамли илмий кенгаш кенгаш “___”_____2018 йил соат “___” даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 140104, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15-уй, физик-кимё биноси, 3-қават, 305 хона. Тел.: (+99866) 239-11-40; факс: (+99866) 239-11-40; E-mail: devonxona@samdu.uz).

Диссертация билан Самарқанд давлат университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 140104, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15-уй, Ахборот-ресурс маркази. Тел.: (+99866) 239-11-51), E-mail: m_nasrullaeva@mail.ru.

Диссертация автореферати 2018 йил «__» _____ да тарқатилган.
(2018 йил «__» _____ даги ___ - рақамли реестр баённомаси)

А.М.Насимов

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Х.Т.Тробов

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш котиби, к.ф.н., доцент

М.Д.Давронов

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Мавзунинг долзарблиги ва зарурати. Дунёда ажратиш ва анализ қилишнинг хроматографик усуллари фан ва техниканинг турли соҳаларида қўлланилиш чегараси ошиб бормоқда. Кейинги йиллардаги жаҳонда формацевтик маҳсулотларнинг сифати асосан юқори самарали суюқлик хроматографияси усулида назорат қилинади. Газ хроматографиясининг ўрни энгил учувчан бирикмалар анализидида беқиёсдир. Хроматографик усуллар оқимда бажарилганлиги учун бу усуллар осон автоматлаштиришга мойил ва шунинг учун ҳам хроматографик усуллар ишлаб чиқариш жараёнларининг назоратида ҳам бошқа усулларга нисбатан катта афзалликларга эга. Ион хроматографияси ушбу усуллар ичида нисбатан кейин ривожланаётган бўлишига қарамасдан электролит моддалар анализидида катта аҳамият касб этмоқда.

Бугунги кунда жаҳонда мутахассислар олдида қўйилган муҳим масалалардан бири ион хроматографиясининг янада кенгрок, қўлланилиши, унинг методологик асосларини, жумладан ажратиш жараёнларини нисбатан аниқ моделларини яратиш ва мақбуллаштиришнинг ишончли усулларини ишлаб чиқишдир. Бу борада олиб борилаётган хроматографик жараёнларни моделлаш, мақбуллаш, мураккаб таркибли аралашмаларни сифат ва миқдорий жиҳатдан анализ қилишга доир тадқиқотлар жадал суръатларда ривожланиб бормоқда.

Республикамизда турли электролит системаларнинг (турли сувлар, доривор ўсимликлар ва ҳ.з.лар) хроматографик таҳлил усулларини ишлаб чиқиш уларнинг қўлланилиш чегарасини оширади ва бу борада муҳим натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида¹ «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 қилиш»га қаратилган вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан, “ионит-ионат-элюент” тизими ташкил этувчиларининг ўлчам, энергетик ва ишора катталикларида асосланган моделларини яратиш ва улар асосида мақбуллаштиришнинг самарали усулларини ишлаб чиқишга боғишланган илмий-амалий тадқиқотлар муҳим аҳамиятли бўлиб ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» Фармони, 2017 йил 14 мартдаги ПҚ-2831-сон «Иқтисодиётнинг базавий тармоқларида лойиҳа ишлари самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида», 2018 йил 17 январдаги ПҚ-3479 сон “Мамлакат иқтисодиёти тармоқларининг талаб

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

юқори бўлган маҳсулот ва хом ашё турлари билан барқарор таъминлаш чоратadbирлари тўғрисида”ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий 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, кимё технологияларининг назарий асослари, нанотехнологиялар” устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ион алмашилиш жараёнлари термодинамикаси, кинетикаси, механизми, ажралиш жараёнларини моделлаш, мақбуллаш ва ион хроматографиясининг қўлланилишини мунтазам ўрганиб келинмоқда. Дунёнинг кўпгина мамлакатларида бу соҳа бўйича тадқиқотлар жадал суратда олиб борилмоқда. Хусусан, хорижлик олимлар – A.Sen Gupta., J.Gmehling, J.H.Park, Bo.Jiang, Shiping Hu, R.Araujo, J.Li, P.Choi, M.E.Argun, G.Bayramoglu, I.Demkawska, R.A.Nadkarni, Y.Ueki, Oleksy-Frenzel, M. Ali, O.A.Шпигун, Ю.А.Золотов, А.В.Затираха, П.Н.Куликов, В.А.Никашина, А.Г.Прудковский, И.В.Комарова, Н.К.Галкина А.Б.Ярославцев, Е.В.Шляпунова, Г.М.Сергеев, ва бошқалар ион алмашилиш термодинамикаси ва протон транспорти, ион алмашилишнинг ўзига хос томонлари ва математик моделлаш, ион алмашилиш жараёнини динамик ҳисоблаш учун дастурий таъминотлар яратиш, математик моделлаш асосида мақбуллаштириш ва газ хроматографиясида UNIFAC параметрлари асосида ажралиш жараёни моделини олиш ва аралашма компонентларининг идентификациясини ишлаб чиқиш билан шуғулланган. Ўзбекистонда мазкур йўналиш ривожига Н.К.Мухамадиев, Б.Ж.Кобилов, Ш.М.Сайиткулов, А.М.Қурбонов, Х.Т.Троров ва бошқалар ўзларининг изланишлари билан хроматографик жараёнларни ўрганиш, ажралган моддалар идентификацияси, уларнинг ушланишини структур-гуруҳ ташкил этувчилари асосида башоратлаш каби муаммоларини ҳал этишга катта ҳисса қўшган.

Ушбу изланишларга қадар адабиётларда фақат термодинамикаси, кинетикаси, транспорти, ион алмашилишнинг ўзига хос томонлари ва баъзи математик моделлари, жараёнларини ҳисоблашнинг дастурий таъминоти, газ хроматографиясида UNIFAC параметрлари асосида ажралиш жараёнини моделлаш ва аралашма компонентларининг идентификацияси бўйича ишлар келтирилган. Электролит системалар хроматографиясининг физик-кимёвий асосларини “ионит-ионат-элюент” гуруҳ ташкил этувчиларининг ўлчам, ўзаро таъсир энергияси ва заряд катталиклари бўйича изохлаш, моделлаш ва ажралиш жараёнини мақбуллаш бўйича маълумотлар адабиётларда келтирилмаган. Шунинг учун ҳам электролит системалар хроматографиясининг физик-кимёвий асосларини “ионит-ионат-элюент” гуруҳ ташкил этувчиларининг ўлчам, ўзаро таъсир энергияси ва заряд катталиқга асосланган моделларини ишлаб чиқиш назарий ва амалий нуқтаи-назаридан мақсадга мувофиқдир.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилаётган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Самарқанд давлат унивеситети илмий-тадқиқот ишлари режасининг “Таббий ва синтетик материалларни синтез қилиш, текшириш ва қайта ишлашнинг янги усуллари” қисми ва ИТД-12-64 рақамли “Ўзбекистон худудида ўсадиган доривор ўсимликлар таркибидан йод миқдорини аниқлаш” (2012-2014) амалий, ҳамда ОТ-Ф7-83 рақамли “Хроматографик жараёнларни моделлаш, мақбуллаш ва “Ушланиш катталиклари - хоссалари” ўзаро боғлиқликларни ўрганиш ва уларни нанохроматографияда қўлланилиши” (2017-2020) фундаментал грантлар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади электролит системалар хроматографиясининг физик-кимёвий асосларини “ионит-ионат-элюент” тизими гуруҳ ташкил этувчиларининг ўлчам, ўзаро таъсир энергияси ва заряд катталиклари асосланган моделлар ёрдамида баҳолашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ион хроматографиясида ажралиш жараёнини “ионит-ионат-элюент” системаси гуруҳ ташкил этувчиларининг термодинамик параметрларига асосланган моделини таклиф этиш;

“ионит-ионат-элюент” системасидаги мувозанатни система гуруҳ ташкил этувчиларининг термодинамик параметрлари асосида баҳолаш;

ион хроматографиясида ажралишнинг “ионит-ионат-элюент” системаси гуруҳ ташкил этувчиларининг термодинамик параметрларига асосланган мезонларини ишлаб чиқиш;

модел аралашмалар мисолида ионлар (катионлар ва анионлар) ажралишининг мақбул шароитларини танлаш;

ион хроматографияси усулида хроматограмма чўққисини олишнинг математик моделини яратиш ва унинг дастурий таъминотини ишлаб чиқиш;

ион хроматографияси усулида турли намуналарнинг (оқува, табиий, чиқинди суви, доривор ўсимликлар) таркибини ўрганиш, доривор ўсимликлар таркибидан йод миқдорини аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида “ионит-ионат-элюент” тизимининг ўлчам, ўзаро таъсир энергияси ва заряд параметрларга асосланган модели, турли электролит моддалар эритмалари ва уларнинг аралашмалари, ионитлар, элюентлар, турли (ичимлик, оқова ва чиқинди) сувлар, доривор ўсимликларнинг генератив ва вегетатив органларининг намуналари олинган.

Тадқиқотнинг предмети - “ионит-ионат-элюент” системаси ташкил этувчиларининг ўлчам, ўзаро таъсир энергияси ва заряд катталикларига асосланган ион ажралиш жараёни моделини тузиш, унинг адекватлигини текшириш, электролит системалар таркибини ўрганишда қўлланилиш имкониятларини баҳолаш олинган.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида замонавий назарий ва амалий усуллардан, жумладан ион хроматографияси, сканерловчи электрон микроскопияси микрорентген таҳлили билан, квант-кимёвий, статистик усуллардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ион хроматографиясида “ионит-ионат-элюент” ўлчам, ўзаро таъсир энергияси ва заряд параметрлари асосида ажралиш жараёнлари асосланган;

“ионит-ионат-элюент” тизимида ажралиш жараёнини мақбуллаштиришнинг алгоритми ва унинг дастурий таъминоти ишлаб чиқилган;

турли электролит системалар учун ионларни ажратиш алгоритми тузилган;

турли таркибдаги катионлар ва анионлар аралашмасини ажратишнинг мақбул шароитлари танланган ва турли сувлар, доривор ўсимликлар таркибидан ионлар миқдорлари аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ионларни ажратиш алгоритми исталган электролит системаларнинг ажралиш жараёнларини мақбуллаштиришда қўлланилган;

ишлаб чиқилган услубиятларни қўллаб, турли сувлар намуналарининг электролит таркиби аниқланган;

турли доривор ўсимликлар таркибидан йод миқдори аниқланган;

ўқув жараёнида қўлланилиши учун “Ionchrom-O1” ўргатувчи дастури яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги замонавий, аниқлиги ва сезгирлиги юқори бўлган хроматографик, сканерловчи электрон микроскопия ва микрорентген таҳлили, квант-кимёвий, статистик усулларда олинган натижалар асосида ишончли тарзда таҳлил қилинган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, ион хроматографиясида “ионит-ионат-элюент” ўлчам, ўзаро таъсир энергияси ва заряд параметрларига асосланган адекват модел таклиф этилган, ажралиш жараёнини мақбуллаштиришнинг алгоритми ва унинг дастурий таъминоти ишлаб чиқилган ҳамда кенг қамровли (глобал) мақбуллаштириш олиб борилган. Турли таркибдаги катионлар ва анионлар аралашмасини ажратишнинг мақбул шароитлари танланган ва турли сувлар, доривор ўсимликлар таркибидан ионлар миқдорлари аниқлангани билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, таклиф этилган ионларни ажратиш алгоритмидан фойдаланиб, исталган электролит системалар ажралиш жараёнларини мақбуллаштирилиши мумкин. Ишлаб чиқилган услубиятлар ёрдамида турли сувлар намуналарининг катионлар ва анионлар таркиби ўрганилди ва натижалар амалий мақсадларда фойдаланилган. Турли доривор ўсимликлар таркибидан йод миқдори аниқланди, олинган натижалар маълумотнома сифатида ишлатишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Электролит системалар хроматографиясининг физик-кимёвий асослари бўйича олинган илмий натижалар асосида:

“Электролит системалар таркибидан ионларни ион хроматографияси усулида аниқлаш” услубияти “Самарқандкимё” АЖДа амалиётга жорий этилган (“Самарқандкимё” АЖнинг 2018 йил 22 октябрдаги 2-627/6-сон маълумотномаси). Натижада яратилган услубият бир вақтнинг ўзида битта намунадан бир нечта катион ва анионларни аниқлаш имконини берган;

“Сув таркибидан катионларни ион хроматографияси усулида аниқлаш” услубияти “Diamond Glass” Ўзбекистон – Хитой қўшма корхонасида амалиётга жорий этилган (“Diamond Glass” Ўзбекистон – Хитой қўшма корхонасининг 2018 йил 18 августдаги 8-сон маълумотномаси). Натижада яратилган услубият бир вақтнинг ўзида битта намунадан бир нечта ионларни аниқлаш имконини берган;

“Электролит системалар таркибидан ионларни ион хроматографияси усулида аниқлаш” услубияти “SAM ROS XOLOD” МЧЖ Ўзбекистон – Россия қўшма корхонасида амалиётга жорий этилган (“SAM ROS XOLOD” МЧЖ Ўзбекистон – Россия қўшма корхонасининг 2018 йил 22 сентябрдаги 77-сон маълумотномаси). Натижада яратилган услубият бир вақтнинг ўзида битта намунадан бир нечта ионларни аниқлаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 16 та, жумладан 5 та халқаро ва 11 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 21 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг PhD диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 1 та монография, 3 та мақола, жумладан, 2 та мақола хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 1276 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари ҳамда 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 ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Ион алмашилиш термодинамикаси ва ион хроматографиясининг қўлланилиши**» деб номланган I бобида ион алмашилиш термодинамикаси, электролит системаларда мувозанатни ифодалаш усуллари, ион хроматографиясининг турли электрлит системаларни ажратиш ва анализ қилишда қўлланилишига доир илмий нашрларда чоп этилган ишларга шарҳлар берилган ва улар умумлаштирилиб, “Ионит-ионат-элюент” системасида ажралиш жараёнини

баҳолаш учун система ташкил этувчиларининг ўлчам, энергетик ва заряд катталикларини қўллашга асосланган унинг моделини ўрганиш долзарб муаммолардан бири эканлиги асосланган.

Диссертациянинг “Ионит-ионат-элюент” системасининг ўлчам, энергетик ва заряд катталикларига асосланган модели ва унинг адекватлиги” деб номланган II бобида “Ионит-ионат-элюент” системаси мувозанатини ифодалашда гуруҳ ташкил этувчиларининг ўлчам, ўзаро таъсир энергияси ва заряд параметрларидан фойдаланиш масаласи қаралган.

Маълумки, аниқланадиган ва элюирланадиган ионлар ўртасидаги ион алмашилиш мувозанати ажралиш шароитларини мақбуллаштиришнинг асосини ташкил этади. Зарядлари тенг бўлган X иони концентрацияси C бўлганда E ион ёрдамида элюирланганда системада қуйидаги мувозанат ўрнатилади:



У ион алмашилиш константаси ёки селективлик коэффициенти (K_X^E) билан характерланади, яъни:

$$K_X^E = \frac{[X][E]}{[X][E]'} \quad (2)$$

бунда $[X]$ ва $[E]$ ионалмашгич фазадаги аниқланадиган ва элюирланадиган ионларнинг мувозанат концентрациялари; $[X]$ ва $[E]$ ушбу ионларнинг ҳаракатдаги фазадаги мувозанат концентрациялари.

$[X]/[X]$ нисбати аниқланадиган X ионнинг тақсимланиш коэффициентиدير (D_X) ва ушбу ионнинг ионитда (сорбентда) ушланиш қобилиятини характерлайди. У ҳолда

$$K_X^E = D_X \frac{[E]}{[E]'} \quad (3)$$

Агар сорбентнинг солиштирма алмашилиш сиғими Q бўлса, у ҳолда колонканинг кам тўлдиришларда $[E] = Q - [X] \approx Q$ ва $[E] \ll C_E$ бўлади. Ушбу ҳолда:

$$K_X^E = D_X \frac{C_E}{Q}. \quad (4)$$

Хроматографиянинг асосий тенгламасига кўра тўғриланган ушланиш ҳажми V_R' қуйидагига тенг:

$$V_R' = D_X V_S, \quad (5)$$

бунда V_S – ионит ҳажми.

Бундан (4) тенглама ҳисобга олинса:

$$V_R' = K_X^E \frac{Q \cdot V_S}{C_E}. \quad (6)$$

Ион хроматографиясида ионитда ионнинг ушланиши тўғриланган ушланиш вақти t_R' катталиги билан характерланади, яъни:

$$t_R' = K_X^E \frac{Q \cdot V_S}{C_E F}, \quad (7)$$

бунда F - элюентнинг ҳажмий тезлиги.

Ионитнинг ҳажми одатда унинг ғоваклиги (ε) ва колонканинг умумий ҳажми (V) билан аниқланади, яъни:

$$V_s = (1 - \varepsilon)V \quad (8)$$

У ҳолда (7) тенглама куйидаги кўринишни олади:

$$t_R' = K_X^E \frac{Q \cdot (1 - \varepsilon) V}{C_{EF}} \quad (9)$$

(7) ва (9) тенгламалар ион алмашилиш жараёнларини мақбул шароитларини танлашда ишлатилди.

Деярли эримайдиган тузларнинг сувдаги эрувчанликларини кучсиз ион концентрацияларида талаб этилган фаоллик коэффицентлари бирликда яқин бўлганда, уларнинг эрувчанлигини маҳсулотлари константаларидан бевосита фойдаланиб ҳисоблаш мумкин. Юқори концентрацияларда ионларнинг асосий фаоллик коэффицентлари ҳисобга олиниши керак.

Маълумки, LIQUAC модели бўйича фаоллик коэффиценти куйидагича ифодаланади:

$$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^{LR} + \ln \gamma_i^{MR} + \ln \gamma_i^{SR} \quad (10)$$

бунда i эритмадаги ионлар сони.

Берилган эритма учун фаоллик коэффицентининг ҳар бир ташкил этувчи қисми куйидаги тенгламалар мол қисмига асосан ҳисобланади:

$$\ln \gamma_s^{LR} = (2AM_s d / (b^3 d_s)) \cdot [1 + b\sqrt{I} - (1 + b\sqrt{I})^{-1} - 2\ln(1 + b\sqrt{I})] \quad (11)$$

$$\ln \gamma_s^{MR} = \sum_{ion} B_{s,ion}(I) m_{ion} - \left(\frac{M_s}{M_m}\right) \sum_{sol} \sum_{ion} [B_{sol,ion}(I) + IB'_{sol,ion}(I)] x'_{sol} m_{ion} - \left(\frac{M_s}{M_c}\right) \sum_c \sum_a [B_{ca}(I) + IB'_{ca}(I)] m_c m_a \quad (12)$$

$$\ln \gamma_s^{LR} = \ln \gamma_s^C + \ln \gamma_s^R \quad (13)$$

$$\ln \gamma_s^C = 1 - V_s + \ln V_s - 5q_s \left[1 - \frac{V_s}{F_s} + \ln\left(\frac{V_s}{F_s}\right)\right] \quad (14)$$

$$\ln \gamma_s^R = q_s \left[1 - \ln\left(\frac{\sum_i q_i x_i \psi_{is}}{\sum_i q_i x_i}\right) - \sum_i \left(\frac{q_i x_i \psi_{si}}{\sum_k q_k x_k \psi_{ki}}\right)\right] \quad (15)$$

Эритмадаги ионлар учун фаоллик коэффицентининг ҳар бир ташкил этувчи қисми куйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

$$\ln \gamma_j^{LR} = -\frac{z_j^2 A \sqrt{I}}{1 + b \sqrt{I}} \quad (16)$$

$$\ln \gamma_j^{MR} = (M_m)^{-1} \sum_{sol} B_{j,sol}(I) x'_{sol} + \left(\frac{z_j^2}{2M_m}\right) \sum_{sol} \sum_{ion} B'_{sol,ion}(I) x'_{sol} m_{ion} + \sum_{ion} B_{j,ion}(I) m_{ion} + \left(\frac{z_j^2}{2}\right) \sum_c \sum_a B'_{ca}(I) m_c m_a - B_{j,s}(I) / M_s \quad (17)$$

$$\ln \gamma_j^{SR} = \ln \gamma_j^C - \ln \gamma_j^C(B) + \ln \gamma_j^R - \ln \gamma_j^R(B) \quad (18)$$

$$\ln \gamma_j^C = 1 - V_j + \ln V_j - 5q_j \left[1 - \frac{V_j}{F_j} + \ln \left(\frac{V_j}{F_j} \right) \right] \quad (19)$$

$$\ln \gamma_j^R = q_j \left[1 - \ln \left(\frac{\sum_i q_i x_i \psi_{ij}}{\sum_i q_i x_i} \right) - \sum_i \left(\frac{q_i x_i \psi_{ji}}{\sum_k q_k x_k \psi_{ki}} \right) \right] \quad (20)$$

$$\ln[\gamma_j^C(B)] = 1 - \frac{r_j}{r_s} + \ln \left(\frac{r_j}{r_s} \right) - 5q_j \left[1 - \frac{r_j q_s}{r_s q_j} + \ln \left(\frac{r_j q_s}{r_s q_j} \right) \right] \quad (21)$$

$$\ln[\gamma_j^R(B)] = q_j (1 - \psi_{js} - \ln \psi_{sj}) \quad (22)$$

10-22 тенгламалардаги ўзгарувчилар Ли ва бошқалар томонидан тўлиғича аниқланган.

Тенгламалардаги a_{ij} , a_{ji} , b_{ij} ва c_{ij} параметрлари LIQUAC моделида асосий рол ўйнаганлиги учун B_{ij} ва ψ_{ij} қуйидагига тенг бўлади.

$$B_{ij} = b_{ij} + c_{ij} \exp(-I^{1/2} + 0,13I) \quad (23)$$

$$\psi_{ij} = \exp(-a_{ij} / T) \quad (24)$$

j -ионининг эритмасидаги моляр фаоллик коэффициентлари.

Ли ва бошқаларнинг кўрсатишича аралаш эритувчи ва органик эритувчиларнинг электролитик системалари учун суюқ фаза (ионат-элюент) ва қаттиқ сирт (ионит) ўртасидаги мувозанат қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$\frac{\Delta G^0(T_x)}{RT_x} + \frac{\Delta H^0(T_x)}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_x} \right) - \frac{1}{R} \int_{T_x}^T \frac{\Delta c_p^0(T) dT}{T^2} \quad (25)$$

$$\left[v_+ \ln(m_M \gamma_{M(w)}') + v_- \ln(m_X \gamma_{X(w)}') \right]$$

бунда тавсия этиладиган ҳарорат $T_p = 298.15$ К ва стандарт ҳолатдаги ΔG -Гиббс энергияси, ΔH -энthalпия ва Δc_p^0 иссиқлик сифими температурага боғлиқ ҳолда ҳисобланади.

Сувли ва аралаш эритувчи эритмалардаги туз эрувчанлигини туз ва ионлар учун Гиббс энергияси (ΔfG^0), энthalпия (ΔfH^0) ва иссиқлик сифими ҳосил бўлганда ва LIQUAC моделидан фойдаланиб олдиндан айтиш мумкин.

Ҳисоблашларни амалга ошириш учун зарур бўлган параметрларнинг баъзи қийматлари 1-2-жадвалларда берилган.

1-жадвал

LIFAC моделининг B_{ca} , a_{ca} , W_{ca} , U_{ca} , V_{ca} , B^I_{ca} , a^I_{ca} параметрлари қийматлари

	B_{ca}	a_{ca}	W_{ca}	U_{ca}	V_{ca}	B^I_{ca}	a^I_{ca}
$H^+ - SO_4^{2-}$	-46,72	9,50	-9,89	-5,46	-5,98	0,00	0,00
$H^+ - HSO_4^-$	38,25	17,00	-11,12	-1,04	-3,58	0,00	0,00
$H^+ - NO_3^-$	13,53	17,00	-3,07	1,97	-1,41	0,00	0,00
$H^+ - Cl^-$	20,01	13,00	-13,03	-8,81	0,00	0,00	0,00
$NH_4^+ - SO_4^{2-}$	-2,86	13,00	-0,74	0,94	-2,59	0,00	0,00
$NH_4^+ - NO_3^-$	24,75	7,00	0,90	0,38	-1,43	-30,00	13,00
$NH_4^+ - Cl^-$	4,66	15,00	-0,57	2,07	-1,25	0,00	0,00
$Na^+ - SO_4^{2-}$	34,47	13,00	-3,73	-1,96	-4,86	0,00	0,00
$Na^+ - NO_3^-$	27,00	5,00	0,05	0,27	-2,30	-21,61	13,00
$Na^+ - Cl^-$	19,93	5,00	-5,65	-3,61	-2,46	0,00	0,00

Эслатма: Баъзи параметрлар қиймати улар бўйича тажриба натижалари бўлмаганлиги учун нулга тенг деб олинган.

2-жадвал

Катион-анион ўзаро таъсир параметрлари

c	A	$b_{c,a}^{(1)}$ ($kgmol^{-1}$)	$b_{c,a}^{(2)}$ ($kgmol^{-2}$)	$b_{c,a}^{(3)}$ ($kg^{1/2}mol^{-1/2}$)	$c_{c,a}^{(1)}$ (kg^2mol^{-2})	$c_{c,a}^{(2)}$ ($kg^{1/2}mol^{-1/2}$)
H^+	Cl^-	0,182	0,243	0,800	0,033	0,505
H^+	Br^-	0,120	0,445	0,800	0,081	0,597
H^+	NO_3^-	0,211	0,123	0,800	-0,102	1,676
H^+	SO_4^{2-}	0,097	-0,004	1,000	0,141	0,623
H^+	HSO_4^-	0,314	-4,895	1,000	-0,358	0,808
Li^+	Cl^-	0,107	0,206	0,800	0,053	0,536
Li^+	Br^-	0,106	0,317	0,800	0,058	0,465
Li^+	NO_3^-	0,076	0,301	0,800	0,047	0,665
Li^+	SO_4^{2-}	0,114	0,035	0,800	-0,263	1,317
Na^+	Cl^-	0,054	0,080	0,800	0,025	0,563
Na^+	Br^-	0,181	0,273	0,800	-0,507	2,209
Na^+	NO_3^-	0,001	-0,103	0,410	0,003	0,513
Na^+	SO_4^{2-}	0,002	-0,424	0,800	-0,224	1,054
Na^+	HSO_4^-	0,022	0,002	0,800	0,020	0,620
K^+	Cl^-	0,017	-0,003	0,800	0,021	0,671
K^+	Br^-	0,034	0,061	0,800	0,015	0,565
K^+	NO_3^-	0,000	-0,413	0,357	0,000	0,242
K^+	SO_4^{2-}	0,004	-0,870	0,800	-0,092	0,919
NH_4^+	Cl^-	0,002	0,049	0,117	0,011	0,653

NH ₄ ⁺	Br ⁻	0,002	0,082	0,144	0,014	0,729
NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	0,000	-0,172	0,260	0,006	0,530
NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	0,000	-0,906	0,545	0,000	0,354
NH ₄ ⁺	HSO ₄ ⁻	0,009	0,214	0,229	0,017	0,820
Mg ²⁺	Cl ⁻	0,196	0,332	0,800	0,072	0,398
Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	0,431	0,767	0,800	-0,512	1,441
Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	0,122	-3,426	0,800	-0,739	0,864
Ca ²⁺	Cl ⁻	0,105	0,867	0,800	0,072	0,366
Ca ²⁺	NO ₃ ⁻	0,163	0,204	0,800	-0,075	1,211

Келтирилган жадвалларда қайд этилган параметрларнинг қийматлари “Ионит-ионат-элюент” системасидаги мувозат ва ион хроматографиясида ажраладиган ионларнинг фаоллик коэффициентлари ва мос ҳолда ушланиш катталикларини баҳолашда қўлланилди.

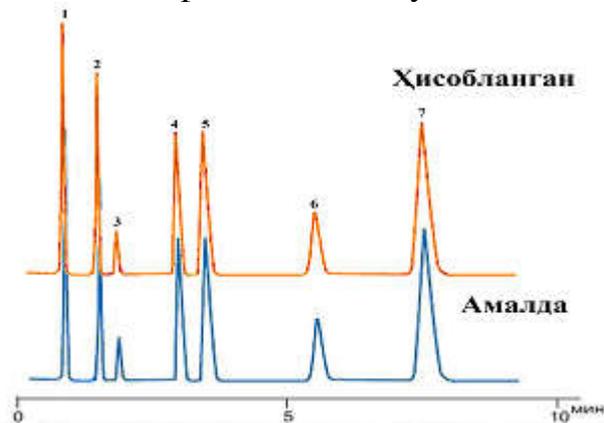
Ҳисоблашларни амалга ошириш учун C++ алгоритмик тилда “мулоқат” режимида ишлайдиган дастур ёзилди. Қуйидаги расмда дастур ишлаганда компьютер экранида пайдо бўладиган ойнаси акс этирилган.

Диссертация доирасида олиб борилган тадқиқотларда мазкур дастур ёрдамида амалга оширилди.

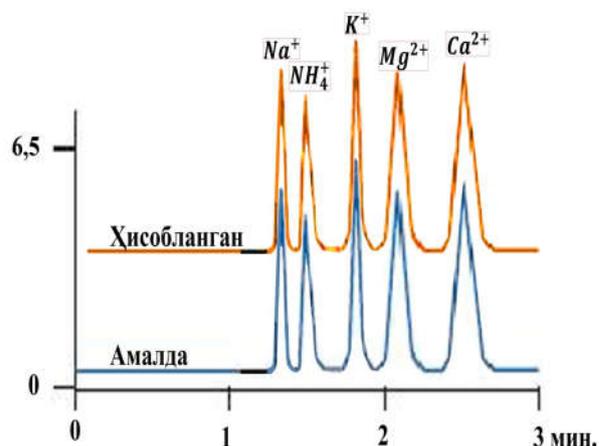
Ион алмашини хроматографиясида модел аралашмаларни ажратиши. LIQUAC модели бўйича ионит-ионат системаси гуруҳ ташкил этиувчилари параметрларини кўплаб аниқланган ажралиш жараёни шароитларида модел аралашмаларини ажратиш ишлари бажарилди. Бунда модел аралашмалари сифатида: 1) 1-фторид; 2-хлорид; 3-гидрокарбонат; 4-бромид; 5-нитрат; 6-карбонат; 7-сулфат ионлари бўлган эритма; 2) 1-натрий; 2-аммоний; 3-калий; 4-магний; 5-кальций ионларидан иборат бўлган эритма олинди. Уларнинг ажралиши натижасида ҳосил бўлган ва берилган ионларнинг ҳисобланган хроматограммалари 1- ва 2-расмларда келтирилган.

Олинган натижалар асосида шуни қайд этиш мумкинки, таклиф этилган модел бўйича ионларнинг хроматографик колонкада ажралишини

ҳисоблашнинг нисбий хатоси анионлар учун 2-5 % ни, катионлар учун эса 2-4 % ни ташкил этади. Демак, “Ионит-ионат-элюент” системасида ажралиш жараёнини ифодалаш учун қўлланилган ўлчам, энергетик ва зард катталикларига асосланган модел (LIQUAC) адекватдир ва ундан ион хроматографиясида анионлар ва катионлар аралашмаларини ажралишини баҳолашда фойдаланиш мумкин.



1-расм. Анионлар сунъий аралашмасининг Амберлет ионити билан тўлдирилган хроматографик колонкада олинган хроматограм-маси (1-фторид; 2-хлорид; 3-гидрокарбонат; 4-бромид; 5-нитрат; 6-карбонат; 7-сулфат (анионларнинг натрийли тузлари олинган))



2-расм. IА-IIА гуруҳ катионлари сунъий аралашмасининг хромато-граммаси (1-натрий; 2-аммоний; 3-калий; 4-магний; 5-калций)

Ион алмашилиш хроматографиясида ажралиш жараёни мақбуллаш алгоритми. Ион хроматографиясида LIQUAC параметрлари ташкил этувчиларини баҳолашнинг блок схемаси ва ажралиш жараёнини мақбуллаштиришнинг алгоритми таклиф этилган. Мақбуллаштиришнинг энг муҳим параметрлари бўлиб, гуруҳ ташкил этувчиларининг энергетик параметрлари ва температура хизмат қилади. Берилган система учун эса асосан температуранинг ўзгартирилиши билан ажралиш жараёнининг ўзгартирилишига эришилади ёки P_c температурасининг функцияси сифатида қаралади.

Ион хроматографияси холида эса у қайд этилган параметрлардан гуруҳ ташкил этувчиларининг энергетик параметрлари ишлайди. Температура эса ион алмашилиш хроматографияси ўзгармас температурада (асосан хона температурасида) олиб борилганлиги учун ишламайди. Унинг ўрнига эритманинг ион кучи кўрсаткичи каби параметрлар ишлайди. Шунинг учун ҳам LIQUAC параметрлари асосида ион алмашилиш хроматографиясида борадиган ажралиш жараёнини мақбуллаштириш эритманинг ион кучи ва эритма рН қийматини ўзгартириш орқали амалга ошадилар. Бундан келиб чиқадиган хулоса шундан иборатки, ажралиш жараёни алгоритмида температура ўрнига эритманинг ион кучи ва унинг рН қийматини киритиш мақсадга мувофиқ.

Диссертациянинг III боби “**Турли электролит системалар таркибини ўрганиш**” га бағишланган бўлиб, унда турли сувлар таркибидан IA ва IIА гуруҳ ионларини ажратиш ва доривор ўсимликлар таркибидан йодни ажратиш ва аниқлаш масалалари, ҳамда “Ionchrom-01” дастури қаралган.

Ион хроматографияси усулида электролит системалардан ионлар мақбул шароитларда ажратилди. Ионларни миқдорий анализидида мутлақ даражалаш усулидан фойдаланилди.

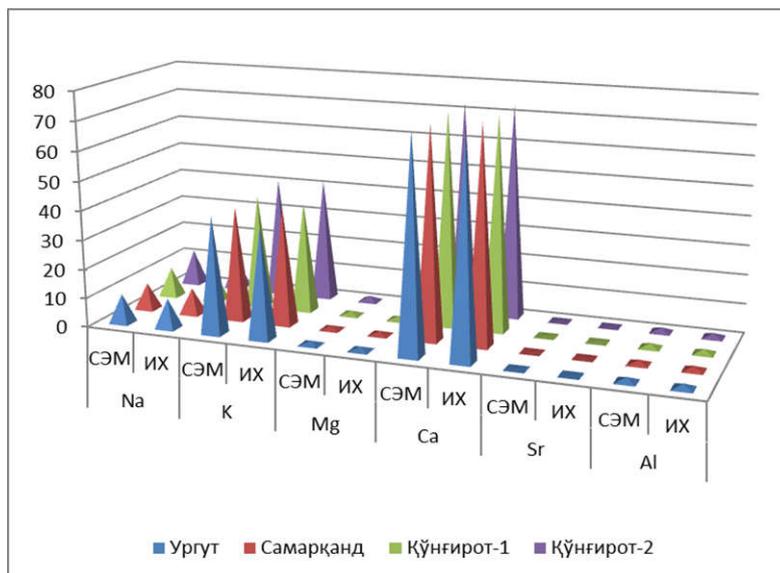
“Сув таркибидан ионларни ион хроматографияси усулида аниқлаш” методикаси бир вақтнинг ўзида битта намунадан бир нечта ионларни аниқлаш билан бир қаторда ўзининг сезгирлиги, аниқлиги ва натижаларнинг такрорланиши билан бошқа маълум методикалардан қуйидаги устунликка эга: аниқлашнинг юқори сезгирлиги (дастлабки концентрасииз 1 ppb гача); юқори селективлик ва тезкорлик (10 та ионни 8-12 минут ичида аниқлаш мумкин, градиентли элбирлашда эса - 20 та ионни 18-20 минутда); анализ қилинадиган намунанинг кичик ҳажми (1,5 мл дан зиёд намуна талаб этилмайди); аниқланадиган концентрациянинг кенг оралиғи (суюлтиришсиз 1 ppb дан 1000 ppm гача); натижаларнинг такрорланишидаги четланиш 1,0-1,2 % дан ошмайди.

Сув таркибининг сканирловчи электрон микроскопияси ва рентген микроанализи. Замонавий тадқиқот усулларида бири сканирловчи электрон микроскопия ва рентген микроанализи ёрдамида турли сувларнинг анионлар ва катионлар таркибини ион хроматографияси усулида олинган натижалар билан таққослаш учун - турли сув намуналарининг элемент таркибини сканирловчи электрон микроскопия ва рентген микроанализ усулида ўрганилди. Текширишлар учун сув намуналари Самарқанд шаҳри, Ургут туманининг ичимлик сувидан, Қунғирот сода заводининг ичимлик ва оқава сувларидан олинди. Таҳлиллар юқори технологиялар марказида сканирловчи электрон микроскопияси ва рентген микроанализи амалга оширилди. Шу билан бир қаторда 3-расмларда ион хроматографияси ва сканерловчи электрон микроскопия ва микрорентген анализи усулларида олинган натижалар келтирилган. Ҳар иккала усулда олинган натижалар бири-бирига яқин бўлиб, четлашиш 2,0-2,5 % ни ташкил этади ҳамда ион хроматографиясида олинган натижаларнинг тўғри эканлигини исботлайди.

Расмдаги маълумотлардан кўриниб турибдики текширилган сув намуналаридан ионларни ҳар иккала усулда аниқлаш хатоси 3 % дан ошмайди. Олинган миқдорий натижалар сувнинг миқдорий таркиби ва у асосида ер остидаги қазилма бойликлар ҳамда микрогеологик ва гидрокимёвий жараёнлар ҳақида маълум хулосаларга ҳам келиш мумкин.

Ион хроматографияси усулида доривор ўсимликлар таркибидидаги йод ионлари миқдорини аниқлаш. Барча ишчи ва стандарт эритмалар “КТ” (х.ч. – кимёвий тоза) квалификацияли намуналардан фойдаланиб, бидистилланган сувда тайёрланди. Концентрацияси 0,5 г/л бўлган йоднинг стандарт эритмаси калий йодидни аналитик тарозида аниқ тортиб олинган намунаси бўйича тайёрланди. Концентрациянинг оралиқ қийматларидаги эритмалар асосий

эритмани суюлтириш орқали тайёрланди. Аниқлашлар «Цвет-3000» (АО ЦВЕТ, РФ) хроматографида амалга оширилди.



3-расм. СЭМ ва ион хроматографияси усулларида турли сувлар таркибидан аниқланган баъзи ионларнинг миқдори

Элюентнинг ион кучи элюентга тузлар эритмасини кўшиш, муҳити эса буфер аралашма таркибини ўзгартириш орқали ўзгартирилди. Хроматографик калонкадан ажралиб чиққан ионлар кондуктометрик детектор орқали қайд этилди. Мақбул шароитда доривор ўсимлик – таркибидан йодни миқдорини аниқлаш бўйича ишлар бажарилди. Ион хроматографияси усулида олинган натижаларнинг ишончилигини текшириш учун йод ионларининг миқдори ГОСТР51592-2000 методикаси асосида ҳам аниқланди. Анализнинг охириги натижаси сифатида икки параллел аниқлашлар орасидаги фарқ 0,01 % дан ошмагандаги натижалар қабул қилинади. Ҳар иккала усулда олинган натижалар 3-жадвалда келтирилган.

Жадвалдаги маълумотлардан шу нарсани қайд этиш мумкинки, ион хроматографияси усулида аниқланган йоднинг миқдори ГОСТ бўйича аниқланган қийматлардан ишончли фарқ қилмайди.

3-жадвал

Баъзи доривор ўсимликлар вегетатив ва генератив органлари таркибидан йодид ионлари миқдорини ион хроматографияси ва ГОСТ методикаси бўйича аниқлаш натижалари

Ўсимлик	Вегетатив ва генератив орган	Миқдори, мкг %		P<
		ИХ	ГОСТ	
Андиз	Илдизи	678,5 ± 42,3	656,2 ± 34,3	0,1
	Пояси	23,7 ± 3,2	24,2 ± 2,8	0,1
	Барги	0,82 ± 0,05	0,81 ± 0,06	0,1
Қокиўт	Илдизи	2356 ± 198	2388 ± 176	0,1

	Пояси ва барги	9,7±1,1	9,6±1,0	0,1
Арслонкурук	Илдизи	778,5±51,6	769,2±49,8	0,1
	Пояси	67,6±4,8	65,6±3,9	0,1
	Барги	4,7±0,3	4,6±0,3	0,1
	Меваси	95,6±6,1	94,5±5,4	0,1
Кўйтикан	Илдизи	678,5±42,7	659,1±39,2	0,1
	Пояси	677,8±39,4	662,2±37,4	0,1
	Барги	678,8±41,4	667,2±36,4	0,1
	Меваси	540,4±28,4	536,5±26,5	0,1
Ширчой	Илдизи	224,1±24,5	218,6±22,1	0,1
	Пояси	118,3±11,4	122,2±10,6	0,1
	Барги	74,4±8,4	72,6±6,8	0,1
Омонқора	Ер устки қисми	285,9±25,3	275,6±23,2	0,1
	Ер остки қисми	415,6±50,5	418,8±40,1	0,1

Шу билан бир қаторда *Berberis Vulgaris L.* нинг вегетатив (илдизи, пояси, барги) ва генератив органлари (меваси) бўйича йоднинг динамикаси ўрганилди ва йоднинг вегетатив органларда экспоненциал қонуният бўйича тақсимланиши аниқланди.

Шундай қилиб текширилган ўсимликларда йоднинг тўплаши бўйича уларни қуйидаги қаторга жойлаштириш мумкин: қоқиўт, андиз, қўйтикан, омонқора, ширчой ва бошқалари. Олинган натижалар асосида улардан йод манбаи сифатида ишлатилиш масалаларини ҳал этиш тегишли мутахассислар ҳукмига ҳавола.

“Ionхrom-01” ўргатувчи дастури. “Ionхrom-01” дастури ион хроматографидан ўз ишларида фойдаланувчилар учун мўлжалланган бўлиб, ундан ион хроматографияси билан шуғулланувчлар ҳамда барча кимёгарлар фойдаланиши мумкин. Дастур Delphi 7 да ёзилган бўлиб, калонка трансформатори ва хроматограмма генератори қисимидан иборат.

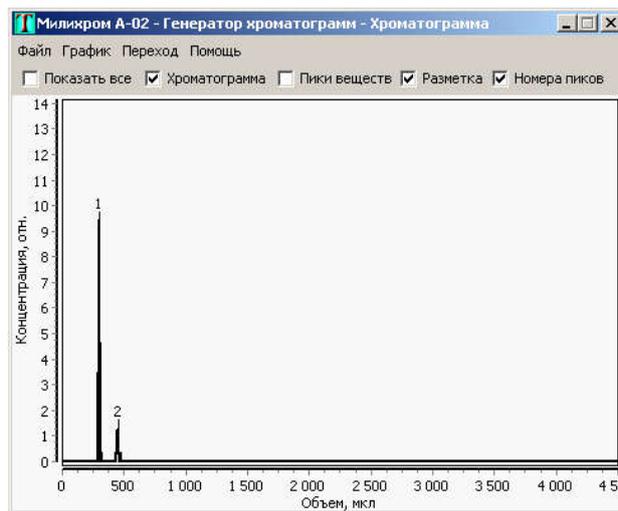
Калонка трансформатори. Дастур ҳаракатдаги фазалар оқим тезлиги (Ф), хроматографик калонка самарадорлигини (Н) ва калонка-1 дан калонка-2 га ўтиганда кириш босими (П) катталигини ҳисоблаш учун мўлжалланган бўлиб, унинг ойнаси 4–расмда келтирилган.

Хроматограмма генератори. Дастур анализ қилинадиган моддаларнинг хроматографик параметрларини ҳисоблаш ва хроматограммаларни график ифодалаш учун мўлжалланган. Хроматограмма генератори уч қисимдан иборат: анализ шароити; чўққилар жадвали; хроматограмма.

Хроматограмма ойнасида анализ натижаларининг график тасвири - хроматограмма тасвирланади (5-расм).

Masshtablanadigan parametrlar	Dastlabki kolonka	Ionitli kolonka
Diametr(1-10), mm	$D_1 = 4,6$	$D_2 = 2$
Uzunlik(1-1000), mm	$L_1 = 250$	$L_2 = 75$
Adsorbent(1-20), mkm	$d_{p1} = 5$	$d_{p2} = 5$
Oqim(1-10000), mkl/min	$F_1 = 1000$	$F_2 =$
Samaradorlik	$N_1 = 15000$	$N_2 =$
NTSB(1-1000), mkm	$H =$	$H =$
Keltirilgan NTSB(1-100)	$H =$	$H =$
Bosim(1-1000), atm	$P_1 = 100$	$P_2 =$

4-расм. “Калонка трансформатори” дастурининг ойнаси



5-расм. “Чўққилар генератори” дастурининг “Хроматограмма” ойнаси

Ушбу “Ионхром-01” ўргатувчи дастури ўқув жараёнига жорий этилган бўлиб, 5140500-Кимё бакалаври таълим йўналиши талабалари “Хроматография асослари” танлов фанини ўрганишда ва 5A140500-Кимё (Физик кимё) мутахассислиги бўйича таълим оладиган магистрларга “Хроматографиянинг физик-кимёвий асослари” мутахассислик фанини ўргатишда фойдаланилмоқда.

Электролит системалар хроматографиясининг физик-кимёвий асослари мавзусидаги тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар қилинди:

ХУЛОСАЛАР

1. Электролит системаларда ажралиш жараёнининг “ионит-ионат-элюент” системаси гуруҳ ташкил этувчиларининг ўлчам, ўзаро таъсир энергияси ва заряд параметрларига асосланган модели таклиф этилган бўлиб, у ион алмашилиш жараёнини адекват ифодалайди.

2. Таклиф этилган моделларнинг адекватлиги тажрибада олинган натижалар билан ионларнинг ушланиш катталиклари мисолида баҳоланди. Ҳисобланган ва тажрибада олинган қийматларнинг нисбий фарқи катионларни ажратишда 2-5 %, анионларни ажратишда эса 2-4 % ни ташкил этди.

3. “Ионит-ионат-элюент” системаси гуруҳ ташкил этувчиларининг ўлчам, ўзаро таъсир энергияси ва зарядга асосланган модел бўйича ион хроматографиясида электролит системалар ажралишининг мезонлари ишлаб чиқилди ва мақбуллаштиришнинг алгоритми таклиф этилди.

4. Электролит системалар хроматографиясида хроматографик чўққини олишнинг математик моделининг “Ўргатувчи” вариантда ишлаб чиқилди, унинг дастури Delphi 7 алгоритмик тилда ёзилди. Дастурнинг адекват натижалар бериши тажрибавий натижалар билан солиштирилиш орқали изоҳланди.

5. Турли электролит системалар намуналарининг (оқава, табиий, чиқинди суви) таркиби ион хроматографияси усулида ўрганилди. Олинган

натижалар сканерловчи электрон микроскопия ва микрорентген анализ усулида олинган натижалар билан солиштирилди ва нисбий хато 2,0 - 2,5 % ни ташкил этиши қайд этилди.

6.Доривор ўсимликлар таркибидан йодни ион хроматографияси усулида аниқлашнинг мақбул шароити танланди, таркибида йодни тўплашга мойил бўлган ўсимликлар аниқланди ва уларда йодни тўпланиши экспоненциал қонуният бўйича бориши ($r^2 = 0,9999$) қайд этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.28.02.2018.К.02.05 ПО ПРИСВОЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ САМАРКАНДСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАЗЛИЕВА НИГИНА ТОЖИКУЛОВНА

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХРОМАТОГРАФИИ
ЭЛЕКТРОЛИТНЫХ СИСТЕМ**

02.00.04- Физическая химия

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Самарканд – 2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2018.1.PhD/K93

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете.
Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Ученого совета по адресу www.samdu.uz и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Мухамадиев Нурали Курбоналиевич,
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Холиков Абдували Жонизокович
доктор химических наук

Сидиков Абдужалол Сидикович
доктор химических наук, профессор

Ведущая организация:

Национальный университет Узбекистана

Защита диссертации состоится «___» _____ 2018 года в ___ часов на заседании Научного совета PhD.28.02.2018.K.02.05 при Самаркандском государственном университете (адрес: 140104, г. Самарканд, Бульвар “Университет”, 15, физико-химический корпус, 3 этаж, 305 комната. Тел.: (99866)239-11-40; Факс: (99866)239-11-40. E-mail: devonxona@samdu.uz).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного университета за № ____. С диссертацией можно ознакомиться в ИРЦ (адрес: 140104, г. Самарканд, Бульвар “Университет”, 15, ИРЦ. Тел.: (99866)239-11-51. E-mail: m_nasrullaeva@mail.ru

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2018 года.
(реестр протокола рассылки № ___ от «___» _____ 2018 г)

А.М.Насимов

Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н.,
профессор

Х.Т.Тробов

Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней, к.х.н.,
доцент

М.Д.Давронов

Председатель научного семинара при
Научном совете по присуждению
учёных степеней,
д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации.

Хроматографические методы разделения и анализа находят все более частое применение в различных областях науки и техники, более расширенными являются возможности их использования. В настоящее время качество фармацевтической продукции проверяется в основном методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Велика роль газовой хроматографии при анализе летучих соединений. Ввиду того, что хроматографические методы осуществляются в потоке, эти методы легко автоматизируются, тем самым обладают существенными преимуществами при анализе производственных процессов по сравнению с другим методами. Несмотря на то, что ионная хроматография является относительно новой среди всех хроматографических методов, она играет важную роль в анализе электролитов.

На сегодняшний день одними из важных задач, поставленных перед учёными всего мира, является более широкое использование ионной хроматографии, разработка методологических основ, в частности, создание относительно точных моделей разделения и разработка достоверных способов оптимизации. Проводимые в этой сфере исследования, посвященные моделированию, оптимизации, методам качественного и количественного анализа сложных смесей развиваются бурными темпами.

В республике достигнуты значительные успехи в разработке методов хроматографического анализа различных электролитных систем, что значительно расширяет области их применения. В стратегиях действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан намечены задачи, которые направлены на «дальнейшую модернизацию и диверсификацию промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего на производство готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов». В этом плане проведение научно-исследовательских работ по созданию моделей на основе размера энергии взаимодействия и заряда составляющих «ионит-ионат-элюент» и разработке эффективных способов оптимизации на их основе считается значимым и востребованным.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению решений, возложенных Указом Президента Республики Узбекистан УП-49-47 от 7 января 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»¹, Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 23 августа 2017 г. N ПП-3236 «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы», от 17 января 2018 г. N ПП-3479 «О мерах по стабильному обеспечению отраслей

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»

экономики страны востребованными видами продукции и сырья”, а также указанных в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии в республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики VII. “Химическая технология и нанотехнология”.

Степень изученности проблемы. Проведены исследования, посвященные термодинамике, кинетике, механизмам процессов ионного обмена, моделированию процессов разделения, оптимизации и применению ионной хроматографии. Во многих странах мира интенсивно проводятся научно-исследовательские работы. В их числе зарубежные учёные A.Sen Gupta., J.Gmehling, J.H.Park, Bo.Jiang, Shiping Hu, R.Araujo, J.Li, P.Choi, M.E.Argun, G.Bayramoglu, I.Demkawska, R.A.Nadkarni, Y.Ueki, Oleksy-Frenzel, M. Ali, O.A.Шпигуна, Ю.А.Золотова, А.В.Затираха, П.Н.Куликовой, В.А.Никашиной, А.Г.Прудковского, И.В.Комаровой, Н.К.Галкиной А.Б.Ярославцева, Е.В.Шляпунова, Г.М.Сергеева, и другие внесли существенный вклад в области термодинамики ионного обмена и транспорта протонов, особенностей ионного обмена и математического моделирования, организации программного обеспечения для динамических расчётов, оптимизации разделения компонентов смесей, создании моделей процессов в разделии на основе параметров UNIFAC и разработке идентификации компонентов смеси. В Узбекистане Н.К.Мухамадиев, Б.Д.Кабулов, Ш.М.Сайиткулов, А.М.Курбанов, Х.Т. Троров и другие своими работами по изучению хроматографических процессов идентификации разделенных веществ, прогнозированию удерживания на основе структурно-групповых также внесли большой вклад в решение данной проблемы.

До этого исследования в литературе были приведены сведения, посвященные термодинамике, кинетике, транспорту, особенностям ионного обмена и некоторым математическим моделям, программному обеспечению процессов расчёта, моделированию процесса разделения на основе параметров UNIFAC, идентификации компонентов смесей. Но не были приведены сведения о физико-химических основах электролитных систем на основе группы “ионит-ионат-элюент” моделирования и оптимизации процесса разделения. Поэтому создание моделей на основе размера, энергии взаимодействия и заряда составляющих группы “ионит-ионат-элюент” в электролитных системах хроматографии представляет большой интерес и соответствует целям исследования.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена работа. Диссертационное исследование выполнено по плану научно-исследовательских работ СамГУ на тему: “Разработка новых способов синтеза, исследование и переработка природных и синтетических материалов”, прикладного гранта ИТД-12-64 “Изучение содержания йода в

лекарственных растениях, произрастающих в Республике Узбекистан” (2012-2014), а также фундаментального гранта ОТ-Ф7-83 “Моделирование и оптимизация хроматографических процессов, изучение взаимосвязи “Величины удерживания – свойств” и их использование в нанохроматографии” (2017-2020).

Целью исследования является оценка физико-химических основ хроматографии электролитных систем на основе модели параметров размера, энергии взаимодействия и величины заряда групповых составляющих системы “Ионит-ионат-элюент”.

Задачи исследования:

разработка модели процесса разделения в ионной хроматографии на основе параметров размера, энергии взаимодействия и заряда групповых составляющих систем “Ионит-ионат-элюент”;

оценка равновесия в системе “ионит-ионат-элюент” на основе параметров размера, энергии взаимодействия и заряда групповых составляющих систем;

разработка критериев разделения в ионной хроматографии на основе параметров размера, энергии взаимодействия и заряда групповых составляющих систем “ионит-ионат-элюент”;

выбор оптимальных условий разделения на примере модели смеси ионов (катионы и анионы).

разработка математической модели и программного обеспечения для конструирования хроматографического пика в ионной хроматографии;

исследование состава различных образцов (сточные и природные воды) и определение количества йода в лекарственных растениях методом ионной хроматографии.

Объектами исследования являются модель системы “ионит-ионат-элюент” на основе параметров размера, энергетического и заряда, растворов разных электролитных веществ и их смесей, иониты, элюенты, различные (сточные и природные) воды, образцы генеративных и вегетативных органов лекарственных растений.

Предметом исследования является составление моделей процессов разделения в ионной хроматографии по параметрам размера, энергии взаимодействия и заряда составляющих систем “ионит-ионат-элюент”, исследование их адекватности и оценка возможностей применения для изучения состава электролитных систем.

Методы исследований. В процессе исследования применены современные теоретические и экспериментальные методы, в т.ч. ионная хроматография, сканирующая электронная микроскопия с микрорентген-анализом, квантово-химические и статистические методы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

обоснован процесс разделения в ионной хроматографии на основе параметров размера, энергии взаимодействия и заряда системы “ионит-ионат-элюент”;

разработан алгоритм оптимизации процессов разделения в системе “ионит-ионат-элюент” и его программное обеспечение;

составлен алгоритм разделения ионов для различных электролитных систем;

выбраны оптимальные условия разделения смеси катионов и анионов различного состава и определены содержание ионов в различных водах и лекарственных растениях.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: алгоритм оптимизации можно использовать для процессов разделения любых электролитных систем;

с помощью разработанных методик определены составы различных образцов воды;

определено содержание йода в различных лекарственных растениях;

написана обучающая программа “Ionchrom-01” для применения в учебном процессе.

Достоверность результатов исследований обоснована достоверностью полученных данных с использованием современных, высокоточных и высокочувствительных хроматографических, квантово-химических и статистических методов, а также сканирующего электронного микроскопа с микрорентген анализом.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научное значение результатов исследования заключается в следующем: предложена адекватная модель процесса разделения в ионной хроматографии, основанная на параметрах размера, энергии взаимодействия и заряда систем “ионит-ионат-элюент”, разработан алгоритм оптимизации процесса разделения и разработки программного обеспечения, а также проведения глобальной оптимизации. Выбраны оптимальные условия разделения смесей катионов и анионов различного состава и определен количественный состав различных вод, лекарственных растений.

Практическое значение результатов исследования заключается в проведении оптимизации процесса разделения любой электролитной системы с использованием предложенного алгоритма разделения ионов; в разработке методики изучения состава катионов и анионов различных вод и использовании полученных результатов для практических целей; в определении содержания йода в составе различных лекарственных растений; рекомендациях, полученных данных в виде справочника, а также написание обучающей программы “Ionchrom-01” для применения в учебном процессе.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов по физико-химическим основам хроматографии электролитных систем разработана:

методика «Определение ионов в электролитных системах методом ионной хроматографии» внедрена в практику АО «Самаркандкимё» (справка АО «Самаркандкимё» от 22 октября 2018 года N 2-627/6). В результате чего

разработанная методика позволяет одновременно определять несколько катионов и анионов в одном образце;

методика «Определение катионов в воде методом ионной хроматографии» внедрена в практику Узбекско-Китайского совместного предприятия «Diamond Glass» (справка Узбекско-Китайского совместного предприятия «Diamond Glass» от 18 августа 2018 года N 8). Разработанная методика позволяет в одном образце определять несколько ионов;

методика «Определение ионов в электролитных системах методом ионной хроматографии» внедрена в практику на совместном Узбекско-Российском предприятии ООО «SAM ROS XOLOD» (справка Узбекско-Российского совместного предприятия ООО «SAM RO S XOLOD» от 22 сентября 2018 года N 77). Данная разработанная методика позволяет одновременно определять несколько ионов.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 16, в том числе 5 международных и 11 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 21 научных работ. Из них 1 монография, 3 статьи, в том числе 3 статьи - в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 127 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность задачи и степень изученности проблемы, сформулированы цели и задачи диссертационной работы, изложены основные положения, выносимые на защиту, указаны научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе «Термодинамика ионного обмена и применение ионной хроматографии» приведен обзор литературы по термодинамике обмена, способам выражения равновесия в электролитных системах, применению ионной хроматографии для разделения и анализа различных электролитных систем и их обобщением, обоснована актуальность проблемы изучения модели на основе параметров размера, энергии взаимодействия и заряда групповых составляющих «Ионит-ионат-элюент» для оценки процессов разделения электролитных систем.

Во II главе диссертации «Модель на основе параметров размера, энергии взаимодействия и заряда систем «Ионит-ионат-элюент» и его адекватности», рассмотрено применение параметров размера, энергии взаимодействия и заряда групповых составляющих «ионит-ионат-элюент» для выражения равновесия в электролитных системах.

Известно, что ионообменное равновесие между определяемым и элюируемым ионами является основой оптимизации условия разделения. Ион X с концентрацией C при элюировании ионом E с одинаковыми зарядами в системе устанавливается следующее равновесие:



Она характеризуется константой ионного обмена, или коэффициентом селективности (K_X^E);

$$K_X^E = \frac{[\bar{X}][E]}{[X][\bar{E}]} \text{ ёки, } K_X^E = \frac{C_X C_E}{C_X C_E} \cdot \frac{\gamma_X \gamma_E}{\gamma_X \gamma_E'} \quad (2)$$

где $[\bar{X}]$ и $[\bar{E}]$ - равновесные концентрации определяемого иона в ионообменной фазе и элюированного иона; $[X]$ и $[E]$ - равновесие концентрации этих ионов в подвижной фазе.

Соотношение $[\bar{X}]/[X]$ коэффициент распределения определяемого X иона (D_X) и характеризует способность удержания этого иона в ионите (сорбенте). Тогда:

$$K_X^E = D_X \frac{[E]}{[E]}. \quad (3)$$

Если удельную обменную емкость сорбента обозначить буквой Q, тогда при неполном заполнении колонки $[\bar{E}] = Q - [\bar{X}] \approx Q$ и $[E] \ll C_E$, в этом случае будет:

$$K_X^E = D_X \frac{C_E}{Q}. \quad (4)$$

Согласно основному уравнению хроматографии исправленный объем удерживания V_R' равен:

$$V_R' = D_X V_S, \quad (5)$$

где V_S - объем ионита.

Если учесть уравнение (4):

$$V_R' = K_X^E \frac{Q \cdot V_S}{C_E}. \quad (6)$$

Удерживание ионов в ионите ионной хроматографии характеризуется значением исправленного времени удерживания, т.е.:

$$t_R' = K_X^E \frac{Q \cdot V_S}{C_E F}, \quad (7)$$

где F - объемная скорость элюента.

Объем ионита обычно определяется его пористостью (ϵ) и общим объемом колонки (V), т.е.:

$$V_S = (1 - \epsilon)V \quad (8)$$

Тогда уравнение (7) примет вид:

$$t_R' = K_X^E \frac{Q \cdot (1 - \epsilon)V}{C_E F}. \quad (9)$$

Уравнение (7) и (9) используются при оптимизации условия процесса ионного обмена.

Известно, по модели LIQUAC коэффициент активности выражается следующей формулой:

$$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^{LR} + \ln \gamma_i^{MR} + \ln \gamma_i^{SR} \quad (10)$$

Для данного раствора каждая составляющая уравнения вычисляется на основе их мольных долей:

$$\ln \gamma_s^{LR} = (2AM_s d / (b^3 d_s)) \cdot [1 + b\sqrt{I} - (1 + b\sqrt{I})^{-1} - 2 \ln(1 + b\sqrt{I})] \quad (11)$$

$$\ln \gamma_s^{MR} = \sum_{ion} B_{s,ion}(I) m_{ion} - \left(\frac{M_s}{M_m}\right) \sum_{sol} \sum_{ion} [B_{sol,ion}(I) + IB'_{sol,ion}(I)] x'_{sol} m_{ion} - \left(\frac{M_s}{M_s}\right) \sum_c \sum_a [B_{ca}(I) + IB'_{ca}(I)] m_c m_a \quad (12)$$

$$\ln \gamma_s^{LR} = \ln \gamma_s^C + \ln \gamma_s^R \quad (13)$$

$$\ln \gamma_s^C = 1 - V_s + \ln V_s - 5q_s \left[1 - \frac{V_s}{F_s} + \ln\left(\frac{V_s}{F_s}\right)\right] \quad (14)$$

$$\ln \gamma_s^R = q_s \left[1 - \ln\left(\frac{\sum_i q_i x_i \psi_{is}}{\sum_i q_i x_i}\right) - \sum_i \left(\frac{q_i x_i \psi_{si}}{\sum_k q_k x_k \psi_{ki}}\right)\right] \quad (15)$$

Для ионов в растворе коэффициенты активности вычисляются по каждому составляющему:

$$\ln \gamma_j^{LR} = -\frac{z_j^2 A \sqrt{I}}{1 + b \sqrt{I}} \quad (16)$$

$$\ln \gamma_j^{MR} = (M_m)^{-1} \sum_{sol} B_{j,sol}(I) x'_{sol} + \left(\frac{z_j^2}{2M_m}\right) \sum_{sol} \sum_{ion} B'_{sol,ion}(I) x'_{sol} m_{ion} + \sum_{ion} B_{j,ion}(I) m_{ion} + \left(\frac{z_j^2}{2}\right) \sum_c \sum_a B'_{ca}(I) m_c m_a - B_{j,s}(I) / M_s \quad (17)$$

$$\ln \gamma_j^{SR} = \ln \gamma_j^C - \ln \gamma_j^C(B) + \ln \gamma_j^R - \ln \gamma_j^R(B) \quad (18)$$

$$\ln \gamma_j^C = 1 - V_j + \ln V_j - 5q_j \left[1 - \frac{V_j}{F_j} + \ln\left(\frac{V_j}{F_j}\right)\right] \quad (19)$$

$$\ln \gamma_j^R = q_j \left[1 - \ln\left(\frac{\sum_i q_i x_i \psi_{ij}}{\sum_i q_i x_i}\right) - \sum_i \left(\frac{q_i x_i \psi_{ji}}{\sum_k q_k x_k \psi_{ki}}\right)\right] \quad (20)$$

$$\ln[\gamma_j^C(B)] = 1 - \frac{r_j}{r_s} + \ln\left(\frac{r_j}{r_s}\right) - 5q_j \left[1 - \frac{r_j q_s}{r_s q_j} + \ln\left(\frac{r_j q_s}{r_s q_j}\right)\right] \quad (21)$$

$$\ln[\gamma_j^R(B)] = q_j (1 - \psi_{js} - \ln \psi_{sj}) \quad (22)$$

Ли и другими авторами определены значения переменных уравнений (10-22).

Параметры a_{ij} , a_{ji} , b_{ij} и c_{ij} в уравнениях играют важную роль в модели LIQUAC и поэтому B_{ij} и ψ_{ij} будет равны:

$$B_{ij} = b_{ij} + c_{ij} \exp(-I^{1/2} + 0,13I) \quad (23)$$

$$\psi_{ij} = \exp(-a_{ij} / T) \quad (24)$$

молярный коэффициент активности j – иона в растворе.

Как показали Ли и др. равновесие между жидкой фазой (ионат-элюент) и твердой поверхностью (ионит) для электролитных систем смеси растворителя и органических растворителей выражается следующим уравнением:

$$\frac{\Delta G^0(T_x)}{RT_x} + \frac{\Delta H^0(T_x)}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_x} \right) - \frac{1}{R} \int_{T_x}^T \frac{\Delta c_p^0(T) dT}{T^2} = \left[v_+ \ln(m_M \gamma'_{M(w)}) + v_- \ln(m_X \gamma'_{X(w)}) \right] \quad (25)$$

где $T_p = 298,15$ К - рекомендуемая температура; ΔG -энергия Гиббса в стандартном состоянии; ΔH -энтальпия и ΔC_p^0 - теплоемкость вычисляется в зависимости от температуры.

Используя модель LIQUAC для растворов растворимость соли и ионов в воде и смеси растворителей, можно прогнозировать изменения энергии Гиббса (ΔfG^0), энтальпию (ΔfH^0) и теплоемкость. Некоторые значения необходимых параметров для осуществления расчетов приведены в таблицах 1-2.

Таблица 1

Значения параметров B_{ca} , a_{ca} , W_{ca} , U_{ca} , V_{ca} , B^I_{ca} , a^I_{ca} модели LIQUAC

	B_{ca}	a_{ca}	W_{ca}	U_{ca}	V_{ca}	B^I_{ca}	a^I_{ca}
$H^+ - SO_4^{2-}$	-46,72	9,50	-9,89	-5,46	-5,98	0,00	0,00
$H^+ - HSO_4^-$	38,25	17,00	-11,12	-1,04	-3,58	0,00	0,00
$H^+ - NO_3^-$	13,53	17,00	-3,07	1,97	-1,41	0,00	0,00
$H^+ - Cl^-$	20,01	13,00	-13,03	-8,81	0,00	0,00	0,00
$NH_4^+ - SO_4^{2-}$	-2,86	13,00	-0,74	0,94	-2,59	0,00	0,00
$NH_4^+ - NO_3^-$	24,75	7,00	0,90	0,38	-1,43	-30,00	13,00
$NH_4^+ - Cl^-$	4,66	15,00	-0,57	2,07	-1,25	0,00	0,00
$Na^+ - SO_4^{2-}$	34,47	13,00	-3,73	-1,96	-4,86	0,00	0,00
$Na^+ - NO_3^-$	27,00	5,00	0,05	0,27	-2,30	-21,61	13,00
$Na^+ - Cl^-$	19,93	5,00	-5,65	-3,61	-2,46	0,00	0,00

Таблица 2

Параметры взаимодействия катион-анион

c	A	$b_{c,a}^{(1)}$ ($kgmol^{-1}$)	$b_{c,a}^{(2)}$ ($kgmol^{-2}$)	$b_{c,a}^{(3)}$ ($kg^{1/2}mol^{-1/2}$)	$c_{c,a}^{(1)}$ (kg^2mol^{-2})	$c_{c,a}^{(2)}$ ($kg^{1/2}mol^{-1/2}$)

H ⁺	Cl ⁻	0,182	0,243	0,800	0,033	0,505
H ⁺	Br ⁻	0,120	0,445	0,800	0,081	0,597
H ⁺	NO ₃ ⁻	0,211	0,123	0,800	-0,102	1,676
H ⁺	SO ₄ ²⁻	0,097	-0,004	1,000	0,141	0,623
H ⁺	HSO ₄ ⁻	0,314	-4,895	1,000	-0,358	0,808
Li ⁺	Cl ⁻	0,107	0,206	0,800	0,053	0,536
Li ⁺	Br ⁻	0,106	0,317	0,800	0,058	0,465
Li ⁺	NO ₃ ⁻	0,076	0,301	0,800	0,047	0,665
Li ⁺	SO ₄ ²⁻	0,114	0,035	0,800	-0,263	1,317
Na ⁺	Cl ⁻	0,054	0,080	0,800	0,025	0,563
Na ⁺	Br ⁻	0,181	0,273	0,800	-0,507	2,209
Na ⁺	NO ₃ ⁻	0,001	-0,103	0,410	0,003	0,513
Na ⁺	SO ₄ ²⁻	0,002	-0,424	0,800	-0,224	1,054
Na ⁺	HSO ₄ ⁻	0,022	0,002	0,800	0,020	0,620
K ⁺	Cl ⁻	0,017	-0,003	0,800	0,021	0,671
K ⁺	Br ⁻	0,034	0,061	0,800	0,015	0,565
K ⁺	NO ₃ ⁻	0,000	-0,413	0,357	0,000	0,242
K ⁺	SO ₄ ²⁻	0,004	-0,870	0,800	-0,092	0,919
NH ₄ ⁺	Cl ⁻	0,002	0,049	0,117	0,011	0,653
NH ₄ ⁺	Br ⁻	0,002	0,082	0,144	0,014	0,729
NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	0,000	-0,172	0,260	0,006	0,530
NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	0,000	-0,906	0,545	0,000	0,354
NH ₄ ⁺	HSO ₄ ⁻	0,009	0,214	0,229	0,017	0,820
Mg ²⁺	Cl ⁻	0,196	0,332	0,800	0,072	0,398
Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	0,431	0,767	0,800	-0,512	1,441
Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	0,122	-3,426	0,800	-0,739	0,864
Ca ²⁺	Cl ⁻	0,105	0,867	0,800	0,072	0,366
Ca ²⁺	NO ₃ ⁻	0,163	0,204	0,800	-0,075	1,211

Значения параметров, приведенные в таблицах 1 и 2 использовали для оценки равновесия системы “ионит-ионат-элюент” и расчета коэффициента активности ионов и соответственно времени удерживания ионов в ионной хроматографии. Для осуществления расчетов написана программа на алгоритмическом языке C++, работающей в режиме “диалог”. В рамке приведено окно, которое появляется на экране компьютера при работе с программой.

Расчеты, приведенные в диссертации, проведены с использованием данной программы.

Разделение модельных смесей ионообменной хроматографией. Осуществлено разделение модельных смесей с применением выявленных

условий разделения, на основе параметров групповых составляющих “ионит-ионат-элюент” по модели LIQUAC.

В качестве модельных смесей выбрали: 1) Раствор, состоящий из ионов фторида, хлорида, гидрокарбоната, бромид, нитрата, карбоната и сульфата; 2). Раствор содержащий ионы натрия, аммония, калия, магния, кальция. Полученные экспериментально и расчетные хроматограммы этих ионов приведены на рис. 1 и 2.

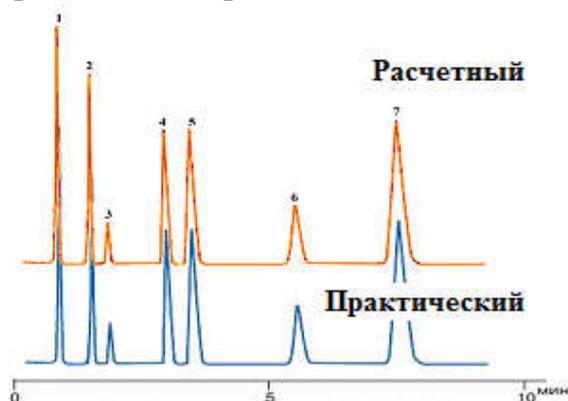


Рис.1 Хроматограмма смеси анионов, полученная на колонке, заполненной ионитом Амберлет (1-фторид, 2-хлорид, 3-гидрокарбонат, 4-бромид, 5-нитрат, 6-карбоната и сульфат)

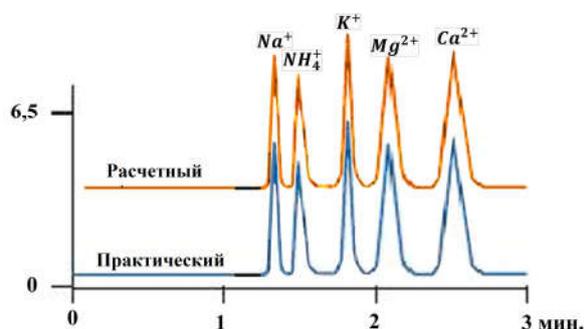


Рис.2 Хроматограмма смеси катионов IА - ПА групп (1-натрия, 2-аммония, 3-калия, 4-магния, 5-кальция).

На основе полученных результатов можно заключить, что относительная ошибка расчета разделения ионов в хроматографии по предложенной модели составляет для анионов 2-5% и для катионов 2-4%. Следовательно, модель, основанную на размере, энергии взаимодействия и заряде для выражения процесса разделения в системе “ионит-ионат-элюент” адекватна и ее можно использовать для оценки разделения смеси анионов и катионов в ионной хроматографии.

Предложена блок-схема оценки составляющих параметров LIQUAC и алгоритм оптимизации процесса разделения в ионной хроматографии. Важными параметрами оптимизации служат энергетические параметры составляющих групп и температура. Для данной системы изменение процесса разделения достигается в основном за счет изменения температуры или R_s рассматривается как функция температуры. В случае ионной хроматографии из перечисленных параметров работают энергетические параметры групповых составляющих, а температура из-за проведения ионной хроматографии при не постоянной температуре (в основном комнатной) не влияет. Вместо температуры, в качестве параметра влияет показатель ионной силы. Поэтому оптимизация процесса разделения в ионной хроматографии на основе параметров LIQUAC проводится и с помощью ионной силы и pH раствора. Отсюда можно сделать вывод, что включение в алгоритм процесса разделения ионной силы и pH раствора вместо температуры, является целесообразным.

В III глава диссертация, посвященной **“Изучению состава различных электролитных систем”**, рассмотрены вопросы разделения ионов IA и ПА групп из состава различных вод, разделение и анализа йода в составе лекарственных растений, а также разработка обучающей программы “Ionchrom-01”.

Ионы из электролитных систем методом ионной хроматографии разделили при оптимальных условиях. В количественном анализе использовали метод абсолютной калибровки. Методика “Определение ионов из состава воды методом ионной хроматограф” наряду с одновременным определением нескольких ионов в одном образце, по своей чувствительности, точности и воспроизводимости полученных результатов имеет следующие преимущества относительно других методик: высокая чувствительность определения (без предварительного концентрирования до 1 ppb); высокая селективность и экспрессность (определение до 10 ионов за 8-12 минут, при градиентом элюирования до 20 ионов за 18-22 минут); минимальный объем анализируемого образца (требуется не более 1,5 мл образца); широкий предел определяемой концентрации (без разбавления от 1 до 1000 миллионной доли); воспроизводимость не превышает 1,0-1,2 %.

Сканирующая электронная микроскопия и рентгенанализ состава воды. Для сравнения полученных данных методом ионной хроматографии нами изучен элементный состав различных вод методом сканирующей электронной микроскопии и рентген анализом. Для анализа образцы брали из питьевой воды города Самарканда, Ургутского района, питьевой и сточной воды содового завода Кунгирота. Анализы проводили в центре “Передовой технологии” на сканирующем электронном микроскопии с рентген анализом. На рис.3 приведены полученные результаты методами ионной хроматографии и сканирующей электронной микроскопией с рентген анализом.

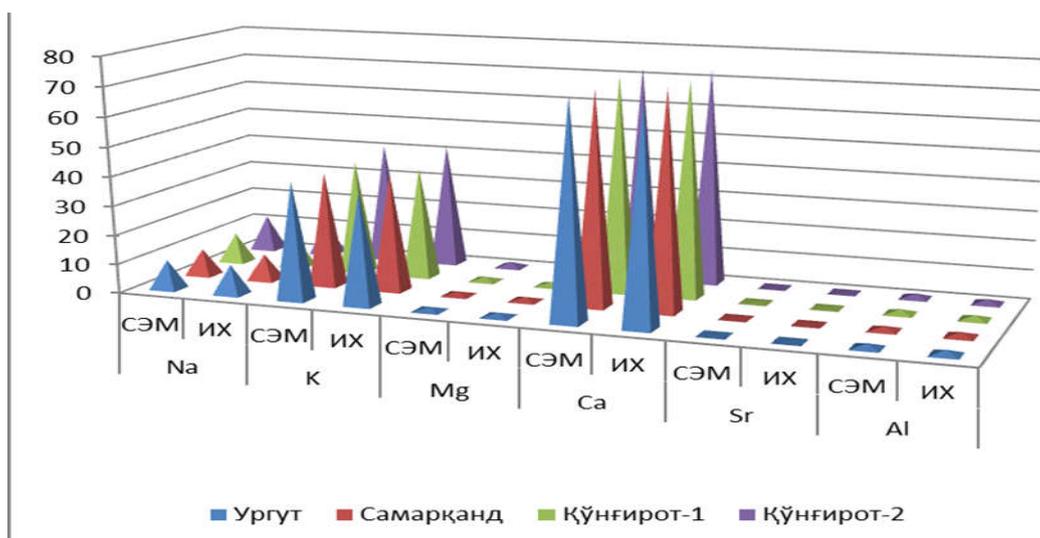


Рис.3. Содержание ионов различных вод, определенные методами СЭМ и ионной хроматографии.

Полученные результаты обоими методами близки друг к другу, отклонение составляет 2,0-2,5% и подтверждает правильность полученных результатов в ионной хроматографии.

Полученные данные приводят также к выводу о количественном составе воды, подземных полезных ископаемых, а также микрогеологических и гидрохимических процессов.

Определение содержания йода в составе лекарственных растений методом ионной хроматографии. Все рабочие и стандартные растворы приготовили с использованием реактивов квалификации “х.ч.” (х.ч.-химический чистый) на бидистиллированной воде. Стандартный раствор йода с концентрацией 0,5 г/л приготовили из образца йодида калия, взвешенного на аналитических весах. Растворы с промежуточными значениями концентрации приготовили разбавлением основного раствора. Определение содержания йода из раствора производили на хроматографе Цвет 3000 (АО ЦВЕТ, РФ).

Ионную силу элюента изменяли добавлением соли к элюенту, а среду - изменением состава буферной смеси. Регистрацию ионов, выходящих из хроматографической колонки осуществляли кондуктометрическим детектором.

При оптимальном условии проводили определение содержания йода в составе лекарственного растения. Для проверки правильности полученных результатов методом ионной хроматографии, определение содержания йода также проводили по методике ГОСТР 51592-2000. В качестве конечного результата анализа принимали результат параллельных определений с разницей не более 0,01%. В таблице 3 приведены результаты, полученные обоими методами.

Таблица 3

Результаты определения содержания йода в составе вегетативных и генеративных органов некоторых лекарственных растений методами ионной хроматографии и ГОСТ

Растений	Вегетативный и генеративный орган	Количество, мкг %		P<
		ИХ	ГОСТ	
Девясил	Корень	678,5±42,3	656,2±34,3	0,1
	Стебель	23,7±3,2	24,2±2,8	0,1
	Листья	0,82±0,05	0,81±0,06	0,1
Одуванчик	Корень	2356±198	2388±176	0,1
	Стебель и листья	9,7±1,1	9,6±1,0	0,1
Трава пустирника	Корень	778,5±51,6	769,2±49,8	0,1
	Стебель	67,6±4,8	65,6±3,9	0,1
	Листья	4,7±0,3	4,6±0,3	0,1
	Плоды	95,6±6,1	94,5±5,4	0,1
Дурнишник обыкновенный	Корень	678,5±42,7	659,1±39,2	0,1
	Стебель	677,8±39,4	662,2±37,4	0,1
	Листья	678,8±41,4	667,2±36,4	0,1
	Плоды	540,4±28,4	536,5±26,5	0,1
Гравилат городской	Корень	224,1±24,5	218,6±22,1	0,1
	Стебель	118,3±11,4	122,2±10,6	0,1
	Листья	74,4±8,4	72,6±6,8	0,1
Унгерния виктора	Надземная часть	285,9±25,3	275,6±23,2	0,1
	Подземная часть	415,6±50,5	418,8±40,1	0,1

Наряду с этим изучена динамика накопления йода в вегетативных (корень, стебель, листья) и генеративных (плоды) органах *Berberis Vulgaris L.* и установлено, что распределение йода в вегетативных органах подчиняется экспоненциальному закону.

Таким образом, исследованные растения по накоплению йода можно распределить в следующий ряд:

корень>стебель>листья.

Использование полученных результатов для оценки лекарственного растения как источника йода может быть предложено к рассмотрению специалистов.

Обучающая программа “Ионхром-01”.

Программу “Ионхром-01”, предназначенную для пользователей ионной хроматографии могут пользоваться все химики. Программа, написанная на языке Delphi 7 состоит из трансформатора колонки и генератора хроматограмм.

Трансформатор колонки. Программа предназначена для расчета скорости потока подвижной фазы (V), эффективности хроматографической

колонки (H) и изменение давление перехода из 1 на 2 колонки. Рабочая окно программы представлена на рис.4.

Генератор хроматограмм. Программа предназначена для расчета хроматографических параметров анализируемых соединений и графического представления хроматограммы. Генератор хроматограмм состоит из трех частей: условия анализа, таблица пиков, хроматограмма. В окне хроматограммы предоставляются результаты анализа в виде хроматограмм (рис.5).

Рис.4. Окно программы “Трансформатор колонки”

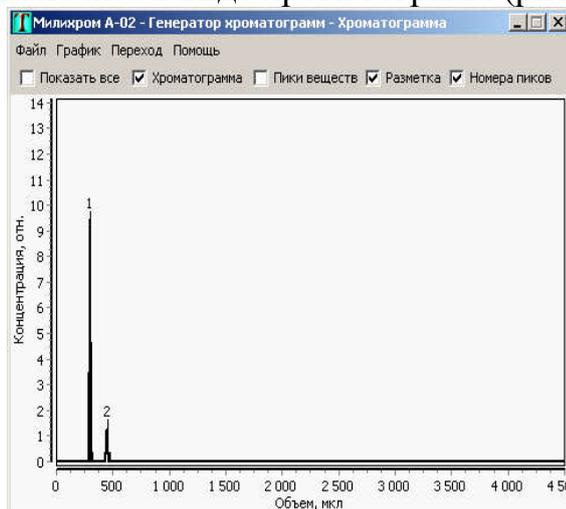


Рис.5. Окно хроматограмм программа “Генератор хроматограмм”

Обучающая программа “Ionxrom-01” внедрена в учебный процесс и используется при изучении курса “Основы хроматографии” для бакалавриата направления 5140500-химия и курса “Физико-химические основы хроматографии” для магистров по специальности 5A140500-химия (физическая химия).

На основе проведенных исследований по теме “Физико-химические основы хроматографии электролитных систем” сделаны следующие

ВЫВОДЫ:

1. Предложена модель процесса разделения электролитных систем на основе размера, энергии взаимодействия и заряда групповых составляющих системы “ионит-ионат-элюент”, которая адекватно выражает ионный обмен.
2. Оценена адекватность предложенной модели на основе экспериментально полученных результатов, например, по значениям удерживания ионов. Относительная ошибка различия расчетного и экспериментального значений составляет: для разделения катионов 2-5% и для разделения анионов 2-4%.
3. Разработаны критерии разделения и предложен алгоритм оптимизации электролитных систем в ионной хроматографии по модели, основанной на размере, энергии взаимодействия и заряда групповых составляющих системы “ионит-ионат-элюент”.

4. Разработан “Обучающий” вариант математической модели получения хроматографического пика, программа которого написана на алгоритмическом языке Delphi 7. Адекватность результатов работы программы обеспечены путем сравнения с экспериментальными результатами.
5. Изучен состав образцов различных электролитных (сточная, природная вода) систем методом ионной хроматографии. Полученные результаты сравнимы с результатами анализа, полученными методом сканирующей электронной микроскопии с микрорентген анализом. Отмечено, что относительная ошибка составляет 2,0-2,5%.
6. Выбраны оптимальные условия определения йода в составе лекарственных растений методом ионной хроматографии. Выявлены растения, накапливающие йод, и отмечено, что накопление йода подчиняется экспоненциальному ($r^2=0,9999$) закону.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
PHD.28.02.2018.K.02.05 AT SAMARKAND STATE UNIVERSITY**

SAMARKAND STATE UNIVERSITY

Fazliyeva Nigina Tojikulovna

**PHISICO-CHEMICAL BASES OF THE CHROMATOGRAPHY OF
ELECTROLYTE SYSTEMS**

02.00.04 – Physical chemistry

**DISSERTATION ABSTRACT OF
DOCTOR OF PHILOSOPHY IN CHEMICAL SCIENCES**

Samarkand – 2018

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2018.1.PhD/K93

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

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online www.tkti.uz Scientific Council and on the website «ZiyoNet» information-education portal (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:

Muhamadiyev Nurali Kurbanaliyevich
Doctor of chemical sciences, professor

Official pponents:

Kholikov Abduvali Jonizokovich
Doctor of chemical sciences

Sidikov Abdusalol Sidikovich
Doctor of chemical sciences, professor

Leading organization

National University of Uzbekistan

The defense dissertation will take place on “___” _____ 2018 at «___» o clock at the meeting of the Scientific Council on awarding scientific degrees of PhD.28.02.2018.K.02.05. at Samarkand State University (address: 140104, Samarkand city, University Blvd., 15, Department of Physics-Chemistry, 3rd floor, room 305. Ph: (99866) 239-11-40, fax; (99866) 239-11-40. e-mail: devonxona@samdu.uz)

The dissertation has been registreted at the Information Resourse Centre of the Samarkand State University №__ (Address; 140104, Samarkand city, University Blvd., 15, IRC, Ph.: (99866) 239-11-51. E-mail: m_nasrullaeva@mail.ru)

The abstract of the dissertation has been distributed on «___» _____ 2018 y.
Protocol at the register №__ dated «___» _____ 2018 y.

A.M.Nasimov
Chairman of the Scientific Council for
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences

Kh.T.Trobov
Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding scientific degrees,
candidate of chemical sciences, docent

M.D.Davronov
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific
Council for awarding scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to evaluate the physico-chemical fundamentals of chromatography of electrolytic systems based on a model of the parameters of size, interaction energy and charge values of the group contribution of the “Ion exchanger-ionate-eluent” system.

The objects of the research work are the model of the “ion exchanger-ionate-eluent” system based on the parameters of size, energy and charge, the solutions of different electrolyte substances and their mixtures, ion exchangers, eluents, various (waste and natural) water, the samples of generative and vegetative organs of medicinal plants.

The scientific novelty of the research work is as follows:

in Ion chromatography the separation processes have been theoretically substantiated on the basis of the parameters: size, energy and charge of “ion exchanger-ionate-eluent” system;

algorithm and its software for the optimization of separation process in “ion exchanger-ionate-eluent” system were developed;

optimal conditions for separation of the mixture of cations and anions with different composition have been chosen and ions amounts were determined from composition of different types of water, medicinal plants.

Implementation of the research results. The method «Determination of ions in electrolyte systems by ion chromatography method» was implemented into practice at JSC «Samarkandkimyo» (reference of JSC «Samarkandkimyo» of October 22, 2018 N 2-627/6). As a result, the developed method allows simultaneous determination of several cations and anions in one sample.

the method «Determination of cations in water by ion chromatography method» was implemented into practice at the Uzbek-Chinese joint venture «Diamond Glass» (reference of the Uzbek-Chinese joint venture «Diamond Glass» of August 18, 2018 N 8). As a result, the developed technique allows to determine several ions in one sample.

the method «Determination of ions in electrolyte systems by ion chromatography method» was implemented into practice at the Uzbek-Russian joint enterprise LLC «SAM ROS XOLOD» (reference from the Uzbek-Russian joint venture LLC «SAM ROS XOLOD» of September 22, 2018 N 77). As a result, the developed method allows simultaneous determination of several ions.

The structure and volume of the thesis. The dissertation structure consists of an introduction, three chapters, conclusions, list of references and applications. The volume of the dissertation is 127 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Мухамадиев Н.Қ., Фазлиева Н.Т., Сайиткулов Ш.М., Халилов Қ.Ф., Сулаймонов Э.С. Доривор ўсимликлар таркибидан йодни аниқлаш (монография). - Самарқанд: СамДУ, 2014. – 92 бет.
2. Muhamadiev N.Q., Fazlieva N.T., Sayitkulov Sh. M. Optimization of separation processes in chromatography using liquac model // International Journal of Engineering Sciences & Research Technology. – 2015. – V.4. – N 1. – P. 663-666. (Global Impact Factor, 2015: 0,786; <http://globalimpactfactor.com>).
3. Fazlieva N.T., Muhamadiev N.Q., Sayitkulov Sh.M., Khalilov Q.F. The optimization algorithm of separation process in ion chromatography // International Journal of Engineering Sciences & Research Technology. – 2015. – V.4. – N 9. – P. 1-3. (Global Impact Factor, 2015: 0,786; <http://globalimpactfactor.com>).
4. Fazlieva N.T., Muhamadiyev N.Q. Dorivor o'simliklar tarkibidagi yod miqdorini Ion xromatografiyasi usulida aniqlash // СамДУ илмий ахборатномаси, 2018. – N 3 (109), 89-93 бетлар. (02.00.00; № 9)

II бўлим (II часть; II part)

5. Fazliyeva N.T., Muhamadiev N.Q., Sayitqulov Sh.M. Ion xromatografiyasi usulida Berberis Vulgaris L. va Xanthium Strumarium L. o'simliklari tarkibidagi yod miqdorini o'rganish // СамДУ илмий ахборатномаси, 2014. – N 3 (85), 65-69 бетлар.
6. Fazlieva N.T., Muhamadiev N.Q., Sayitkulov Sh.M. Study Iodine Amount in Content of Some Medicinal Plants by Ion Chromatography // International Journal of Chemical and Physical Sciences. – 2014. – V.3. - N 6. – P. 91-95.
7. Фазлиева Н.Т., Али-Ахунов А.А., Мухамадиев А.Н. Использование параметров LIQUAC для оптимизации процесса разделения в ионной хроматографии // Материалы XX Международной молодужной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Ломоносов”, Секция химия. – 2013, https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2013/index.htm
8. Fazlieva N. T, Sayitkulov S. M., Ruziev I., Begamova G. Models of retention parameters and using them for optimization of the separation process // Book of Abstracts, Pittcon 2009, Chicago, USA, March 8-13, 2009 - P.1320-4.
9. Сайиткулов Ш.М., Мухамадиев Н.Қ., Рузиев И.Х., Фазлиева Н.Т., Халилов Қ.Ф. Возможности использования параметров метода структурно-групповых составляющих растворов при оценке процессов хроматографического разделения // XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. В 4 т. Т.1: тез.докл. – Волгоград, Россия, 2011.- С.556-557.

10. Фазлиева Н.Т., Мухамадиев Н.Қ., Халилов Қ.Ф. Оценка процесса разделения в ионной хроматографии на основе параметров LIQUAC // Международная молодежная конференция «Нано- и супрамолекулярная химия в сорбционных и ионнообменных процессах».- Казань (Россия).- 13-14 сентября 2012.- 3 стр.
11. Фазлиева Н.Т., Мухамадиев Н.Қ., Мухамадиев А.Н. Алгоритм оптимизация процесса разделения в ионной хроматографии // XIII Международная конференция “Информатика: проблемы, методология, технологии”. – Воронеж (Россия). – 7-8 февраля 2013. - 3 стр
12. Рўзиев И.Х., Фазлиева Н.Т., Беғамова Г.К., Сайиткулов Ш.М., Мухамадиев Н.Қ. // Ион хроматографияси усулида иод микдорини аниқлаш // “Нефть ва газ саноати кимёвий технологияларининг долзарб муаммолари” Республика илмий-амалий конференциясининг мақолалар тўплами.- Қарши, 2009.- 182-183 бетлар.
13. Фазлиева Н.Т., Мухамадиев Н.Қ., Сайиткулов Ш.М. Ион хроматографиясидаги мувозанатни LIQUAC модели ёрдамида ифодалаш // “Кимёнинг долзарб муаммолари” Республика илмий-амалий конференцияси материаллари (I қисм).- Самарқанд, 2009.- 41 бет.
14. Мухамадиев Н.Қ., Фазлиева Н.Т., Убайдуллаев Ж.Н., Эргашев И.М., Сулаймонов Э.С. Ион хроматографияси усулида доривор ўсимликлар таркибидаги йоднинг микдорини аниқлаш // “Кимёнинг долзарб муаммолари” Республика илмий-амалий конференцияси материаллари (I қисм).- Самарқанд, 2009.- 86 бет.
15. Мухамадиев Н.Қ., Фазлиева Н.Т., Мухамадиев А.Н., Рўзиев И.Х., Беғамова Г. «Ionchrom-01” dasturi // “Кимёнинг долзарб муаммолари” Республика илмий-амалий конференцияси материаллари (I қисм).- Самарқанд, 2009.- 101 бет.
16. Сайиткулов Ш.М., Рўзиев И.М., Мухамадиев Н.Қ., Фазлиева Н.Т. Газ хроматографиясида ажралиш жараёнини баҳолаш алгоритми “Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари” III Республика илмий-амалий конференция материаллари.- Термез, 2010.- бет.
17. Убайдуллаев Ж.Н., Фазлиева Н.Т., Мухамадиев Н.Қ. Определение содержания иода в различных лекарственных растениях методом ионной хроматографии // Тезисы докладов конференции молодых ученых, посвященной памяти акад.С.Ю.Юнусова (17 март). Ташкент: ЎМКИ. – 2011.- С. 67.
18. Мухамадиев Н.Қ., Убайдуллаев Ж.Н., Фазлиева Н.Т., Халилов Қ.Ф. Сурхандарё худудида ўсадиган баъзи ўсимликлар таркибидан йод микдорини ион хроматографияси усулида ўрганиш // «Зеленая химия в интересах устойчивого развития» Респуб. илмий конф. материаллари.- 26-28 март Самарқанд, 2012. - 424-425 бетлар.
19. Мухамадиев Н.Қ., Фазлиева Н.Т., Убайдуллаев Ж.Н. *Berberis Vulgaris L.* таркибидаги йод микдорини ион хроматографияси усулида ўрганиш // Қишлоқ хўжалигида инновация технологияларни жорий қилиш

муаммолари. Халқаро конференция – 20-21- ноябрь, Самарқанд, 2012. – 3 бет.

20. Мухаммадиев Н.Қ., Фазлиева Н.Т., Халилов Қ.Ф., Сайитқулов Ш.М. Озиқ-овқат маҳсулотларни таркиби бўйича таснифлаш ва сертификатлашда хроматография усулларнинг ўрни // “Товарларни кимёвий таркиби асосида синфлаш ва сертификатлаш: муаммо ва истиқболлари” Республика илмий-амалий конференция материаллари (14-15 май). – Андижон, 2013.
21. Фазлиева Н.Т., Мухаммадиев Н.Қ., Сайитқулов Ш.М., Халилов Қ.Ф. *Berberis Vulgaris L.* вегетатив ва генератив органларидан йод миқдорини аниқлаш // “Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари”. IV Республика илмий-амалий анжумани илмий мақолалари тўплами (1-3 май, 2014 йил), II қисм. – Термиз, 2014. – 310 бет.

Автореферат Самарқанд давлат университетининг «СамДУ илмий тадқиқотлар ахборотномаси» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди (1.10.2018).

2008 йил 19 июнь 68-буйруқ
2018 йил 3-ноябрда ноширлик бўлимига қабул қилинди.
2018 йил 6-ноябрда оригинал-макетдан босишга рухсат этилди.
Бичими 60x87/1,8. «Times New Roman» гарнитураси. Офсет қоғози.
Шартли босма табоғи 2.35. Наштиёт ҳисоб табоғи 2,0.
Адади 100 нусха. 105-буюртма.

СамДУ босмахонасида чоп этилди.
140104, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15



