

ISSN 2706-719X (Online)
ISSN 1680-1245 (Print)



SUMQAYIT DÖVLƏT UNIVERSİTETİ
СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SUMGAYIT STATE UNIVERSITY

ELMİ XƏBƏRLƏR

НАУЧНЫЕ ИЗВЕСТИЯ

SCIENTIFIC NEWS

Təbiət və texniki elmlər bölməsi
Серия: Естественные и технические науки
Series for Natural and Technology Sciences

Cild 22

2022

№ 1

Sumqayıt – 2022

Sumqayıt Dövlət Universiteti
Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi

REDAKSIYA HEYƏTİ

ELXAN HÜSEYNOV	<i>prof., rektor (baş redaktor)</i>
RAMAZAN MƏMMƏDOV	<i>prof., elm və innovasiyalar üzrə prorektor, (baş redaktor müavini)</i>
FİKRƏT FEYZİYEV	<i>prof. (məsul katib)</i>

REDAKSIYA HEYƏTİNİN ÜZVLƏRİ

Fizika Riyaziyyat	Albert Qilmutdinov , akad. (Rusiya), Seong-Cho Yu , prof. (Cənubi Koreya), Süleyman Özçelik , prof. (Türkiyə), Kazimir Yanuşkeviç , prof. (Belarusiya), Kamil Sabitov , prof. (Rusiya), Kamil Mənsimov , prof. (Azərbaycan), Məhəmmədli Zərbəliyev , prof. (məsul redaktor, Azərbaycan), Həmidulla Aslanov , prof. (Azərbaycan), Məmməd Yaqubov , prof. (Azərbaycan), Vaqif Salmanov , prof. (Azərbaycan), Rəşid Əliyev , r.e.d. (Azərbaycan), Tamella Əhmədova , dos. (Azərbaycan), Zəfər Hüseynov , dos. (Azərbaycan).
Kimya elmləri	Ramil Baxtizin , akad.(Rusiya), Vaqif Abbasov , akad.(Azərbaycan), Dilqəm Tağıyev , akad. (Azərbaycan), Abasqulu Quliyev , AMEA-nın müxbir üzvü prof. (Azərbaycan), Məhəmməd Babanlı , AMEA-nın müxbir üzvü, prof. (Azərbaycan), Tatyana Prosoçkina , prof. (Rusiya), Eldar Əhmədov , prof. (Azərbaycan), Əkbər Ağayev , prof. (Azərbaycan), Qafar Ramazanov , prof. (məsul redaktor, Azərbaycan), Muxtar Səmədov , prof. (Azərbaycan), Mahal Muradov , dos. (Azərbaycan).
Biologiya elmləri	Elşad Qurbanov , AMEA-nın müxbir üzvü, prof. (Azərbaycan), Pənah Muradov , AMEA-nın müxbir üzvü, prof. (Azərbaycan), Vladimir Prokofyev , prof. (Rusiya), Ulduz Həşimova , prof. (Azərbaycan), Selia Bell , dos.(İngiltərə), Arzu Baxşalıyev , dos. (məsul redaktor, Azərbaycan).
Coğrafiya elmləri	Vladimir Kozodyorov , prof. (Rusiya), Anatoliy Yamaşkin , prof. (Rusiya), Niyaz Valiyev , prof. (Rusiya), Tahir Ağayev , prof. (Azərbaycan), Yaqub Qəribov , prof. (Azərbaycan), Məhəmməd Abduev , dos. (Azərbaycan), İlham Mərdanov , dos. (Azərbaycan).
Texnika elmləri	Telman Əliyev , akad. (Azərbaycan), Ağası Məlikov , AMEA-nın müxbir üzvü, prof. (Azərbaycan), Nail Kaşapov , EA-nın müxbir-üzvü, prof. (Rusiya), Nikolay Korovkin , prof. (Rusiya), Yevgeniy Moşev , prof.(Rusiya), Aleksandr Qolenişev-Kutuzov , prof. (Rusiya), Mixail Verxoturov , prof. (Rusiya), Leonid Ponomarenko , prof. (Ukrayna), Vladimir Qvozdev , prof.(Rusiya), Nafisa Yusupova , prof. (Rusiya), Aqıl Hüseynov , prof. (Azərbaycan), Məhəmməd Əhmədov , prof. (Azərbaycan), Cavanşir Məmmədov , prof. (məsul redaktor, Azərbaycan), Georgios Dafoulas , dos.(İngiltərə), Qadir Mənsurov , dos.(Azərbaycan), Ulduz Ağayev , dos. (Azərbaycan).

Сумгаитский государственный университет
Научные известия. Серия: Естественные и технические науки

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ЭЛЬХАН ГУСЕЙНОВ	<i>проф., ректор (главный редактор)</i>
РАМАЗАН МАМЕДОВ	<i>проф., проректор по науке и инновациям (зам. главного редактора)</i>
ФИКРАТ ФЕЙЗИЕВ	<i>проф., (ответственный секретарь)</i>

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Физика Математика	Альберт Гильмутдинов , akad. (Россия), Сеонг-Чу Ю , проф. (Южная Корея), Сүлейман Озчелик , проф. (Турция), Казимир Янушкевич , проф. (Белоруссия), Камиль Сабитов , проф. (Россия), Камиль Мансимов , проф. (Азербайджан), Бархал Бархалов , проф. (Азербайджан), Магомедали Зарбалиев проф. (отв. ред., Азербайджан), Гамидулла Асланов , проф. (Азербайджан), Мамед Ягубов , проф. (Азербайджан), Вагиф Салманов , проф. (Азербайджан), Рашид Алиев , к.м.н. (Азербайджан), Тамелла Ахмедова , доц. (Азербайджан), Зафар Гусейнов , доц. (Азербайджан).
Химия.	Рамиль Бахтизин , akad. (Россия), Вагиф Абасов , akad. (Азербайджан), Дильгам Тагиев , akad. (Азербайджан), Абасгуду Гулиев , член-корр. НАНА, проф. (Азербайджан), Махаммад Бабанлы , член-корр.НАНА, проф. (Азербайджан), Татьяна Просочкина , проф. (Россия), Ельдар Ахмедов , проф.(Азербайджан)

	Акбер Агаев , проф. (Азербайджан), Гафар Рамазанов , проф. (отв. ред., Азербайджан), Мухтар Самедов , проф. (Азербайджан), Махал Мурадов , доц. (Азербайджан).
Биология	Эльшад Гурбанов , член-корр. НАНА, проф. (Азербайджан), Панах Мурадов , член-корр. НАНА, проф. (Азербайджан), Владимир Прокофьев , проф. (Россия), Улдуз Гашимова , проф. (Азербайджан), Селиа Белл , доц., (Англия), Арзу Бахшалиев , доц. (отв. ред., Азербайджан).
География	Владимир Козодёров , проф. (Россия), Анатолий Ямашкин , проф. (Россия), Нияз Валиев , проф. (Россия), Таир Агаев , проф. (Азербайджан), Ягуб Гарибов , проф. (Азербайджан), Магомед Абдуев , доц. (Азербайджан), Ильхам Марданов , доц. (Азербайджан).
Технические науки	Тельман Алиев , акад. (Азербайджан), Агаси Меликов , член-корр. НАНА, проф. (Азербайджан), Наиль Кашапов , проф. (Россия), Николай Коровкин , проф. (Россия), Евгений Мошев , проф. (Россия), Александр Голенищев-Кутузов , проф. (Россия), Михаил Верхотуров , проф. (Россия), Леонид Понаморенко , проф. (Украина), Владимир Гвоздев , проф. (Россия), Нафиса Юсупова , проф. (Россия), Агиль Гусейнов , проф. (Азербайджан), Махаммад Ахмедов , проф. (Азербайджан), Джаваншир Мамедов , проф. (отв. ред., Азербайджан), Георгиус Дафоулас , доц. (Англия), Гадир Мансуров , доц. (Азербайджан), Улдуз Агаев , доц. (Азербайджан).

Sumgayit State University
Scientific News. Series for Natural and Technology sciences

EDITORIAL STAFF

ELKHAN HUSEYNOV	prof., rector (chief editor)
RAMAZAN MAMMADOV	prof., vice-rector for Science and Innovations (deputy chief editor)
FIKRAT FEYZIYEV	prof.(executive secretary)

MEMBERS OF EDITORIAL STAFF

Physics	Albert Gilmutdinov , acad. (Russia), Seong-Cho Yu , prof. (South Korea),
Mathematics	Suleyman Ozchelik , prof. (Turkey), Kazimir Yanushkevich , prof. (Belarus), Kamil Sabitov , prof. (Russia), Kamil Mansimov , prof. (Azerbaijan), Barkhal Barkhalov , prof. (Azerbaijan), Mahammadali Zarbaliyev , prof. (executive editor, Azerbaijan), Hamidulla Aslanov , prof. (Azerbaijan), Mammad Yagubov , prof. (Azerbaijan), Vagif Salmanov , prof. (Azerbaijan), Rashid Aliyev , assoc.prof. (Azerbaijan), Tamella Ahmadova , assoc.prof. (Azerbaijan), Zafar Huseynov , assoc.prof. (Azerbaijan).
Chemical sciences	Ramil Bakhtizin , acad.(Russia), Vagif Abbasov , acad.(Azerbaijan), Dilgham Taghiyev , acad. (Azerbaijan), Abasgulu Guliyev , prof. (Azerbaijan), Mahammad Babanli , prof. (Azerbaijan), Tatyana Prosochkina , prof. (Russia), Eldar Ahmadov , prof. (Azerbaijan), Akbar Aghayev , prof. (Azerbaijan), Gafar Ramazanov , prof. (executive editor, Azerbaijan), Mukhtar Samadov , prof. (Azerbaijan), Mahal Muradov , assoc.prof. (Azerbaijan).
Biological sciences	Elshad Qurbanov , prof. (Azerbaijan), Panah Muradov , prof. (Azerbaijan), Vladimir Prokofyev , prof. (Russia), Ulduz Hashimova , prof. (Azerbaijan), Selia Bell , assoc.prof. (England), Arzu Baxshaliyev , assoc.prof. (executive editor), (Azerbaijan).
Geographical sciences	Vladimir Kozodyorov , prof. (Russia), Anatoliy Yamashkin , prof. (Russia), Niyaz Valiyev prof. (Russia), Tahir Aghayev , prof. (Azerbaijan), Yagub Garibov , prof. (Azerbaijan), Mahammad Abduyev , assoc.prof. (Azerbaijan), Ilham Mardanov , assoc.prof. (Azerbaijan).
Technical sciences	Telman Aliyev , acad. (Azerbaijan), Aghasi Malikov , prof. (Azerbaijan), Nail Koshapov , prof. (Russia), Nikolay Korovkin , prof. (Russia), Yevgeniy Moshev , prof. (Russia), Aleksandr Golenishev-Kutuzov , prof. (Russia), Mixail Verxoturov prof., (Russia), Leonid Ponomarenko , prof. (Ukraine), Vladimir Gvozdev , prof. (Russia), Nafisa Yusupova , prof. (Russia), Agil Huseynov , prof. (Azerbaijan), Mahammad Ahmadov , prof. (Azerbaijan), Javanshir Mammadov , prof. (executive editor), (Azerbaijan), Georgios Dafoulas , assoc.prof. (England), Gadir Mansurov , assoc.prof. (Azerbaijan), Ulduz Aghayev , assoc.prof. (Azerbaijan).

Təsisçi: Sumqayıt Dövlət Universiteti

“Elmi Xəbərlər” jurnalı Təbiət və texniki elmlər bölməsi Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirinin 27.10.2000-ci il tarixli, 991 sayılı əmrinə əsasən nəşr edilir.

Azərbaycan Respublikası Ədliyyə Nazirliyi tərəfindən qeydiyyatda alınmışdır.

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının qərarı ilə elmi nəşrlər siyahısına daxil edilmişdir.

Jurnal Rusiya Elmi İstinad İndeksinə (REİİ) daxil edilmişdir (müqavilə № 408-10/2019)

https://elibrary.ru/title_about.asp?id=73721

Məqalələrin tərtibatı qaydaları ilə jurnalın rəsmi saytında <https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az> tanış olmaq olar.

Учредитель: Сумгаитский государственный университет

Журнал «Научные Известия» Серия: Естественные и технические науки издается на основании приказа № 991 Министра Образования Азербайджанской Республики от 27.10.2000-го года.

Зарегистрирован Министерством Юстиции Азербайджанской Республики.

Включен в список научных изданий Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики.

Журнал включен в Российский Индекс Научного Цитирования (РИНЦ. Договор № 408-10/2019)

https://elibrary.ru/title_about.asp?id=73721

С правилами оформления статей можно ознакомиться на официальном сайте журнала

<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az>.

Founder: Sumgayit State University

The Journal of "Scientific News" Series for Natural and Technology Sciences is published due to the order № 991 of the Minister of Education of the Republic of Azerbaijan from 27.10.2000.

It has been registered by the Ministry of Justice of the Republic of Azerbaijan.

It has been included to the list of scientific publications of the Supreme Attestation Commission under President of the Republic of Azerbaijan

The journal is included in the Russian Scientific Citation Index (RSCI. Contract № 408-10/2019)

https://elibrary.ru/title_about.asp?id=73721

The rules for the design of articles can be found on the official website of the journal

<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/az>.

КОЭФФИЦИЕНТ ХОЛЛА В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ **¹ЗАРБАЛИЕВ МАХАМЕДАЛИ МАЗАХИР оглу****²ОРУДЖЕВ САМИР КЯМАЛ оглу****³ИСМАЙЛОВ МАИС ГАСИЛЬ оглу***Сумгаитский государственный университет, 1-профессор, 2-доцент, 3-докторант*zarbalievmm51@mail.ru

Ключевые слова: твердые растворы, широкозонные полупроводники, ширина запрещенной зоны, коэффициент Холла

Введение. Твердые растворы $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ обнаружены в системе $TlInS_2$ - $TlDyS_2$ [1-4]. Являясь представителем класса широкозонных полупроводников типа $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ (где A^{III} - Tl, In ; B^{III} - In, Ga ; C^{VI} - S, Se, Te), электрические и фотоэлектрические свойства которых сильно зависят от концентрации неконтролируемых примесей и отклонения от стехиометрического состава. Среди других халькогенидов данного класса твердые растворы $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ выделяются термо-, фотоэлектрическими и тензочувствительными свойствами [1].

По данным работ [2] методом рационального замещения части атомов трехвалентного индия в соединение $TlInS_2$ с трехвалентными атомами диспрозия получены твердые растворы с формулами $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$, где $0 \leq x \leq 0,0$, электрофизические, фотоэлектрические и другие свойства которых сильно зависят от относительного содержания редкоземельного элемента диспрозия в составах. Варьируя составом в этих твердых растворах можно управлять электрофизическими, фото-, термо- электрическими и другими их свойствами. Согласно работам [1, 3] с ростом содержания диспрозия в составах $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ электропроводность их возрастает на несколько порядков, а теплопроводность значительно уменьшается за счет появления дополнительных механизмов рассеяния фононов, что и приводит к росту термоэлектрической эффективности. С этой точки зрения твердые растворы на основе $TlInS_2$ (Se_2, Te_2) с редкоземельными элементами являются перспективными материалами с высокой термоэффективностью в области средних температур.

Одной из особенностей электрических свойств полупроводниковых твердых растворов $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ с одним типом носителей заряда является возрастание коэффициента Холла (R_x) с температурой, которое соответствующим образом оказывает влияние на другие кинетические коэффициенты [7]. Однако несмотря на внешнее сходство температурного хода R_x (Т) физическая природа данного явления может оказаться совершенно разной. В частности, это может быть обусловлено проводимостью по примесной зоне; примесной зоной [5], расположенной в запрещенной зоне [6]; со снятием вырождения электронного газа [7]; при рассеянии носителей тока на ионизированных примесях; влияние более тяжелых зон, расположенных выше дна зоны проводимости или ниже потолка валентной зоны [6]; а также неквадратичным законам дисперсии носителей заряда [6].

Данная работа посвящена выявлению причины особенностей электрических свойств, обнаруженных в твердых растворах $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ (где $0,01 \leq x \leq 0,08$): возрастания R_x с температурой и прохождения его через максимум, завышенных значений при этом коэффициента термо-э.д.с. и электропроводности.

Синтез образцов. Синтез твердых растворов $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ проводился сплавлением исходных компонентов, взятых в стехиометрическом соотношении. Для синтеза использовались материалы чистотой 99,999-99,992 масс.%. Согласно диаграмме состояния [1] незначительное отклонение от стехиометрии в ту или иную сторону может привести к получению гетерофазных образцов. Поэтому в шихту добавляли до 0,05 масс. % серы сверх стехиометрии.

Синтез проводили в откачанных до 10^{-2} Па и запаянных ампулах из плавленого кварца. Температуру печи, внутри которой поместили ампулу с веществом, повышали до 800К со скоростью 10 К/ч. При этой температуре образцы выдерживали в течение 3-4 ч, потом постепенно повысили температуру до 1200К и выдержали еще 5-6ч, затем температура печи уменьшалась до комнатной со скоростью 10-20К/ч. Полученные таким образом слитки оказались однофазными и соответствовали стехиометрическим составам. В результате получены небольшие монокристаллы и крупноблочные поликристаллы.

Совершенные монокристаллы твердых растворов $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ выращивали как при горизонтальном, так и при вертикальном перемещении расплавленной зоны без затравки. Рост монокристаллов происходил в откачанных до 10^{-2} Па запаянных ампулах из плавленого кварца.

Измерения проводили на образцах, вырезанных из средней части полученных полукристаллических слитков. Распределение серы по длине слитка было неоднородное – к концу слитка наблюдался избыток серы. Количество каждого компонента в составах оценивали из сопоставления электропроводности образцов с данными для поликристаллических образцов, в которых содержание каждого компонента было близко к номинальному.

Результаты и их обсуждение. На рис.1. приведены температурные зависимости электропроводности $\sigma(T)$ твердых растворов $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$, где $0,01 \leq x \leq 0,08$. Как видно из рисунка, зависимости $\sigma(T)$ для разных составов твердых растворов существенно отличаются друг от друга. Для твердого

раствора $TlIn_{0,99}Dy_{0,01}S_2$ собственная область проводимости начинается при температуре $T \sim 710$ К, для $TlIn_{0,95}Dy_{0,05}S_2$ - $T \sim 720$ К, а для $TlIn_{0,92}Dy_{0,08}S_2$ - $T \sim 780$ К. Таким образом, в твердых растворах по мере роста относительного содержания диспрозия в составах собственная область проводимости смещается в сторону более высоких температур (рис.1).

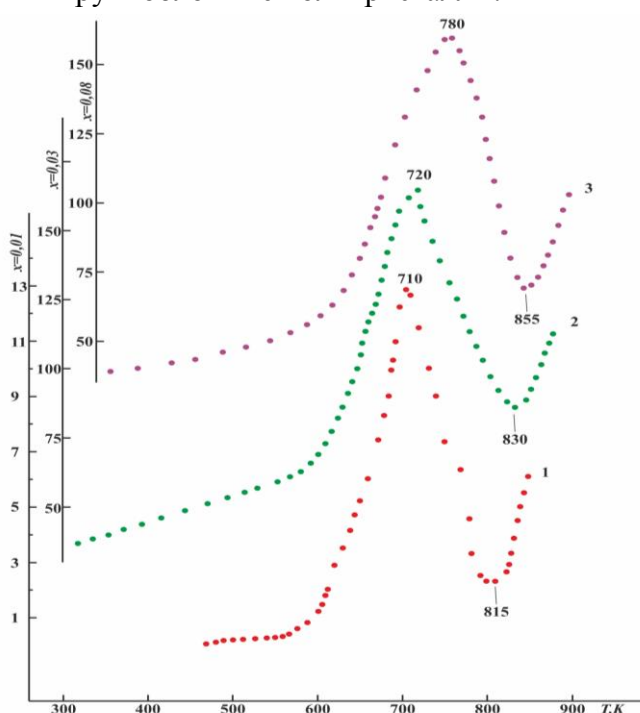


Рис.1. Температурные зависимости электропроводности в твердых растворах $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$. кривые: 1- $x=0.01$; 2- $x=0.05$ и 3- $x=0.08$

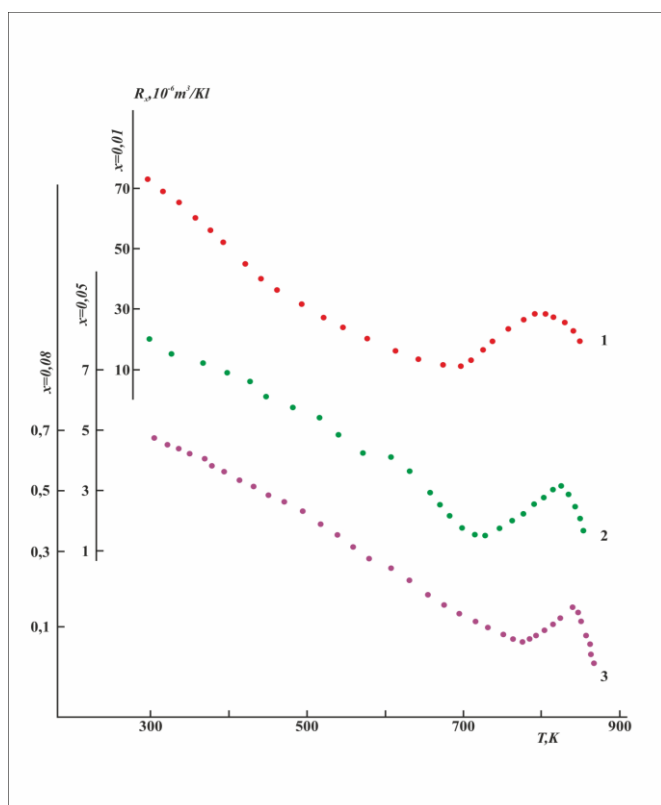


Рис.2. Температурные зависимости коэффициента Холла в твердых растворах $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$. кривые: 1- $x=0.01$; 2- $x=0.05$ и 3- $x=0.08$.

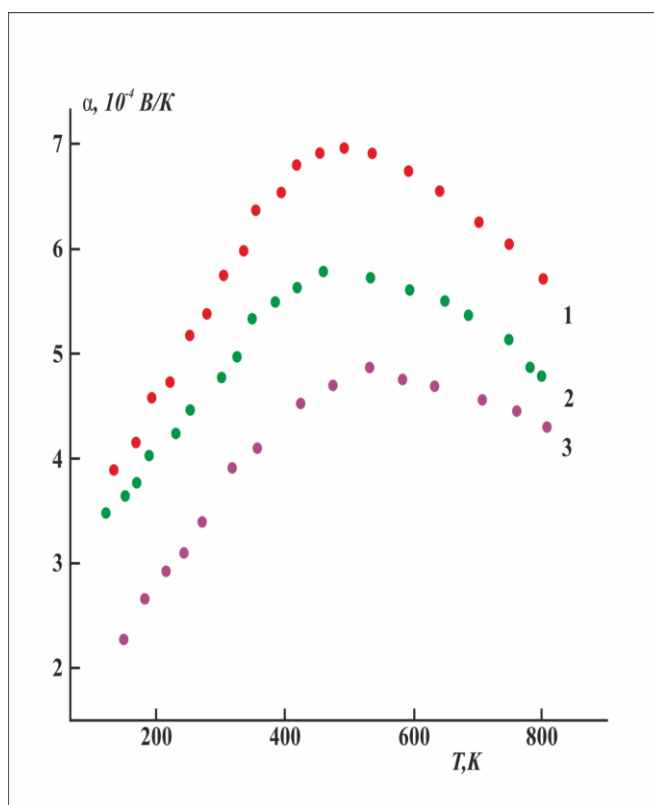


Рис.3. Температурные зависимости коэффициента термо-э.д.с. в твердых растворах $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$. кривые: 1- $x=0.01$; 2- $x=0.05$ и 3- $x=0.08$.

По высокотемпературным наклонам кривых $\lg \sigma(10^3/T)$ была оценена термическая ширина запрещенной зоны (ϵ_g) для исследованных образцов, и было выявлено, что по мере роста содержания относительного количества диспрозия в составах твердых растворов ϵ_g уменьшается от 2,1 эВ до 1,6эВ. Это свидетельствует о том, что в твердых растворах $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ наряду с "самолегированием" происходит также "самокомпенсация".

На рис. 2 и 3 представлены температурные зависимости коэффициентов Холла $R_x(T)$ и термо-э.д.с. $\alpha(T)$ твердых растворов $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$. Знаки обоих коэффициентов положительны, и это свидетельствует о том, что все эти образцы обладают p-типом проводимостью. Для состава $TlIn_{0.99}Dy_{0.01}S_2$ возрастание R_x начинается с 565K, по мере замещения атомов индия атомами диспрозия начало температуры возрастания R_x смещается в область более высоких температур. Как видно из рисунка, возрастание R_x продолжается до некоторой температуры, затем происходит резкое убывание, то есть R_x проходит через максимум, причем с ростом содержания атомов диспрозия в составе фаз максимум R_x смещается в сторону более высоких температур. Как было замечено, наблюдаемые особенности могут быть обусловлены различными причинами. Поэтому, с целью проверки пригодности той или иной модели для исследованных объектов, необходимо более подробно раскрыть каждую из перечисленных моделей.

В работе [5] было обнаружено, что при легировании PbTe атомами индия до 1 ат. % In, концентрация электронов возрастает до $\sim 0,07$ ат. %, а дальнейшее добавление индия не приводит к росту концентрации электронов. Это отражалось на температурных и концентрационных зависимостях электрических свойств. Для объяснения данного явления

авторами была предложена модель, согласно которой атомы индия в зоне проводимости PbTe создают квазилокальные уровни, с возрастанием концентрации которых образуется примесная зона. Начиная с определенной температуры, они играют роль «ловушек» для электронов проводимости, что приводит к уменьшению концентрации электронов и росту R_X , а при более высоких температурах, когда выполняется условие $kT \geq \varepsilon_g$ (ε_g – ширина запрещенной зоны), концентрация электронов начинает расти, что и приводит к уменьшению R_X . Характерной особенностью квазилокальных уровней в зоне проводимости является то, что при достижении уровня Ферми (E_F) квазилокальных состояний, концентрация электронов проводимости стабилизируется, и E_F в определенном интервале температур остается постоянной. Данный механизм в случае исследованных объектов не может иметь места, поскольку растворимость примесей в них в указанном интервале имеет непрерывный характер и соответствующие уровни расположены в запрещенной зоне, а не в валентной. Концентрационная зависимость кинетических коэффициентов и уровни Ферми не обладают какими-либо аномалиями.

В работах [7] максимум на $R_X(T)$ объяснен наличием зоны тяжелых дырок в валентной зоне и зоны тяжелых электронов в зоне проводимости, расположенных на расстоянии ΔE от потолка валентной зоны или дна зоны проводимости. В этом случае роль вышележащих зон в проводимости проявляется при достаточно высоких концентрациях носителей заряда, когда уровень Ферми в зоне проводимости (или в валентной зоне) подходит близко к тяжелым зонам, осуществляется переход легких носителей в тяжелые зоны, что приводит к уменьшению концентрации носителей заряда и росту R_X . При дальнейшем повышении температуры уровень Ферми входит в тяжелые зоны, происходит выравнивание уровней Ферми в обеих зонах и в некотором интервале температур стабилизируется E_F , $n(T)$ и $R_X(T)$. Только с наступлением собственной проводимости начинает происходить изменение этих параметров и других кинетических коэффициентов. Если собственная проводимость наступает не при очень высоких температурах, то кривая $R_X(T)$ проходит через острый максимум. Казалось, что эта модель может описать и наши данные. Но, во-первых, в исследованных кристаллах уровень Ферми во всем исследованном интервале температур и концентраций не выходит из запрещенной зоны, то есть вырождение носителей заряда не наступает. Во-вторых, сведения о наличии подобной зоны в валентных зонах TlInS_2 отсутствуют.

Имеются данные о возрастании R_X с температурой и в узкозонных полупроводниках, в которых обращено внимание на влияние сильной непараболичности зоны проводимости на Холл фактор $R_X(T) = A_r / (en)$. Количественными расчетами показано, что в случае рассеяния электронов на акустических фононах, A_r сильно зависит от степени непараболичности $\beta = k_0 T / \varepsilon_g$ и температурной зависимости $\varepsilon_g(T)$. В определенном сочетании этих параметров значения A_r и R_X , при рассеянии электронов на акустических фононах, растут с температурой и с наступлением собственной проводимости уменьшаются, проходя через максимум. Следует подчеркнуть, что предложенная модель не может быть применена к нашим кристаллам, так как исследуемые кристаллы являются широкозонными.

В кристаллах GaAs и InP $n \approx 10^{17} \text{ см}^{-3}$ вследствие наличия проводимости в примесной зоне, расположенной вблизи дна зоны проводимости и в запрещенной зоне, на температурной зависимости $R_X(T)$ при $T < 100\text{K}$ наблюдалось возрастание R_X и прохождение его через максимум. В то же время, в образцах с $n \geq 10^{18} \text{ см}^{-3}$ во всем интервале температур (2-300K) R_X оставался постоянным. Механизм прохождения R_X через максимум описывается следующим образом: донорные уровни, расположенные на энергетическом расстоянии ΔE от дна зоны проводимости ведут себя как «ловушки» собственных электронов и в интервале температур, когда уровень Ферми входит в эту зону, происходит процесс «прилипания» электронов. При достаточно большой концентрации таких уровней образуется примесная

зона, в которой осуществляется проводимость. При этом происходит уменьшение концентрации, что приводит к возрастанию R_H . С дальнейшим повышением температуры происходит насыщение примесных уровней, а при достижении условия $kT \geq \Delta E$ начинается «испарение» электронов с этих уровней в зону проводимости, то есть возрастание концентрации носителей заряда и уменьшение R_H . При этом проявляются ряд других эффектов. В частности, в кристаллах типа A^3B^5 с высокими подвижностями электронов наблюдается отрицательное магнито- сопротивление - $\Delta\rho$ и прохождение его - $\Delta\rho(B)$ через максимум.

При высоких концентрациях примесей зона расщепляется, примесные уровни приближаются ко дну зоны проводимости, сливаются с ней и исчезают все наблюдаемые особенности.

Итак, из перечисленных моделей, описывающих наблюдаемые особенности электрических свойств, наиболее приемлемой для исследованных в данной работе материалов, является последняя. В этих кристаллах ширина запрещенной зоны достаточно велика, концентрация носителей заряда для исходных кристаллов мала, они легко легируются и небольшие отклонения от стехиометрии также создают акцепторные уровни. Для подтверждения наличия в них акцепторной зоны были проанализированы кривые $R_H(T)$, $\alpha(T)$ и $\sigma(T)$ (рис. 2, 3). По спадающей части максимума R_H была вычислена ширина запрещенной зоны. Показано, что по возрастающей части максимума, носящей также активационный характер, можно вычислить энергетический зазор между примесной зоной и потолком валентной зоны (или дном зоны проводимости). В тройном соединении $TlInS_2$ и твердых растворах на его основе $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ для энергии активации примесных уровней были получены значения $0,2 \div 0,4$ эВ, которые хорошо согласуются со значениями, полученными на основании данных электрических свойств в сильных электрических полях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зарбалиев М.М. Твердые растворы $TlIn_{1-x}Yb_xS_2$ // РАН, Неорганические материалы. – 2000, –т.6, –№5, –с. 619-623
2. Зарбалиев М.М., Годжаев Э.М., Алиев Ф.Ф. Полупроводниковые халькоиндианаты таллия и сплавы на их основе с редкоземельными элементами // Материалы международной научной конференции «Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики», – Сумгаит:–24-25 мая, –2018, –с.22-27
3. Зейналов Г. И., Зарбалиев М.М., Сардарова.Н.С. Электрофизические свойства сплавов системы $TlInS_2$ - $TlDyS_2$. // РАН, Неорганические материалы.–1999, –т.35,–№8, –с. 913-916.
4. Зарбалиев М.М., Сардарова.Н.С. Исмаилов М.Г., Янушкевич К.И. Электрофизические свойства твердых растворов системы $TlInS_2$ – $TlYbS_2$ // Материалы международного симпозиума «Перспективные материалы и технологии» –НАН Беларуси. –Минск: –2021, – с.259-261
5. Аверкин А.А., Кайданов В.И., Мельник Р.Б. О природе примесных состояний индия в теллуриде свинца // ФТП, –1971, –т. 5,– в. 1, –с. 91-95.
6. Аскеров, Б.М. Кинетические эффекты в полупроводниках / Б.М. Аскеров. – М.: Наука, – 1970, –303 с.
7. Андреев А. А., Радионов В.Н. О зонной структуре теллурида свинца из измерений эффекта Холла при высоких температурах // ФТП, –1967, –т. 1, – в. 2, –с. 183-187
8. Qurbanov M. M. və b. Layli və zəncirvari quruluşlu yarımkeçiricilərin termodinamik parametrlərinin temperatur asılılıqlarında Debay funksiyasının rolu / M. M. O. Qurbanov, F. Ə. O. Məmmədov, S. C. O. Məmmədov, M. M. O. Qocayev // SDU. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. – 2020. – Vol. 20. – No 2. – P. 4-8.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=43176372>

XÜLASƏ

$TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ BƏRK MƏHLULLARINDA HOLL ƏMSALI *Zərbəliyev M.M., Orucov S.K., İsmayilov M.H.*

Açar sözlər: *bərk məhlullar, geniş qadağan zonalı yarımkeçiricilər, qadağan zonanın eni, Holl əmsali.*

İş $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ bərk məhlullarının elektrikkeçiriciliyi, Holl və termo.e.h.q. əmsallarının temperatur asılıqlarının tədqiqinə həsr olunmuşdur. Holl əmsalının temperatur yüksəldikcə artması və onun maksimumdan keçməsinin, həmçinin bu zaman termo.e.h.q və elektrikkeçirmə əmsallarının yüksəlmiş qiymətə malik olmalarının səbəbləri araşdırılmışdır.

SUMMARY

HALL COEFFICIENT IN SOLID SOLUTIONS $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ *Zarbaliev M.M., Orudzhev S.K., Ismailov M.H.*

Key words: *solid solutions, wide-gap semiconductors, band gap, Hall coefficient.*

The work is devoted to the study of electrical conductivity, Hall coefficient, thermo-emf. in solid solutions $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$. The reasons for increase of the hall coefficient as the temperature rises and its exceeding the maximum, as well as the fact electrical conductivity coefficients have an uncreased value are investigated.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	23.02.2022
	Son variant	14.03.2022

**(TLGaSe₂)_{0,8}(TlInS₂)_{0,2} BƏRK MƏHLULUNDA İSTİLİK
PARAMETRLƏRİNİN ATOMLARARASI RABİTƏ ENERJİSİNDƏN
ASILILIĞI**

¹**QURBANOV MEHDİ MƏHƏMMƏD oğlu**

²**QOCAYEV MURĞUZ MUĞAN oğlu**

⁴**ZEYNALOV HAMLET İXTİYAR oğlu**

³**DƏMİROV ASLAN HƏSƏN oğlu**

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1,2,4 – dosent, 3- baş müəllim

sdu.elmixeberler@mail.ru

***Açar sözlər:** bərk məhlul, istilik parametri, rabitə enerjisi, yarımkeçirici, istidən genişlənmə, izotermik sıxılma, Debay temperaturu, kristallik quruluş*

Bu işdə (TlGaSe₂)_{0,8}(TlInS₂)_{0,2} bərk məhlulunda istidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsallarının eksperimental qiymətləri əsasında hesablanmış dağıdıcı gərginliyin maksimal qiyməti və kristal qəfəsdə atomlararası rabitə enerjisinin qiymətini müəyyən edən parametrlərin asılılığı verilmişdir.

Məlum olduğu kimi, bərk cisimlərin möhkəmliyi, atomlararası qarşılıqlı əlaqə enerjisinin artması ilə artır. Bu parametrlər arasında birbaşa korrelyasiyanı yaratmaq nəzəri baxımdan çox çətindir. Belə ki, bu zaman bir sıra köməkçi təsirlər də nəzərə alınmalıdır. Buna baxmayaraq, çoxlu sayda eksperimental işlərdə bu parametrlər arasında qarşılıqlı əlaqənin olduğu müəyyən edilmişdir. Bu cür əlaqə xüsusilə kovalent rabitəyə malik yarımkeçiricilərdə özünü daha çox büruzə verir. Ədəbiyyatda bir sıra IV- qrup elementlərində və eləcə də A^{III} B^V-tipli birləşmələrdə mikrobərkliklə atomizasiya enerjisi (qəfəsin enerjisi) arasında düz mütənasib asılılıq olduğu göstərilmişdir [1]. Bu ədəbiyyatda həmçinin dağıdıcı qüvvənin maksimal qiymətinə uyğun təzyiqin hərtərəfli sıxılma modulu vasitəsilə necə əlaqələnməsi göstərilmişdir.

$$P_{\max} = \frac{K_0}{n+1}. \quad (1)$$

Burada $P_{\max}$ -dağıdıcı təzyiqin maksimal qiyməti; K_0 -temperaturun mütləq sıfıra qiymətinə uyğun gələn hərtərəfli sıxılma moduludur; n -sabit olub, Kulon qarşılıqlı təsir üçün $n = \frac{2}{3}$ götürülür.

Beləliklə,

$$P_{\max} \approx \frac{3}{5} K_0 \quad (2)$$

olur.

K_0 -ın qiymətini, izotermik sıxılma əmsalının temperatur asılılığını ifadə edən ayrını mütləq sıfır temperaturuna ekstrapolyasiya etmək yolu ilə tapmaq olar.

Qeyd etdiyimiz ədəbiyyatda həmçinin A^{III} B^V-birləşmələri üçün qəfəsin enerjisinin Debay xarakteristik temperaturundan asılılığı da göstərilmişdir. Burada $\theta_D^2 M \sim BH_{at}$

$$\theta_D^2 M \sim BH_{at} \quad (3)$$

münasibəti verilmişdir. Burada θ_D -Debay xarakteristik temperaturu, M -molekulyar çəki, H_{at} -atomizasiya (qəfəsin) enerjisi, B -mütənasiblik əmsalındır.

B -nin qiymətini

$$B = \left(\frac{h}{k}\right)^2 \cdot \frac{1}{mn} \quad (4)$$

ifadəsindən hesablamaq olar. Burada h -Plank sabiti, k -Bolsman sabiti, m və n -qəfəsdə qarşılıqlı təsir qüvvəsinin qiymətindən asılı olan sabitlər olub, $A^{III} B^V$ -birləşmələri və IV qrup elementləri üçün təxminən 2-yə yaxın götürülmüşdür.

Göründüyü kimi, $\theta_D^2 \cdot M$ -i hasilini bilməklə H_{at} – enerjisi haqda müəyyən məlumat almaq olar.

Yarımkəçiricilərin termodinamikasına aid bir sıra nəzəri modellərin qurulmasında atomlararası rabitə qüvvəsinin və qəfəsin rabitə enerjisinin qiymətləri əhəmiyyətli rol oynayır. Belə modellər, mövcud empirik düsturların yoxlanılması və mürəkkəb eksperimentlər aparmadan, praktik məqsədlər üçün lazım ola biləcək parametrlərin qiymətlərinə aid əvvəlcədən müəyyən bilgilər əldə etməyə imkan verir.

Bu işdə $(\text{TlGaSe}_2)_{0,8}(\text{TlInS}_2)_{0,2}$ -bərk məhlulunda istidən genişlənmə (α) və izotermik sıxılma (χ_T) əmsallarının, Debay xarakteristik temperaturunun (θ_D) və $\theta_D^2 \cdot M$ parametrinin qiymətləri cədvəl şəklində verilmişdir.

Sıra №	T, K	$\alpha, 10^{-6} 1/K$	$\chi_T, 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$	$\theta_D, ^\circ\text{K}$	$\theta_D^2 \cdot M, 10^4 \text{ K}^2 \cdot \text{kg/mol}$
1.	90	4,95	6,32	425	8,01
2.	100	7,62	6,45	391	6,42
3.	120	8,24	6,46	382	6,13
4.	140	7,43	6,54	335	4,71
5.	160	7,79	6,63	310	4,04
6.	180	8,21	6,65	282	3,51
7.	200	10,07	6,69	281	3,32
8.	250	10,95	6,70	279	3,27
9.	300	11,24	6,71	277	3,22

Tədqiq olunan tərkib mövcud metodika əsasında sintez edilmişdir. Rentgenoqrafik üsulla alınmış tərkibin bircinsliliyi yoxlanılmış və elementar özəyin parametrləri təyin edilmişdir.

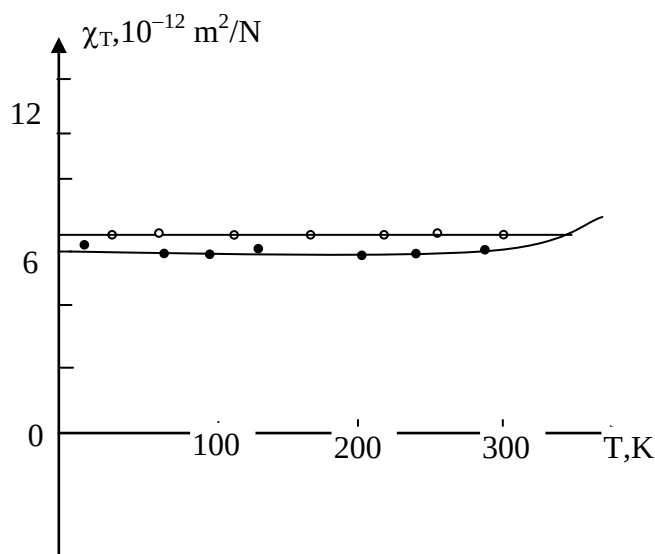
Müəyyən edilmişdir ki, $(\text{TlGaSe}_2)_{0,8}(\text{TlInS}_2)_{0,2}$ bərk məhlulu da ana maddə kimi monoklin sinqoniyada kristallaşır. Sintez olunmuş tərkibdən uzunluğu 0,3 m və diametri 0,005 m olan silindrik formalı nümunələr hazırlanaraq istidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsalları ölçülmüşdür. Təcrübənin nisbi xətası 0,5% təşkil etmişdir [2,3]

K_0 -ın qiymətini tapmaq üçün izotermik sıxılma əmsalının temperatur asılılığının qrafikindən istifadə edilmişdir (Şəkil 1.).

Bu qrafikə əsasən $\chi_0 = 6,09 \cdot 10^{-12} \frac{\text{m}^2}{\text{N}}$ olmuşdur. Bu qiymət əsasında hesablanmış K_0 -ın qiyməti $1,64 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ olmuşdur. Beləliklə, (2) düsturu əsasında hesablanmış $P_{\max} = 0,98 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ olur.

Debay xarakteristik temperaturunu (θ_D) hesablamaq üçün ədəbiyyatdan mövcud olan empirik düsturdan istifadə edilmişdir.

$$\theta_D = \frac{19,37}{(\bar{A} V^{2/3} \alpha)^{1/2}} \dots \quad (5)$$



Şəkil 1. *(TlGaSe₂)_{0,8}(TlInS₂)_{0,2} bərk məhlulunun izotermik
sıxılma əmsalının temperatur asılılığı*

Burada $\bar{A}$ -ortakkvadratik atom kütləsi, α -istidən xətti genişlənmə əmsalı, V isə molyar həcmidir.

Cədvəldən göründüyü kimi, tempearturun arması ilə istidən genişlənmə əmsalı (α) və izotermik sıxılma əmsalı (χ_T)-nin qiymətləri artır, lakin həm Debay xarakteristik temperaturu (θ_D), həm də $\theta_D^2 \cdot M$ -in qiymətlərində azalma baş verir. Bu dəyişikliklər qanunauyğun dəyişikliklərdir. Belə ki, tempearturun artması ilə atomlararası kimyəvi rabitə qüvvəsi zəifləyir. Bu isə həm istilik parametrlərinin, həm də rabitə enerjisinin qiymətinə təsir göstərir.

Müqayisə göstərir ki, kristalların dağılma həddinə uyğun gələn təzyiqin qiyməti geniş temperatur intervalında kristal daxili atomlararası rabitə enerjisinin necə dəyişməsinə xarakterizə edə bilmir. O ancaq möhkəmlik həddi haqda müəyyən fikir söyləməyə imkan verir. Lakin $\theta_D^2 \cdot M$ H_{at} -atomizasiya enerjisi ilə mütənasib olan bir hədd olduğuna görə bu hasili bilməklə kristal qəfəsində rabitə enerjisinin necə dəyişməsi haqda əvvəlcədən müəyyən proqnozlar vermək mümkün olur. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, istilik parametrlərinin dəyişməsi ilə atomlararası rabitə enerjisi arasında korelyasiya metallik rabitə olan kristallara nisbətən kovalent rabitənin üstünlük təşkil etdiyi kristallarda daha yaxşı ödənilir.

İstidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsalları ilə rabitə enerjisi arasındakı bu cür korrelyasiya, onu deməyə əsas verir ki, belə əlaqəni xüsusi istilik tutumu və digər yarımkeçirici parametrlər arasında da gözləmək olar.

İstidən xətti genişlənmə əmsalı, atomlararası orta kvadratik yerdəyişmə ilə mütənasib olduğundan, kristal qəfəsində atomlararası rabitə enerjisi ilə orta kvadratik yerdəyişmə arasında da müəyyən korrelyasiya ola biləcəyini əvvəlcədən demək mümkündür. $A^{III} B^V$ -tipli birləşmələr üçün qadağan olunmuş zonanın eninin qəfəsin enerjisi ilə mütənasib olduğu göstərilmişdir. Belə olan halda $\theta_D^3 M$ -hasilinin də qadağan olunmuş zonanın qiymətindən asılılığı haqda müəyyən fikir yürütmək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Сирота Н.Н. Физические свойства полупроводников в связи с энергией и характером межатомной связи // В кн.: Химическая связь в полупроводниках и термодинамика. – Минск: Наука и техника, – 1966, – 339 с.
2. Курбанов М.М., Годжаев М.М., Мамедов С.Д., Магеррамов А.Б., Мамедов Э.Г. Корреляция между тепловым расширением, изотермической сжимаемостью и фотопроводимостью в твердых растворах $(\text{TlGaSe}_2)_{1-x}(\text{TlInS}_2)_x$ ($x=0,1;0,2$). // Неорганические материалы. – 2012, – т.48, – №7, – с.1-3
3. Kurbanov M.M. Godjajev M.M. Akhmedov A.M. Thermal expansion, isothermal compression and heat capacity difference at constant pressure (C_p) and constant volumes (C_v) in solid solutions $(\text{TlGaSe}_2)_{1-x}(\text{TlInS}_2)_x$ ($x=0,1;0,2$). // Azerbaijan journal of physics, fizika, – 2014, – V.XX, – № 2, – pp.9-11
4. Qurbanov, M. M. $(\text{TlGaSe}_2)_{1-x}(\text{TlInS}_2)_x$ ($x=0,1; 0,2$) bərk məhlullarının izotermik sıxılması və atomlararası rabitə enerjisi / M. M. Qurbanov, F. Ə. Məmmədov, S. C. Məmmədov // Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. – 2021. – Vol. 21. – No 4. – P. 4-7. – DOI 10.54758/16801245_2021_21_4_4. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47690219>

РЕЗЮМЕ

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ОТ МЕЖАТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СВЯЗИ В ТВЕРДОМ РАСТВОРЕ $(\text{TlGaSe}_2)_{0,8}(\text{TlInS}_2)_{0,2}$

Курбанов М.М., Годжаев М.М., Зейналов Г.И., Дамиров А.Г.

Ключевые слова: *твердый раствор, тепловые параметры, энергия связи, полупроводник, тепловое расширение, изотермическая сжимаемость, Дебаевская температура, кристаллическая структура*

В данной работе приведены результаты вычисленных параметров максимальной разрушающей напряжений и энергий межатомной связи на основе экспериментальных значений коэффициентов теплового расширения и изотермической сжимаемости в твердом растворе $(\text{TlGaSe}_2)_{0,8}(\text{TlInS}_2)_{0,2}$. Показано, что для соединений типа $A^{II} B^V$ ширина запрещенной зоны пропорциональна энергии решетки.

SUMMARY

DEPENDENCE OF THERMAL PARAMETERS ON INTERATOMIC BINDING ENERGY IN SOLID SOLUTION $(\text{TlGaSe}_2)_{0,8}(\text{TlInS}_2)_{0,2}$

Kurbanov M.M., Godzhaev M.M., Zeynalov G.I., Damirov A.G.

Key words: *solid solution, thermal parameters, bond energy, semiconductor, thermal expansion, isothermal compressibility, Debye temperature, crystal structure.*

In this work, the results of the calculated parameters of the maximum breaking stresses and interatomic bond energies are presented on the basis of the experimental values of the coefficients of thermal expansion and isothermal compressibility in the solid solution $(\text{TlGaSe}_2)_{0,8}(\text{TlInS}_2)_{0,2}$. It is shown that for compounds of type $A^{II} B^V$, the band gap width is proportional to the lattice energy.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	29.09.2021
	Son variant	03.03.2022

ОБ АСИМПТОТИЧЕСКОМ ЗНАЧЕНИИ ПРИБЛИЖЕНИЯ МНОГОКРАТНО ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫХ ФУНКЦИЙ СОПРЯЖЕННЫМИ m -СИНГУЛЯРНЫМИ ИНТЕГРАЛАМИ

МУСАЕВ АЛИ МЕХТИ оглу

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, доцент
emus1957@mail.ru

Ключевые слова: порядок, сингулярный интеграл, компактность, ядро, метрика, преобразования.

Многие вопросы математики приводят к изучению сходимости и порядка сходимости линейных операторов в отдельных точках и в метрике данного пространства.

Результаты об аппроксимации функций сингулярными интегралами играют важную роль и имеют многочисленные применения в различных областях математики.

Вопросы о порядке приближения и порядке сходимости различного класса функций линейными операторами, в частности сингулярными интегралами, исследованы П.П.Коровкиным, В.В.Жуком, И.П.Натансоном, С.М.Лозинским, Б.И.Голубовым [3], А.Лебегом, П.Л.Бутцером [1], Р.Несселем [2], Р.Мамедовым [5] и другими. Порядок сходимости сопряженными сингулярными интегралами к функции в характерных точках и в метрике пространства изучены Р.Г.Мамедовым в монографии [5]

Рассмотрим интегральный оператор

$$F_{\lambda}^{[m]}(f; x) = \lambda \int_{-\infty}^{\infty} \left[(-1)^{v-1} \binom{m}{v} f(x + vt) \right] k_{\lambda}(t) dt \quad (1)$$

с ядрами типа Фейера. Операторы с произвольными ядрами $k_{\lambda}(t)$ были подробно изучены Р.Г.Мамедовым [4] и названы m – сингулярным интегралом.

Пусть функция $k(t)$ удовлетворяет условиям :

1°. Четная.

2°. $\int_{-\infty}^{\infty} k(t) dt = 1.$

$$\tilde{F}_{\lambda}^{[2m+1]}(f; x) = \lambda \int_{-\infty}^{\infty} \left[\sum_{v=1}^{2m+1} (-1)^v \binom{2m+1}{v} \tilde{f}(x + v(t) \cdot \tilde{k}(\lambda t)) \right] dt \quad (2)$$

На основе оператора (1) строится оператор (2). Оператор (2) называется сопряженным m – сингулярным интегралом.

В дальнейшем понадобятся следующие обозначения:

$$\xi_{2i+1} = \int_0^{\infty} t^{2i+1} \left(\bar{k}(t) + \frac{1}{\pi t} \right) dt;$$

$$\eta_{2m+1}^{[2i+1]} = \sum_{v=1}^{2m+1} (-1)^{v+1} \binom{2m+1}{v} v^{2i+1},$$

$i = (0, 1, 2 \dots).$

Теорема 1. Пусть функция $f(t), k(t) \in L(-\infty; \infty)$ и положительная функция $k(t)$ удовлетворяют условиям 1° и 2°. Если нечетные моменты $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{2n+1}$ функции $\bar{k}(t) + \frac{1}{2\pi t}$ конечны и функция $f(t)$ имеет конечную производную $(2n+1)$ порядка $f^{(2n+1)}$ в точке $t = x$, то справедливо асимптотическое равенство:

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} \lambda^{2n+1} \left[f^*(x) - \tilde{F}_\lambda^{[2m+1]}(f; x) - 2 \sum_{i=m}^{n-1} \frac{\eta_{2m+1}^{[2i+1]}}{\lambda^{2i+1}} \cdot \frac{\xi_{2i+1}}{(2i+1)!} f^{(2i+1)}(x) \right] =$$

$$= 2 \cdot \frac{\eta_{2m+1}^{[2i+1]} \cdot \xi_{2n+1}}{(2n+1)!} f^{(2n+1)}(x) \quad (3)$$

Теорема 2. Пусть удовлетворяют все условия теоремы 1. (вместо моментов ξ_{2i+1} берутся $\xi_\lambda^{[2i+1]} = \int_0^\infty \left| t^{2n+1} \left[\bar{k}_\lambda(t) + \frac{1}{\pi t} \right] \right| dt$);

Если $\xi_\lambda^{[2n+1]} \rightarrow 0$ и $\int_0^{+\infty} \left| t^{2n+1} \left[\bar{k}_\lambda(t) + \frac{1}{\pi t} \right] \right| dt = 0$ ($\xi_\lambda^{[2n+1]}$) и $\frac{1}{\xi_\lambda^{[2n+1]}} \int_0^{+\infty} \left| t^{2n+1} \left[\bar{k}_\lambda(t) + \frac{1}{\pi t} \right] \right| dt = 0$ (1) для любого $\delta > 0$, при $\lambda \rightarrow \infty$, то справедливо равенство:

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} \frac{1}{\xi_\lambda^{[2n+1]}} \left[f^*(x) - \tilde{F}_\lambda^{[2m+1]}(f; x) - 2 \sum_{i=m}^{n-1} \frac{\eta_{2m+1}^{[2i+1]}}{(2i+1)!} \cdot \xi_\lambda^{[2i+1]} f^{(2i+1)}(x) \right] =$$

$$= 2 \cdot \frac{\eta_{2m+1}^{[2n+1]}}{(2i+1)!} f^{(2n+1)}(x) \quad (4)$$

В самом деле,

$$\frac{1}{\xi_\lambda^{[2n+1]}} \left[f^*(x) - \tilde{F}_\lambda^{[2m+1]}(f; x) - 2 \sum_{i=m}^{n-1} \frac{\eta_{2m+1}^{[2i+1]} \xi_\lambda^{[2n+1]}}{\lambda^{2i+1}} \cdot f^{(2i+1)}(x) \right] =$$

$$= 2 \frac{\eta_{2m+1}^{[2n+1]}}{(2n+1)!} \cdot f^{(2n+1)}(x) + \frac{\gamma_\lambda^{[m]}}{\xi_\lambda^{[2n+1]}}$$

где

$$\gamma_\lambda^{[m]} = \sum_{n=1}^{m+1} (-1)^{v-1} \binom{2m+1}{v} \frac{\nu^{2n+1}}{(2n+1)!} \int_0^{+\infty} t^{2n+1} \widetilde{\mu}_\nu(t) \cdot \left[\widetilde{k}_\lambda(t) + \frac{1}{\pi t} \right] dt$$

Справедливость (4) следует из равенства

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} \frac{1}{\xi_\lambda^{[2n+1]}} \cdot \gamma_\lambda^{[m]} = 0$$

Приведем применение вышеизложенных теорем к приближению функций конкретным оператором. Рассмотрим $2m$ – сингулярный интеграл Абеля-Пуассона

$$P_\lambda^{[2m]}(f; x) = \frac{\lambda}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left[\sum_{v=1}^{2n} \binom{2m}{v} f(x + \nu t) \right] \frac{dt}{1 + \lambda^2 t^2} \quad (5)$$

Теорема 3. Если $f(t) \in L(-\infty, \infty)$ и имеет конечную производную $2n$ -го порядка $f^{(2n)}(x)$ в точке $t = x$, то справедливо асимптотическое равенство:

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} \frac{\pi(2n)! \lambda^{2n}}{2C_{2n} \mu_{2m}^{[2n]}} \left[\frac{2 \arctga}{\pi} - P_\lambda^{[2m]}(f; x) + G_\lambda^{[2m]}(f; x) - \right.$$

$$- \sum_{k=m}^{n-1} \frac{\mu_{2m}^{[2k]} C_{2k}}{\lambda^{2k}} \cdot f^{(2k)}(x) \Big] = f^{(2n)}(x)$$

где

$$G_{\lambda}^{[2m]}(f; x) = \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} \left\{ \sum_{v=1}^{2m} (-1)^{v-1} \binom{2m}{v} f\left(x + \frac{vt}{\lambda}\right) + f\left(x - \frac{vt}{\lambda}\right) \right\} \frac{dt}{1+t^2};$$

$$C_{2k} = \int_0^a \frac{t^{2k}}{1+t^2} dt,$$

$$0 < a < +\infty, \mu_{2m}^{[2k]} = \sum_{v=1}^{2m} (-1)^{2m-v} \binom{2m}{v} v^{2k}$$

Доказательство. Так как

$$\Pi_{\lambda}^{[2m]}(f; x) = \frac{\lambda}{\pi} \int_0^{a/\lambda} \left\{ \sum_{v=1}^{2m} (-1)^{v-1} \binom{2m}{v} \left[2 \cdot \sum_{k=0}^{2n} \frac{f^{(k)}(x)}{k!} \cdot (vt)^k + \frac{(vt)^{2n}}{(2n)!} \widetilde{\mu}_v(t) \right] \right\} \frac{dt}{1+\lambda^2 t^2} + G_{\lambda}^{[2m]}(f; x),$$

то имеем

$$\begin{aligned} & \frac{2 \arctg a}{\pi} f(x) - \Pi_{\lambda}^{[2m]}(f; x) + G_{\lambda}^{[2m]}(f; x) - \frac{2}{\pi} \sum_{k=m}^{n-1} \frac{C_{2k}}{(2k)!} \cdot \frac{\mu_{2m}^{[2n]}}{\lambda^{2k}} \cdot f^{(2n)}(x) = \\ & = \frac{2 C_{2n} \mu_{2m}^{[2n]}}{\pi (2n)! \lambda^{2n}} \cdot f^{(2n)}(x) - \frac{1}{\pi (2n)!} \sum_{v=1}^{2m} (-1)^{v-1} \times \\ & \times \binom{2m}{v} v^{2i+1} \int_0^{a/\lambda} \{ [f^{(2n)}(x) + \theta_{1,v}(x, t) + f^{(2n)}(x)] + \\ & + [f^{(2n)}(x + \theta_{2,v}(x, t) - f^{(2n)}(x)] \} \frac{\lambda t^{2n}}{1+\lambda^2 t^2} dt \end{aligned}$$

Продолжая таким образом, приходим к требуемому. Из теоремы 3 при $n = m$ следует:

Следствие. Если удовлетворяются условия теоремы 3, то

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} \frac{\pi \lambda^{2n}}{2 C_{2m}} \left[\frac{2 \arctg a}{\pi} f(x) - \Pi_{\lambda}^{[2m]}(f; x) + G_{\lambda}^{[2m]}(f; x) \right] = f^{(2m)}(x).$$

Рассмотрим гармонически сопряженный $2m+1$ сингулярный интеграл Абеля-Пуассона

$$\widetilde{\Pi}_{\lambda}^{[2m]}(f; x) = \frac{\lambda^2}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\sum_{v=1}^{2m+1} (-1)^{v-1} \binom{2m+1}{v} f(x + vt) \right] \frac{t dt}{1+\lambda^2 t^2} \quad (6)$$

Теорема 4. Пусть $f(t) \in L(-\infty, +\infty)$ и $f(t)$ имеет конечную производную $(2n+1)$ порядка $f^{(2n+1)}(x)$ в точке $t = x$, тогда справедливо асимптотическое равенство:

$$\begin{aligned} & \lim_{\lambda \rightarrow \infty} \lambda^{2m+1} \left[f^*(x) - \widetilde{\Pi}_{\lambda}^{[2m+1]}(f; x) - g_{\lambda}^{[2m+1]}(f; x) - \right. \\ & \left. - \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{C_{2i} \eta_{2m+1}^{[2i+1]}}{(2i+1)!} \cdot \frac{f^{(2i+1)}(x)}{\lambda^{2i+1}} \right] = \frac{C_{2n} \eta_{2m+1}^{[2n+1]}}{(2n+1)!} \cdot f^{(2n+1)}(x), \end{aligned} \quad (7)$$

где

$$g_{\lambda}^{[2m+1]}(f; x) = \frac{1}{\pi} \int_a^{\infty} \left\{ \sum_{v=1}^{2m+1} (-1)^{v-1} \binom{2m+1}{v} f\left(x + \frac{vt}{\lambda}\right) - f\left(x - t \frac{vt}{\lambda}\right) \right\} \cdot \frac{dt}{t(1+t^2)}; \quad C_{2i} =$$

$$\int_0^a \frac{t^{2i}}{1+t^2} dt < +\infty \quad \text{и } 0 < a < +\infty$$

Равенство (7) следует из представления:

$$\begin{aligned} \lambda^{2n+1} \left[f^*(x) - \tilde{\Pi}_\lambda^{[2m+1]}(f; x) - g_\lambda^{[2m+1]}(f; x) - \frac{2}{\pi} \sum_{k=m}^{n-1} \frac{C_{2k} \eta_{2m+1}^{[2k+1]}}{(2k+1)! \lambda^{2k+1}} \cdot f^{(2k+1)}(x) \right] = \\ = \frac{2C_{2n} \eta_{2m+1}^{[2n+1]}}{\pi(2n+1)!} \cdot f^{(2n+1)}(x) + \frac{\lambda^{2n+1}}{\pi} \sum_{v=1}^{2m+1} (-1)^{v-1} \binom{2m+1}{v} \frac{v^{2n+1}}{(2n+1)!} \times \\ \times \int_0^{a/\lambda} \{ [f^{(2n+1)}(x + \theta_{1,v}(x, t) - f^{(2n+1)}(x)) + \\ + [f^{(2n+1)}(x + \theta_{2,v}(x, t)) - f^{(2n+1)}(x)] \} \cdot \frac{t^{2n} dt}{1 + \lambda^2 t^2}. \end{aligned}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Berens H., Butzer P. On the best approximation for singular integrals by Laplace transform methods / On Approximation Theory, P.L. Butzer and J. Korevaar, –JSNMS, –Birkhauser, –1964, –pp.24-42
2. Kolbe W., Nessel R. Saturation theory in connection with Mellin transform methods / SJAM, J. MatR. Anal. – V3, –№2, –1972, –pp.246-252
3. Голубов Б.И. Об асимптотике кратных сингулярных интегралов для дифференцируемых функций / Матем. заметки, –1981, – т.30, –№5, –с.749-762
4. Butzer P. Nessel R. Fourier analysis and approximation // One-Dimensional Theory, Academic Press, –New York and London, –Vol. 1. –1971.
5. Мамедов Р.Г. Преобразование Меллина и теория приближения / Р.Г. Мамедов. –Баку, –1991, –272 с.
6. Musayev A.M. On saturation order of functions some variables by singular // International journal of Applied Mathematics, –Vol.31, –June, –2018.
7. Musayev A.M. On asymptotic estimation of approximation of functions by general Mellin type a singular integrals // Transformation of Azerbaijan, –2009, –XXIX, –№4, –pp.113-121.
8. Musayev A.M. О порядке приближение $[m, n]$ -сингулярных интегралов в метрике пространство $L_{p, \sigma, \tau}(E_2^+)$ // Abstracts of IV International Scientific and Practical Conference – Rome, –Italy, feb. 26-28, –2021, – pp194-202
9. Musayev A.M. О классе насыщения функций нескольких переменных α сингулярными интегралами в пространства $L^p(R_n)$ // Proceedings of XI International Scientific and Practical Conference, – London. –United Kingdom. –2-4 yune, –2021, –pp.734-742
10. Musayev A.M. On saturation order of functions some variables by singular // International journal of Applied Matematics, –vol.31, –№3, –june, –2018, ISSN11-1728, eISSN1314-8060, Bulqaria.8 st.
11. Musayev A.M. On linear operators giving higher order approximation of functions in $L_o^p(R^+)$ // –International Journal of Applied Mathematics, –Vol.33, –№1, –2020, –pp.15-27
12. Musayev A.M. Boundedness of commutators of an osculatory inteqrал operators in variable exponent Morrey space // International Journal of Applied Mathematics, –Vol.34, –№4, –2021, – pp.745-760.

XÜLASƏ
YÜKSƏK TƏRTİB DİFERENSİALLANAN FUNKSİYALARIN QOŞMA M-SİNGULYAR
İNTEQRALLARLA YAXINLAŞMASININ ASİMPOTİK QİYMƏTİ HAQQINDA
Musayev Ə.M.

Açar sözlər: *sıra, singulyar integral, kompakt, nüvə, metrik, çevrilmə*

Riyaziyyatın bir çox məsələləri xətti operatorların ayrı-ayrı nöqtələrdə və bu məkanın metrikasında oxşarlığın və oxşarlığın öyrənilməsinə gətirib çıxarır. Singulyar integrallarla funksiyaların approksimasiyasının nəticələri mühüm rol oynayır və riyaziyyatın müxtəlif sahələrində çoxsaylı tətbiqlərə malikdir.

Təqdim olunan məqalədə yüksək tərtib diferensiallanan funksiyaların qoşma m -singulyar integrallarla asimptotik yaxınlaşma tərtibi tapılır. Alınan nəticələr konkret qoşma m -singulyar integrallara tətbiq edilir.

SUMMARY
ON THE ASYMPTOTIC VALUE OF THE APPROXIMATION OF HIGHLY ORDERED
DIFFERENTIABLE FUNCTIONS WITH DOUBLE M-SINGULAR INTEGRALS
Musayev A.M.

Key words: *order, singular integral, compactness, kernel, metric, transformations*

Many questions of mathematics lead to the study of convergence and the order of convergence of linear operators at individual points and in the metric of a given space. The results of the approximation of functions by singular integrals play an important role and have numerous applications in various fields of mathematics.

In this paper, the asymptotic values of the approximation of repeatedly differentiable functions by conjugate m -singular integrals are investigated. The results obtained are applied to specific conjugate m -singular integrals

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	29.09.2021
	Son variant	03.03.2022

MÜXTƏLİF KATALİZATORLAR İŞTİRAKINDA ANİLİN VƏ 2-METİLANİLİNİN ETİLLƏSMƏ REAKSİYASININ TƏDQIQI

¹AĞAYEV ƏKBƏR ƏLİ oğlu

²ƏLİYEV NAILƏ ABDULLA qızı

³NƏSİROVA İRADƏ MƏMMƏD qızı

⁴TURABXANLI SƏMAYƏ ELDƏNİZ qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, 1- professor, 2-k.f.d., 3- baş müəllim, 4-doktorant

irapon.sdu@mail.ru

Açar sözlər: anilin, 2-metilanilin, etanol, N-etilanilin, 6-etil-2-metilanilin, 4-etil-2-metilanilin, etilləşmə, oksid katalizatoru, Pd. H-mordenit, aktivlik, selektivlik

Anilin və onun metil homoloqlarının etilləşmə reaksiyası əsasən etilhalogenidlərin və klassik alkilləşmə katalizatorları (AlCl_3 , FeCl_3) iştirakında tədqiq edilmiş və ekoloji çətinliklərin ortaya çıxmasına görə geniş vüsət almamışdır [1, 2]. Alkilləşdirici kimi digər agentlərin metanol, etanol, etilen götürülməsi və daha effektiv katalitik sistemlərin işlənilib-hazırlanması istiqamətində aparılan tədqiqatların nəticələri ümidverici olmuşdur [3-6].

Məqalədə anilin və 2-metilanilin etanolla alkilləşmə reaksiyasında müxtəlif katalizatorların aktivliyinin müəyyən edilməsi və daha effektiv katalitik sistemin seçilməsi məqsədi ilə aparılmış tədqiqatın nəticələri verilir.

Təcrübələr tərpənməz laylı katalizatorlarla təhciz olunmuş axar rejimdə işləyən reaktoru olan laboratoriya qurğusunda aparılıb. Katalizatorun həcmi 20sm^3 , reaksiyanın müddəti 1 saatdır. Maye və qaz halında olan reaksiya məhsullarının analizi xromatoqrafik yolla Xrom-5 və Xromatek-Kristal-5000 cihazlarında həyata keçirilib.

Xromatoqrafik analiz zamanı istifadə olunan bərk daşıyıcıların kimyəvi, katalitik adsorbsiya aktivliklərinin nümunədəki komponentlərin göstəricilərinə mənfi təsiri ehtimalını əvvəlcədən bildiyimizə görə inert daşıyıcılar (xromosorb W, xromoton və s.) seçilmişdir. Alkilatların analizi xromoton N-AW (Fr.0.16-0.20mm) üzərinə 6% SE-30 (silikon elastomeri) hopdurulmuş və ölçüləri $3.6\text{m} \times 4\text{mm}$ olan xromatoqrafik kalona doldurulmuş faza iştirakı ilə aparılmışdır. Alovlu-ionlaşdırılmış dedektor olan halda analiz $80-180^\circ\text{C}$ temperatur həddlərində temperaturun $8^\circ\text{C}/\text{dəq}$ sürətlə artırılması yolu ilə əvvəlcədən proqramlaşdırılmış rejimə əsasən həyata keçirilmişdir.

Bərk katalizatorlar kimi oksid və seolit sistemləri götürülmüş və onların tərkibi aşağıda göstərilmişdir:

Misferrit katalizatorunda aktiv kütlənin (CuFe_2O_4) payı 25.0 kütlə%, vanadium-xrom-alüminium katalizatorunun (tərkibi kütlə% ilə) V_2O_5 -3.0, Cr_2O_3 -7.0, Al_2O_3 -93.0 olmuşdur. H-mordenitdə modul 22, pentasildə isə 40 təşkil etmiş, palladiumun hər iki seolitdəki qatılığı 1,0% kütlə olmuşdur.

Anilinlə etanolun alkilləşmə reaksiyasının nəticələri 1 sayılı cədvəldə verilir. Göründüyü kimi anilin etilləşməsinin əsas məhsullarına N-etilanilin, N, N-dietilanilin, 2-etilanilin, 4-etilanilin, 3-etilanilin və dietilanilinlər aiddir. İstifadə olunan katalizatorun tərkibindən və reaksiyanın temperaturundan asılı olaraq bu məhsulların çıxım və selektivliyi dəyişir. Nəticələrin təhlilindən görünür ki, bütün tədqiq etdiyimiz katalizatorlar iştirakı ilə temperaturun 300°C -dən 375°C -yə qədər artması anilin etilləşmə reaksiyasındakı konversiyasını artırır. $\text{CuFe}_2\text{O}_4 \cdot \gamma \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ olan halda bu artım 12.0%, $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ iştirakında 27.2%, H-mordenitdə 35.0%, Pd,H-

mordenitdə 34.0%, H-pentasilə 43.0%, Pd, HSVM-də isə 25.0% təşkil edir. 99-100% -li anilin konversiyası 375°C-də misferrit, Pd,H-mordenit və H-pentasil katalizatorları götürüldükdə əldə olunur. Alkəlləşmə temperaturunun 75°C qaldırılması alınan reaksiya məhsullarının göstəricilərinə də bilavasitə təsir göstərir. İlk növbədə aşağı temperaturda (300°C) anilindəki azot atomuna görə etilləşmənin üstünlük təşkil etməsi diqqəti cəlb edir və bu hal bütün katalizatorlar iştirakında təkrar olunur. İstisna hal kimi vanadium-xrom-alüminium katalizatorunu misal göstərmək olar. Belə ki, bu katalitik sistem götürüldükdə azota (N-) görə etilləşmənin payı (42.5%) ilə anilindəki 2-vəziyyətində olan karbona (C-) görə alkəlləşmənin selektivliyi (40.0%) praktiki olaraq çox yaxındır. Misferrit katalizatoru iştirakında N-etilanilinə görə selektivlik 89.5%, H-mordenitdə 90.0%, Pd,H-mordenitdə 91.5%, H-pentasilə 88.0%, PdHSVM-seolitində isə 85.0% təşkil edir. Maraqlı nəticələrdən biri də odur ki, bütün katalitik sistemlər iştirakında əmələ gələn N-etilanilin 300°C-də ardıcıl etilləşməyə məruz qalaraq N,N-dietilanilinə əmələ gətirir. Bu məhsulun çevrilmiş anilinə görə hesablanmış çıxımı 4.0-12.5% olur.

Temperaturun artması ilə alkəlləşmə prosesinin baş verməsində gözəçaracaq dəyişikliklər müşahidə olunur. İlk növbədə, anilindəki azota görə etilləşmənin payı kəskin azalır və misferrit katalizatoru istisna olmaqla N-etilanilinə görə selektivlik 1.0-2.0%-ə, N,N-dietilanilinə görə selektivlik isə 1.0-3.0%-ə düşür. Misferrit katalizatoru iştirakında alınan alkilatlarla çevrilmiş anilinə görə hesablanmış N-etil və N,N-dietilanilin çıxımı uyğun olaraq 20.0 və 7.5% təşkil edir ki, bu da spinel quruluşlu sistemlərin mis atomu və ionunun xassələrinin həmçinin kristallik qəfəsdəki digər metallarla onların qarşılıqlı təsirinin təbiəti ilə izah oluna bilər.

Yuxarı temperaturda (375°C) tədqiq etdiyimiz katalizatorlar anilin karbona görə alkəlləşmə məhsullarının əmələ gəlməsini təmin edirlər. Onlardan bəziləri ($\text{CuFe}_2\text{O}_4 \cdot \gamma \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, H-mordenit) əsasən o-etilanilin, digərləri (Pd, H-mordenitdə, H-pentasil) o- və p- etilanilin, PdHSVM-seoliti isə hər üç etilanilin izomerinin alınmasını həyata keçirir. Məsələn, 2-etilanilinə görə prosesin selektivliyi daha çox vanadium-xrom-alüminium katalizatoru götürüldükdə əldə olunur (84.0%). Minimum o-selektivlik $\text{CuFe}_2\text{O}_4 \cdot \gamma \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ -ə xasdır (60.5%) H-mordenit iştirakında anilin və etanoldan alınan 2-etilanilin çevrilmiş substrata görə hesablanmış çıxım 78.0% təşkil edir.

Cədvəl 1.

Müxtəlif katalizatorların iştirakı ilə anilin etanolla alkəlləşmə reaksiyasının tədqiqinin nəticələri.

Reaksiyanın şəraiti: $\nu = 1,0 \text{ st}^{-1}$, $\nu = 1:3 \text{ mol/mol}$

Adı	Katalizatorun tərkibi											
	$\text{CuFe}_2\text{O}_4 \cdot \gamma \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$		$\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$		H-mordenit		Pd, H-mordenit		H-pentasil		PdHSVM	
Temperatur	300-375		300-375		300-375		300-375		300-375		300-375	
Anilin konversiyası, %	87.0	99.0	68.8	96.0	60.0	95.0	65.0	99.0	57.0	100	71.0	96.0
Çevrilmiş anilinə görə hesablanmış reaksiya məhsullarının çıxımı %, o cümlədən N-etilanilin	89.5	20.0	42.5	2.0	90.0	2.0	91.5	1.0	88.0	1.5	85.0	-
N,N-dietilanilin	6.0	7.5	12.5	1.0	4.0	3.0	4.5	1.5	5.0	1.5	4.0	-
2-etilanilin	4.0	60.5	40.0	84.0	4.5	78.0	2.5	50.5	4.5	45.0	5.0	35.5
4-etilanilin		10.0	2.0	7.0	-	10.5	-	41.0	2.0	40.0	3.0	37.0
3-etilanilin		1.0	-	1.0	-	2.0		2.5		5.5	2.0	24.0
dietilanilinlər		-	1.5	3.5	0.5	3.0	-	2.5	-	5.0	0.5	3.0

Pd,H-mordenit və H-pentasil seolitləri iştirakında anilin etanolla alkəlləşməsindən 2-etil və 4-etilanilin qarışığı uyğun olaraq 91.5% və 85.0% selektivliklə alınır. Palladiumla modifikasiya

olunmuş mordenit götürüldükdə 2- etilanilinin 4-etilanilinə olan mol nisbəti 1:0.8, H-pentasilə isə bu göstərici 1:0.9 təşkil edir.

Özünəməxsus katalitik xassələri Pd-HSVM seoliti göstərir. 1 sayılı cədvəldən göründüyü kimi anilinin etanolla qarşılıqlı təsirindən alınan alkilatların tərkibində 2-,3-,4-etilanilinləri üstünlük təşkil edir. Onların çevrilmiş anilinə görə hesablanmış çıxımları uyğun olaraq 35.5, 24.0 və 37.0% olur. Qeyd etmək lazımdır ki, digər tədqiq etdiyimiz katalizatorlar iştirakında alınan 3-etilanilinin selektivliyi cəmi 1.0-5.5% təşkil edir.

Anilinin etanolla alkilləşmə reaksiyasında alınan məhsullar içərisində dietilanilinlərə də rast gəlinir. Misferrit katalizatorundan başqa digər katalitik sistemlər götürüldükdə əsasən 375⁰C-də alınan bu məhsulların tərkibində müxtəlif izomerlər var. Belə izomerlərə 2.6-, 2.4-, 2.3-, 2.5-dietilanilinlər aiddir.

Alkilləşmə şəraitində etanolun yan çevrilmələrinə də rast gəlinir. Belə çevrilmələrin payı çox azdır. Misferrit katalizatorunda etanalın, digər katalizatorlar iştirakında dietilefirinin əmələ gəlməsi müşahidə olunmuşdur. Qaz halında alınan maddələrin (C₂H₄) miqdarı da azdır.

Beləliklə, aparılmış tədqiqatlar nəticəsində anilinin etanolla etilləşmə reaksiyasında 2-etilanilinin sintezi üçün vanadium-xrom-alüminium katalizatoru, 2- və 4- etilanilinlər qarışığının alınması üçün Pd,H-mordenit, 2-, 3-, 4-etilanilinlər qarışığının sintezi məqsədilə Pd-HSVM, N-etilanilinin alınmasında isə misferrit və Pd,H-mordenit katalizatorları seçilib əsaslandırılmışdır.

2-metilanilinin etanolla alkilləşmə reaksiyası seolit katalizatorları, yəni mordenit və pentasilin H-formaları və onların palladiumla modifikasiya olunmuş nümunələri iştirakı ilə tədqiq edilmiş və alınan nəticələr 2 sayılı cədvəldə verilmişdir.

İstifadə olunan katalizatorların forma və tərkibindən asılı olmayaraq alınan katalizatorların tərkibi praktiki olaraq eynidir. Reaksiya məhsullarına əsasən N-etil-2-metilanilin, N,N-dietil-2-metilanilin, 2-etil-6-metilanilin, 2-metil-4-etilanilin, 2-metil-3-etilanilin və dimetilanilinlər aiddir. Bu və ya digər məhsulun alınma və çevrilmə sürətləri istifadə olunan katalizatorun quruluşu və tərkibindən, həmçinin reaksiya şəraitindən asılıdır.

Cədvəl 2.

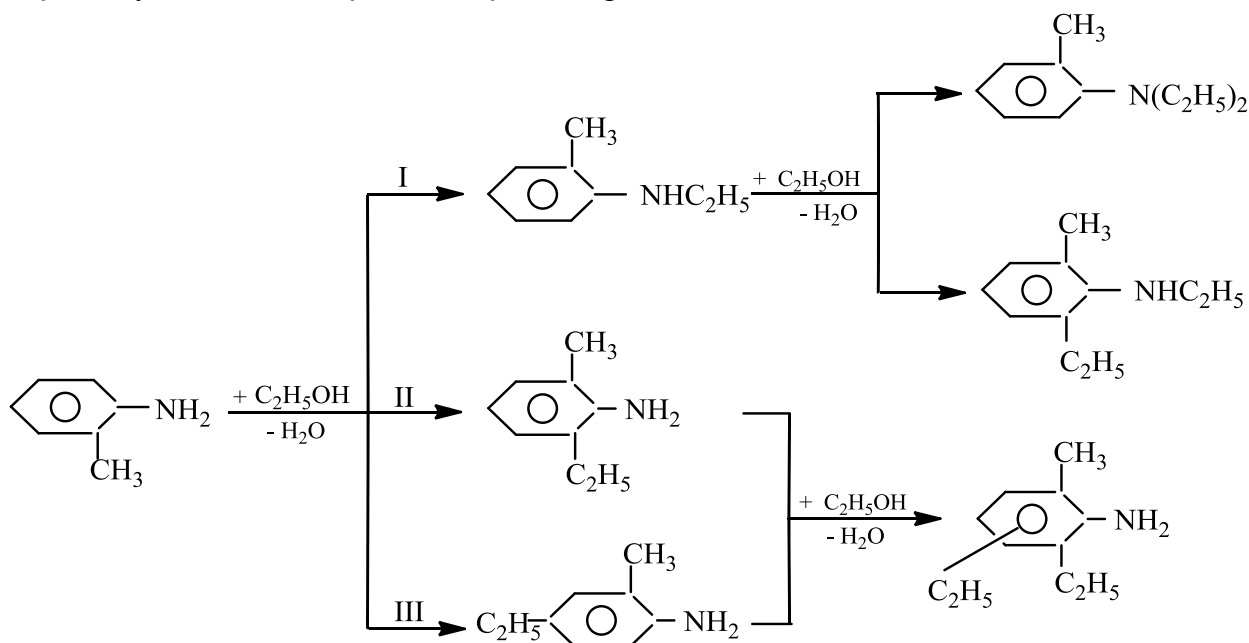
Mordenit və pentasil tərkibli seolitlər və onların palladiumla modifikasiya olunmuş nümunələrinin iştirakı ilə 2-metilanilinin etanolla alkilləşməsinin nəticələri
Reaksiyanın şəraiti: $\nu = 1,0 \text{ st}^{-1}$, $\nu = 1:3 \text{ mol/mol}$

Adı	Mordenitin forması						Pentasilin forması					
	H-mordenit			Pd,H-mordenit			H-pentasil			Pd,HSVM		
Temperatur, ⁰ C	300	350	400	300	350	400	300	350	400	300	350	400
2-metilanilinin konversiyası, %	70.0	89.0	97.5	82.0	94.0	100	57.0	90.0	100	41.0	85.0	93.0
Çevrilmiş 2-metilanilinə görə hesablanmış reaksiya məhsullarının çıxımı, o cümlədən:												
N-etil-2-metilanilin	91.5	40.0	-	93.0	35.0	-	92.0	24.5	-	89.5	8.5	-
N,N-dietil-2-metilanilin	5.0	45.0	8.0	6.0	30.0	1.0	4.0	30.0	1.0	5.0	25.0	-
2-etil-6-metilanilin	3.0	10.0	69.0	0.5	18.0	40.0	2.0	23.0	40.0	3.0	30.5	25.5
4-etil-2-metilanilin	-	2.5	14.5	-	14.5	50.0	1.5	12.0	30.0	1.0	15.5	31.1
3-etil-2-metilanilin+2-metil-5-etilanilin	-	-	5.0	-	2.0	5.5	-	8.0	22.0	1.0	16.0	36.0
2-metildietilanilinlər	-	-	2.0	-	-	3.0	-	2.0	6.0	-	3.0	6.5

Alkilatın kimyəvi tərkibini nəzərdən keçirdikdə aydın olur ki, 2-metilanilinin etanolla qarşılıqlı təsiri 2 paralel istiqamətdə baş verən ardıcıl reaksiyalara əsaslanır. Birinci istiqamət üzrə 2-metilanilinin etilləşməsi aminin azot atomuna görə, ikinci istiqamət isə onun nüvədəki karbon atomlarına görə ardıcıl şəkildə həyata keçir. Bunları sxem üzrə aşağıdakı kimi göstərmək olar. Bu

zaman birinci istiqamət üzrə əvvəlcə N-etil-2-metil-, daha sonra isə N,N-dietil-2-metilanilinlər əmələ gəlir.

Etilləşmə nüvədəki karbona görə baş verdikdə, çox güman ki, 2-etil-6-metil- və 2-metil-4-etilanilinlər qarışığı əmələ gəlir və onlar katalizatorun turşu-əslə xassələrindən və reaksiya şəraitindən asılı olaraq molekul daxili izomerləşərək 2-metil-3-etil- və 2-metil-5-etilanilinlər qarışığını verirlər. İzomerləşmə reaksiyası tarazlıq halında olan izomer qarışıqların tərkibinin əldə edilməsinə yönəlik. Çox güman ki, aminin azot atomuna görə alkəlləşmiş reaksiya məhsulu olan N-etil-2-metilanilin prosesdə aralıq maddə rolunu oynayır və müəyyən şəraitdə onun karbona görə etilləşmiş reaksiya məhsullarına çevrilməsi şübhə doğurmur.



2 sayılı cədvəldən görünür ki, aşağı temperaturda (300°C) istifadə olunan katalizatorların hamısı alkəlləşməni əsasən amindəki azot atomuna görə istiqamətləndirir. Mordenitlərdə bu göstərici pentasillərlə müqaisədə bir qədər fərqlənir. Xüsusən də modifikasiya olunmuş nümunələrdə N-etil-2-metilanilinə görə reaksiyanın selektivliyi Pd,H-mordenit olan halda 3.5% çox olur. Temperaturun artması (350°C) ilə bu məhsula görə selektivlik azalır. Bu azalma H-mordenitdə 51.5%, H-pentasildə isə 67.5% təşkil etdiyi halda, palladium tərkibli seolitlərdə daha çox gözə çarpır. Belə ki, Pd,H-mordenitdə N-etil-2-metilfenola görə selektivlik 35.0%, Pd-HSVM-də isə cəmi 8.5% olur. N-etil-2-metilanilinə görə reaksiyanın selektivliyinin 350°C -də belə kəskin azalması N,N-dietil-2-metilanilin və aminin karbona görə alkəlləşmə məhsullarının əmələ gəlməsi ilə müşayiət olunur. Azota görə ardıcıl etilləşmə nəticəsində N,N-dietil-2-metilanilin selektivliyi H-mordenitdə 40.0%, H-pentasildə 26.0%, Pd,H-mordenitdə 24.0%, Pd-HSVM-də isə 20.0% artır. Temperaturun 50°C qaldırılması etitoluidinlərin selektivliyini də artırır. Bu artım modifikasiya olunmuş seolitlərdə daha çox olur. Belə ki, Pd,H-mordenitdə selektivlik 34.5%-ə, Pd-HSVM olan halda isə 62.0%-ə qalxır ki, bu da müvafiq seolitlərin H-formaları ilə müqayisədə uyğun olaraq 2.8 və 1.5 dəfə çoxdur. Çevrilmiş 2-metilanilinə görə hesablanmış reaksiya məhsullarının çıxımlarının belə kəskin dəyişməsi katalitik prosesdə paralel reaksiyalarla birgə ardıcıl aktların da baş verdiyini göstərir. Ona görə də amin molekulunda azota görə alkəlləşmiş reaksiya məhsullarının, etitoluidinlərin alınmasında aralıq maddə olduqları və proses zamanı molekul daxili çevrilmələr hesabına bu məhsullara çevrilməsi istisna olunmur.

Temperaturun 400°C -yə qaldırılması 2-metilanilin azota görə alkəlləşmə məhsullarının katalizatdakı payını heçə endirməklə yanaşı, etitoluidinlərin çıxımını artırır. Bu isə amin

molekulunda karbona görə etilləşmənin payının artmasına və həmçinin, izomerləşmə prosesinin sürətinin çoxalmasına gətirib çıxarır. H-mordenit olan halda etiltoluidinlərin çevrilmiş 2-metilanilinə görə ümumi çıxımı 88.5%, H-pentasilə 92.0%, Pd.H-mordenitdə 95.5%, Pd-HSVM-də 92.6% təşkil edir. Alınan etiltoluidinlər qarışığında 2-etil-6-metil-, 2-metil-4-etil-, 2-metil-3-etil- və 2-metil-5-etilanilinlər olur ki, tarazlıq halına daha yaxın olan göstərici Pd-HSVM iştirakında alınır. Geniş məsələləri olan Pd.H-mordenitdə 2-metilanilin etanolla qarşılıqlı təsirindən metanoldakı hala uyğun hadisə müşahidə olunur. Belə ki, alınan etiltoluidinlər içərisində üstünlüyü 2-metil-4-etilanilin (50.0%) təşkil edir.

Digər tərəfdən çevrilmiş və başlanğıc 2-metilanilinə görə hesablanmış 2-etil-6-metil- və 2-metil-4-etilanilinlərə görə ümumi çıxım hər iki halda 90.0% olur ki, bu da praktiki cəhətdən əhəmiyyətli sayıla bilər.

Ümumiyyətlə, alınan nəticələr göstərir ki, elektrofil əvəzetmə reaksiyalarının, o cümlədən alkilləşmə proseslərinin əsas qanunauyğunluqları heterogen bərk katalizatorlar səthində də özünü doğruldur. Protonlaşmış 2-metilanilin praktiki olaraq aromatik nüvəyə görə etilləşmir, metilaminin molekulyar forması isə çox güman ki, səthdəki etoksiqruplarla qarşılıqlı təsirdə olaraq 2-metilanilin o- və p-etil izomerlərini əmələ gətirir. Katalizatorlar kimi seolitləri səciyələndirən cəhət turşu mərkəzləri kristallitin kanallarında, həm də səthində paylanmasıdır. Alınan nəticələrin təhlili göstərir ki, bu və ya digər izomerlərə və izomer qarışıqlarına görə selektiv alkilləşmənin tənzimlənmə qaydaları mövcud nəzəriyyə ilə tam uzlaşır.

ƏBƏBİYYAT

1. Hass C. Aniline the builder / European Chemical News, –2011, –№ 87, –pp.3750-3752
2. Ворошцов Н.Н.(мл.) Основы синтеза промежуточных продуктов и красителей / Н.Н.Ворошцов (мл.), –М.: Химия, –2015, –840с.
3. Малышева Л.В., Кихтиянин О.В., Паукштис Е.А., Ионе К.Г. Алкилирование анилина метанолом // Изв.СОАНРФ, сер.хим. –1999, –вып.3, –с.125-130
4. Aghayev A.A. at all. Alkylation of 2-methylaniline with methanol in the presence of zeolite catalysts // A.A. Aghayev, N.A. Mustaphayeva, M.M. Muradov, K.M. Mutallimova. –American Scientific Journal, –2016, –2(2), –pp. 39-42
5. Ağayev, Ə. Ə. və b. 2-metilanilin metanolla alkilləşmə reaksiyasında katalizatorun sabit işinin tədqiqi / Ə. Ə. O. Ağayev, N. A. Q. Mustafayeva, M. M. L. O. Muradov // SDU. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. – 2021. – Vol. 21. – No 2. – P. 17-20.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46287057>
6. Старовойтов М.К. Патент 2217415 РФ Способ получения алкиланилинов / Старовойтов М.К., Белоусов Е.К., Рудакова Т.В., Батрин Ю.Д. и др. опубл. В РЖ Химия, 06.01.19Н112П.

РЕЗЮМЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ЭТИЛИРОВАНИЯ АНИЛИНА И 2-МЕТИЛАНИЛИНА В ПРИСУТСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Агаев А.А., Алиева Н.А., Насирова И.М., Турабханлы С.Э.

Ключевые слова: анилин, 2-метиланилин, этанол, N-этиланилин, N-N-диэтиланилин, 2-этил-6-метиланилин, 2-метил-4-этиланилин, этилирование, оксидный катализатор, Pd.H-морденит, активность, селективность

Приводятся результаты исследования реакции этилирования анилина и 2-метиланилина в присутствии различных оксидных и цеолитных катализаторов. В качестве катализаторов использованы тройные оксидные системы $\text{CuFe}_2\text{O}_4 \cdot \gamma \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_5 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, а также палладийсодержащие цеолиты, H-морденит и пентасил. Установлено, что процесс этилирования ароматических аминов происходит по параллельно-последовательному механизму анилинов. При низкой температуре (300⁰С) преобладает N-этилирование с образованием N-этил и N-, N-

диэтилпроизводных, а с ростом температуры (370⁰) имеет место преимущественно С-алкилирование ароматических аминов. В отличие от других катализаторов в присутствии Pd.HЦВМ на основе 2-метиланилина и этанола образуется смесь о-, п- и м –изомеров толуидина с общей селективностью 92,6 % и выходом близким к равновесному.

SUMMARY

ETHYLATION REACTION OF ANILINE AND 2-METHYLANILINE IN THE PRESENCE OF VARIOUS CATALYSTS

Aghayev A.A., Aliyeva N.A., Nasirova I.M., Turabkhanli S.E.

Key words: *analytical, 2-methylaniline ethanol, n-ethylaniline, 6-ethyl 2-methylaniline, 4-ethyl 2-methylaniline, ethylation, oxide catalyst, activity, selectivity*

The results of the study of the acylation reaction of aniline and 2-methylaniline in the presence of various oxide and zeolite catalysts are presented. Triple oxide systems with $\text{Fe}_2\text{O}_4 \cdot \gamma\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_5 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, as well as palladium-containing zeolites H-mordenite and pentasyl were used as catalysts. It is established that the process of acylation of aromatic amines occurs by the parallel-sequential mechanism of anilines acylation of aromatic amines occurs by the parallel-sequential mechanism of anilines. At a low temperature (3000C), N-methylation predominates with the formation of N-ethyl and N-, N-diethyl derivatives, and with an increase in temperature (3700), C-alkylation of aromatic amines predominates. Unlike other catalysts in the presence of Rd.NCVM based on 2-methylaniline and ethanol forms a mixture of o-, p– and m -isomers of toluidine with a total selectivity of 92.6% and a yield close to equilibrium

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	23.12.2021
	Son variant	18.01.2022

CATENA BİS (3,5 – DİNİTROBENZOATO, 0,0') – Dİ (PİRİDİNE)- Dİ-KADMIUM(II) KOMPLEKS BİRLƏŞMƏSİNİN SİNTEZİ VƏ KRİSTAL QURULUŞUNUN TƏDQIQI

HƏSƏNOVA SƏADƏT SULİDDİN qızı

Milli Elmlər Akademiyasının Gəncə Bölməsi, dissertant

seadet_hesenova76@mail.ru

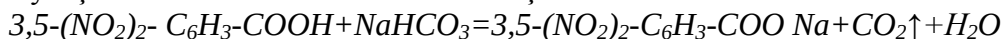
Açar sözlər: 3,5-dinitrobenzoy turşusu, piridin adduktu, xelat tipli rabitə, bidentat-körpü tipli rabitə, donor-akseptor rabitəsi.

Giriş. 9,5-denitrobenzoy turşunun benzol həlqəsində yerləşən nitroqruplar “meta effekt” təsiri göstərir və karboksil qrupunun ionlaşma dərəcəsini artırdığından kompleks əmələgətirici liqand kimi tədqiqatçılar tərəfindən istifadə edilərək bir sıra metalların davamlı kompleks birləşmələri sintez edilmiş və kristal quruluşları tədqiq olunmuşdur. Eyni zamanda turşunun kompleks birləşmələrinin optimal xassə göstərməsi müəyyən edilmişdir. [1]

Liqandın Ce(III) metalı ilə kompleks birləşməsinin monokristalları alınmış və molekulyar quruluşu [2], 3,5-di-nitrobenzoy turşusunun Cu (II) kationu ilə quruluşu öyrənmişdir. [3]

Ədəbiyyat məlumatlarında 3,5-dinitrobenzoy turşusunun Cd(II) metalı ilə kompleks birləşməsinə rast gəlinməmişdir. Odur ki, liqandın Cd(II) kationu ilə yeni kompleks birləşməsi sintez olunmuş və onun molekulyar kristal quruluşu öyrənilmişdir.

Eksperimental hissə. İlk növbədə aşağıdakı reaksiya vasitəsilə 3,5-dinitrobenzoy turşusunun suda yaxşı həll olunan natrium duzu alınmışdır:



2,34 q (0,01 mol) Na 3,5-dinitrobenzoat duzu 100 distillə olunmuş qaynar (50-60°C) suda həll edilmiş məhlulu üzərinə 3,35 q (0,01 mol $\text{CdSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ duzunun qaynar (50-60°C) distillə suyunda həll edilmiş məhlulu tökülərək qarışdırılır və süzgəc kağızı vasitəsilə süzülür. Alınmış məhlul qaranlıq yerdə otaq temperaturunda soyudulur. Krem rəngində alınmış kristal toz halında çöküntü süzülür, eksikatora susuz CaCl_2 üzərində, sabit çəki alınana qədər qurudulur.

Yeni kompleks birləşmənin rentgen quruluş analizi üçün keyfiyyətli monokristallarını almaq mümkün olmadı. Alınan kristallik çöküntü metil, etil spirtində və digər üzvi həlledicilərdə (benzol, heksan, toluol və s.) həll olunmur. Lakin piridində yaxşı həll olur. Cl(II) 3,5-dinitrobenzoat kompleks birləşməsi piridində həll edilərək kristallaşdırılmış və keyfiyyətli monokristalları alınmışdır.

Alınmış monokristalların element analizi aparılmış (CARBO-Erba 11 analizatoru) və kimyəvi formulu tapılmışdır.

Hesablanmış %: C-33,66; H-2,14; N-13,86; Cd-18,65.

Tapılmış %: C-33,58; H-2,25; N-13,71; Cd-18,86.

Alınmış monokristallar mikroskop altında seçilərək Amerika Birləşmiş Ştatlarının Virjinya Universitetində fəaliyyət göstərən “Xtal AB 11” avtomatlaşdırılmış difraktometrə göndərilmiş və Şeldrik, [4] Olex [5,6] proqramlarından istifadə edilərək kristal quruluşu açılmışdır.

Addukt kompleks birləşməsinin kristalloqrafik parametrləri aşağıdakı kimidir: Empirik formulu $\text{C}_{48}\text{H}_{32}\text{Cd}_2\text{N}_{12}\text{O}_{24}$, molekul kütləsi 1385,68 k.v., ölçmə temperaturu 100,0(2)K; Radiasiya mənbəyi $\text{MoK}_\alpha = 0,71073 \text{ \AA}$; Sinqoniya monoklik; fəza qrupu $\text{P}_{21/n}$, Monokristalın ölçüləri 0,15x0,12x0,10 mm³, Kristal qəfəsin parametrləri; a=11,791Å, b=10,457Å, c=21,507Å, $\alpha=\gamma=90^\circ$, β

*Catena bis (3,5 – dinitrobenzoato, 0,0') – di (piridine)- di- kadmium(II) kompleks birləşməsinin
sintezi və kristal quruluşunun tədqiqi*

=105,269°, Kristal qəfəsin həcmi $V=2557,56 \text{ Å}^3$, Qəfəsdə olan molekulların sayı $z=2$, sıxlığı $d=1,799 \text{ q/sm}^3$, udulma əmsalı $0,934 \text{ mm}^{-1}$, Tetanın aşağı qiyməti $2,181^\circ$, yuxarı qiyməti $32,691^\circ$, hkl müstəvilərinin mümkün qiymətləri: $h=-17,+17$, $k=-15,+15$, $L=-22,+32$. Toplanmış reflekslərin sayı 45868 ədəd Asılı olmayan reflekslərin sayı 9324 ədəd, yekun R-faktor=0,0268.

Kompleks birləşmələrdə olan bütün atomların koordinatları və onların ekvivalent temperatur faktorları cədvəl 1-də, atomlararası məsafələr cədvəl 2-də, rabitə bucaqları cədvəl 3-də verilmişdir.

Yeni kompleks birləşmənin molekulyar və kristal quruluşu şəkil 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

Atomların koordinatları ($\times 10^4$) və onların temperature faktorları

	x	y	z	U(eq)
1	2	3	4	5
Cd(1)	1195(1)	3594(1)	5340(1)	14(1)
O(1)	3118(1)	3166(1)	5207(1)	19(1)
O(2)	2523(1)	1998(1)	5927(1)	18(1)
O(3)	6825(1)	1962(1)	4698(1)	22(1)
O(4)	7826(1)	341(1)	5181(1)	23(1)
O(5)	6538(1)	-2065(1)	6735(1)	28(1)
O(6)	4932(1)	-1571(1)	6988(1)	26(1)
O(7)	1112(1)	5313(1)	4671(1)	24(1)
O(8)	286(1)	7132(1)	4242(1)	20(1)
O(9)	1765(1)	9296(1)	2681(1)	25(1)
O(10)	3389(1)	8839(1)	2465(1)	24(1)
O(11)	5468(1)	5145(1)	3476(1)	36(1)
O(12)	4884(1)	4101(1)	4199(1)	40(1)
N(1)	6994(1)	1081(1)	5087(1)	15(1)
N(2)	5675(1)	-1407(1)	6681(1)	18(1)
N(3)	2607(1)	8682(1)	2737(1)	17(1)
N(4)	4782(1)	4952(1)	3802(1)	23(1)
N(5)	1660(1)	4932(1)	6214(1)	17(1)
N(6)	503(1)	2311(1)	4454(1)	16(1)
C(1)	3244(1)	2272(1)	5609(1)	15(1)
C(2)	4334(1)	1450(1)	5709(1)	13(1)
C(3)	5159(1)	1682(1)	5361(1)	13(1)
C(4)	6124(1)	882(1)	5459(1)	13(1)
C(5)	6315(1)	-142(1)	5885(1)	14(1)
C(6)	5479(1)	-335(1)	6221(1)	14(1)
C(7)	4493(1)	435(1)	6142(1)	14(1)
C(8)	1058(1)	6276(1)	4321(1)	16(1)
C(9)	1978(1)	6430(1)	3952(1)	13(1)
C(10)	1849(1)	7421(1)	3506(1)	14(1)
C(11)	2704(1)	7582(1)	3175(1)	14(1)
C(12)	3666(1)	6787(1)	3264(1)	16(1)
C(13)	3756(1)	5807(1)	3706(1)	16(1)
C(14)	2944(1)	5609(1)	4059(1)	15(1)
C(15)	1493(2)	4521(2)	6773(1)	30(1)
C(16)	1752(2)	5254(2)	7324(1)	45(1)
C(17)	2192(2)	6477(2)	7302(1)	39(1)
C(18)	2377(1)	6902(1)	6730(1)	29(1)
C(19)	2103(1)	6101(1)	6200(1)	22(1)
C(20)	921(1)	2414(1)	3932(1)	20(1)

1	2	3	4	5
C(21)	627(1)	1566(1)	3424(1)	22(1)
C(22)	-137(1)	567(1)	3446(1)	22(1)
C(23)	-577(1)	450(1)	3981(1)	21(1)
C(24)	-234(1)	1343(1)	4472(1)	18(1)

Cədvəl 2.

Atomlar arası məsafələr, $d, \text{\AA}$

Kimyəvi rabitələr	$d, \text{\AA}$	Kimyəvi rabitələr	$d, \text{\AA}$	Kimyəvi rabitələr	$d, \text{\AA}$
Cd(1)-O(7)	2.2883(9)	N(3)-C(11)	1.4714(15)	C(12)-C(13)	1.3833(17)
Cd(1)-N(5)	2.2912(11)	N(4)-C(13)	1.4746(15)	C(12)-H(12)	0.9500
Cd(1)-O(8)#1	2.2939(9)	N(5)-C(19)	1.3337(16)	C(13)-C(14)	1.3843(16)
Cd(1)-N(6)	2.2956(11)	N(5)-C(15)	1.3393(17)	C(14)-H(14)	0.9500
Cd(1)-O(1)	2.4012(9)	N(6)-C(24)	1.3416(15)	C(15)-C(16)	1.376(2)
Cd(1)-O(2)	2.4061(9)	N(6)-C(20)	1.3444(15)	C(15)-H(15)	0.9500
Cd(1)-C(1)	2.7105(11)	C(1)-C(2)	1.5133(15)	C(16)-C(17)	1.385(3)
O(1)-C(1)	1.2547(14)	C(2)-C(7)	1.3911(15)	C(16)-H(16)	0.9500
O(2)-C(1)	1.2571(14)	C(2)-C(3)	1.3962(15)	C(17)-C(18)	1.379(2)
O(3)-N(1)	1.2240(13)	C(3)-C(4)	1.3838(15)	C(17)-H(17)	0.9500
O(4)-N(1)	1.2241(13)	C(3)-H(3)	0.9500	C(18)-C(19)	1.383(2)
O(5)-N(2)	1.2253(14)	C(4)-C(5)	1.3885(16)	C(18)-H(18)	0.9500
O(6)-N(2)	1.2219(14)	C(5)-C(6)	1.3821(15)	C(19)-H(19)	0.9500
O(7)-C(8)	1.2482(14)	C(5)-H(5)	0.9500	C(20)-C(21)	1.3780(18)
O(8)-C(8)	1.2566(14)	C(6)-C(7)	1.3870(15)	C(20)-H(20)	0.9500
O(8)-Cd(1)#1	2.2940(9)	C(7)-H(7)	0.9500	C(21)-C(22)	1.3877(19)
O(9)-N(3)	1.2227(14)	C(8)-C(9)	1.5105(16)	C(21)-H(21)	0.9500
O(10)-N(3)	1.2273(14)	C(9)-C(10)	1.3933(15)	C(22)-C(23)	1.3875(18)
O(11)-N(4)	1.2190(15)	C(9)-C(14)	1.3962(16)	C(22)-H(22)	0.9500
O(12)-N(4)	1.2164(16)	C(10)-C(11)	1.3883(15)	C(23)-C(24)	1.3864(18)
N(1)-C(4)	1.4718(14)	C(10)-H(10)	0.9500	C(23)-H(23)	0.9500
N(2)-C(6)	1.4731(15)	C(11)-C(12)	1.3795(16)	C(24)-H(24)	0.9500

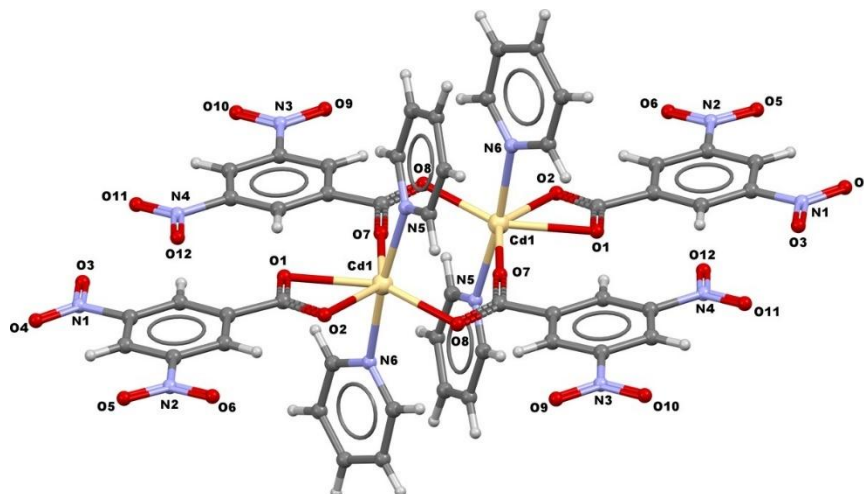
Cədvəl 3.

Valent bucaqları, ω°

Bucaqlar	ω°	Bucaqlar	ω°
1	2	3	4
O(7)-Cd(1)-N(5)	89.84(4)	C(6)-C(5)-H(5)	121.8
O(7)-Cd(1)-O(8)#1	126.55(3)	C(4)-C(5)-H(5)	121.8
N(5)-Cd(1)-O(8)#1	85.56(4)	C(5)-C(6)-C(7)	122.74(10)
O(7)-Cd(1)-N(6)	89.49(4)	C(5)-C(6)-N(2)	117.82(10)
N(5)-Cd(1)-N(6)	173.26(4)	C(7)-C(6)-N(2)	119.45(10)
O(8)#1-Cd(1)-N(6)	89.45(3)	C(6)-C(7)-C(2)	119.15(10)
O(7)-Cd(1)-O(1)	87.54(3)	C(6)-C(7)-H(7)	120.4
N(5)-Cd(1)-O(1)	100.49(3)	C(2)-C(7)-H(7)	120.4
O(8)#1-Cd(1)-O(1)	145.62(3)	O(7)-C(8)-O(8)	125.20(11)
N(6)-Cd(1)-O(1)	86.18(3)	O(7)-C(8)-C(9)	118.20(11)
O(7)-Cd(1)-O(2)	142.08(3)	O(8)-C(8)-C(9)	116.60(10)
N(5)-Cd(1)-O(2)	90.62(3)	C(10)-C(9)-C(14)	120.42(10)
O(8)#1-Cd(1)-O(2)	91.26(3)	C(10)-C(9)-C(8)	118.54(10)
N(6)-Cd(1)-O(2)	94.03(3)	C(14)-C(9)-C(8)	121.04(10)
O(1)-Cd(1)-O(2)	55.16(3)	C(11)-C(10)-C(9)	118.75(10)

*Catena bis (3,5 – dinitrobenzoato, 0,0') – di (piridine)- di- kadmium(II) kompleks birləşməsinin
sintezi və kristal quruluşunun tədqiqi*

1	2	3	4
O(7)-Cd(1)-C(1)	115.01(3)	C(11)-C(10)-H(10)	120.6
N(5)-Cd(1)-C(1)	97.42(4)	C(9)-C(10)-H(10)	120.6
O(8)#1-Cd(1)-C(1)	118.39(3)	C(12)-C(11)-C(10)	122.56(10)
N(6)-Cd(1)-C(1)	88.94(3)	C(12)-C(11)-N(3)	118.79(10)
O(1)-Cd(1)-C(1)	27.57(3)	C(10)-C(11)-N(3)	118.59(10)
O(2)-Cd(1)-C(1)	27.63(3)	C(11)-C(12)-C(13)	116.90(10)
C(1)-O(1)-Cd(1)	90.07(7)	C(11)-C(12)-H(12)	121.6
C(1)-O(2)-Cd(1)	89.79(7)	C(13)-C(12)-H(12)	121.6
C(8)-O(7)-Cd(1)	177.93(9)	C(12)-C(13)-C(14)	123.28(11)
C(8)-O(8)-Cd(1)#1	108.10(7)	C(12)-C(13)-N(4)	117.19(10)
O(3)-N(1)-O(4)	124.63(10)	C(14)-C(13)-N(4)	119.52(11)
O(3)-N(1)-C(4)	117.78(10)	C(13)-C(14)-C(9)	118.07(11)
O(4)-N(1)-C(4)	117.58(10)	C(13)-C(14)-H(14)	121.0
O(6)-N(2)-O(5)	124.49(11)	C(9)-C(14)-H(14)	121.0
O(6)-N(2)-C(6)	118.23(10)	N(5)-C(1)-C(16)	122.89(14)
O(5)-N(2)-C(6)	117.27(10)	N(5)-C(15)-H(15)	118.6
O(9)-N(3)-C(10)	124.32(11)	C(16)-C(15)-H(15)	118.6
O(9)-N(3)-C(11)	117.70(10)	C(15)-C(16)-C(17)	119.02(16)
O(10)-N(3)-C(11)	117.96(11)	C(15)-C(16)-H(16)	120.5
O(12)-N(4)-O(11)	124.49(12)	C(17)-C(16)-H(16)	120.5
O(12)-N(4)-C(13)	117.92(11)	C(18)-C(17)-C(16)	118.48(15)
O(11)-N(4)-C(13)	117.59(12)	C(18)-C(17)-H(17)	120.8
C(19)-N(5)-C(15)	117.72(12)	C(16)-C(17)-H(17)	120.8
C(19)-N(5)-Cd(1)	123.50(9)	C(17)-C(18)-C(19)	118.87(14)
C(15)-N(5)-Cd(1)	118.77(9)	C(17)-C(18)-H(18)	120.6
C(24)-N(6)-C(20)	117.82(11)	C(19)-C(18)-H(18)	120.6
C(24)-N(6)-Cd(1)	120.61(8)	N(5)-C(19)-C(18)	123.01(13)
C(20)-N(6)-Cd(1)	121.15(8)	N(5)-C(19)-H(19)	118.5
O(1)-C(1)-O(2)	124.77(11)	C(18)-C(19)-H(19)	118.5
O(1)-C(1)-C(2)	117.59(10)	N(6)-C(20)-C(21)	122.64(12)
O(2)-C(1)-C(2)	117.63(10)	N(6)-C(20)-H(20)	118.7
O(1)-C(1)-Cd(1)	62.36(6)	C(21)-C(20)-H(20)	118.7
O(2)-C(1)-Cd(1)	62.58(6)	C(20)-C(21)-C(22)	119.22(12)
C(2)-C(1)-Cd(1)	174.67(8)	C(20)-C(21)-H(21)	120.4
C(7)-C(2)-C(3)	120.03(10)	C(22)-C(21)-H(21)	120.4
C(7)-C(2)-C(1)	119.27(10)	C(23)-C(22)-C(21)	118.78(12)
C(3)-C(2)-C(1)	120.68(10)	C(23)-C(22)-H(22)	120.6
C(4)-C(3)-C(2)	118.32(10)	C(21)-C(22)-H(22)	120.6
C(4)-C(3)-H(3)	120.8	C(24)-C(23)-C(22)	118.35(12)
C(2)-C(3)-H(3)	120.8	C(24)-C(23)-H(23)	120.8
C(3)-C(4)-C(5)	123.45(10)	C(22)-C(23)-H(23)	120.8
C(3)-C(4)-N(1)	119.58(10)	N(6)-C(24)-C(23)	123.20(11)
C(5)-C(4)-N(1)	116.94(10)	N(6)-C(24)-H(24)	118.4
C(6)-C(5)-C(4)	116.32(10)	C(23)-C(24)-H(24)	118.4



Şəkil 1. Catena-bis-(3-5-dinitrobenziato)-di(piridina) Cd(II) kompleks birləşməsinin molekulyar və kristal quruluş

Alınmış nəticələrin təhlili. Şəkil 1-dən göründüyü kimi yeni kompleks dimer quruluşda olub liqandın karboksil qrupunun oksigenləri mərkəzi atom Cd(II) ilə həm xelat tipində ($\text{Cd} - \text{O}(1) = 2,4012\text{\AA}$; $\text{Cd}(1) - \text{O}(2) = 2,4061\text{\AA}$, həm də bidentat-körpü tipində ($\text{Cd}(1) - \text{O}(7) = 2,2883\text{\AA}$; $\text{Cd}(1) - \text{O}(8) = 2,2939\text{\AA}$) rabitə yaradır. Digər kompleks birləşmələrdə rast gəlinəndə kimi bidentat-körpü tipli rabitə xelat tipli rabitədən xeyli qısadır. [7] Karboksil qrupunun oksigenləri ilə karbon atomu arasındakı rabitələr ($\text{C}(1)-\text{O}(1)=1,2547\text{\AA}$; $\text{C}(1)-\text{O}(2)=1,2571\text{\AA}$) demək olar ki, eynidir. Mərkəzi atom Cd(II) ilə piridin molekulunun azotu arasındakı rabitə ($\text{Cd}(1) - \text{N}(5)=2,2912\text{\AA}$; $\text{Cd}(1)-\text{N}(6)=2,2959\text{\AA}$) eyni olub digər piridin adduktları ilə bir qədər fərqlidir. [9] Benzol həlqəsində nitroqrupların karbon atomları ilə rabitəsi ($\text{Cd}(4) - \text{N}(1)=1,4718\text{\AA}$; $\text{C}(6)-\text{N}(2)=1,4731\text{\AA}$) eynilik təşkil edir və digər nitrobenzoy turşusunun komplekslərində olduğu kimidir. [3] Nitroqruplarda azot oksigen rabitələri ($\text{N}(3)-\text{O}(9)=1,2227\text{\AA}$; $\text{N}(4)-\text{O}(17)=1,2273\text{\AA}$) digər 3,5-dinitrobenzoat komplekslərdə olduğu kimidir.

Benzoy həlqəsində olan karbon atomları arasındakı rabitə orta hesabla $1,3885\text{\AA}$ olub, benzoy turşusunun digər törəmələrinin kompleks birləşmələri ilə eynilik təşkil edir. [8]

Nəticə.

1. Benzoy turşusunun nitrotörəməsi olan 3,5 dinitrobenzoy turşusunun kadumium metalı ilə yeni kompleks birləşməsi sintez olunmuş, onun pirində həll olması nəticəsində piridin adduktu alınaraq kristal quruluşu öyrənilmişdir.

2. Mərkəzi atom Cd(II) liqandın karboksil qrupu ilə həm xelat həm də bidentat körpü tipində rabitə əmələ gətirir. Həlləddici kimi istifadə olunan piridin molekulları quruluşa daxil olaraq molekulla olan azot atomları vasitəsilə mərkəzi atomla koordinasiya olunur və onun koordinasiya ədədini 6-ya çatdırır.

ƏDƏBİYYAT

1. Navaz M.Tahir, at all. Nitroaromatic complexes for the optical sensor detection. / Navaz M.Tahir, Nazir S., Hamled S, Bechbold İ.H. – Acta Cryst. –2016, –43, –pp.863-873
2. Navaz M.Tahir, və b. Tris-dinitrobenzoato Ce(III) / Navaz M.Tahir, Ü.Dinçer, E.M.Movsumov, –Acta Crystal, –1996, –Vol. 52, –pp.2436-2439
3. Məmmədova A.T. Bis-(dinitrobenzoato)-(dipiridine) Mis (II) – dihidrat addukt kompleksinin sintezi və kristal quruluşu / A.T.Məmmədova, E.M. Mövsümov. –Kimya problemləri, –2011, – №3, –Vol.5, –s. 431-436
4. Dolomanov, Oleg V. at all. OLEX2: a complete structure solution, refinement and analysis program. / Dolomanov, Oleg V ; Bourhis, Luc J ; Gildea, Richard J ; Howard, Judith A. K ; Puschmann, Horst. –Journal of applied crystallography, –2009-04-01, –Vol.42 (2), –p.339-341

5. Sheldrick, George M. SHELXT– Integrated space-group and crystal-structure determination. Acta crystallographica. Section A, Foundations and advances, 2015-01, Vol.71 (1), p.3-8
6. Bourhis, Luc J. at all. The anatomy of a comprehensive constrained, restrained refinement program for the modern computing environment –Olex2 dissected / Bourhis, Luc J ; Dolomanov, Oleg V ; Gildea, Richard J ; Howard, Judith A. K ; Puschmann, Horst. –Acta Cryst. –Section A, Foundations and advances, –2015-01, –Vol.71 (1), –pp.59-75
7. Hasanova S.S. at all. Catena-((μ -pyrazine)-diaqua-bis(4-nitrobenzoato)-cobalt) / Hasanova S.S., Mamedova L.N., Ashfaq M., Munawar Kh.Sh., Movsumov E.M., Khalid M., M. Nawaz T., Imran M., –Journal of Molecular Structure, –2021, –131851, DOI: [10.1016/j.molstruc.2021.131851](https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.131851)
8. Kasimova S. Ali, at all. Bis(μ -4-aminobenzoato)-tetrakis(4-aminobenzoato)-tetrakis(aqua)-dithulium(III) dehydrate / Kasimova S. Ali, M. Ashfaq, M.N. Tahir, E.M. Movsumov, K.S. Munawar, –Acta Cryst. Section E: –Crystallographic Communications, –2022, –Vol.78, –p.282, DOI: [10.1107/S2056989022001116](https://doi.org/10.1107/S2056989022001116)

РЕЗЮМЕ

СИНТЕЗ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА КАТЕНА БИС(3,5-ДИНИТРОБЕНЗОАТ, 0,0')-ДИ(ПИРИДИН)-ДИ-КАДМИЙ(II)

Гасанова С.С.

Ключевые слова: 3,5-динитробензойная кислота, аддукт пиразина, хелатная связь, бидентатно-мостиковая связь, донорно-акцепторная связь.

Синтезирован новый комплекс 3,5-динитробензойной кислоты с катионом Cd (II). Получены монокристаллы комплекса с пиридином и расшифрованы молекулярные и кристаллические структуры на автоматическом дифрактометре. Установлено, что новый комплекс кристаллизуется в моноклинной сингонии с параметрами $a=11,791\text{\AA}$, $b=10,457\text{\AA}$, $c=21,507\text{\AA}$, $\beta=105,269^\circ$. Центральный атом Cd (II) координируется кислородом карбоксильной группы лиганда по хелатному и бидентатно – мостиковому типу. Молекулы пиридина через донорные атомы азота координируются центральным атомом Cd (II) по донорно-акцепторному механизму и дополняют координационное число до шести.

SUMMARY

SYNTHESIS AND CRYSTAL STRUCTURE OF THE CATENA COMPLEX BIS(3,5-DINITROBENZOATE, 0.0')-DI(PYRIDINE)-DI-CADMIUM(II)

Hasanova S.S.

Key words: 3,5-dinitrobenzoic acid, adduct pyridine, chelated bond, bidentatno-bridging bond, donor-acceptor bond

A new complex of dinitrobenzoic acid with the Cd(II) kation was synthesized single crystals of the complex with pyridine were obtained and the molecular structure were deciphered on an automatic diffractometer. It has been established that the new complex crystalized in a monoclinic system witch parameters: $a=11,791\text{\AA}$, $b=10,457\text{\AA}$, $c=21,507\text{\AA}$, $\beta=105,269^\circ$. The central Cd(II) atom is coordinated by the oxygen atoms of the carboxyl group of the ligand according to the chelate and bidentate-bridging types. Piridine molecules are coordinated by the central Cd(II) atom through donor nitrogen atoms by the donor-acceptor mechanism and complement the coordination number of Cd(II) to six.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	21.01.2022
	Son variant	03.03.2022

UOT 547.

DOI 10.54758/16801245_2022_22_1_31

PREPARATION OF MICROELEMENTIZED MINERAL FERTILIZER BY DECOMPOSITION OF NATURAL PHOSPHATE WITH SULFURIC ACID USING DATOLITE CONCENTRATE

MUSTAFA-ZADEH JEYHUN MUSA

Sumgait State University, Azerbaijan, doctoral student

ceyhun.mustafazade@greentech.az

Key words: mineral fertilizers, decomposition, datolite concentrate, microelements

The main regularities of the process of preparation of microelementized mineral fertilizer have been studied. The decomposition process of the apatite concentrate with sulfuric acid was carried out using additives of the datolite concentrate. The phosphorus-containing powdered mineral fertilizers obtained in this case have improved physical-chemical properties and are enriched with additional micronutrients – boron and iron.

Introduction. It was known that the microelements vital for plants are those, which cannot be substituted by other elements in their specific biochemical role and which have a direct influence on the plant organism, i.e., without them it can neither grow nor complete some metabolic cycles. It has been established that the iron enters the bearing plants skeleton and participates in the processes of photosynthesis, nitrogen fixation and oxidative-reduction reactions, the boron enters connected as small molecules, including antibiotics, participates in the metabolism processes and transfer of carbohydrates, synthesis of flavonoidins, synthesis of nucleic acids, utilization of phosphate, as well as the formation of polyphenols [1-3].

Therefore, the investigation of the preparation process of phosphorus fertilizer containing microelements – boron and iron is of scientific-practical interest from the point of view of the efficiency of the obtained mineral fertilizer.

The authors have studied that various additives are used for improvement of the quality of the obtained mineral fertilizers during the decomposition of natural phosphates with sulfuric acid. However, not all additives reached widespread practice. One of the most widely used additives was surface-active substances (surfactants) (SAS) [4-5]. It has been established that at decomposition of the natural phosphates with sulfuric acid, the use of SAS as an additive allows to increase the degree of decomposition of the initial raw material, the physical-chemical properties of the obtained product are improve and allows the use of sulfuric acid of higher concentration. However, the efficiency of the mineral fertilizers production with the use of SAS did not achieve the expected results. Therefore, the use of SAS in the preparation process of the mineral fertilizers did not find the wide application. It has been established by laboratory experiments that SASs do not considerably influence on the maturing rate for the first day. Some researchers consider that the most important advantage of use of SAS in the preparation process of phosphorus-containing mineral fertilizers is the improvement of the physical properties of the product [6].

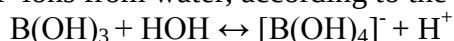
The main lack of the above-mentioned method is that the harmful effects of SAS can appear in the further use of mineral phosphorus-containing fertilizers for preparation of granulated mixed fertilizers.

With the aim of more intensive isolation of gaseous substances in the chamber, the calcium carbonate is added to some natural phosphates for preparation of a porous product. It has been

established that this method is especially advisable for processing of Khibiny apatite concentrate. The limestone and dolomite are also used for conditioning of phosphorus-containing mineral fertilizers. The lack of this method is the possible retrogradation of the available form of P_2O_5 .

Experimental part. With the aim of increase of a degree of decomposition of natural phosphate raw materials and enrichment of phosphorus-containing mineral fertilizer with microelements, the apatite concentrate of standard composition was used as a raw material and as an additive – datolite concentrate according to GOST 16108-80.

In a case of the presence of datolite concentrate in the reaction zone during the decomposition of natural phosphates by sulfuric acid, it is simultaneously decomposed with the formation of boric acid. The formation of boric acid influences positively on increase of a degree of decomposition of the raw material. It was known that the orthoboric acid is a weak monobasic acid [7]. Unlike usual acids, its acidic properties are appeared not by the detachment of the hydrogen ions (H^+), but by the addition of OH^- -ions from water, according to the following scheme:



In the end, the formed hydrogen ions favor an increase of the total concentration of the hydrogen ions and have an effect on a deeper decomposition of the natural phosphate.

The experiments were carried out on a laboratory installation according to the following sequence [8]:

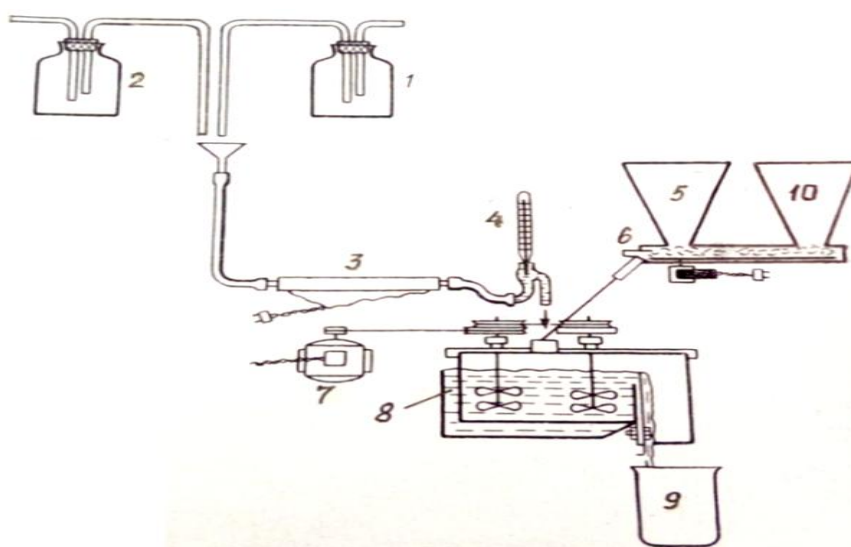


Fig.1. Scheme of laboratory installation of preparation of microelementized mineral fertilizer: 1 and 2 – dozer of sulfuric acid dispenser and intensifying solution, respectively; 3 – acid heater; 4 – contact thermometer; 5 – apatite concentrate bunker; 6 – dozer of apatite; 7 – electric motor; 8 – mixer; 9 – glass; 10 – datolite concentrate bunker.

2-2,5 l of sulfuric acid with concentration of 75% was poured into flask 1, 1-2 l of water was poured into flask 2. The calculated quantity of sulfuric acid and water through the heater 3 enters the mixer 8, the apatite concentrate from the bunker 5, the datolite concentrate from the bunker 10 simultaneously enters there, and the consumption of raw materials is regulated by the dozer 6. In mixer 8, the liquid and solid phases are mixed for 7-8 min for preparation of a well-catching pulp. After establishment of the normal mixing regime, the pulp is removed into preliminarily weighed and heated porcelain glass 9 with a capacity of 1 l (Fig.1). After filling the glass, it is placed in a thermostat, where it is kept for 1 h at 110-115°C. After that, the obtained product is removed from the thermostat, processed and analyzed by standard methods.

Table .

The composition of microelementized phosphorus fertilizer and a degree of decomposition of the apatite concentrate in the product obtained with the addition of datolite concentrate (Conc. Of sulfuric acid – 63%; norm – 70 mass p. per 100 mass p. apatite))

Quantity of the additive, % from mass of apatite	Composition of superphosphate after 8 days of maturing, mass %						Degree of decomposition %
	P ₂ O ₅ общ.	P ₂ O ₅ св.	P ₂ O ₅ сбоф.	Fe	B	H ₂ O	
0	21,52	19,19	7,03	-	-	8,89	92,52
2	21,43	20,04	6,95	0,25	0,41	8,32	93,51
4	21,29	20,02	6,69	0,39	0,72	8,16	94,03
6	21,16	20,31	6,47	0,63	1,00	7,95	95,96
8	21,02	20,28	5,91	0,95	1,24	7,82	96,48
10	20,88	20,46	5,75	1,18	1,68	7,70	97,98
12	20,75	19,61	5,82	1,53	2,04	7,58	94,51
14	20,52	19,22	6,39	1,89	2,45	7,50	93,66
16	20,40	18,73	7,04	2,20	2,81	7,39	91,81

As is seen from Table 1, with the introduction of an additive of the datolite concentrate, the degree of decomposition of apatite in the obtained product is gradually increased. That is, an effective method of acceleration of decomposition is the maintenance of a high concentration gradient on the reaction products in the diffusion layer. It is also important that the reaction products were crystallized not on the surface of the dissolving solid body, but in the volume of the solution. One of the methods allowing to reach the crystallization of reaction products in the volume of the solution during the decomposition process of natural phosphates with sulfuric acid is the removal of the dissolved substance from the volume of the solution, i.e. decrease of its concentration in the solution. This can be done by addition of reagents to the solution forming slightly soluble compounds with the dissolved substance. During dissolution of fluoroapatite in sulfuric acid, the introduction of datolite concentrate favors the formation of boric acid, which bind OH⁻ ions from water with the isolation of the hydrogen ions (H⁺), as a result of which the concentration of the hydrogen ions in the liquid phase is increased, which shows a positive influence on deeper decomposition of the raw material. In addition, the crystallization of slightly soluble compound – calcium sulfate hydrate and its precipitation decrease its concentration in solution. As a result, the concentration gradient on the calcium ion increases and the dissolution of fluoroapatite is accelerated. At the same time, it is obvious that the conversion of the dissolved salt with the sulfate ion and the formation of hydrate crystals of the calcium sulfate proceeds not on the surface of the dissolved body, but advantageously in the volume of the solution, i.e. the external surface of the diffusion layer [9].

Results and discussion and conclusion. The dynamics of an increase of a degree of decomposition is observed with the addition of up to 10% of the mass of fluoroapatite. This tendency is also explained by the fact that with the introduction of an additive into system CaO – P₂O₅ – H₂O, the additional H⁺ ions are formed, which favors the activation of the hydrogen ions, and sulfate ions allow to connect the calcium ions as CaSO₄·H₂O and thereby create the favorable conditions for deeper decomposition of phosphate raw.

An increase of a quantity of the additive more than 10% of mass of the datolite concentrate is inadvisable, since in this case, the expected high degree of decomposition is not achieved. This phenomenon has been apparently connected with the supersaturation of system CaO – P₂O₅ – H₂O with hydrate crystals of the calcium sulfate, which screen the surface of apatite grains and create the obstacles for the diffusion of sulfuric acid to apatite grains.

It has been established by the carried out investigations that the highest degree of decomposition of the raw materials is reached with the addition of the datolite concentrate 6-10% from mass of the apatite concentrate.

Thus, the carrying out of the process in the indicated interval of the addition of the datolite concentrate allow to increase the degree of decomposition of the raw materials in the product 95,96-97,98% and contain P_2O_5 avail. – 20,31 – 20,46; P_2O_5 free – 6,75 – 5,45; B – 1,0 – 1,68; Fe – 0,63 – 1,18, consequently, the qualitative characteristics of the end product are improved due to its enrichment with microelements such as boron and iron.

REFERENCES

1. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Пер.с англ. –М.: Мир, –1989, – 439 с.
2. Кочеткова И.М. Влияние структуры и влажности гранул сложных фосфорсодержащих удобрений на их физико-механические свойства / Кочеткова И.М., Соколов В.В., Михайличенко А.И. –Химическая промышленность сегодня. –2017, – No3, –с.17-23
3. Мустафа-заде Дж.М., Мамедова Г.М., Самедов М.М. Исследование процесса разложения природных фосфатов серной кислотой в присутствии добавок смеси $MgHSO_4$ и H_3PO_3 // Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). –Пермь, –2020, –том 4, –с. 120-124
4. Кармышов В.Ф. Химическая переработка фосфоритов / В.Ф. Кармышов. –М.: Химия, – 1983, –304 с.
5. Технология фосфорных и комплексных удобрений / Под. ред. С.Д.Эвенчика, А.А.Бродского. –М.: Химия, –1987, –464 с.
6. Суперфосфат. / Перев. с англ. под ред. докт. техн. наук. проф. А.А.Соколовского. –М.: Химия, –1979, –336 с.
7. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учеб. для вузов / Н.С.Ахметов. –5-е изд., испр. –М.: Высшая школа, –2003, –743 с.
8. Позин М.Е. Руководство к практическим занятиям по технологии неорганических веществ / М.Е. Позин. –Л: Химия, –1988, –304 с.
9. Орехов И.И. Влияние сульфат-иона на механизм взаимодействия природных фосфатов с фосфорной кислотой / И.И.Орехов, Т.Л.Власова. –Химическая промышленность, –1985, –No 2, –с.755-757

XÜLASƏ

DATOLİT KONSENTRATININ İŞTİRAKİ İLƏ TƏBİİ FOSFATLARIN SULFAT TURŞUSUNDA PARÇALANMASINDAN MİKROELEMENTLİ MİNERAL GÜBRƏNİN ALINMASI

Mustafa-zadə C.M.

Açar sözlər: mineral gübrə, parçalanma, datolit konsentratı, mikroelementlər

Məqalədə mikroelementli mineral gübrənin alınması prosesinin əsas qanunauyğunluqları öyrənilmişdir. Təbii fosfatların sulfat turşusunda parçalanması prosesi datolit konsentratının iştirakı ilə həyata keçirilmişdir. Bu üsulla alınan fosfortərkibli tozşəkilli mineral gübrə daha mükəmməl fiziki-kimyəvi xassələrə malik olur və tərkibi əlavə qida mikroelementləri bor və dəmir ilə zənginləşmiş olur.

РЕЗЮМЕ

**ПОЛУЧЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТИЗИРОВАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ
РАЗЛОЖЕНИЕМ ПРИРОДНОГО ФОСФАТА СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ДАТОЛИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА**

Мустафа-заде Дж.М.

Ключевые слова: минеральные удобрения, разложение, датолитовый концентрат, микроэлементы

В статье изучены основные закономерности процесса получения микроэlementизированного минерального удобрения. Процесс разложения апатитового концентрата серной кислотой осуществляли с применением добавок датолитового концентрата. Полученные при этом фосфорсодержащие порошкообразные минеральные удобрения обладают улучшенными физико-химическими свойствами и обогащаются дополнительными питательными микроэлементами - бором и железом.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	03.04.2021
	Son variant	14.12.2021

О НЕТЕРМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ГЕТЕРОГЕННО- КАТАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

МУРАДОВА ПЕРИ АГАГУСЕЙН гызы

Институт катализа и неорганической химии им. академика М.Ф. Нагиева

НАН Азербайджана, докторант

muradovaperi@rambler.ru

Ключевые слова: СВЧ, катализатор, наноструктура, деалкилирование, толуол, бензол, нетермический эффект

В предлагаемой работе на примере стимулированной микроволновым излучением реакции деалкилирования толуола с водяным паром в присутствии $\text{Ni-Co-Cr/Al}_2\text{O}_3/\text{Al}$ -катализатора предпринята попытка выявления нетермического эффекта воздействия электромагнитного поля СВЧ на реакционную систему путем дополнительного воздействия микроволнового излучения в процессе генерирования водяного пара перед подачей в реакционный аппарат.

Установлено, что при деалкилировании толуола с водяным паром, полученным из воды, дополнительно активированной воздействием микроволнового излучения, общие закономерности протекания реакции сохраняются. Однако, при этом достигается более высокая скорость превращения толуола и избирательность по бензолу за счет возрастания числа активированных молекул адсорбированной воды, участвующих в целевых реакционных маршрутах деалкилирования толуола, что можно квалифицировать, как проявление нетермического эффекта при интенсификации наблюдаемых гетерогенно-каталитических превращений.

Введение. В последние годы в лабораторной и производственной практике все более широкое применение находят нетрадиционные способы активации поверхности гетерогенных катализаторов, основанные, например, на использовании сверхвысокочастотного (микроволнового) электромагнитного излучения. [1-3]

Ярко выраженный эффект, проявляющийся при использовании энергии микроволнового поля как в процессах приготовления гетерогенных катализаторов, так и при стимулировании протекания гетерогенно-каталитических реакций, обусловлен уникальными возможностями микроволнового излучения, в качестве теплового источника, а также, как вытекает из ряда публикаций, нетермического источника активации каталитических превращений [4-6].

Диэлектрический нагрев поглощающих микроволновое излучение твердофазных катализаторов происходит с довольно высокой скоростью, к тому же, благодаря большой глубине проникновения излучения в катализаторную шихту, тепловой фронт практически мгновенно распространяется в ее объеме.

В связи с этим, разграничить тепловые и нетепловые эффекты, возникающие при стимулирующем воздействии СВЧ-излучения на протекание органических химических реакций, является весьма сложной задачей.

С одной стороны, низкие, в сопоставлении с энергией межатомной связи в молекулах органических соединений, значения энергии квантов СВЧ-излучения (таблица.1), свидетельствуют о невозможности их непосредственной активации путем разрыва химических связей в условиях воздействия излучения.

Таблица 1.

Сопоставление энергии квантов электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с энергией разрыва связей в органических молекулах

ПРИРОДА ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛАХ	ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ И КВАНТА СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ, eV
C – C Связь (Углеводороды)	3,61
C = C Связь (Олефины)	6,35
C – O Связь (Спирты, Эфиры)	3,74
C = O Связь (Альдегиды, кетоны)	7,71
C – H Связь (Углеводороды)	4,28
O – H Связь (Спирты)	4,80
Водородные связи	0,04 – 0,44
Микроволновое излучение 300 МГц	$1,2 \times 10^{-6}$
Микроволновое излучение 2,45 ГГц	$1,0 \times 10^{-5}$
Микроволновое излучение 300 ГГц	$1,2 \times 10^{-3}$

С другой, описаны многочисленные случаи, когда определенные реакции без микроволнового облучения осуществить не удастся вообще. Такие реакции иногда связывают с так называемым микроволновым катализом [7].

Так, в работе [8] приводится объяснение причин интенсификации химических реакций воздействием микроволнового излучения, обусловленных совмещением термического эффекта (перегрев, локальный перегрев, селективный перегрев) с нетермическими эффектами, связанными с формированием и влиянием на реакционную среду высокополяризованного поля. Показано, что упомянутые эффекты могут оказывать влияние на изменение любого из членов уравнения Аррениуса, отражающего температурную зависимость константы скорости соответствующего химического превращения:

$$k = A \cdot \exp(-\Delta E/RT) \quad (1)$$

Аналогично, А. Миклаус, сопоставляя результаты кинетических исследований ряда гетерогенно-каталитических реакций, протекающих в условиях традиционного и СВЧ нагрева, пришел к выводу, что в последнем случае их существенное ускорение может происходить в результате влияния вращательного возбуждения молекул на геометрию их столкновений. [9]

Эффект от применения микроволнового излучения наиболее заметен при осуществлении реакций с участием многоатомных молекул, взаимодействию которых препятствуют стерические факторы. Например, образование и функционализация тетразолов, проходящих с участием стерически затрудненных субстратов, при традиционном термическом воздействии, требуют длительного нагревания, в то время, как в условиях микроволнового синтеза, для большинства реакций, катализируемых переходными металлами, время превращения значительно сокращается. [10,11]

Интересные результаты исследования нетермического влияния микроволнового излучения на процесс гетерогенно-каталитического дегидрирования этилбензола в стирол были опубликованы в работе. [12]

Авторами установлено, что проведение процесса дегидрирования этилбензола в присутствии катализаторов дегидрирования как российского производства (K24), так и производства фирмы BASF (S6-34) с непрерывной микроволновой активацией воды, используемой для получения пара-разбавителя, приводит к увеличению выхода целевого продукта – стирола на 2-13 % (абс.); Применение обработанной микроволновым излучением (МВИ) воды вызывает снижение энергии активации реакции дегидрирования по сравнению с дегидрированием без воздействия излучения.

Возможность интенсификации процесса пиролиза низкооктановой бензиновой фракции в присутствии предварительно обработанной микроволновым излучением воды была показана в [13]. Установлено, что использование облученной воды для разбавления углеводородов приводит к увеличению образования этилена и пропилена в среднем, на 10 и 7 %, а также к увеличению образования бензола на 24 %, при неизменном суммарном выходе фракции ароматических углеводородов C₆-C₈.

Таким образом, факт возникновения нетермических эффектов при протекании стимулируемых СВЧ-излучением гетерогенно-каталитических реакций, в которых реагентом или продуктом превращений является водяной пар, становится характерным.

В рамках данного исследования, на примере эндотермической реакции деалкилирования толуола с водяным паром в присутствии Ni-Co-Cr/Al₂O₃/Al-катализатора, нами предпринята попытка выявления нетермического эффекта микроволнового излучения путем дополнительного его воздействия в процессе генерирования водяного пара перед подачей в реакционный аппарат.

Экспериментальная часть. Эксперименты по превращению толуола с водяным паром в присутствии Ni-Co-Cr /Al₂O₃/Al -катализатора проводились в проточном реакторе, выполненном из кварцевого стекла, на установке, сконструированной на базе многомодульной микроволновой печи марки EM-G5593V (Panasonic) с объемом резонатора 23л.

Рабочая частота генератора излучения – магнетрона составляла 2450 МГц, максимальная входная мощность – 1000 Вт. Температура в реакционной зоне измерялась с помощью дистанционного бесконтактного инфракрасного пирометра марки VA6520 с диапазоном измерения -50 ÷ 600 °С. Во избежание неожиданного перегрева реактора, в резонаторе печи устанавливалась шунтирующая емкость с циркулирующей дистиллированной водой для снижения выходной мощности излучения.

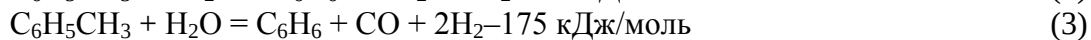
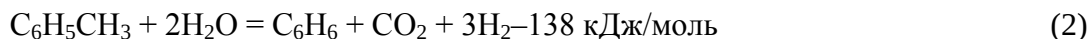
Инфракрасные спектры использованных образцов катализаторов регистрировали на спектрометре ИК-Фурье спектрометре Spectrum One B (Perkin Elmer) в спектральном диапазоне 400–4000 см⁻¹. Для приготовления образцов, запрессованных с KBr использовались методики, опубликованные в [14,15].

В отличие от способа проведения реакции, описанного в [16], заключавшемся в совместной дозированной подаче толуола и бидистиллированной воды с помощью калиброванных шприцевых дозаторов непосредственно в головную часть реактора, где сырьевые компоненты испарялись за счет микроволнового разогрева слоя катализатора и теплоты, выделяемой эффективно поглощающей СВЧ-излучение водой, в данном случае расчетные количества воды подавались в расположенный в резонаторе микроволновой печи облучаемый микроволнами змеевик – испаритель и затем, непосредственно в реактор.

Обсуждение результатов. С целью реализации процесса в условиях непрерывной подачи реакционной среды в зону контакта была исследована зависимость времени установления стационарного температурного режима от потребляемой мощности магнетрона, мольного соотношения толуол : вода и объемной скорости потока $V(\text{ч}^{-1}) = V_{\text{сыр}}/v_k$, где $V_{\text{сыр}}$ (л/ч) – скорость подачи сырья в жидкой фазе, v_k (л) – объем катализатора.

Установлено, что стационарное значение температуры в зоне реакции определяется балансом теплоты, генерируемой при поглощении энергии поля СВЧ-слоем катализатора, с

учетом энергетических затрат на протекание эндотермических реакций (1) и (2), потери тепла в окружающую среду и оттока теплоты с продуктами реакции на выходе из контактной зоны.



При увеличении мольного отношения воды к толуолу т.е. количества подаваемой в контактную зону предварительно облученной СВЧ воды при равных значениях мощности магнетрона, температуры в контактной зоне и объемной скорости подачи реакционной смеси был обнаружен факт резкого роста конверсии толуола и выхода целевого продукта – бензола.

Этот эффект отчетливо проявляется при сопоставлении представленных на рисунке 1. результатов проведения реакции при одновременной подаче в контактную зону толуола и воды без активации (кривые 1,2,3) и с предварительной активацией последней СВЧ-излучением (кривые 1',2',3').

Видно, что при фиксированных значения условного времени контакта скорость суммарного превращения толуола с водяным паром, генерация которого проводилась путем термической обработки воды микроволновым излучением превышает таковую в отсутствии предварительной активации. При этом также наблюдается рост селективности по бензолу, за счет снижения скорости диспропорционирования толуола с образованием суммы изомеров ксилола, согласно следующему стехиометрическому уравнению:



Из данных, представленных на рис. 2 следует, что с увеличением мощности микроволнового излучения, а также времени экспозиции водяного пара в поле СВЧ (в области его низких значений) наблюдается заметное приращение, как скорости суммарного превращения толуола, так и избирательности по бензолу. При этом избирательность по продуктам диспропорционирования толуола (схема 3) пропорционально снижается.

В области же варьирования времени воздействия СВЧ-излучения, соответствующей условному времени контакта 3,5 – 5,0 ч⁻¹ показатели процесса стабилизируются, достигая предельного, в данных условиях, значения.

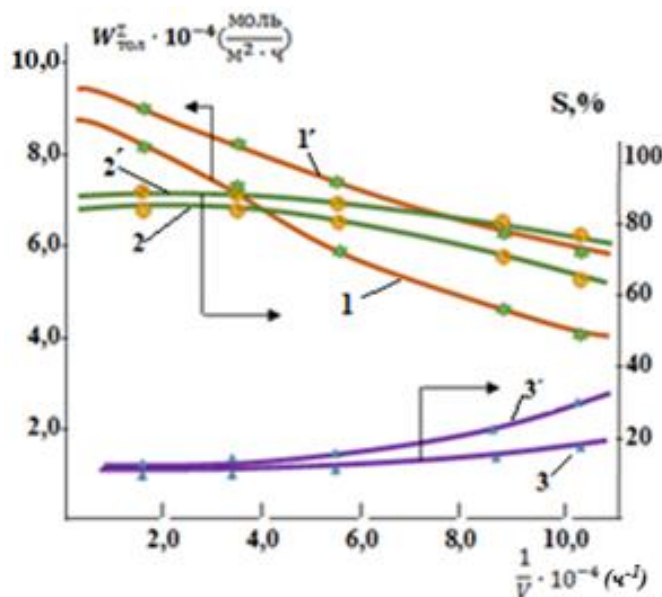


Рис.1. Зависимость скорости суммарного превращения толуола (1,1'), избирательности по бензолу (2,2'), сумме ксилолов (3,3') от условного времени контакта. Мощность магнетрона 1000 ватт, температура 430°С, мольное отношение толуол : вода = 1:4. Кривые 1,2,3 соответствуют подаче воды без предварительной активации. Кривые 1', 2', 3' - с предварительной активацией СВЧ – излучением

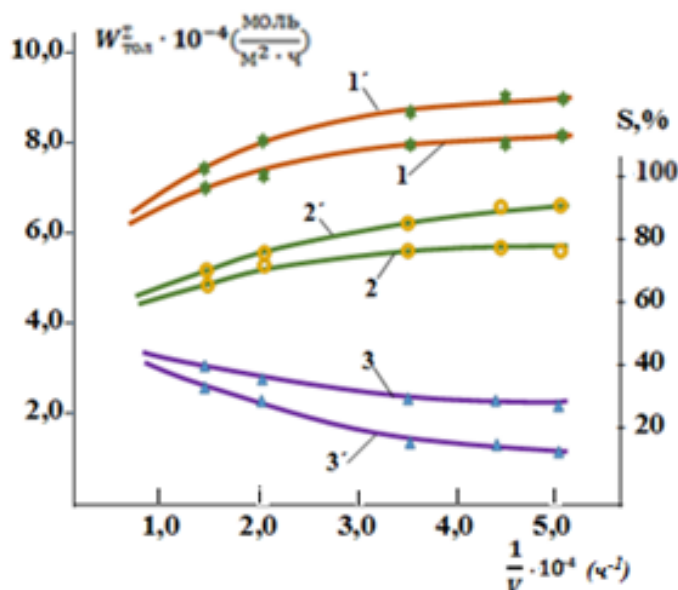


Рис.2. Зависимость скорости суммарного превращения толуола, избирательности по бензолу и сумме ксилолов от времени активации воды. Кривые 1, 2, 3 соответствуют мощности магнетрона 800 ватт, кривые 1', 2', 3' — 1000 ватт. Температура в контактной зоне 430°C , мольное отношение толуол : вода = 1:4.

ИК-спектральное исследование образцов $\text{Ni-Co-Cr}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}$ -катализатора деалкилирования толуола (рис.3), показало, что после напуска водяного пара как не активированного (В) так и активированного (А) СВЧ-излучением, спектры характеризуются следующими полосами поглощения при $3795\text{--}3790$, $3720\text{--}3710$, $3665\text{--}3660$, $3285\text{--}3280$ и $3110\text{--}3100 \text{ см}^{-1}$, различающиеся интенсивностью, которые можно отнести к валентным колебаниям терминальных (свободных) гидроксильных групп различным образом координированных атомами алюминия на поверхности $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Al}$ -матрицы носителя активной массы [17].

В области $2200\text{--}1800 \text{ см}^{-1}$ ИК-спектр содержит широкую многокомпонентную полосу поглощения, по-видимому, принадлежащую колебаниям межслоевых Н-связей гидроксильных групп [18].

Примечательно, что интенсивность полос поглощения в области $3800\text{--}3600 \text{ см}^{-1}$, соответствующих валентным колебаниям поверхностных гидроксильных групп, в

случае обработки образцов катализатора водяным паром, активированным микроволновым излучением, возрастает (спектр В).

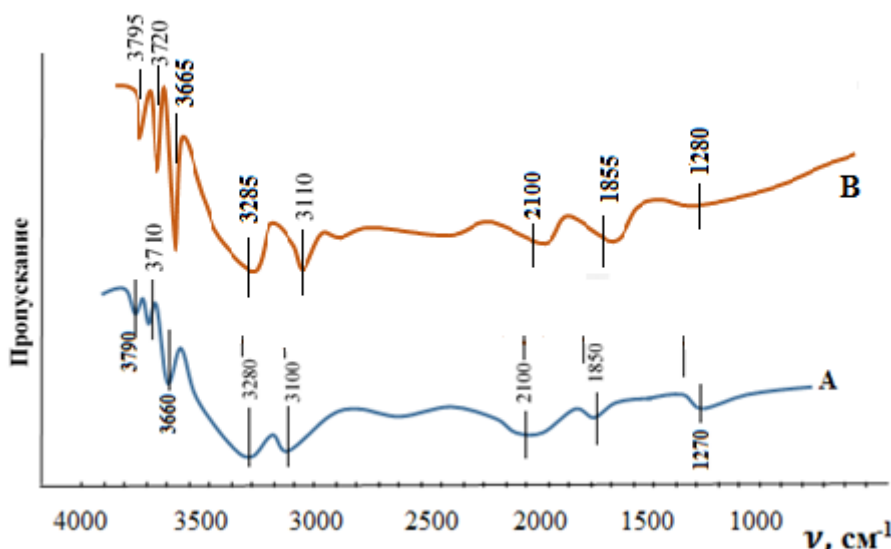


Рис. 3. ИК-спектры образцов $\text{Ni-Co-Cr}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}$ -катализатора после напуска водяного пара без предварительной активации (А) и активированной СВЧ-излучением мощностью 1000 ватт при условном времени экспозиции $3,5 \text{ ч}^{-1}$ (В).

Данный факт может быть интерпретирован интенсификацией процесса активированной диссоциативной адсорбции воды на поверхности образцов катализатора, способствующего увеличению концентрации активированных поверхностных

аквакомплексов, взаимодействующих в последующих стадиях с адсорбированными молекулами толуола.

Таким образом, приведенные результаты показывают, что при деалкилировании толуола в присутствии Ni-Co-Cr /Al₂O₃/Al-катализатора с водяным паром, полученным из воды, дополнительно активированной воздействием микроволнового излучения, общие закономерности протекания реакции сохраняются. Однако при этом достигается более высокая скорость превращения толуола и избирательность по бензолу за счет возрастания числа активированных молекул адсорбированной воды, участвующих в реакционных маршрутах деалкилирования, описываемых стехиометрическими уравнениями (2) и (3).

Следовательно, выполняется условие, обозначенное уравнением температурной зависимости константы скорости (1), когда воздействие микроволновой энергии на каталитическую реакцию систему не влияет на величину активационного барьера реакции, но приводит к росту предэкспоненциального множителя.

Учитывая то обстоятельство, что стимулированное микроволновым излучением превращение толуола в присутствии Ni-Co-Cr /Al₂O₃/Al-катализатора, при наличии предварительной активации водяного пара, превосходит по скорости образования целевого продукта в сравнении с режимом подачи пара в реакцию систему без предварительной активации, и то, что реакция осуществлялась в области идентичного температурного режима, можно констатировать проявление нетермического эффекта воздействия СВЧ-излучения на исследуемую реакцию систему.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваневец А. С., Третьяков Ю. Д. Микроволновой синтез индивидуальных и многокомпонентных оксидов // Успехи химии. –2007, –Т.76, –№5, –с. 435- 451
2. Кустов Л.М., Синев И.М. СВЧ-активация катализаторов и каталитических процессов // Журнал физ. химии. –2010, –т. 84, –№ 10, –с.1835–1856
3. Литвишков Ю.Н. Исследование характеристических параметров СВЧ- поглощающих носителей активной массы катализаторов для реакций стимулируемых микроволновым излучением // Ю.Н.Литвишков, Н.М.Гасанкулиева, С.М.Зульфугарова и др. Нефтепереработка и нефтехимия, –№4, –2015, –с.33-37
4. Рахманкулов Д.Л. Микроволновое излучение и интенсификация химических процессов / Д.Л. Рахманкулов, И.Х. Бикбулатов, Н.С. Шулаев, С.Ю. Шавшукова –М.: Химия, –2003.
5. Muradova P.A. Kinetics Stimulate Microwave Radiation Acylation Reaction of Diethylamine M-Toluic Acid in the Presence of Zn-B-P/Al₂O₃/ // P.A.Muradova, S.M.Zulfugarova, M.R.Efendiyev at all. – Al Catalyst., –Elixir Appl. Chem. –96 (2016), –pp. 41416-41419
6. Зульфугарова С.М. Новый метод исследования поверхностной кислотности гетерогенных катализаторов термодесорбцией аммиака под воздействием электромагнитного СВЧ излучения / С.М.Зульфугарова, А.Г.Аскеров, Н.М.Гасанкулиева и др. // – НефтеГазоХимия. –2017, – №1, –с.54-59
7. Кашковский В.И. Перспективы механо- и СВЧ-химии в гетерогенных каталитических процессах.// Катализ и нефтехимия, –2003, –№11, – с.78-84
8. Jullien S. C., Delmotte M., Loupy A., Jullien H. Symposium Microwave and High Frequency, – Nice (France), –1991. –Vol. II. –pp. 397–400
9. Miklavs, A. Chem. Phys. Chem. 2001. № 2. P. 552– 555.
10. Bliznets, I. V.; Vasil'ev, A. A.; Shorshnev, S. V.; Stepanov, A. E.; Lukyanov, S. M. Tetrahedron Lett. –2004, –45, –2571.
11. Lukyanov, S. M.; Bliznets, I. V.; Shorshnev, S. V.; Aleksandrov, G. G.; Stepanov, A. E.; Vasil'ev, A. A. Tetrahedron . –2006, –62, –1849.
12. Юнусова, Л.М. Интенсификация процесса дегидрирования этилбензола с применением энергии микроволн / Л.М. Юнусова, А.Г. Ликумович, Р.А. Ахмедьянова, Р.С. Яруллин, Х.В. Мустафин // Катализ в промышленности. –2010. –№2. –с. 39-41

13. Якупов А.А. Интенсификация процесса термического пиролиза углеводородов с использованием микроволнового излучения / А.А.Якупов, А.М.Екимова, А.Ш.Зиятдинов [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. –2008, –№6, –с.22-24
14. Инфракрасная спектроскопия. Методическая разработка. - Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. Факультет наук о материалах. –М., –2011, –с.88
15. Григорьев А.И. Введение в колебательную спектроскопию неорганических соединений, – М.: Издательство МГУ, –1997, –88 с.
16. Литвишков Ю.Н. Микроволновое стимулирование реакции деалкилирования толуола с водяным паром в присутствии Ni-Co-Cr/Al₂O₃/ Al-катализатора / Ю.Н.Литвишков, В.Ф.Третьяков, П.А.Мурадова [и др.] // Нефтехимия. –№3, –т.52, –2012, –с.211-214
17. Трохимец А.И. [и др.] Оптические методы в адсорбции и катализе. / А.И.Трохимец, П.П.Мардилович, Г.Н.Лысенко. –Иркутск: Иркутск. –1980. –42. –153 с.

XÜLASƏ
MİKRODALĞALI ŞUALANMANIN HETEROGEN KATALİTİK REAKSİYALARA
TƏSİRİNİN QEYRİ-TERMAL TƏSİRİ HAQQINDA
Muradova P.A.

Açar sözlər: mikrodalğalı soba, katalizator, nanostruktur, dealkilləşmə, toluol, benzol, qeyri-termal effekt.

Təklif olunan işdə, Ni-Co-Cr / Al₂O₃ / Al-katalizatorun iştirakı ilə toluolun su buxarı ilə dealkilləşməsinin mikrodalğalı stimullaşdırıcı reaksiyası nümunəsində, mikrodalğalı elektromaqnit sahəsinin reaksiya aparatına verilməsindən əvvəl su buxarının əmələ gəlməsi prosesində mikrodalğalı radiasiyaya əlavə məruz qalma yolu ilə reaksiya sistemində qeyri-termal təsirini aşkar etməyə cəhd edilir.

Məlum olub ki, mikrodalğalı şüalanmanın təsiri ilə əlavə olaraq sudan alınan su buxarı ilə toluolun dealkilləşdirilməsi zamanı reaksiyanın gedişatının ümumi qanunauyğunluqları qorunur. Beləliklə, toluol dealkilləşməsinin məqsəd reaksiya marşrutlarında iştirak edən adsorbsiya olunmuş suyun aktivləşdirilmiş molekullarının sayının artması səbəbindən benzol üçün seçicilik və toluolun daha yüksək çevrilmə sürəti əldə edilir və heterogen katalitik çevrilmələrin intensivləşməsinə qeyri-termal təsiri müşahidə olunur.

SUMMARY
ON THE NON-THERMAL EFFECTS OF THE IMPACT OF MICROWAVE
RADIATION ON HETEROGENEOUS CATALYTIC REACTIONS
Muradova P.A.

Key words: microwave, catalyst, nanostructure, dealkylation, toluene, benzene, non-thermal effect.

In the proposed work, using the example of the microwave-stimulated reaction of dealkylation of toluene with water vapor in the presence of Ni-Co-Cr / Al₂O₃ / Al-catalyst, an attempt is made to identify the non-thermal effect of the microwave electromagnetic field on the reaction system by additional exposure to microwave radiation during the generation water vapor before feeding into the reaction apparatus.

It was found that during the dealkylation of toluene with water vapor obtained from water, additionally activated by exposure to microwave radiation, the general regularities of the course of the reaction are preserved. However, this achieves a higher rate of toluene conversion and selectivity for benzene due to an increase in the number of activated molecules of adsorbed water participating in the target reaction routes of toluene dealkylation, which can be qualified as a manifestation of a non-thermal effect upon intensification of the observed heterogeneous catalytic transformations.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	19.01.2022
	Son variant	10.02.2022

ŞƏHƏR ƏRAZİLƏRİNİN AĞIR METALLARDAN ELEKTROKİNETİK TƏMİZLƏNMƏSİ ÜÇÜN SİNAQ SAHƏSİNİN SEÇİLMƏSİ MƏSƏLƏLƏRİ

MƏMMƏDOVA SƏADƏT OSMAN qızı

Bakı Dövlət Universiteti, elmi işçi, dissertant

Mamedova-2014@mail.ru

Açar sözlər: torpağ, ağır metallar, təmizlənmə, metod, elektrokimya, elektrokinetik optimallaşdırılma

Yaxşı məlumdur ki, müxtəlif tipli sənaye, kənd təsərrüfatı və hərbi fəaliyyət, adətən, torpağın qeyri-üzvi çirkləndiricilərlə çirklənməsinə səbəb olur. Bu zaman, urbanizə edilmiş ərazilərin ağır metallarla çirklənməsi bir sıra ekoloji problemlər yaradır. Bu problemlərdən ən geniş yayılanı Pb, Cd və Cr kimi ağır metallarla çirklənmədir ki, bu metallar potensial olaraq toksikdirlər və şəhər əhalisi üçün təhlükə törədirlər. Bütün bunlar şəhər ərazilərindəki qrunun ağır metallardan təmizlənməsi üçün xüsusi tədbirlərin görülməsi zərurətini yaradır. Torpağın ağır metallardan təmizlənməsi üçün ən perspektivli metodlar elektrokimyəvi və elektrokinetik metodlardır.

Mənbə [1]-də göstərildiyi kimi, torpağın elektrokinetik təmizləmə prosesinin əsasını torpaqda gil hissəciklərinin olması təşkil edir. Gilin fiziki-kimyəvi tərkibi elədir ki, onun səthində daima mənfi səthi yüklər mövcud olur. Gilli torpağın məsamələrində olan maye Dissosiasiyaya məruz qalır və müsbət və mənfi ionlara ayrılır. Mənfi yüklənmiş səth mayedəki kationları özünə cəzb edir. Nəticədə gil səthi yaxınlığında ikiqat diffuz təbəqə yaranır. Bu cür təbəqənin mövcudluğu torpaqda gedən elektrokinetik prosesi gücləndirir. Elektrokinetik proseslərə dörd əsas komponent aid edilir: elektroosmos, elektroforez, istiqamətlənmiş potensial və qalıq potensial.

Elektroosmos tətbiq edilmiş elektrik sahəsinin qradiyentinin təsiri altında baş verən mayenin hərəkətidir ki, burada elektrik sahə qradiyenti hərəkətdirici qüvvə kimi çıxış edir. Elektroforez mayədə olan bərk cisimlərin suspensiyasının tətbiq edilmiş elektrik sahəsinin qradiyentinin təsiri ilə hərəkətindən ibarətdir. İstiqamətləndirici potensial torpaqda mayenin hərəkəti nəticəsində meydana gələn elektriki potensiallar fərqi kimi müəyyənləşdirilir. Qalıq potensialı suspensiya hissəciklərinin hərəkəti nəticəsində yaranan elektriki potensial fərqi kimi müəyyənləşdirilir.

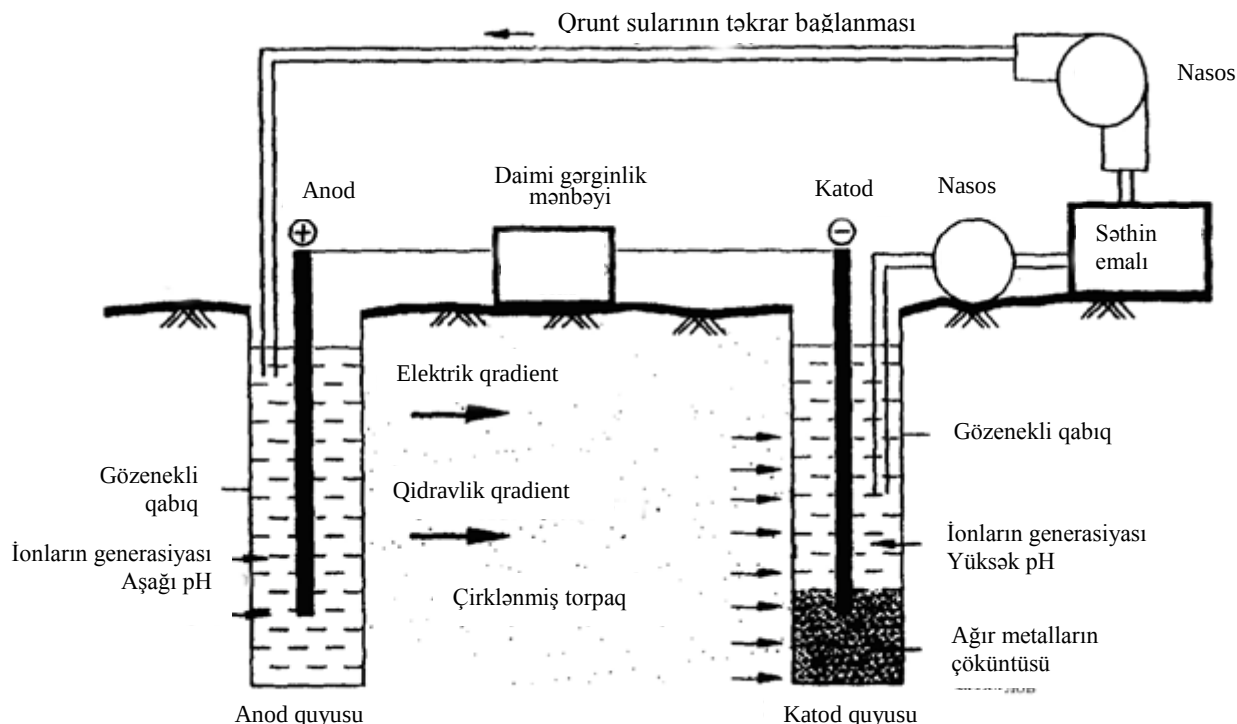
Nəzəri olaraq su, ikiqat diffuz təbəqəyə malik olan dipolyar su molekullarının qarşılıqlı təsiri nəticəsində müsbət elektrodan mənfi elektroda doğru hərəkət edir. Ağır metalların xaric edilməsi elektroosmos prosesi və ağır metal ionlarının elektromiqrasiya prosesləri nəticəsində baş verir. Elektrokinetik prosesin spesifikasiyası belədir ki, elektrik potensialı tətbiq edildikdən sonra torpaqda müsbət elektrod yaxınlığında turşu frontu (H⁺), mənfi elektrod yaxınlığında isə qələvi frontu(OH⁻) yaranır. Bu frontlar elektroliz reaksiyaları (1), (2) nəticəsində yaranırlar:



H⁺ ionlarından təşkil olunmuş turşu frontu ağır metalları həll edir və onları torpağın məsamələrində olan mayeyə qatır. Elektroosmos və ionların miqrasiyası sayəsində çirkləndirici metal ionları çirklənmiş mühitdən xaric edirlər. Lakin, qələvi frontu, çirkləndirici metallara təsir etməklə bu metalların həmin məsamə məhlullarının hüdudları xaricində çökməsinə səbəb ola bilər ki, bu da metalın xaric edilməsi prosesini zəiflədir. Aparılmış tədqiqatlar göstərmişdir ki, [1], OH⁻ frontunun bu cür təsiri qismən katod yaxınlığında olan pH səviyyəsinin korreksiyası yolu ilə qismən

kompensasiya edilə bilər. Elektrolitin bu cür kondisiyaya gətirilməsi metal çöküntülərini azalda və ya qarşısını ala bilər və ya çirkləndirici metalların nəqlini sürətləndirə bilər.

Ağır metalların torpaqdan elektrokinetik təmizlənməsinin ümumi konseptual sxemi şəkil 1 [1] -də verilmişdir.



Şəkil 1. Torpağın ağır metallardan elektrokinetik çirklənməsinin ümumi konseptual sxemi

Mənbə [2]-də göstərildiyi kimi, torpağın ağır metallardan təmizlənməsi üçün istifadə edilən elektrokinetik metod çirklənmiş qumun və gilli qumun ağır metallardan təmizlənməsi üçün daha effektivdir. Bu metod torpağın marqans və xromdan təmizlənməsi üçün daha yüksək effektivliyə malikdir. Aparılmış eksperimental tədqiqatlar [2] göstərmişdir ki, tətbiq edilən gərginlik 24 voltan 30 volta qədər artırıldıqda təmizlənmənin effektivliyi artmışdır. Effektivlik həmçinin, təmizləmə müddətinin artırılması yolu ilə artırıla bilər [2].

Mənbə [3]-də qeyd edildiyi kimi, kiçik nüfuzluluğa malik olan torpaqdan nikelin elektrokinetik üsulla xaric edilməsi üçün xüsusi reaktorda 10sm addımla yerləşdirilmiş integrasiya edilmiş elektrodlardan istifadə edilmişdir. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində aşkar edilmişdir ki, cərəyan sıxlığı $4,36\text{mA/sm}^2$ -dən $13,1\text{mA/sm}^2$ -a qədər artırıldıqda elektrokinetik prosesin effektivliyi 49,3 %-dən 57,2 %-ə qədər artır. Gərginlik qradientinin 1V/sm -dən 2V/sm -ə qədər artırılması ($13,1\text{mA/sm}^2$ olduqda) nəticəsində effektivlik 38,5 %-dən 54,3 %-ə qədər artmışdır.

Mənbə [4]-də göstərildiyi kimi, çirklənmiş torpaqdan civənin xaric edilməsi prosesinin optimallaşdırılması üçün katod yaxınlığındakı məhlul gücləndirilməli və bu məqsədlə məhlula yod əlavə edilməlidir. Eksperimental tədqiqatlarda kaolin və buzluq tili kimi gilli torpaq istifadə edilmiş, və bu nümunənin civə ilə 500 mq/kq nisbətində çirkləndirilmiş, $1,0\text{ V/sm}$ gərginlik qradientləri istifadə edilmişdir. Katod yaxınlığında yod məhlulunun konsentrasiyası $0,1\text{M}$ olduqda, qradient $1,0\text{ V/sm}$ olduqda civənin 97% xaric edilməsi əldə edilmişdir. Buzluq tilində katodda yod məhlulunun konsentarsiyası $0,5\text{M}$ olduqda, qradient $1,5\text{V/sm}$ təşkil etdikdə civənin xaric edilmə faizi 77% təşkil etmişdir.

Mənbə [5]-də göstərildiyi kimi, mislə çirklənmiş kaolinin elektrokinetik remediasiyasının ikiölçülü rəqəmli modeli yaradılmışdır. Bu model torabənzər struktura malikdir və elektrodlar

arasında baş verən miqrasiya elektrik rezistorları vasitəsilə modelləşdirilmişdir. Ağır metallarla torpaq arasındakı kimyəvi tarazlıq prosesi tədqiq edilmişdir. Həmçinin, gücləndirilmiş turşu mühitində elektrodun neytrallaşdırılması effekti tədqiq edilmişdir.

Torpağın ağır metallardan elektrokinetik təmizlənməsi sahəsində mövcud olan nailiyyətlərin yuxarıda göstərilən qısa xülasəsi imkan verir ki, aparılmış laboratoriya eksperimentlərinin aşağıda göstərilən ümumi çatışmazlıqları aşkar edilmiş olsun:

1. Tədqiqatlar əsasən real çirklənmiş sahədə deyil, modelləşdirilmiş test reaktorunda və ya sahəsində aparılmışdır.

2. Bir anod və bir katoddan ibarət olan lokal sahəyə münasibətdə elektrokinetik prosesin yüksək effektivliyinin əldə edilməsi şərtləri ümumən müəyyənəndirilmişlər.

3. Model test sahəsindən real çirklənmiş sahəyə keçid şərtləri müəyyənəndirilməmiş və xüsusilə də, real çirklənmiş sahələrin informativliyi qiymətləndirilməmiş, və bu sahələrdə eksperimental işlərin informasiya mənasında optimal aparılması şərtləri müəyyənəndirilməmişdir.

Qeyd edək ki, test sahələri həddləri daxilində eksperimental tədqiqatların optimallaşdırılmasına informasiya baxımından yanaşma belə bir mülahizəyə əsaslanır ki, bu cür sahələrdə müxtəlif nöqtələr müxtəlif dərəcədə çirklənmişlər və sahələrin heç də bütün nöqtələrində ağır metalların miqdar maksimal miqdarda deyildir.

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq, çirklənmiş test sahəsindən ağır metalların elektrokinetik üsulla xaric edilməsi prosesinin informasiya baxımından optimallaşdırılmasının təklif edilən variantını nəzərdən keçirək.

Optimallaşdırma üçün aşağıda göstərilən ilkin mülahizələr qəbul edilir:

1. Qəbul edirik ki, tədqiq edilən sahədə torpaqda olan ağır metalların cəm miqdarı ayrı-ayrı altsahələri üzrə sabitdir.

2. Qəbul edirik ki, elektriki parametrlərinə (cərəyan sıxlığı və gərginlik qradienti) münasibətdə ən yaxşı texnoloji rejim əldə edilmişdir.

3. Sahənin təmizlənmə altsahələrinin yerləşməsinin bir ölçülü strukturu nəzərdən keçirilir.

Əgər qəbul edilmiş xətti struktura malik tədqiq edilən sahədə ağır metalların cəm miqdarını C kimi işarə etsək, "Anod-katod" cütlərinin miqdarını N ilə işarə etsək, aşkar edilən ağır metalın minimal miqdarını ΔC ilə işarə etsək, ağır metalların xaric edilməsi prosesinin informativliyini belə qiymətləndirə bilərik.

$$M = N \cdot \log(m+1) = N \log \left(\frac{C}{N \cdot \Delta C} + 1 \right) \quad (3)$$

Burada: m – tsikllərin sayı, M – bütün eksperimentin informativliyidir. $(m+1)$ – bir anod-katod cütünün fəza pozisiyaları sayıdır. (3) ifadəsi N -in elə bir optimal qiymətini hesablamağa imkan verir ki, bu qiymət daxilində aparılan eksperiment maksimal informativ hesab edilə bilər. (3) ifadəsinin ekstremumunu tədqiq etmək üçün törəmələrin analizi metodundan istifadə edərək, dM/dN törəməsi tapılıb, sıfıra bərabərləşdirilir:

$$\frac{dM}{dN} = \log \left(\frac{C}{N \cdot \Delta C} + 1 \right) - \frac{C}{(\ln 2) \cdot \Delta C \cdot N \left(\frac{C}{N \cdot \Delta C} + 1 \right)} = 0 \quad (4)$$

(4) ifadəsindən aşağıdakı transsendent tənliyi ala bilərik.

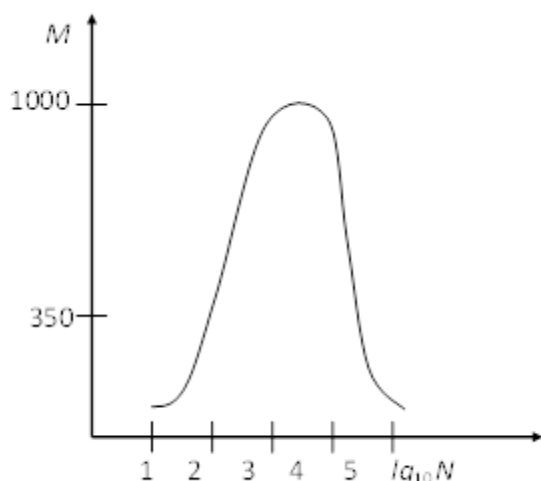
$$\log_2 \left(\frac{m}{N} + 1 \right) = \frac{m}{(\ln 2) \cdot N \left(\frac{m}{N} + 1 \right)} \quad (5)$$

$$\lg \left(\frac{m+N}{N} \right) = \frac{m}{m+N} \quad (6)$$

Burada:

$$m = \frac{C}{\Delta C}$$

(3) transsendent tənliyinin N-ə görə həlli, m-in verilmiş qiymətində imkan verir ki, verilmiş sahənin tədqiqi üçün “anod-katod” cütlərinin optimal miqdarı aşkar edilmiş olsun (şəkil 2).



$$\frac{C}{\Delta C} = 10^3$$

(qəbul edilmişdir)

Bu zaman N verildikdə test saəsi $C=m \cdot \Delta c$ düsturu ilə müəyyənləşdirilir. Burada m (6) tənliyini m-ə görə həll etməklə alınır: Δc -texnoloji təmizləmə rejimi ilə müəyyənləşir; C-test sahəsinin cəm çirklilik göstəricisi kimi qəbul edilir.

Beləliklə, göstərilmişdir ki, torpağın ağır metallarla qeyri-bərabər dərəcədə çirkləndiyi real sahələrdə “anod-katod” cütlərinin optimal miqdarı həmişə mövcuddur. Bu optimal miqdar göstəricisinin tətbiqi imkan verir ki, çirklənmiş test sahəsi optimal tərzdə tədqiq edilmiş olsun.

Qeyd etmək lazımdır ki, alınmış bu nəticə ağır metallarda çirklənmiş böyük homogen sahələrin çirklənmə dərəcəsinin tədqiqi üçün əhəmiyyət kəsb edir.

Şəkil 2. (3) ifadəsi əsasında hesablanmış $M=f(N)$ qrafiki

Bu cür sahələrdə birinci mərhələdə seçilmiş kiçik test sahəsində çirklənmə dərəcəsi tədqiq edilməlidir. Test sahəsinin çirklənmə xarakteri barədə maksimal informasiya əldə edildikdən sonra bütün ərazinin elektrokinetik təmizlənməsi işləri planlaşdırıla bilər.

Yekun olaraq, aparılmış tədqiqatın əsas nəticə və müddəalarını formulə edək:

1. Torpağın ağır metallardan elektrokinetik üsulla təmizlənməsinə dair son illərdə aparılmış ən çox xarakter tədqiqatların qısa xülasəsi verilmişdir.

2. Test sahələrinin ağır metallardan elektrokinetik üsulla təmizlənməsi prosesinin informasiya baxımından optimallaşdırılması metodu təklif edilmiş, bu metodun tətbiq sahəsi göstərilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Orcino M.A., Brickarm R.M. Electrochemical remediation of heavy metal contaminated soils. Remediation Winter, –1998, –pp. 23-47
2. Greiciute K., Vasarevicius S. Decontamination of heavy-metal polluted soil BY electrokinetic remediation / K.Greiciute, S.Vasarevicius // Geologija, –2007, –No. 57, –pp. 55-62
3. Saleem M., Electrokinetic remediation of nickel from low Permeability soil / M.Saleem, M.H.Chakrabarti, M.F.Irfan [et al] // Int. J. Electrochem, –2001, –No. 6, –pp. 4264-4275
4. Reddy K.R., Iodide-enhanced Electrokinetic remediation of merkuri-contaminated soils / K.R.Reddy, C.Chaparro, R.E.Saichek // Journal of Environmental Engineering, –December, –2003, –pp. 1137-1148
5. Vereda-Alonso C., Two-demensional model for soil electrokinetic remediation of heavy metals. Application to a copper spiked kaolin / C.Vereda-Alonso, Rodrigues-Maroto J.M., Garcia-

Delgado A., Gomes-Lahoz C., Garcia-Herruzo F. // Chemosphere, –2004, –Vol. 54, –pp. 895-903

РЕЗЮМЕ
ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОЙ
ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ УЧАСТКОВ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Маммадова С.О.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, очистка, метод, электрохимия, электрокинетическая оптимизация

Проведен краткий обзор наиболее характерных исследований последних лет по электрокинетической очистке почв от тяжелых металлов. Изложена критическая оценка состояния работ в указанной области. Предложен метод информационной оптимизации процесса электрокинетической очистки тестовых участков от загрязненных тяжелых металлов и показана область применения данного метода.

SUMMARY
QUESTIONS ON OPTIMIZATION OF RESEARCH OF TEST PLOT FOR ELECTROKINETIC
REMEDIATION OF TERRITORY FROM HEAVY METALS

Mammadova S.O

Key words: soil, heavy metals, cleaning, method, electrochemistry, electrokinetic optimization

The brief review of the most characteristic researches of last years devoted to electrokinetic remediation of soil from heavy metals is given. The critical assessment of fulfilled work in this sphere is described. The method of information optimization of the process of electrokinematic removal of heavy metals from test plots is suggested and the sphere of application of this method is shown.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	22.10.2022
	Son variant	14.01.2022

ROBINIYA CİNSİNƏ DAXİL OLAN BƏZİ NÖVLƏRİN MEYVƏ VƏ TOXUMƏMƏLƏGƏTİRMƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ TOXUMLARIN HƏYATİLİYİ

SADIQOVA DİLŞAD OKTAY qızı

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, baş müəllim

sadiqova.d@mail.ru

Açar sözlər: robiniya, meyvə, toxum, kəmiyyət, keyfiyyət, həyatilik

Şəhərdaxili və şəhəratrafi yaşıllıqların, meşə və parkların salınması işləri üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edən bəzək bitkiləri sırasına robiniya cinsinin növləri də daxildir. Təbii halda Şimali və Mərkəzi Amerikada yayılmış və 20-yə yaxın növü əhatə edən robiniya cinsi (*Robinia L.*) kəpənəkçiçəklilər fəsiləsinə (*Papilionaceae*) mənsubdur. [1, 2]

Bu cinsin bir neçə növünün (yalançı akasiya robiniyası – *Robinia pseudoacacia L.*, yapışqanlı robiniya – *R. viscosa Vent.*, Yeni Meksika robiniyası – *R. neo-mexicana A. Gray.*, möhtəşəm robiniya - *R. luxurians (Dieck) C.K.Schneid.*) Abşeronə introduksiya edilməsinə baxmayaraq, onun bir növündən (*R. pseudoacacia L.*) yarımadaanın yaşıllıq işlərində daha çox istifadə edilir. *R. pseudoacacia L.* yaxşı bal verən bitki kimi də çox əhəmiyyətlidir və respublikanın müxtəlif rayonlarında becərilməsi məqsədəuyğundur. [3]

İntroduksiya edilmiş bitkilərin çoxaldılması və geniş miqyasda kulturaya keçirilməsi üçün çoxlu miqdarda yüksəkkeyfiyyətli toxum ehtiyatı olmalıdır. Ekzot bitkilər becərildikləri yeni şəraitdə həmişə yaxşı keyfiyyətli toxumlar əmələ gətirmir. Belə ki, egzot bitkilərin generativ orqanları onların düşdükləri yeni ekoloji şəraitdə vətənlərində olduğu kimi inkişaf edə bilmir və nəticədə bitkilər ya toxum əmələ gətirmir, ya da aşağı keyfiyyətli toxumlar əmələ gətirirlər. Bu nöqtəyi-nəzərdən introduksiya olunmuş bitkilərin meyvə və toxum əmələ gətirmə xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi vacib məsələlərdəndir. [4, 5, 6]

Bu məqsədlə Abşeron şəraitində introduksiya edilmiş Robiniya cinsinin dörd növünün meyvə və toxum əmələ gətirməsi tərəfimizdən ətraflı öyrənilmişdir. Aparılan tədqiqatlardan məlum olmuşdur ki, Abşeron yarımadasının quru subtropik iqlimi şəraitində becərilən robiniya bitkiləri növdən asılı olaraq 4-6 yaşıdan etibarən ontogenezin reproduktiv dövrünə qədəm qoymaqla, demək olar ki, hər il çiçəkləyib meyvə verirlər. Meyvə və toxuməmələgətirmə xüsusiyyətlərinə görə robiniya növləri nəinki biomorfoloji cəhətdən, həmçinin meyvə və toxumlarının kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərinə görə də bir-birindən fərqlənirlər. Robiniya növlərinin toxumla çoxaldılması üçün vacib məsələlərdən biri onların toxum məhsuldarlığının hesablanmasıdır. Belə ki, adətən, bitkilər hər il lazımi miqdarda toxum məhsulu vermirlər. Ona görə də bitkilərin toxum məhsuldarlığını hesablayaraq gələcək illər üçün də toxum ehtiyatı toplanılır. Robiniya növlərinin toxum məhsuldarlığı hesablanarkən kütlə metodundan, yəni bir ağacda olan bütün meyvələrin toplanaraq onların ümumi kütləsinin təyin edilməsi üsulundan istifadə edilmişdir. [6, 7]

Aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, Abşeron şəraitində 5-8 yaşlı robiniya bitkilərinin meyvə məhsuldarlığı növ mənsubiyyətindən asılı olaraq orta hesabla 31,67 - 257,23 q. təşkil edir. Ən çox meyvə məhsulu möhtəşəm robiniya (257, 23 q.), ən azı isə yapışqanlı robiniya üçün (31,67 q.) xarakterikdir (cədvəl 1). Müəyyən edilmişdir ki, meyvə məhsuldarlığı nəinki robiniya cinsinin növündən asılı olaraq dəyişilir, həmçinin bir növə mənsub olan fərdlərin də məhsuldarlığında nəzərəcərpacaq dərəcədə fərq olur. Bu baxımdan möhtəşəm robiniyanın müxtəlif fərdlərində məhsuldarlıq fərddən asılı olaraq 130,9 - 450,6 q. arasında dəyişilir. Məhsuldarlığın bu göstəriciləri

illər üzrə də müxtəlif olur. Meyvə məhsuldarlığındakı fərq hər bir fərdin çətiri daxilində də nəzərə çarpır. Belə ki, möhtəşəm robiniya növünün fərdlərində çətinin yuxarı hissəsinin məhsuldarlığı orta hesabla 70 q., orta hissəsində 80 q. olduğu halda, aşağı hissənin məhsuldarlığı 300,6 q. olmuşdur. Bundan başqa bitkilərdə budağın müxtəlif hissələrində də meyvə məhsuldarlığı eyni miqdarda olmur. Belə ki, budağın gövdəyə yaxın hissəsində meyvə məhsuldarlığı 60,4 q., orta hissəsində 105,7 q., uc hissəsində isə 100,7 q. təşkil edir.

Analitik təhlillərdən məlum olmuşdur ki, robiniya cinsi nümayəndələrində real məhsuldarlıqla yanaşı, 100 ədəd meyvənin kütləsi də növdən, fərddən və fərddaxili hissələrdən asılı olaraq dəyişir. Belə ki, yapışqanlı robiniyanın 100 ədəd meyvəsinin kütləsi 12,93 q., möhtəşəm robiniyanınki 21,78 q., yeni meksika robiniyasınınki 21,6 q. olduğu halda, yalançı akasiya robiniyasında bu göstərici 26,3 q.-a çatır. Möhtəşəm robiniyanın eyni şəraitdə bitən müxtəlif fərdlərində əmələ gələn 100 ədəd meyvə kütləsinin 20,76 - 23,00 q. arasında dəyişməsi həmin fərdlərin fərdi xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır. Fərdin çətinin yuxarı hissəsində əmələ gələn meyvələrin 100 ədədinin kütləsi 21,6 q., orta hissəsindəkilərininki 20,5 q., aşağı hissəsində yerləşən meyvələrin kütləsi isə 20,2 q. təşkil edir. Bu onu göstərir ki, meyvələrin 100 ədədinin kütləsi robiniya ağacları çətinin yuxarı hissəsində çox (21,6 q.) aşağı getdikcə isə azalır (20,2 q.). Təbii ki, bu da həmin bitkilərin bioloji xüsusiyyətləri ilə yanaşı, onların çətinin müxtəlif hissələrində əmələ gələn meyvələrin miqdarı və həmin hissələrdə yaranan lokal mikroekoloji şəraitin altında baş verir. Meyvələrin kütləsi həmçinin budağın müxtəlif hissələrində də eyni olmur. Möhtəşəm robiniya budaqlarının aşağı hissəsində (gövdəyə bitişik hissədə) əmələ gələn hər 100 ədəd meyvənin kütləsi orta hesabla 22 q., orta hissədə 23,4 q., yuxarı hissədə isə 23,4 q. təşkil edir. Deməli, 100 ədəd meyvənin kütləsinə görə ən yaxşı göstəricilər budağın orta və yuxarı hissələri üçün xarakterikdir.

Toxumların keyfiyyət göstəricilərindən biri də 1000 toxumun kütləsidir. Ona görə də səpinə yararlı toxumlar yığmaq üçün ana bitkilər seçilərkən toxumların digər keyfiyyət göstəriciləri ilə yanaşı olaraq, 1000 ədədin kütləsi də əsas götürülür. Belə ki, bu göstərici nəinki toxumların cücərmə qabiliyyəti ilə, həmçinin həmin toxumlardan əmələ gəlmiş bitkilərin keyfiyyətinə görə də bir-birindən fərqlənir. Daha doğrusu, 1000 ədəd toxumun kütləsi yüksək olan ana bitkilərdən yığılan toxumlardan becərilmiş bitkilər daha intensiv surətdə böyümə imkanına malik olur. [6, 7]

Abşeron şəraitində becərilən robiniya toxumlarının 1000 ədədinin kütləsi 9,39 –23,25 q. arasında dəyişir. Ən böyük kütlə göstəricisi yalançı akasiya robiniyası (23,25 q.), ən azı isə yapışqanlı robiniya üçün (9,39 q.) xarakterikdir. Robiniya toxumları nəinki növdən asılı olaraq, eyni zamanda növdaxili fərdlərdən də asılı surətdə müxtəlif olduğundan möhtəşəm robiniyanın müxtəlif fərdlərindən yığılmış toxumların 1000 ədədinin kütləsi fərddən asılı olaraq 20,17 - 20,56 q. arasında dəyişir. Bu dəyişkənlik nəinki növ və fərddən asılı surətdə baş verir, həmçinin fərd daxilində də müşahidə edilir. Belə ki, möhtəşəm robiniya bitkiləri çətinin yuxarı hissəsindən yığılmış toxumların 1000 ədədinin kütləsi 20 q. olduğu halda, ağacın çətinin orta və aşağı hissələrindən toplanmış toxumların 1000 ədədinin kütləsi isə müvafiq surətdə 20,5-21 q. olmuşdur. Robiniya toxumlarının 1000 ədədinin kütləsi yalnız bitkilərin çətinin hissələri üzrə deyil, həmçinin çətirdə yerləşən budağın hissələrinə görə də müxtəlif olur. Belə ki, budağın gövdəyə yaxın hissəsindən toplanan 1000 ədəd toxumun kütləsi 20,25 q., orta hissədəki toxumların kütləsi 20,17 q. olduğu halda yuxarı hissədən toplanmış toxumların kütləsi 20,3 q. olmuşdur. Deməli, toxumların 1000 ədədinin kütləsi bitkinin toxum keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün mühüm amillərdən biri olduğundan səpin üçün toxum ehtiyatı toplamazdan əvvəl, toxumluq üçün ana bitkilər seçilməlidir. Özü də bu işdə toxumların kütləsi daha ağır olan fərdlərə üstünlük vermək lazımdır. Belə ki, 1000 ədəd toxumun kütləsi çox olan bitkilərdən toplanmış toxumların səpin keyfiyyəti 1000 ədədinin kütləsi az olan toxumlara nisbətən daha yüksək olur.

Toxumların keyfiyyətinin əsas göstəricilərindən biri də onların həyatilik qabiliyyətinə malik olmasıdır [8].

Robiniya cinsinə daxil olan növlərin toxumlarının həyatiliyi təzə yığılmış toxumlarda növdən asılı olaraq 90-92 % olduğu halda, sonrakı illərdə bu göstərici get-gedə azalmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, robiniya növlərinin toxumları 5-ci ildə müvafiq olaraq 18-25 % cücərə bilirlər. Buna görə də robiniya növlərinin toxumlarının saxlanma müddətini 3-4 il qəbul etmək olar.

Cədvəl 1.

Robiniya növlərinin meyvə və toxumlarının kəmiyyət və keyfiyyət göstəriciləri

Növ	Fərd	Meyvə məhsuldarlığı		100 ədəd meyvənin kütləsi q-la	100 meyvədən çıxan toxumların sayı	1000 toxumun kütləsi q-la
		q-la	sayı ədədlə			
Yalançı akasiya robiniyası	1	88,8	330	26,3	226	23,3
	2	80,5	394	23,4	229	20,3
	3	76,8	362	21,2	235	18,0
	orta hesab.	82,0	362	22,6	230	20,6
Yapışqanlı robiniya	1	70,4	495	14,2	282	10,1
	2	62,0	501	12,0	270	8,9
	3	50,6	401	12,6	274	9,2
	orta hesab.	61,0	465	12,9	275	9,4
Yeni Meksika robiniyası	1	130	609	21,0	208	20,2
	2	145	605	22,3	212	21,0
	3	140	608	20,5	202	19,5
	orta hesab.	138,3	607	21,3	207	20,2
Möhtəşəm robiniya	1	450,6	1979	22,8	221	20,6
	2	190,2	826	23,0	228	20,2
	3	130,9	606	21,6	211	20,4
	orta hesab.	257,3	1137	22,5	220	20,4

Cədvəl 2.

Robiniya toxumlarının rentgenoqrafik təhlili

Növ	İnkişaf sinifləri					Orta inkişaf sinfi	Həyatilik %-lə	Zərərvericilərlə zədələnmə %-lə
	I	II	III	IV	V			
Yalançı akasiya robiniyası	-	91	-	-	9	2,27	9	91
Yapışqanlı robiniya	-	2	6	36	56	4,46	95	-
Möhtəşəm robiniya	6	72	-	-	22	2,60	22	72

Toxumların həyatilik qabiliyyətini adətən kimyəvi, fizioloji və bioloji üsullar vasitəsilə müəyyən edirlər. Toxumların həyatilik qabiliyyətini həmçinin rentgenoqrafik üsulla da öyrənirlər. Belə ki, digər üsullara nisbətən rentgenoqrafik üsulun bir sıra üstün xüsusiyyətləri vardır. Bu üsulla nəinki toxumların həyatiliyi, eyni zamanda onların daxili quruluşu və zərərvericilər tərəfindən zədələnməsi də aşkar edilir. Bu göstəricilər isə toxumların həyatiliyini daha dolğun surətdə əks etdirir.

Robiniya toxumlarının nə dərəcədə həyatilik qabiliyyətinə malik olub-olmamasını aşkarlamaq üçün apardığımız rentgenoqrafik tədqiqatlar göstərmişdir ki, Abşeron şəraitində əmələ gələn robiniya toxumlarının həyatilik qabiliyyəti növdən asılı olaraq 9-95% arasında dəyişilir. Ən yüksək həyatilik qabiliyyəti yapışqanlı robiniya üçün (95%), ən azı isə yalançı akasiya robiniyası üçün (9%) xarakterikdir (cədvəl 2).

Beləliklə, qeyd etmək lazımdır ki, Abşeronu introduksiya edilmiş robiniya cinsinin nümayəndələrinin yarımada quru subtropik iqlimi şəraitində əmələ gətirdikləri meyvə və toxumlar bitkinin növündən asılı olaraq biomorfoloji cəhətdən fərqləndikləri kimi, həm də kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərinə görə də müxtəlif olurlar. Odur ki, robiniya növlərinin çoxaldılması üçün toxum ehtiyatı toplayarkən elə toxumluq bitkilər seçmək lazımdır ki, onlar bioekoloji əlamətlərə malik olmaqla yanaşı, həm də meyvə məhsuldarlığı və toxumlarının kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərinə görə də üstünlük təşkil etmiş olsunlar. Robiniya növlərini Abşeron şəraitində toxumla çoxaldarkən yuxarıda qeyd edilən xüsusiyyətlər nəzərə alınarsa, onda həmin növlərin lazımi miqdarda toxum ehtiyatını əldə etmək və daha keyfiyyətli əkin materialı hazırlamaq olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Древесные породы мира. –Т. 3. Древесные породы СССР/ В. Г. Атрохин, К. К. Калущкий, Ф. Т. Тюриков; Под ред. К. К. Калущкого, –М.: Лесн. пром-сть, –1982. –264 с.
2. Карпун Ю.Н. Субтропическая декоративная дендрология: Справочник. – СПб, –2010. – 580 с.
3. Qədimov V.Ə. Gədəbəy rayonunun əsas bal və çiçək tozu verən bitkiləri / V. Ə. Qədimov, T. A. Xəlilov, G. Y. Ələkbərli, K. Q. Məhərrəmov // SDU. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. – 2021. – Vol. 21. – No 1. – P. 58-64. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46196412>
4. Чепик Ф.А. Плоды и семена древесных растений / Ф.А.Чепик. –Л.: Лесотехническая Академия, –1981. –72 с.
5. Некрасов В.И. Основы семеноведения древесных растений при интродукции / В.И.Некрасов. –М.: Наука, –1973, –278 с.
6. Методическое указание по семеноведению интродуцентов. –М.: Наука. –1980. –62 с.
7. Справочник по лесосеменному делу. –М.: Лесн. пром-сть, –1978. –336 с.
8. Жизнеспособность семян /Пер.с англ. Н.А. Емельяновой. –М.: Колос, –1978. – 415 с.

РЕЗЮМЕ

ОСОБЕННОСТИ ПЛОДООБРАЗОВАНИЯ И СЕМЕНООБРАЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ, ВХОДЯЩИХ В РОД *РОБИНИЯ* И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ СЕМЯН

Садыгова Д.О.

Ключевые слова: *робиния, плод, семя, количество, качество, жизнеспособность.*

Виды робинии также относятся к числу декоративных растений, имеющих особое значение для создания городских и пригородных зеленых насаждений, лесов и парков. Генеративные органы интродуцированных растений не могут развиваться в новых условиях окружающей среды, в которые они попадают, так как на родине. В результате растения либо не дают семян, либо дают семена низкого качества. С этой точки зрения изучение особенностей плодообразования и семенообразования интродуцированных растений является одним из важных вопросов.

SUMMARY

FEATURES OF FRUIT FORMATION AND SEED FORMATION OF CERTAIN SPECIES INCLUDING IN THE GENUS *ROBINIA* AND VIABILITY OF SEEDS

Sadigova D.O.

Key words: *robinia, fruit, seed, quantity, quality, vitality.*

Robinia species are also among the ornamental plants of particular importance for the creation of urban and suburban green spaces, forests and parks. The generative organs of the introduced plants cannot develop under the new environmental conditions in which they find themselves, as in their homeland, and as a result, the plants either do not produce seeds or produce seeds of poor quality. From this perspective, the study of the peculiarities of fruit formation and seed formation of introduced plants is one of the important issues.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	26.12.2021
	Son variant	21.02.2022

UOT 550.4

DOI 10.54758/16801245_2022_22_1_52

BÖYÜK QAFQAZIN CƏNUB YAMACI LANDŞAFT KOMPLEKSLƏRİNİN EKOLOJİ-GEOKİMYƏVİ XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏDQIQI (dağ-çəmən landşaft komplekslərinin timsalında)

¹KAZIMOVA LƏTİFƏ ARİF qızı²RÜSTƏMOVA ALMAZ MİRZƏHƏSƏN qızı¹Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, c.f.d.²Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Coğrafiya İnstitutu, e.i.latifa.ismaylova@gmail.com*Açar sözlər:* dağ-çəmən, relyef, mikroelementlər, analiz, landşaft.

Böyük Qafqazın cənub yamacında dağ-çəmən landşaftları mütləq yüksəklikləri 1800-2000 m-lə 3000-3200 m arasında qalan əraziləri əhatə edir. Sahəsi 807 km² olan bu landşaft qurşağı tədqiq olunan ərazinin 23%-ni təşkil edir. Alp və subalp çəmənlərinin yayıldığı ərazilərdə süxurların litoloji tərkibi əsasən gilli şistlərdən, qum və əhəng daşlarından ibarətdir. Aşağı yuranın gilli şistlərinin spektral analizlərinin nəticələrinə görə (cədvəl 1) bu süxurlar sink, vanadium, mis, gümüş, qalay, qurğuşun, civə, bor, mərgümüş və qalium kimi elementlərlə zəngin olub, nikel, kobalt, sirkonium, manqan, tutan, molibdendən kasaddır. Bu süxurların tərkibində mikroelementlərdən xrom, fosfor və vanadiumun miqdarı ümumdünya klarkına yaxın qiymətlərlə səciyyələnir [1-5].

Cədvəl 1.

Dağ-çəmən landşaftlarındakı aşağı yura yaşlı gilli şistlərin tərkibi və mikroelementlərin konsentrasiya klarkları

Mikroelementər	Orta miqdar %-lə		Konsentrasiya klarkları
	Süxurun tərkibində	Yer qabığındakı klark	
1	2	3	4
Mis	0,015	0,0047	3,2
Sink	0,03	0,0083	3,6
Qurğuşun	0,004	0,0016	2,8
Civə	0,00002	0,0000083	2,4
Molibden	0,000005	0,00011	0,5
Bor	0,003	0,0012	2,5
Vanadium	0,030	0,009	3,3
Mərgümüş	0,0003	0,00017	1,8
Xrom	0,010	0,0083	1,2
Nikel	0,0006	0,0058	0,1
Kobalt	0,0001	0,0018	0,06

1	2	3	4
Titan	0,30	0,45	0,7
Manqan	0,02	0,10	0,2
Barium	0,05	0,065	0,8
Gümüş	0,00002	0,000007	2,9
Qalay	0,0006	0,00025	2,0
Qalium	0,003	0,0019	1,6
Fosfor	0,1	0,093	1,1
Sirkonium	0,008	0,017	0,5

Dağ çəmən landşaftlarında torpağın qalınlığının az, onun profilinin diferensiasiyasının zəif olmasının nəticəsidir ki, ana süxurların geokimyəvi xüsusiyyətləri torpaq örtüyündə də aydın nəzərə çarpır. Çoxsaylı analizlərin nəticələrinə əsasən belə qənaətə gəlmək olar ki, öyrənilən torpaqlarda kimyəvi elementlərin tərkibi və ümumi miqdarı onların ana süxurlardakı ilkin tərkibindən və miqdarından asılıdır.

Yeri gəlmişkən, qeyd edək ki, bu landşaftların litoloji əsasını təşkil edən süxurların tərkibi buradakı suların tərkibində də özünü göstərir.

Relyefin dərin parçalanması suların yüksək kimyəvi fəallıq göstərməsinə, həm torpaqəmələgətirən, həm də axar suların altındakı süxurlarda yaxşı su mübadiləsinin olmasına şərait yaradır. Nəticədə, ərazinin suları region üçün səciyyəvi olan kimyəvi elementlərlə zənginləşir. Ona görə də tədqiq olunan landşaftlardakı suların quru qalığında kimyəvi elementlərin tərkibi və miqdarı xeyli dərəcədə süxurların tərkibindən asılıdır.

Qaratorpaqlarabənzər torpaqlar qara və qara-qəhvəyi rənglə, dərin profillə və dənəvər kəsəkli struktura ilə, gilli və gillicəli mexaniki tərkiblə səciyyələnir. Bu torpaqlarda profilin qalınlığı və humuslaşmanın dərəcəsi, relyefin forması və yamacların ekspozisiyası ilə çox bağlıdır. Üzü şimala baxan maili yamaclarda qalın, yüksək humuslu torpaqlar, cənuba baxan yamaclarda az qalınlıqlı, skeletli torpaqlar, çökəkliklərdə qalın və skeletli torpaqlar inkişaf etmişdir (cədvəl 2).

Cədvəl 2.

Dağ-çəmən torpaqlarının kimyəvi analizlərinin nəticələri

Kəsim qr.	Dərinlik sm	Ph	100 q torpaqda mq-ekv-lə						Quru qalıq %-lə	Humus %-lə
			Anionlar			Kationlar				
			HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	$Na^4 + K^+$		
Alp zonasının torflu dağ-çəmən torpaqları										
1	0-5	8,6	0,16	0,36	1,50	1,00	0,50	0,52	0,26	22,99
	5-25	7,8	0,20	0,50	2,26	0,38	1,76	0,82	0,37	12,63
	25-60	6,9	0,16	0,46	3,50	0,50	3,26	2,36	0,79	0,34
	0-10	6,8	0,48	0,28	5,00	1,30	0,20	4,23	0,42	8,62
	10-35	6,8	0,24	0,28	4,00	0,60	0,40	3,52	0,32	2,59
	35-85	6,8	0,10	0,44	4,25	0,40	0,20	4,32	0,35	2,07
Subalp zonasının çimli dağ-çəmən torpaqları										
2	0-10	7,4	0,10	0,30	3,12	0,60	1,62	1,40	0,46	10,96
	10-30	7,3	0,16	0,60	3,00	0,62	1,26	1,88	0,49	6,78
	30-70	7,4	0,10	0,50	2,50	0,50	1,76	1,84	0,53	4,45
	70-110	7,5	0,16	0,15	2,62	0,26	2,00	0,78	0,38	2,95
3	0-10	8,0	0,26	0,35	4,38	0,50	3,38	1,12	0,63	19,44
	10-40	7,7	0,20	0,46	3,12	0,38	2,12	1,28	0,48	3,36

Subalp zonasının qaratorpaqlara bənzər dağ-çəmən torpaqları										
26	0-5	8,1	0,80	0,24	8,50	1,00	1,10	7,44	0,21	3,10
	5-30	8,4	0,80	0,28	7,00	1,00	0,40	6,68	0,18	1,72
	30-75	8,7	0,76	0,40	9,25	0,90	1,00	8,51	0,10	1,66
27	0-5	7,1	0,48	0,92	6,75	0,90	1,10	6,15	0,24	18,62
	5-30	7,6	0,48	0,64	4,75	0,80	1,10	8,89	0,16	3,53
	35-85	7,8	0,36	0,44	4,50	0,60	1,40	3,30	0,24	3,21

Mineral maddələrin ümumi miqdarı alp zonasının torflu dağ-çəmən torpaqlarının tərkibində 0,26%-lə 0,79%, subalp zonasının dağ-çəmən torpaqlarında 0, 10%-lə 0, 72%, qaratorpaqlarabənzər dağ-çəmən torpaqlarının tərkibində 0, 10%-lə 0, 34% arasında dəyişir. Su çəkimi analizlərinin nəticələri əsasında düzəldilmiş Kurlov formulları dağ-çəmən torpaqlarının duz tərkibi haqqında əyani təsəvvür yaradır. (3-cü cədvəl).

Cədvəl 3.

Böyük Qafqazın cənub yamaclarındakı dağ-çəmən torpaqlarının duz tərkibi

Torpağın tipi	Kurlov formulu ilə torpağın duz tərkibi (mq-ekv %-də)	Tipomorf Mikroionlar
Alp zonasının torflu dağ-çəmən torpaqları	$M_{0,4} \frac{SO_{42,7}^4 Cl_{6,0} HCO_{2,3}^3}{Mg_{25,0} Na_{16,6} Ca_{8,4}}$	SO ₄ – Mg – Na
Subalp zonasının çimli dağ çəmən torpaqları	$M_{0,4} \frac{SO_{42,4}^4 Cl_{5,7} HCO_{1,9}^3}{Mg_{23,2} Na_{20,5} Ca_{6,3}}$	SO ₄ – Mg – Na
Subalp zonasının qaratorpaqlara bənzər dağ-çəmən torpaqları	$M_{0,4} \frac{SO_{41,6}^4 Cl_{5,1} HCO_{3,3}^3}{Na_{34,7} Mg_{9,4} Ca_{5,9}}$	SO ₄ – Na – Mg

Göründüyü kimi alp zonasının torflu dağ-çəmən və subalp zonasının çimli dağ çəmən torpaqlarında kationlar arasında Mq^{2+} ionunun miqdarı üstünlük təşkil etməklə, uyğun olaraq əvvəlcidə 25,0, sonuncuda 23,2 mq-ekv%-ə çatır. Anionlardan isə miqdarca üstün olanı SO_4^{2-} ionudur. Onun miqdarı alp çəmənliklərinin torflu dağ-çəmən torpaqlarında 42,7, subalp çəmənliklərinin torflu dağ-çəmən torpaqlarında 42,4 mq-ekv%-ə qədərdir. Hər iki torpaq tipində Mq^{2+} ionunun miqdarı $Na^+ + K^+$ ionuna nisbətən, Cl ionunun miqdarı isə HCO_3 ionuna nisbətən çoxdur. Beləliklə, dağ çəmən landşaftlarındakı bu torpaqlarda SO₄-Mg-Na tipli duzlar üstünlük təşkil edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, subalp zonasının qaratorpaqabənzər dağ-çəmən torpaqları tərkibindəki $Na^+ + K^+$ ionlarının miqdarına görə digər dağ çəmən torpaqlarından fərqlənir. Belə ki, subalp zonasının qaratorpaqlara bənzər dağ-çəmən torpaqlarının tərkibində $Na^+ + K^+$ ionlarının miqdarı Mq^{2+} ionundan çoxdur [1-3].

Bu torpaqlarda SO_4^{2-} ionu aparıcı rolunu qoruyub saxlasa da, quru qalıqın %-lə miqdarı (0, 4%) sabit qalsa da bu torpaqların tərkibində $SO_4 - Na + K - Mg$ tipli duzlar üstünlük təşkil edir.

Spektral analizlər nəticəsində tədqiq etdiyimiz ərazidəki dağ-çəmən torpaqlarında bir sıra mikroelementlərin mövcud olması aşkar edilmişdir. Mikroelementlərin konsentrasiyası klarklarının analizi (cədvəl 4) göstərir ki, dağ-çəmən torpaqlarının bütün tiplərində mis, sink, qurğuşun, vanadium və mərgümüşün toplanması müşahidə edilir və bu mikroelementlərdən bəziləri, o cümlədən qurğuşun, sink və mərgümüş konsentrasiya klarklarının xüsusilə yüksək olması ilə seçilir. Bu torpaqların tərkibində stronsium demək olar ki, olmur, ya da çox cüzi miqdarda olur.

Alp zonasının torflu dağ-çəmən torpaqları tərkibində mikroelementlərin miqdarının az olmasına görə, digər dağ-çəmən torpaqlarından fərqlənir. Bu torpaqlarda ancaq gümüş və stronsiumun miqdarı klarka nisbətən yüksək olur. Dağ-çəmən torpaqlarının digər tiplərindən fərqli

olaraq alp zonasının torflu dağ-çəmən torpaqlarının tərkibində az miqdarda da olsa (0,012%-dən 0,60%-ə qədər) stronsiumun mövcud olması müşahidə edilir; bundan başqa, bu torpaqların tərkibində gümüşün miqdarı subalp zonasının torpaqlarındakına nisbətən çox olur.

Tərkibindəki mikroelementlərin miqdarına görə qaratorpaqlarabənzər dağ-çəmən torpaqları ilə çimli dağ çəmən torpaqları bir-birindən fərqlənir (4-cü cədvəl).

Cədvəl 4.

Dağ-çəmən torpaqlarının tərkibindəki mikroelementlərin konsentrasiya klarkları

Kəsim	Dərinlik	Mikroelementlər													
		Cu	Zn	Pb	Mc	Hg	B	V	As	Cr	Ni	Co	Mn	Ag	Zr
Alp zonasının torflu dağ-çəmən torpaqları															
1	0-5	0,6	3,6	1,9	0,7	2,4	4,2	0,9	8,8	0,4	0,3	0,2	0,4	1,4	0,5
	5-25	3,2	4,8	6,3	0,9	0,4	4,2	1,7	8,8	0,7	0,7	0,6	1,0	4,3	0,5
	25-60	1,7	4,8	6,3	0,7	–	4,2	1,7	8,8	0,7	0,7	0,6	0,6	1,4	0,5
	0-10	0,6	1,2	1,0	0,9	–	–	0,6	9,1	0,6	0,4	0,9	2,0	4,3	1,2
	10-35	1,3	1,5	1,0	1,1	–	–	0,7	8,0	0,7	0,5	0,7	1,2	4,3	0,5
	35-85	2,6	1,2	1,9	1,1	–	–	0,9	8,0	0,7	0,9	1,4	1,2	4,3	0,7
Subalp zonasının çimli dağ-çəmən torpaqları															
2	0-10	1,1	3,6	2,5	1,4	–	2,5	1,7	5,9	0,7	0,7	0,4	1,0	0,7	0,5
	10-30	1,7	6,0	6,3	1,4	–	2,5	2,2	4,7	1,2	0,5	0,6	1,0	2,1	0,6
	30-70	1,7	6,0	6,3	1,8	–	2,5	2,2	4,7	1,2	1,7	0,6	1,0	0,9	0,6
	70-90	1,7	6,0	5,0	1,4	–	2,5	2,2	8,8	1,2	0,7	0,6	1,0	0,9	0,6
3	0-10	4,3	12,1	187,5	0,9	1,2	1,3	2,2	1,8	1,2	0,7	1,7	1,5	4,3	0,5
	10-40	6,4	12,1	125,0	0,9	1,5	1,3	3,3	1,8	1,2	1,0	2,8	1,0	2,9	0,5
Subalp zonasının qaratorpaqlarabənzər dağ-çəmən torpaqları															
26	0-5	1,7	2,4	1,3	1,8	3,6	4,2	2,2	11,8	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,4
	5-30	1,7	2,4	1,9	1,7	2,4	4,2	3,3	11,8	1,2	0,5	0,8	1,0	0,7	0,4
	30-75	1,3	2,4	1,9	0,9	3,6	3,3	3,3	11,8	1,0	0,9	0,6	0,8	0,7	0,3
27	0-5	1,7	3,6	1,9	2,7	3,6	5,0	3,3	5,9	1,0	1,7	1,1	1,5	0,9	0,5
	5-30	2,1	3,6	1,9	0,9	2,4	5,0	3,3	5,9	0,7	0,7	0,9	1,5	0,9	0,4
	35-85	2,1	3,6	1,9	0,9	2,4	5,0	3,3	5,9	0,7	0,7	1,1	1,5	0,7	0,6

Subalp zonasının çimli dağ-çəmən torpaqlarında humusla zəngin olan yuxarı qatda qurğuşun, sink, mis kimi mikroelementlərin daha çox toplanması, nikel və sirkoniumun, əksinə, aşağı qatlarındakına nisbətən az olması; digər elementlərin miqdarının isə müxtəlif cür dəyişməsi müşahidə edilir.

Qaratorpaqlara bənzər dağ-çəmən torpaqları üçün civə, bor, vanadium, mərgümüş kimi mikroelementlərin miqdarının çox, sirkoniumun isə nisbətən az olması səciyyəvidir. Bu torpaqlarda xrom və gümüşün miqdarı klark səviyyəsinə yaxın olan bir kəmiyyətlə xarakterizə olunur.

Spektral analizlər vasitəsi ilə dağ-çəmən torpaqlarında aşkar edilmiş bir sıra mikroelementlər içərisindən mis, sink, qurğuşun, molibden, mərgümüş, nikel, titan, manqan və sirkoniumun daha stabil xarakterli olması müəyyənləşdirilmiş, torpaq profili üzrə onların miqdarı və paylanmasına dair statistik parametrlər hesablanmışdır.

Müəyyən edilmişdir ki, misin ümumi miqdarı 0-5 sm-lik üst qatda $0,0054 \pm 0,0011\%$ (variasiya əmsalı 46,48%), 5-25 sm-lik qatda $0,0094 \pm 0,0015\%$ (variasiya əmsalı $-V=36,54\%$), 25-60 sm-lik səviyyədə $0,0088 \pm 0,010\%$ ($V=25,91\%$) təşkil edir. Torpaqəmələgətirən süxurların tərkibində isə bu elementlərin miqdarı $0,0163 \pm 0,0075\%$ (variasiya əmsalı 79,90%)-dir [8].

Məlumdur ki, torpağın tərkibində misin yol verilən konsentrasiya həddi (JKH) $0,0060\%$ -dir. Torpaqda misin göstərilən həddən çox olması insan və heyvanlarda hemolitik sarılıq, qara ciyər

zədələnməsi, bitkilərdə isə xloroz xəstəliklərinə səbəb olur [3-5]. Spektral analizlərin göstəricilərinə əsasən, tədqiq olunan torpaqlarda misin miqdarı JKH-ni 1,5-2,7 dəfə aşır. Sinkin miqdarı 0-5 sm-lik yuxarı qatda $0,024 \pm 0,004\%$ ($V=37, 27\%$), 25-60 sm-lik aşağı qatda $0,030 \pm 0,007\%$ ($V=52,7\%$), torpaq əmələgətirən süxurların tərkibində $0,029 \pm 0,013\%$ ($V=76, 85\%$)-dir. Torpaqda sinkin JKH-nin 70 mq/kq, yaxud $0,007\%$ olduğunu (C.Forteskyu, 1985) və tədqiq etdiyimiz dağ-çəmən torpaqlarının tərkibində sinkin miqdarının JKH-dən 3,4- 4,3 dəfə çox olduğunu nəzərə alsaq, dağ-çəmən landşaft tipindəki torpaqların sinklə intensiv çirkləndiyini söyləmək olar.

Humus qatında qurğuşunun miqdarı $0,0025 \pm 0,0004\%$ olub, profil boyu aşağı düşdükcə tədricən artır və 25-60 sm-lik qatda $0,0056 \pm 0,0018\%$ ($V = 38, 71$ və $72,1\%$) təşkil edir ki, bu da torpağın tərkibindəki mikroelementlərin miqdarının ana süxurların tərkibindən asılı olması ilə izah olunur. Torpaqəmələgətirən ana süxurun tərkibində qurğuşunun daha çox olması da ($0,0083 \pm 0,0118\%$; $V=122,57\%$) bunu təsdiq edir. Torpaqda bu elementin JKH-nin $0,002\%$, yaxud 20 mq/kq olduğunu nəzərə alsaq, belə nəticə çıxarmaq olar ki, tədqiq edilən torpaqlarda qurğuşunun miqdarı normadan 1,2-2,8 dəfə çoxdur. Molibdenin miqdarı 0-5 sm-lik qatda $0,00016 \pm 0, 00004\%$ ($V=56, 98\%$) təşkil edir. Qeyd edək ki, dağ-çəmən torpaqlarının tərkibində molibdenin miqdarı ilə humusun miqdarı arasında korelyativ əlaqə olduğu müəyyən edilmişdir. Humusla bərabər aşağı qatlara doğru azalan molibdenin miqdarı 25-60 sm-lik qatda $0,00012 \pm 0,0002\%$ -ə ($V=34,97\%$) enir.

Molibdenin konsentrasiyasının aşağı həddinin $0,00015\%$ olduğu müəyyən edilmişdir [4-7]. Beləliklə görüldüyü kimi dağ çəmən torpaqlarında molibdenin çatışmaması müşahidə edilir ki, bu da dağ çəmən bitkilərinin və xüsusən, yoncanın normal inkişafına mane olur.

Vanadium 0-5 sm-lik qatda $0,0156 \pm 0,0045\%$ ($V=63,88\%$), 25-60 sm-lik qatda $0,0206 \pm 0,0043\%$ ($V=46,51\%$), torpaqəmələgətirən süxurların tərkibində isə $0,0233 \pm 0,0033\%$ ($V=27,74\%$) təşkil edir. Əgər torpaqda vanadiumun JKH-nin $0,015\%$ olduğunu nəzərə alsaq, tədqiq etdiyimiz torpaqlarda vanadiumun bu normadan 1,4 dəfə çox olduğu müəyyən edilir.

0-5 sm-lik qatda $0,0014 \pm 0,0002\%$ ($V=29,88\%$)-ə çatan mərgümsünün miqdarı 25-60 sm-lik qatda $0,0013 \pm 0,0002\%$ -ə ($V=35,3\%$) enib torpaqəmələgətirən süxurlarda $0,0009 \pm 0,0002\%$ -ə ($V=106\%$) qədər azalır. Torpağın tərkibində mərgümsünün JKH hələlmi müəyyən edilməsə də hər halda onun konsentrasiya klarkının 5,3 - 8,2 dəfə çox olması bu mikroelementlə intensiv çirkləndiyini göstərir.

Bəzi müəlliflər çox çirklənmiş dağ-çəmən torpaqlarının 0-75 sm-lik qatında nikelin miqdarının $0,005\%$, yaxud 50 mq/kq olduğunu göstərir. Aparadığımız analizlər nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, tədqiq etdiyimiz analoji torpaqların tərkibində nikelin miqdarı həmin göstəricidən çox az fərqlənir ($0,0047 \pm 0,0014\%$; $V=67,95\%$). Bu isə tədqiq etdiyimiz ərazidəki dağ çəmən torpaqlarının nikellə şübhəsiz çirkləndiyini sübut edir.

Manqanın 0-5 sm-lik qatda $0,1160 \pm 0,0266\%$ ($V=51,21\%$) olduğu və profil boyu tədricən azalaraq, $0,1020 \pm 0,0156\%$ -ə enməsi müəyyən edilmişdir. Torpaqəmələgətirən süxurların tərkibində isə bu elementin miqdarı $0,0400 \pm 0,0116\%$ ($V=50\%$) təşkil edir. Qeyd edək ki, manqanın nisbətən çox olması torpaqda gedən orqanik proseslərlə əlaqədardır. Manqan üçün torpaqda konsentrasiyanın aşağı həddinin $0,04\%$, yuxarı həddinin $0,30\%$ olduğu müəyyən edilmişdir [3; 6; 8]

Göründüyü kimi, tədqiq etdiyimiz torpaqlarda bu mikroelementin miqdarı müəyyən edilmiş hədd daxilində dəyişir.

Aparılmış hesablamaların və analizlərin təhlilinə görə dağ-çəmən landşaftlarındakı torpaqların tərkibindəki mikroelementlərin azalma sırası aşağıdakı kimidir:

**$As > Pb > Zn > B > Ag > P > Cu > Sn > V > Hg > Ga > Mn > Cr > Ti > Ni > Zr > Co > Ba > Sr$
(mərgümsü > qurğuşun > sink > bor > gümsü > fosfor > mis > qalay > vanadium > civə
> qalium > manqan > xrom > titan > nikel > sirkonium > kobalt >
> barium > stronsium).**

Aparadığımız çoxsaylı analizlərin nəticələri göstərir ki, tədqiq edilən torpaqların tərkibində bir sıra mikroelementlərin, o cümlədən mis, sink, qurğuşun, vanadium, mərgümsü, nikel və s.-nin

miqdarı çox vaxt sanitariya normaları aşır. Bu isə tədqiq edilən ərazidə ekoloji-geokimyəvi şəraitin heç də qənatəbəxş olmadığını göstərir.

Torpaqların genezisinin spesifikliyindən, eləcə də öyrənilən elementlərin geokimyəvi xüsusiyyətlərindən asılı olaraq dağ çəmən torpaqları profil boyu elementlərin paylanması özünə məxsus fərqli cəhətləri ilə seçilir.

Müəyyən edilmişdir ki, dağ-çəmən landşaftlarında torpaqların humus qatının bir sıra elementlərə zənginləşməsinə baxmayaraq, son nəticədə həmin elementlər bu torpaqların profilindən yuyularaq daşınır (cədvəl 5).

Sıralardan göründüyü kimi, dağ-çəmən landşaftlarındakı kimyəvi elementlər su miqrasiyasının intensivliyinə görə, çox güclü, güclü, orta, zəif və çox zəif olmaqla 5 qrupa bölünür. Qruplar daxilində elementlərin yeri su miqrasiyası əmsallarının qiymətinin səviyyəsinə uyğun olaraq müəyyən edilir. Göründüyü kimi kalsium, xlor və maqneziumun çox güclü; natrium və kaliumun güclü; qurğuşun və molybdenin orta; mis, sink, nikel və sirkoniumun zəif su miqrantları olduğu müəyyən edilmişdir. Mikroelementlərdən təkə titan su miqrasiyasının çox zəif olması ilə səciyyələnir ($K_{Ti} = 0,02-0,03$).

Cədvəl 5.

Dağ-çəmən landşaftlarında kimyəvi elementlərin su miqrasiyasının intensivliyi

Miqrasiyanın intensivliyi	Su miqrasiyası əmsalı K_X – in səviyyəsi					
	1000	100	1	0,1	0,01	0,001
	500	10	0,1	0,01	0,001	
Çox güclü $K_X > 100$	Ca	Cl, S Mg				
Güclü $100 \geq K_X > 10$		Na K				
Orta $10 \geq K_X > 1$			Pb, Mo			
Zəif $1 \geq K_X > 0,1$				Zn, Cu, Ni, Zr		
Çox zəif $K_X = 0,0n-0,00n$					Ti	-

Ümumiyyətlə, dağ-çəmən landşaftlarının təbii suları zəif minerallaşmışdır. Bu ərazilərin çayları əsasən tərkibində kalsium kationlarının üstün olduğu hidrokarbonatlı sulardan ibarətdir: pH 7, 2 ilə 7, 9 arasında dəyişir.

Daha böyük mütləq yüksəkliklərdə yerləşən çay hövzələrinin suları daha az minerallaşmaya məruz qalır. Tədqiq olunan ərazinin xeyli hissəsində sular çox yumşaq olub (1,5 mq-ekv-ə-dək) eynicinsli tərkibə malikdir. Orta minerallaşma dərəcəsi isə 250 mq/l-dir.

Ümumiyyətlə, belə nəticəyə gəlmək olar ki, dağ-çəmən landşaft zonasının çayları demək olar ki, hələlik çirklənməmiş və öz təbii rejimini qoruyub saxlaya bilmişdir. Mikroelementlərin öyrənilməsi yolu ilə aparılan tədqiqatlar göstərir ki, dağ-çəmən landşaftlarının çay sularında səpələnmiş şəkildə olan mis, sink, nikel, manqan, molybden, qalay, vanadium və s. bu kimi mikroelementlərin miqdarı geniş intervalda dəyişsə də, onların konsentrasiyası YKH-ni aşmır, bəzi hallarda isə hətta fon səviyyəsinə belə çatmır.

Spektral analizlərin nəticələrinə görə haqqında danışdığımız qurşaqlardan toplanmış bütün bitki nümunələrinin külünün tərkibində mis, sink, qurğuşun, mərgümüş, xrom, nikel, kobalt, stronsium, molibden, bor və s. kimi bir sıra mikroelementlərin mövcud olduğu müəyyən edilmişdir.

Cədvəldən göründüyü kimi, alp çəmənliklərində ən yüksək bioloji udulma əmsalı ilə səciyyələnən stronsium ($BU\Theta=10,0$), sink, bor, nikel, mis, molibden və xromu qabaqlayaraq bioloji udulma intensivliyi yüksək olan elementlər sırasına düşür.

Mövcud landşaft şəraitində sink, bor, nikel, mis, molibden və xromun bioloji udulma intensivliyi də kifayət dərəcədə olduğundan (bioloji udulma əmsalları uyğun olaraq 2,0; 1,6; 1,5; 1,1; 1,1; 1,0-ə bərabərdir), onlar bitkilər tərəfindən orta dərəcədə mənimsənilən elementlər qrupuna düşür.

Alp çəmənliklərində olduğu kimi subalp çəmənliklərində də stronsium yenə ən mütəhərrik element olaraq qalır ($BU\Theta=6,7$), lakin o, bor, mis və molibdenlə birlikdə bitkilərdə orta dərəcədə toplanan elementlər sırasına düşür.

Qeyd etmək lazımdır ki, subalp çəmənliklərinin müxtəlif bitki qruplarının külündə stronsium, bor, mis və molibden kimi mikroelementlərin miqdarı xeyli çoxdur, bu isə bitkilərin orqanizmində həmin elementlərin toplandığını göstərir. Mikroelementlərdən sink, qurğuşun, mərgümüş, xrom subalp zonasının ot bitkiləri tərəfindən qismən, nikel və xüsusən də kobalt çox zəif mənimsənilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Respublikasının Coğrafiyası. Monoqrafiya. 3 cildə: I cild, XII fəsil, 12.8.Landşaftların geokimyəvi xüsusiyyətləri. –Bakı, –2014.
2. Əlizadə E.K., Abşeron yarımadasının müasir landşaftlarının ekogeokimyəvi xüsusiyyətləri / E.K. Əlizadə, Q.İ. Rüstəmov, E.C. Kərimova. –Bakı, –2015, –245 s.
3. Rüstəmov, Q. İ. Texnogen ərazilərin geokimyəvi təsnifatı və rayonlaşdırmanın elmi-nəzəri xüsusiyyətlərinin tədqiqi / Q. İ. Rüstəmov, L. A. Kazımova // SDU. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. –2020. –Vol.20. –No.4. –pp.51-56.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44600580>
4. Аржанова В. С., Геохимия ландшафтов и техногенез / В. С.Аржанова, П. В.Елпатьевский. –М.: Наука, –1990, –196 s.
5. Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды (Вопросы географии. сб. 120). –М.: Мысль, –1983. –207 s.
6. Перельман А.И. Геохимия ландшафтов / А.И. Перельман. –М.: Изд. АН СССР. –1966. – 392 s.
7. Myga Pigte K.U. Landscape Management on post-Exploitation Land using the Example of the Silesian Region, Poland // Environmental and Socio-economic Studies. –2014. –Vol. 2(1). –pp. 1-8.
8. Rustamov G.İ., İsmaylova L.A. Geochemistry landscape classification: toxicity of chemical elements and their impact on human health // Environmental Geochemistry and Health, –2020, – pp.155-168, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-020-00747-4>

РЕЗЮМЕ

ИЗУЧЕНИЕ ЭКО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КAVKAZA

Казымова Л.А., Рустамова А.М.

Ключевые слова: горно-луговой, рельеф, микроэлементы, анализ, ландшафт.

Представленная статья посвящена исследованию экологических геохимических свойств ландшафтных комплексов южного склона Большого Кавказа. Проведённые в ходе исследования анализы показали, что содержание и количество химических элементов в исследуемых почвах зависят от их первичного состава.

Также было установлено, что в составе водоемов участвуют те же компоненты что составляют литологическую основу этих ландшафтов. Глубокое расчленение рельефа создает благоприятные условия для того, чтобы воды имели хороший водообмен как в почвенных, так и в грунтовых водоемах.

SUMMARY

STUDY OF ECO-GEOCHEMICAL FEATURES OF THE LANDSCAPE OF THE SOUTHERN SLOPE OF THE GREATER CAUCASUS

Kazimova L.A., Rustamova A.M.

Keywords: *Meadow, relief, microelements, analysis, landscape.*

The presented article is devoted to the study of ecological geochemical properties of landscape complexes of the southern slope of the Greater Caucasus. The analyses carried out during the study showed that the content and quantity of chemical elements in the studied soils depended on their primary composition.

It was also found that the composition of the water bodies involved the same components that form the lithological basis of these landscapes. The deep dismemberment of the topography creates favorable conditions for water to exchange well in both soil and soil bodies of water.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	27.10.2021
	Son variant	10.01.2022

UOT 621.2

DOI 10.54758/16801245_2022_22_1_60

NEFT EMALI MÜƏSSISƏLƏRİ ŞƏBƏKƏSİNDƏ XAM NEFTİN SƏMƏRƏLİ PAYLANMASI MƏSƏLƏSİ

İSGƏNDƏROV ƏLƏSGƏR ƏLƏKBƏR oğlu,

Sumqayıt Dövlət Universiteti, professor

elesger_54@mail.ru

Açar sözlər: xam neft, magistral boru kəməri, paylaşdırıcı boru kəməri, neftayırma müəssisələri sistemi, səmərəli idarə olunma məsələsi, optimal idarə etmə

Giriş. İşdə müəyyən bir neft bazasından xam neft götürüb, magistral və paylaşdırıcı boru kəmərləri vasitəsilə çoxlu sayda neft emalı müəssisələrini təmin edən neft-kimya müəssisələri sisteminə baxılır. Sistemin boru xətləri sərf tənzimləyici qurğular vasitəsi ilə ardıcıl yerləşmiş hissələrə bölünmüşdür. Boru xətləri vasitəsi ilə verilən artıq xam nefti toplamaq və sonra istifadə etmək üçün hər bir boru kəməri üzərində müəssisələrdən əlavə neft toplayıcı rezervuarlar qoyulmuşdur. Sistemdə neft məhsullarına verilən sifarişlər, elektrik enerjisi, tənzimləyici qurğuların sərfələri, təmir vaxtları tez-tez və təsadüfi vaxtlarda dəyişir. Bu səbəblərə görə emalı müəssisələrinin xam neftə tələbatları vaxtında ödənilə bilmir və sistemin normal fəaliyyəti pozulur. Bunu aradan qaldırmaq üçün neftin mənbədən götürülməsi və tələbatçıları arasında optimal paylanması məsələsi həll edilməlidir.

Mövcud elmi ədəbiyyatda şəxələnmiş neft məhsullarının təchizatı sistemlərinin idarə edilməsinə aid çoxlu sayda işlər vardır. Məsələn, [1]-də ümummilli liderimiz Heydər Əliyevin tövsiyələri əsasında ölkəmizin neft emalı kompleksini daha da inkişaf etdirmək üçün tədbirlərin həyata keçirilməsi nəticəsində neft emalı kompleksin texniki-iqtisadi göstəricilərinin xeyli inkişaf etdirilməsi barədə məlumat verilir. [2]-də müasir bazar münasibətləri şəraitində Azərbaycanda neftqazçıxarma sənayesinin ümumi iqtisadi problemlərinin tədqiqi, neft emalı kompleksinin yeni iqtisadi modelinin işlənməsi və aparılan islahatların təkmilləşdirilməsi məsələlərindən bəhs edilir. [3]-də idarəetmə meneceri, maliyyə, mühasibat və digər mütəxəssislər üçün neft sənayesi müəssisələrində yerinə yetirilməli olan işlərin gedişi haqqında məlumatlar verilir. [4]-də neft məhsullarının paylanmış nəqli şəbəkələrində neftin mənbədən götürülməsi və tələbatçılara paylanması prosesinin optimal təşkili məsələlərinə baxılmışdır.

Lakin yuxarıda göstərilən və məqalənin mövzusunə uyğun olan digər işlərdə neft təchizatının optimal idarəedilmə problemi hələ tam yerinə yetirilməmişdir. Bu çatışmazlığın aradan qaldırılması üçün bir çox müəlliflər tərəfindən maye təchizatı şəbəkələrinin optimal idarəedilməsi məsələsi təklif edilmişdir. Məsələn, [5]-də şəxələnmiş sistemlərdə maye məhsullarının səmərəli paylanması üçün alqoritm verilmişdir. Lakin həmin işdə məsələnin həlli və iş rejimlərinin optimal tapılması üçün riyazi proqramlaşdırma üsullarından istifadə edilməmişdir.

Bu məqalədə məsələnin yeni variantı təqdim edilir. Burada məqsəd funksiyası və məhdudiyyət şərtləri dəqiqləşdirilmiş, məsələnin həlli üçün riyazi proqramlaşdırma üsulları istifadə edilmişdir.

2. Neft emalı müəssisələri şəbəkəsinin idarə edilməsi məsələsinin qoyuluşu. Fərz edək ki, neft bazası, bazadan xam neft götürən magistral boru xətti (MBX) və ondan şəxələnmiş N sayda paylaşdırıcı boru xətləri (PX) vasitəsi ilə təmin olunan neft emalı müəssisələri (M) sisteminə baxılır. MBX və PBX-lərinin hər biri sərf ölçənləri olsun avtomatlaşdırılmış tənzimləyici qurğular (SQ) vasitəsi ilə I_n , $n = \overline{0, N}$ sayda ardıcıl yerləşmiş hissələrə bölünmüşdür. Hər bir hissə üzərində J_{ni} ,

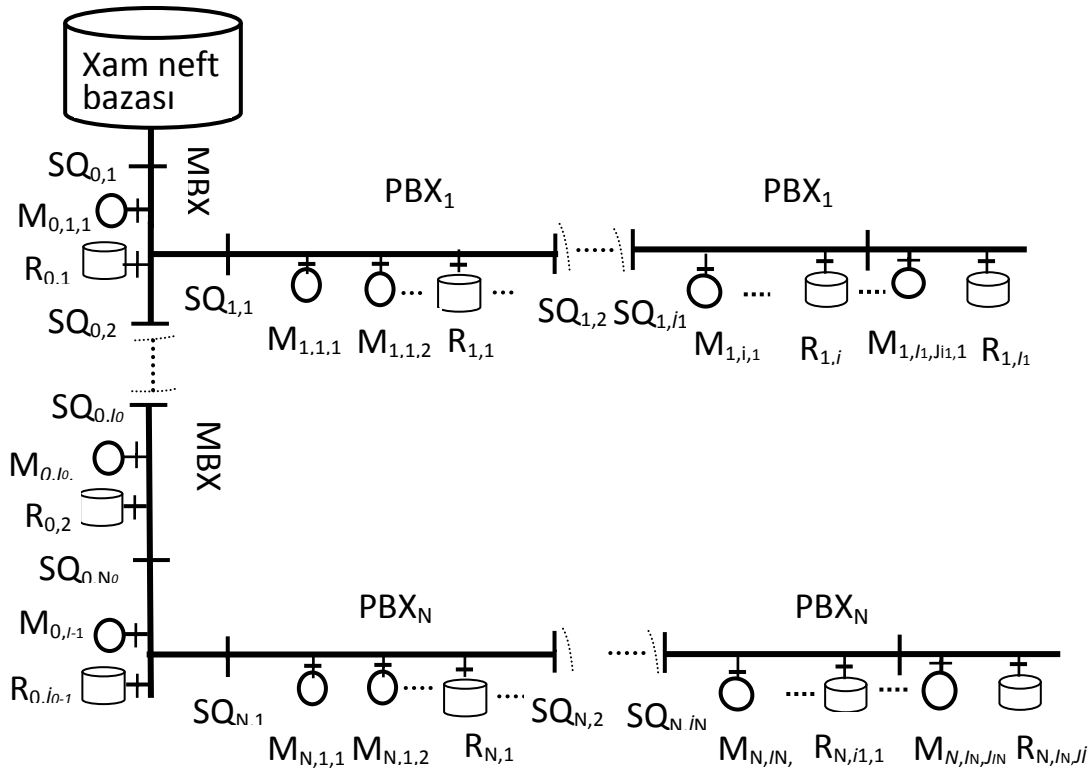
$n = \overline{0, N}$, $i = \overline{1, I_n}$ sayda M və sistemə verilən artıq neftin toplanıb, təkrar emalı üçün rezervuarlar (R) qoyulmuşdur. M -lər və R -lərdə verilən neftin sərfini və həcmi tənzimləmək üçün avtomatlaşdırılmış qupğular vardır.

Müxtəlif səbəblərdən sistemin xam neftə tələbatı təsadüfi şəkildə dəyişir. Bu zaman idarəedici qurğuların işini elə təşkil etmək lazımdır ki, M -lərə tələb olunandan fərqli sərfə verilən və, R -lərdə yığılan neftin həcmi mümkün qədər az olsun, eyni zamanda neftin SQ , M -lərdə sərfi və R -lərdə həcmi müəyyən olunmuş minimal və maksimal qiymətlərdən kənara çıxmasın.

Məsələnin riyazi qoyuluşunu vermək üçün aşağıdakı işarələmələri qəbul edək:

- $Q_{n,i}^{\min}$, $Q_{n,i}^{\max}$, $Q_{n,i}(t)$, $n = \overline{0, N}$, $i = \overline{0, I_n}$, $t \in (0, T)$ – SQ -lərdə xam neftin minimal, maksimal və cari sərfəri, m^3/s ;
- $q_{n,i,j}^{\min}$, $q_{n,i,j}^{\max}$, $q_{n,i,j}(t)$, $\bar{q}_{n,i,j}(t)$, $n = \overline{0, N}$, $i = \overline{1, I_n}$, $j = \overline{1, J_{n,i}}$, $t \in (0, T)$ – M -lərdə xam neftin minimal, maksimal, cari və tələb olunan sərfəri, m^3/s ;
- $V_n^{\min}$, $V_n^{\max}$, $V_n(t)$, $n = \overline{0, N}$, $t \in (0, T)$ – R -lərdə xam neftin minimal, maksimal və cari həcmi, m^3 ;
- c_n , $n = \overline{0, N}$ – R -lərdə toplanmış vahid həcmdə xam neftin qiyməti, $man./m^3$.
- $c_{n,i,j}$, $n = \overline{0, N}$, $i = \overline{1, I_n}$, $j = \overline{1, J_{n,i}}$ – M -lərə verilən vahid həcmdə neftin qiyməti, $man./m^3$.

Burada $n=0$ – MBX-nın, $i=0$ isə – MBX və PBX-lərinin başlanğıc hissələrinin nömrəsidir. Sistemin struktur sxemi Şəkil 1-də göstərilmişdir. MBX və PBX-lərin sonuna yaxınlaşdıqca istismar xərcləri ilə əlaqədar xam neftin qiyməti artır.



Şəkil 1. Şaxələnmiş neft emalı müəssisələri şəbəkəsinin struktur sxemi

Optimal idarəetmə məsələsində $Q_{n,i}(t)$, $Q_n^q(t)$, $q_{n,i,j}(t)$ sərfələrinin və $V_n(t)$ həcmələrinin elə qiymətlərinin tapılması tələb olunur ki, M-lərin hesablanan $q_{n,i,j}(t)$ sərfələri tələb olunan $\bar{q}_{n,i,j}(t)$ sərfələrindən minimal fərqlənsin, $V_n(t)$ həcmələri minimum olsun, eyni zamanda $Q_{n,i}(t)$, $q_{n,i,j}(t)$ və $V_n(t)$ kəmiyyətləri $(0, T)$ idarəetmə periodu ərzində əvvəlcədən verilmiş minimal və maksimal qiymətlərdən kənara çıxmasın.

Məsələnin riyazi yazılışı belədir: Məqsəd funksiyasını aşağıdakı kimi götürək:

$$C = \int_{t=0}^T \sum_{n=0}^N \left(c_n V_n(t) + \sum_{i=1}^{I_n} \sum_{j=1}^{J_{n,i}} c_{n,i,j} (q_{n,i,j}(t) - \bar{q}_{n,i,j}(t)) \right) dt.$$

Məsələdə elə $V_n(t)$ və $q_{n,i,j}(t)$, $n = \overline{0, N}$, $i = \overline{1, I_n}$, $j = \overline{1, J_{n,i}}$, $t \in (0, T)$ qiymətlərinin tapılması tələb olunur ki, seçilmiş məqsəd funksiyası minimallaşsın:

$$C \rightarrow \min \quad (1)$$

və aşağıdakı məhdudiyyət şərtlər ödənilsin:

- $SQ_{n,i}$ -lərdə sərfələrə qoyulan məhdudiyyətlər

$$Q_{n,i}^{\min} \leq Q_{n,i}(t) \leq Q_{n,i}^{\max}, \quad n = \overline{0, N}, \quad i = \overline{1, I_n}, \quad t \in (0, T); \quad (2)$$

- $M_{n,i,j}$ -lərdə sərfələrə qoyulan məhdudiyyətlər

$$q_{n,i,j}^{\min} \leq q_{n,i,j}(t) \leq q_{n,i,j}^{\max}, \quad n = \overline{0, N}, \quad i = \overline{1, I_n}, \quad j = \overline{1, J_{n,i}}, \quad t \in (0, T) \quad (3)$$

- Rezervuarlarda neftin həcminə qoyulan məhdudiyyətlər

$$V_n^{\min} \leq V_n(t) \leq V_n^{\max}, \quad n = \overline{0, N}, \quad t \in (0, T) \quad (4)$$

- $BQ_{n,i}$ -nin və onlardan sorakı $M_{n,i,j}$ -lərin sərfələri ilə V_n həcmələri arasında əlaqələr

$$\Delta Q_{n,i}(t) + \sum_{i=0}^{I_n} \sum_{j=1}^{J_{n,i}} \Delta q_{n,i,j}(t) + \frac{\Delta V_{n,i}(t)}{\Delta t} + \sum_{np=1}^{NP_n} \Delta Q_{np,1} = \Delta Q_{n,i+1}, \quad n = \overline{0, N}, \quad i = \overline{1, I_n}, \quad t \in (0, T) \quad (5)$$

(5) düsturunda $Q_{n_p,1}(t)$ – n -ci hissədən xam neft götürən n_p -nömrəli PBX-nin başlanğıc

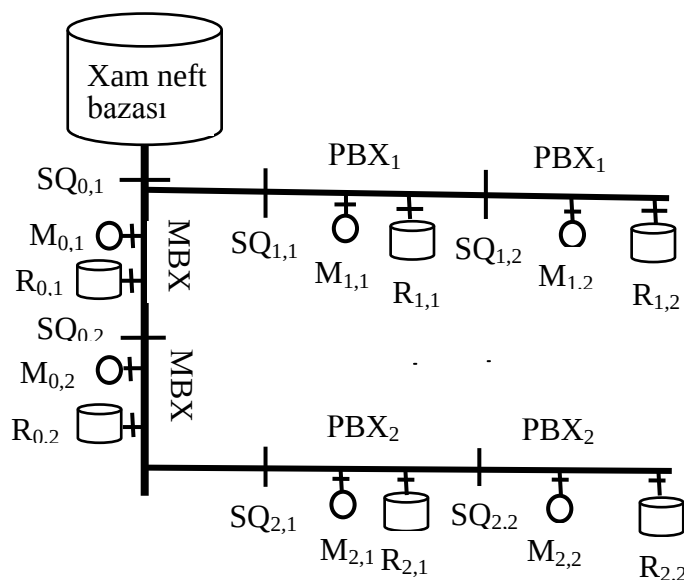
SQ-nun sərfi, NP_n – bu PBX-lərinin sayı, Δ işarəsi isə uyğun parametrlin zamana görə artımını göstərir.

Məsələnin həlli üçün başlanğıc şərtlər kimi $SQ_{n,i}$ -lərdə sərfin $Q_{n,i}(0)$, $n = \overline{0, N}$, $i = \overline{1, I_n}$, $R_{n,i}$ -lərdə həcm – $V_{n,i}(0)$, $n = \overline{0, N}$, $i = \overline{1, I_n}$, $M_{n,i,j}$ -lərdə sərfin – $q_{n,i,j}(0)$, $n = \overline{0, N}$, $i = \overline{1, I_n}$, $j = \overline{1, J_{n,i}}$ başlanğıc qiymətləri, $M_{n,i,j}$ -larda sərfin $(0, T)$ idarəetmə periodu ərzində tələb olunan – $\bar{q}_{n,i,j}(t)$, $n = \overline{0, N}$, $i = \overline{1, I_n}$, $j = \overline{1, J_{n,i}}$, $t \in (0, T)$, qiymətləri götürülür.

Məsələnin həlli nəticəsində $(0, T)$ idarəetmə periodu ərzində neft emalı müəssisələrində sərfələrin $q_{n,i,j}^{op}(t)$, $n = \overline{0, N}$, $i = \overline{1, I_n}$, $j = \overline{1, J_{n,i}}$, rezervuarlarda isə həcmələrin $V_{n,i}^{op}(t)$, $n = \overline{0, N}$, $i = \overline{1, I_n}$ optimal qiymətləri hesablanır.

(1) – (5) məsələsinin həllini asanlaşdırmaq üçün $(0, T)$ zaman intervalını, neftin qurğulardakı sərfələri və həcmələri sabit hesab edilə bilən nisbətən kiçik (t_{k-1}, t_k) , $k = \overline{1, K}$ hissələrinə bölərək, bu hissələrin hər birində ardıcıl olaraq, optimal idarəetmə məsələsini riyazi proqramlaşdırma üsulu ilə həll etmək olar.

3. Məsələnin həllinə aid nümunə. Fərz edək ki, xam neft bazasından neft götürən, bir MBX və iki PBX və 6 sayda M-dən ibarət neft təchizatı sistemi verilmişdir. MBX və PBX-lərin hər biri SQ-lər vasitəsi ilə iki H hissələrinə ayrılmışdır. Hissələrin həcində bir neft emalı müəssisəsi və bir R vardır (Şəkil 2).



Şəkil 2. MBX, PBX₁, PBX₂ boru xətləri və 6 M-i olan neft emalı şəbəkəsi.

Xam neft bazası, SQ və M-lərdə neftin minimal, maksimal və başlanğıc sərfələri, R-lərdə neftin minimal, maksimal və başlanğıc həcmələri, neftin 1 m³-nün satış qiyməti, həmçinin optimallaşdırma məsələsinin uyğun parametrləri cədvəl 1, 2 və 3-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

SQ və M-lərdə xam neftin minimal, maksimal və başlanğıc sərfələri, 1 m³ həcminin qiyməti və optimallaşdırma məsələsinin uyğun parametrləri

Müəssisələrdə xam neftin sərfi, satış qiyməti və uyğun parametrləri	SQ _{0,1}	M _{0,1}	SQ _{0,2}	M _{0,2}	SQ _{1,1}	M _{1,1}	SQ _{1,2}	M _{1,2}	SQ _{2,1}	M _{2,1}	SQ _{2,2}	M _{2,2}
Minimal sərfələr(m ³ /s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Maksimal sərfələr(m ³ /s)	15.0	2.0	9.0	2.0	6.0	2.0	4.0	2.0	6.0	2.0	4.0	2.0
Başlanğıc sərfələr(m ³ /s)	9.0	2.0	4.0	1.5	5.0	2.0	2.0	1.5	3.0	1.5	1.5	1.5
Qiyməti (man/m ³)	10.0	10.0	12.0	12.0	14.0	14.0	14.0	14.0	16.0	16.0	16.0	16.0
Uyğun parametrlər	X ₁	X ₂	X ₄	X ₅	X ₇	X ₈	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₆	X ₁₇

Cədvəl 2.

Rezervuarlarda xam neftin minimal, maksimal və başlanğıc həcmələri və optimallaşdırma məsələsinin uyğun parametrləri

Xam neftin həcmi və uyğun parametrləri	MBX		PBX ₁		PBX ₂	
	R _{0,1}	R _{0,2}	R _{1,1}	R _{1,2}	R _{2,1}	R _{2,2}
Minimal həcmələr(m ³)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Maksimal həcmələr(m ³)	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Başlanğıc həcmələr(m ³)	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Uyğun parametrlər	X ₃	X ₆	X ₉	X ₁₂	X ₁₅	X ₁₈

Hər boru hissəsində bir M və bir R olduğu üçün məsələnin qoyuluşunda j indeksini işlətməyə ehtiyac yoxdur. Beləliklə, məsələdə xam neftin (00.00 -24.00) intervalı ərzində $M_{n,i}$, $R_{n,i}$, $n=0,1,2$, $i=1,2$ -lərə vaxtında verilməsi üçün optimal sərfərlərin və həcmərlərin tapılması tələb edilir.

Fərz edək ki, texnoloji prosesin (00.00, 24.00) müddətini elə (00.00, 08.00), (08.00, 16.00), (16.00, 24.00) zaman intervallarına bölmək olar ki, onların hər birində texnoloji parametrlərin qiymətləri sabit qalır və cədvəl 3-də verilən kimidir.

Cədvəl 3.

M-lərin 00.00 anında başlanğıc sərfərləri və (00.00 -24.00) vaxtı ərzində tələb edilən sərfərləri (m^3/s).

M-lərin sərfərlərinin sabitlik intervalları	$M_{0,1}$	$M_{0,2}$	$M_{1,1}$	$M_{1,2}$	$M_{2,1}$	$M_{2,2}$
Başlanğıc ($t=00.00$)	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
1) $t \in (00.00 - 08.00)$	0.5	0.7	0.5	0.0	0.0	0.5
2) $t \in (08.00 - 16.00)$	0.7	1.0	0.0	0.8	0.7	0.7
3) $t \in (16.00 - 24.00)$	0.7	0.7	0.0	0.8	0.7	0.5

(1)-(5) şərtlərinə görə parametrlərin cədvəl 1 və 2 və 3-dəki qiymətləri nəzərə almaqla, parametrlərin birinci sabitlik intervalı üçün məsələnin qoyuluşu aşağıdakı şəkildə olar:

$$C=10 \cdot X_7 + 12 \cdot X_8 + 12 \cdot X_9 + 14 \cdot X_{10} + 14 \cdot X_{11} + 16 \cdot X_{12} + 10 \cdot (X_1 - 2) + 12 \cdot (X_2 - 1.5) + 12 \cdot (X_3 - 2.0) + 14 \cdot (X_5 - 2.0) + 16 \cdot (X_6 - 1.5) \rightarrow \min; \quad (6)$$

$$0 \leq X_1 \leq 3; \quad 0 \leq X_2 \leq 2; \quad 0 \leq X_3 \leq 3; \quad (7)$$

$$0 \leq X_4 \leq 2; \quad 0 \leq X_5 \leq 2; \quad 0 \leq X_6 \leq 2; \quad (8)$$

$$1000 \leq X_7 \leq 5000; \quad 1000 \leq X_8 \leq 5000; \quad 1000 \leq X_9 \leq 5000; \quad (9)$$

$$1000 \leq X_{10} \leq 5000; \quad 1000 \leq X_{11} \leq 5000; \quad 1000 \leq X_{12} \leq 5000; \quad (10)$$

$$0 \cdot X_{10} \leq 1; \quad 0 \leq X_{11} \leq 1; \quad 0 \leq X_{12} \leq 1; \quad 0 \leq X_{13} \leq 1; \quad 0 \leq X_{14} \leq 1; \quad 0 \leq X_{15} \leq 1; \quad (11)$$

$$0 \leq X_{16} \leq 1; \quad 0 \leq X_{17} \leq 1; \quad 0 \leq X_{18} \leq 1; \quad 0 \leq X_{19} \leq 1; \quad 0 \leq X_{20} \leq 1; \quad 0 \leq X_{21} \leq 1; \quad (12)$$

$$\begin{aligned} 16 \cdot (X_{18} - 2000.0) / 28800 + 16 \cdot (X_{17} - 1.5) &= 16 \cdot (X_{16} - 3.0); \\ 16 \cdot (X_{16} - 3.0) + 16 \cdot (X_{15} - 2000.0) / 28800 + 16 \cdot (X_{14} - 1.5) &= 16 \cdot (X_{13} - 5.0); \\ 14 \cdot (X_{12} - 2000.0) / 28800 + 14 \cdot (X_{11} - 3.0) / 28800 &= 14 \cdot (X_{10} - 2.0); \\ 14 \cdot (X_{10} - 2.0) + 14 \cdot (X_9 - 2000.0) / 28800 + 14 \cdot (X_8 - 5.0) &= 14 \cdot (X_7 - 5.0); \\ 12 \cdot (X_{13} - 5.0) + 12 \cdot (X_6 - 2000.0) / 28800 + 12 \cdot (X_5 - 1.5) &= 12 \cdot (X_4 - 2.0) \\ 12 \cdot (X_4 - 2.0) + 12 \cdot (X_3 - 2000.0) / 28800 + 14 \cdot (X_7 - 5.0) &= 12 \cdot (X_1 - 9.0). \end{aligned} \quad (13)$$

(6)–(10) məsələsini (00.00, 08.00) intervalı üçün həll etdikdə başlanğıc şərtləri kimi məsələnin qoyuluşunda olan başlanğıc qiymətlər, (08.00, 16.00) intervalı üçün həll etdikdə (00.00, 08.00) intervalında alınmış optimal həllər, (16.00, 24.00) intervalı üçün həll etdikdə isə (08.00, 16.00) intervalında alınmış optimal həllər götürülür. Beləliklə, bütün (00.00, 24.00) periodu ərzində sərfərlərin və həcmərlərin $M_{n,i}$ -lər və $R_{n,i}$ -lər üçün hesablanmış optimal qiymətləri tapılır. İşdə verilən alqoritmin Matlab sistemində proqramı tərtib olunmuş və məsələ riyazi proqramlaşdırılma üsulu ilə həll edilmişdir [6]. Alınmış qiymətlər 4 və 5-ci cədvəllərdə verilmişdir.

Cədvəl 4.

M-lərdə sərfələrin optimal ($Q_{k,i,j}^{op}$) və tələb edilən ($Q_{k,i,j}$) qiymətləri (m^3/s)

Sabitlik intervallarında müəssisələrin optimal və tələb edilən sərfələri		MBX		PBX ₁		PBX ₂	
		M _{0,1}	M _{0,2}	M _{1,1}	M _{1,2}	M _{2,1}	M _{2,2}
(00.00 – 08.00)	optimal	0.429	0.894	0.793	0.015	0.005	0.003
	tələb edilən	0.5	0.7	0.5	0.0	0.0	0.5
(08.00 – 16.00)	optimal	0.686	1.102	0.023	0.894	0.701	0.689
	tələb edilən	0.7	1.0	0.0	0.8	0.7	0.7
(16.00 – 24.00)	optimal	0.695	0.179	0.021	0.892	0.689	0.703
	tələb edilən	0.7	0.7	0.0	0.8	0.7	0.7

Cədvəl 5.

Rezervuarlarda neftin optimal həcmələri ($V_{k,i}^{op}$, m^3)

Sabitlik intervalları	MBX		PBX ₁		PBX ₂	
	R _{0,1}	R _{0,2}	R _{1,1}	R _{1,2}	R _{2,1}	H _{2,2}
(00.00 – 08.00)	3500	2640	2810	3660	3660	3600
(08.00 – 16.00)	3600	2750	4320	3720	3720	3520
(16.00 – 24.00)	3700	2810	4350	3820	3820	3730

Nəticə. İşdə neftayırma müəssisələrinin xam neftlə təchizatı üçün təklif olunan alqoritmin sonuncu variant göstərir ki, burada məsələnin qoyuluşu və həlli xeyli sadələşdirilmiş və daha səmərəli həll üsulu verilmişdir. Bu üsul nisbətən daha çox müəssisəsi olan neft emalı sistemlərini əhatə edə bilər. Bunun üçün neft emalı şəbəkəsinin təklif olunan yeni variantının uyğun parametrlərinin qiymətlərini dəqiqləşdirmək və məsələnin ümumi qoyuluşunda onları nəzərə almaq lazımdır. Məsələnin həlli nəticəsində müəssisələrə verilməli olan və rezervuarlarda toplanmalı olan xam neftin miqdarı tələb olunan qiymətlərə uyğun, qoyulmuş məhdudiyyətlər daxilində olur və müəssisələrin idarəedilmə səmərəliliyinin yüksəldilməsinə xidmət edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Abdullayev, R.İ. Azərbaycan neftayırma sənayesində Azərneftyanacaq neft emalı zavodunun rolu / R.İ.Abdullayev, B.S.Xıdırov. –Bakı: Elm, –2003, –190 s.
2. Hacızadə, E.M. Neftqazçıxarma kompleksinin iqtisadi inkişaf modeli / E.M. Hacızadə. –Bakı: Elm, –2002. –472 s.
3. Кузнецова, А.И. Инфраструктура. Вопросы теории, методологии и приклад-ные аспекты современного инфраструктурного обустройства. Геоэкономический подход / А.И. Кузнецова. –М.: Высшая школа, Ком.книга, –2006, –456 с.
4. Məhərrəmov, A.M. Neft kimyası və neft-kimyəvi sintez. (ali məktəblər üçün dərslik) / A.M.Məhərrəmov, M.R.Bayramov. –Bakı: BDU, –2006, –604 s.
5. Искендеров, А.А. Оптимальное управление разветвленными системами водообеспечения / А.А.Искендеров, А.Д.Тагиева // Европейский фонд инновационного развития, Сб. статей Международной научно-практической конференции, –2019, –с. 47-55
6. Ануфриев. И.Е. Самоучитель Матлаб 5.3/6х. / –СПб.: БХВ – Петербург, –2004, –736 с.

РЕЗЮМЕ

**ЗАДАЧА ЭФФЕКТИВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЫРОЙ НЕФТИ В СЕТИ
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Искендеров А.А.

Ключевые слова: сырая нефть, магистральный трубопровод, распределительный трубопровод, система нефтепереработки, эффективное управление, оптимальное управление.

В статье рассматривается задача эффективного управления системой нефтеперерабатывающих предприятий, в которой из одной базы забирается сырая нефть и посредством магистрального и распределяющих линий трубопроводов распределяется между ними. При этом предполагается что, расходы регулирующих устройств, требования предприятий, энергетические требования системы, сроки ремонта оборудования и другие факторы случайно меняются. В таких условиях осуществляется постановка и решение задачи оптимального управления системой.

SUMMARY

**THE ISSUE OF EFFICIENT DISTRIBUTION OF CRUDE OIL IN THE
NETWORK OF OIL PROCESSING ENTERPRISES**

Isgandarov A.A.

Key words: Crude oil, main pipeline, distribution pipeline, refinery system, efficient management, optimal management

The article sets forth the issue of efficient management of the system of oil refineries, equipped with main and distribution pipelines which takes crude oil from an oil depot. The expenditures of crude oil pipeline cleaning devices, requirements of enterprises, the power supply of the system, repair times of the equipment and other factors variable at random times are supposed to disrupt the normal operation of the system. In such a situation, the problem of optimal management of the system is raised and algorithm of its solution is presented.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	20.10.2021
	Son variant	25.11.2021

BƏRK POLİMERİN HƏLLOLMA PROSESİNİN KİNETİK MODELİNİN TƏNLİKLƏRİ

MƏMMƏDOVA ŞAMAMA HACIBALA qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, dosent

samama-mamedova@mail.ru

Açar sözlər: makrozəncir, reagentlər, hidrofilye qrupları, bərk polimer, induksiya, kinetik model.

Mineral gübrə dənələrinin kapsullaşdırılması üçün suda həll olan polimerlərin istifadəsi ətraf mühitin ekoloji şəraitini yaxşılaşdırır. Bunun üçün makromolekulun müxtəlif sayda hidrofilye qruplarının kalium karboksimetilsellülozun sintezi və onun həllolmasının öyrənilməsi, həmçinin həllolma prosesinin kinetik modelinin öyrənilməsi tədqiqatçılar qarşısında duran problem məsələlərdən biridir. Ona görə də məqalə makrozəncirində müxtəlif sayda karboksimetil qrupları olan karboksimetilsellülozun kalium duzunun (K-KMS) alınmasına və onun suda həll olmasının qanunauyğunluqlarının öyrənilməsinə həsr edilmişdir. [2,3]

Bizim tərəfimizdən alınmış təcrübə nəticələrinə müvafiq olaraq, makrozəncirində nəzərdə tutulmuş miqdarda karboksimetil qrupu olan K-KMS-nin sintezi zamanı makromolekulun kütlə payına kalium qələvisinin qatılığına düşən reagentlərin nisbəti xüsusi rol oynayır. Sonrakı tədqiqat onların optimal qiymətlərində aparılmışdır. Cədvəldə kalium qələvisinin və reagentlərin mol nisbətlərinin optimal qatılıqlarında sellülozun makrozəncirində elementar halqaların karboksimetil qrupları ilə əvəzlənmə dərəcəsinin (n_1/n) verilmiş və təcrübə qiymətləri göstərilmişdir.

Cədvəl 1

Qələvi məhlulunun 25 %-li qatılıqda və reagentlərin göstərilən nisbətlərində (S:KOH:KMXA) – 1:1,4:1,2 (n_1/n)-in verilmiş və təcrübə qiymətləri

n_1/n qiymətləri		Nisbi xəta, %
verilmiş	təcrübə	
0,3	0,27	+3,3
0,5	0,48	+4,0
0,6	0,56	+6,7
0,7	0,73	-4,3
0,8	0,76	+5,0

Cədvəldən göründüyü kimi, n_1/n -in verilmiş və təcrübədən alınmış qiymətləri arasında nisbi xəta ± 7 %-dən çox olmur ki, bu da mühəndis hesablarında istifadə etməyə imkan verir. Mikroəncirdə nəzərdə tutulan miqdarda karboksimetil qrupu olan K-KMS-nin alınması geniş intervalda suda həllolma prosesinin sürətini tənzimləməyə, həmçinin bu polimerlə kapsullaşdırılmış mineral gübrə dənələrinin torpaqda tədricən həll olmasını tənzimləməyə imkan verir. Ona görə də makrozəncirində hidrofilye qruplarının sayından asılı olaraq polimerin suda həll olmasının kinetikasının öyrənilməsi mineral gübrələrin kapsullaşdırılması texnologiyasında böyük nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Əvəzlənmə dərəcəsi 0,4-dən yuxarı olan K-KMS suda yaxşı həll olur. Həmçinin polimerin həllolma sürəti əsasən onun halqalarının karboksimetil qrupları ilə əvəzlənmə dərəcəsindən asılıdır. Bundan başqa K-KMS-nin həllolma prosesi əvəzlənmə (n_1/n) dərəcəsindən və polimerin xüsusiyyətlərindən asılı olan induksiya müddəti ilə xarakterizə olunur. İnduksiya dövrünün fiziki

mənası – həlledicinin polimerin daxilinə diffuziya etmə müddətini göstərir ki, bu da polimerin şişməsi və sonra həll olması ilə müşahidə olunur. [4]

Bərk maddənin həllolmasına fiziki-kimyəvi proses kimi baxmaq olar, burada tarazlıq və “bərk maddə-məhlul” sisteminin kinetikasının qanunauyğunluqları böyük rol oynayır. Göstərilən faza sistemində fazalar həll olmuş bərk polimerin və onun məhlulunun kimyəvi potensialları bərabər olanda alınır. Bu zaman məhlulda polimerin qatılığı doyma qatılığına bərabər olur, onun qiyməti isə həll olan maddənin, həlledicinin xüciyyəyindən və prosesin temperaturundan asılıdır. Bu andan başlayaraq, bərk polimerin həllolma sürəti və onun məhluldan kristallaşma sürəti bərabər olur, yəni polimerin məhlulda yığılması baş verir. Bu halda “bərk polimer-məhlul” sistemində polimerin həllolma sürətini aşağıdakı diferensial tənliklə yazmaq olar: [1,5]

a) bərk polimerin sərfinə görə

$$-\frac{d\alpha}{d\tau} = K(\alpha - \alpha_p) \quad (1)$$

b) polimerin məhlulda yığılmasına görə

$$\frac{dc}{d\tau} = K(C_p - C) \quad (2)$$

Dəyişənlərin $0 \leq \tau \leq \tau_T$; $\alpha_T \leq \alpha \leq \alpha_0$; $0 \leq c \leq c_T$ intervalında $\alpha = \text{const}$, $C_p = \text{const}$ olduğunu nəzərə alaraq (1) və (2) differensial tənliklərini integrallasaq alırıq:

$$\alpha_T = \alpha_p + (\alpha_0 - \alpha_p) \cdot \exp(-K\tau_T) \quad (3)$$

$$C_T = (C_p - C) \cdot \exp(-K\tau_T) \quad (4)$$

Bərk polimerin həllolma və onun məhlulda yığılması sürətlərinin mütləq qiymətləri bərabərliyin düzgün olmasını göstərir:

$$K(\alpha - \alpha_p) = K(C_p - C) \quad (5)$$

$C = \alpha_0 - \alpha$ olduğunu nəzərə almaqla göstərilən tənliyin C_p -ə görə həllindən “bərk polimer-həlledici” və polimer həlledicidə sistemində bərk polimerin qatılığına görə əlaqəni göstərən ifadə alınır:

$$C_p = \alpha_0 - \alpha_p \quad (6)$$

(6) ifadəsini (4) tənliyində nəzərə alsaq, sistemdə bərk polimerin nisbi qatılığını tənliklə ifadə etmək olar:

$$C_T = (\alpha_0 - \alpha_p)[1 - \exp(-K\tau_T)] \quad (7)$$

$\alpha_0 \gg \alpha_p$ yaxud $\alpha_p \approx 0$ olanda polimer materialın duru məhlulu üçün minimal qəbul etmələrlə (3) və (7) tənlikləri aşağıdakı sadə formada olar:

$$\alpha_T = \alpha_0 \exp(-K\tau_T) \quad (8)$$

$$C_T = \alpha_0[1 - \exp(-K\tau_T)] \quad (9)$$

yaxud

$$C_T = \alpha_0 - \alpha_T \quad (10)$$

(1)–(10) tənliklərində α_0 , α_T , α_p – ilkin, cari və tarazlıq, $k_{q_{\text{polimer}}/k_{q_{\text{məhlul}}}}$;

Burada, C_T və C_p – göstərilən sistemdə həll olan polimerin cari və tarazlıq nisbi qatılıqlarıdır, $k_{q_{\text{polimer}}/k_{q_{\text{həlləd}}}}$;

τ_T – polimerin həllolma prosesinin cari vaxtıdır, s;

K – polimerin həll olması prosesinin kinetik əmsalındır, s^{-1} ;

n və n_1 – polimerin makrozəncirinin və polimer zəncirində hidrofil qrupları ilə əvəz olunmuş halqaların sayıdır, ədəd;

n/n_1 – polimerin zəncirində hidrofil qrupları ilə əvəz olunmuş elementar halqaların ədədi payıdır.

Göstərilən (3), (4) və (7) tənlikləri istənilən həlledicidə polimerlərin (Na, K, NH₄–KMS) həllolması üçün ümumi hesab edilir və $\alpha_0 \geq \alpha_T \leq \alpha_p$ intervalında polimerin cari qatılığının dəyişməsində doğrudur. Bu tənliklərdən demək olar ki, bərk polimerin həllolma və onun məhlulda yığılması prosesi üçün kinetik əmsal ümumi olur.

Göstərilən əmsal əsasən polimerin xassəsindən, onun həllolma prosesinin müddətindən və temperaturundan asılıdır. Konkret polimer üçün bu əmsalın qiyməti təcrübi yolla tapıla bilər.

Kinetik əmsalı K-KMS-nin makrozəncirində karboksimetil qruplarının (n_1/n) əvəz olunma dərəcəsindən (n_1/n) asılıdır. Əmsalın qiyməti n_1/n -in artması ilə artır.

K-KMS-nin həllolma prosesi induksiya müddəti (τ_n) ilə müşahidə edilir, qiymət isə həmçinin n_1/n nisbətindən asılıdır. [2,3]

Laboratoriya təcrübələrinin nəticələrinə əsasən karboksimetilsellülozun suda həllolma prosesinin müxtəlif faktorlarından asılı olaraq induksiya dərəcəsinin dəyişməsini aşağıdakı empirik tənlik təklif etmişdir:

$$\tau_n = 1,9 \cdot 10^2 \left[1 - \frac{n_1}{n} \right] + 2,1t \quad (11)$$

(11)-dən asılı olaraq qəbul etmək olar ki, polimerin həlledicidə həllolma prosesi aşağıdakı tənlikdə ifadə edilmiş iki toplananın cəmindən ibarətdir:

$$\tau_n = \tau_n + \tau_T \quad (12)$$

(8) və (11) tənliklərini nəzərə alsaq (12) ifadəsi belə olar:

$$\tau_n = 1,9 \cdot 10^2 \left(1 - \frac{n_1}{n} \right) + 2,1t + \frac{2,3 \lg \frac{\alpha_0}{\alpha_T}}{K} \quad (13)$$

Burada τ və τ_T – polimerin həllolma prosesinin induksiya və cari müddətləridir, s;
 τ_n – göstərilən prosesin davam etmə müddətidir, s;
 t – polimerin həllolma prosesinin temperaturudur, S°.

(13) tənliyindən bu nəticə çıxır ki, polimerin həllolma prosesinin tam davam etmə müddəti əsasən makromolekulda elementar halqaların karboksimetil qrupları ilə əvəz olunma dərəcəsindən, mühitin temperaturundan və həllolma sürəti sabitindən asılıdır. Bu vaxtın qiyməti əvəz olunma dərəcəsi və həllolma əmsalı artdıqca azalır, temperatur və bərk polimerin ilkin nisbi qatılığı azalır.

Beləliklə, tərkibində nəzərdə tutulan miqdarda karboksimetil qrupu olan K-KMS-nin sintezi prosesinin əsas qanunauyğunluqları təyin edilmişdir, n_1/n ilə prosesin əsas parametrləri arasında əlaqə müəyyən edilmişdir.

Göstərilmişdir ki, makrozəncirində nəzərdə tutulan miqdarda karboksimetil qrupu olan K-KMS-nin sintezi zamanı əsas məsələ kalium qələvisi ilə işləmə prosesi hesab edilir ki, bu kalium sellülozun monoxlorasetatla alkülləşməsində rol oynayır.

“Bərk polimer-həlledici” sistemində polimerin həllolma prosesinin kinetik modelinin tənlikləri [(1)-(11) tənlikləri] işlənmişdir və müxtəlif faktorlardan asılı olaraq, K-KMS-nin suda həll olması prosesinin kinetik qanunauyğunluqları təyin edilmişdir. Bu asılılıqları ifadə edən vacib tənliklər olmuşdur. Makromolekulunda nəzərdə tutulan miqdarda karboksimetilsellüloza olan K-KMS-nin alınmasının texnoloji prinsipləri təklif edilmişdir. Göstərilmişdir ki, göstərilən polimerin makromolekulunda karboksimetil qruplarının sayını dəyişdirməklə onun suda həll olması sürətini tənzimləmək olar ki, bununla da kapsullaşdırılmış mineral gübrə dənələrinin torpaqda tədricən həllolma müddətini proqnozlaşdırmaq olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Бондарь А.Г. Математическое моделирование в химической технологии / А.Г. Бондарь – Киев: Выща школа, –1973, –274 с.

2. Рустамов Я.И. Некоторые аспекты процессов синтеза и растворения в воде натрийкарбоксиметилцеллюлозы // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, –2001, – №2, –с.47-53
3. Рустамов, Я.И. Капсулирование гранул минеральных удобрений производными полистирола, содержащими в полимерной цепи гидрофильные группы / Я.И.Рустамов, А.В.Рагимов, Г.А.Карамамедов [и др.] // Журнал Прикладной химии, –1988, –Т.61, –№ 3, – с.468-471
4. Рустамова, Г.Я. Некоторые аспекты и математическое описание взаимосвязи параметров узла непрерывного смешения сырьевых компонентов стадии щелочной обработки целлюлозы / Г.Я. Рустамова, Т.А.Самедова, Ч.А.Чалабиев // Азербайджанский химический журнал, –2002, –№ 3, –с. 27-31
5. Рустамов, Я.И. Математическая модель процесса капсулирования гранул минеральных удобрений в аппарате барабанного типа / Я.И.Рустамов, Ч.Ш.Ибрагимов, Г.Я.Рустамова // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, –2007, –№ 4, –с. 81-86.

РЕЗЮМЕ
УРАВНЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА
РАСТВОРЕНИЯ ТВЕРДОГО ПОЛИМЕРА

Мамедова Ш.Г.

Ключевые слова: макроцепь, реагенты, гидрофильные группы, твердый полимер, индукция, кинетическая модель

В статье рассматривается физико-химический процесс растворения твердого тела, при этом важную роль играют законы равновесия и кинетика системы «твердое тело – раствор». Концентрация полимера в растворе равна плотности насыщения, и ее значение зависит от растворимости растворенного вещества, растворителя и температуры процесса. С этого момента скорость растворения твердого полимера и скорость его кристаллизации из раствора равны, т.е. полимер накапливается в растворе. В этом случае предлагается составить дифференциальное уравнение скорости растворения полимера в системе «твердый полимер – раствор».

SUMMARY
EQUATIONS OF THE KINETIC MODEL OF THE SOLUTION
PROCESS OF SOLID POLYMER

Mammadova Sh.H.

Key words: macrochain, reagents, hydrophilic groups, solid polymer, induction, kinetic model.

The article examines the physicochemical process of dissolution of a solid, while the laws of equilibrium and the kinetics of the "solid-solution" system play an important role. The concentration of the polymer in solution is equal to the saturation density, and its value depends on the solubility of the solute, solvent and process temperature. From this moment on, the rate of dissolution of the solid polymer and the rate of its crystallization from solution are equal, i.e. polymer builds up in solution. In this case, it is proposed to write a differential equation for the rate of polymer dissolution in the "solid polymer-solution" system.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	25.10.2021
	Son variant	11.01.2022

COĞRAFIYA FƏNNİNİN TƏDRİSİ PROSESİNƏ İKT-NİN INNOVATİV VASİTƏLƏRİNİN TƏTBİQİ

¹**ŞAMİLOVA BAHAR QURBAN qızı**
²**ƏLİYEVƏ FİRUZƏ ALLAHQULU qızı**

Bakı Dövlət Universiteti, 1-r.f.d., 2- müəllim

f.aliyevainf@mail.ru

Açar sözlər: *İKT, kompüter texnologiyası, təhsilin modernləşdirilməsi, innovativ vasitələr, Internet-resursları, multimedia vasitələri.*

İşdə, İKT-nin innovativ vasitələrinin, texniki proqram təminatlarının coğrafiya sahəsinə tətbiqindən, rolundan danışılır. Bu tətbiqi proqramların tədris prosesinə integrasiyası coğrafiya sahəsinə və gələcək mütəxəssislərin iş həyatına nə kimi təsir göstərdiyi qeyd olunub. İşdə, eləcə də fənnin tədrisində interaktiv lövhələrdən və elektron qələmdən istifadə və onun tədris prosesində əhəmiyyətindən danışılır. Coğrafiya fənninin tədrisi üçün GIS texnologiyalarının əhəmiyyəti ətrafdakı məkanın ənənəvi coğrafi tədqiqat metodlarına tamamilə uyğun olaraq onların funksionallığı ilə müəyyən edilir, üstəlik onları əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirir və tamamilə fərqli, keyfiyyətə yeni bir səviyyəyə qaldırır. Eyni zamanda GIS texnologiyasının coğrafiya sahəsindəki rolundan və müsbət təsirindən bəhs edilir.

Giriş. Müasir dövrdə mütəxəssislərin səriştəliyi, təkcə öz sahəsində əldə etdikləri biliklər ilə ölçülmür. Eləcə də həmin biliklərin proqram təminatlarından istifadə etməklə tətbiqi, işdə Internet-resurslarından istifadə, praktik fəaliyyətin müvəffəqiyyətliyi üçün zəruri şərtə çevrilmişdir. Innovativ yeniliklərin həyatın bütün sahələrinə daxil olması insanlar arasındakı işgüzar ünsiyyət formasını köklü şəkildə dəyişmişdir. Bu münasibətlərin nəticədə daha sadə və daha sürətlə baş verməsinə səbəb olmuşdur. Hal-hazırda informasiya cəmiyyətinin və rəqabətdavamlı yüksək texnologiyalı milli iqtisadiyyatın yaradılması bir sıra ölkələrin dövlət siyasətinin əsas prioritetinə çevrilmişdir. Bu ölkələrdə informasiya və kommunikasiya texnologiyaları (İKT) sahəsi inkişafın ən önəmli amili kimi çıxış edir. Bu sahə dövlətlərin siyasi, iqtisadi və sosial fəaliyyətinə aktiv təsir edərək iqtisadiyyatın və ictimai münasibətlərin qloballaşmasını təmin edir. Bir çox ölkələrin bütün sahələrində innovativ yeniliklərdən səmərəli istifadə edə bilmək üçün təhsil sisteminin necə qurulması, təhsilin modernləşdirilməsi üçün hansı texnologiyalardan və necə istifadə edilməsi hazırda ən aktual məsələlərdən biridir. Bununla bağlı inkişaf etmiş ölkələrdə təhsilin informasiyalaşdırılması istiqamətində bir sıra islahatlar keçirilməsinə səbəb olmuşdur. Təhsil sisteminə İKT-nin tətbiqi, xüsusən də kompüterdən istifadə təhsili ənənəvi tədrisdən uzaqlaşdırdı. Azərbaycan Respublikasında da bu istiqamətdə bir sıra islahatlar aparılmışdır.

Təhsil sisteminin informasiyalaşdırılmasının əsas məqsədi müasir informasiya mədəniyyətinə malik şəxsiyyətlər yetişdirmək, ölkədə vahid təhsil və informasiya mühitini formalaşdırmaqdır. Bu mühit yeni informasiya texnologiyalarından istifadə etməklə təhsilin keyfiyyətinin artırılması, yeni informasiya mədəniyyətinin formalaşdırılması, vətəndaşların bütün pillələrdə təhsil alma imkanlarının bərabərləşdirməsi, təhsil sisteminin dünyanın informasiya, mədəniyyət və təhsil məkanına integrasiyasının təmin edilməsindən ibarətdir.

Bildiyimiz kimi, Coğrafiya fənni təbiətlə çox bağlı fəndir. Şagirdlərə hər dərstdə müəllim tərəfindən müxtəlif təbiət obyektləri və hadisələri haqqında, yəni coğrafi obyektin xarici görünüşü, onun elementləri, dinamikası və s. barədə çoxlu məlumatlar verilir. Çox vaxt şifahi və ya yazılı

şəkildə verilən bu anlayışlar şagirdə aydın olmur və onu heç cür öz təxəyyülündə canlandıra bilmir. Bunun yeganə çıxış yolu vizual və audio-vizual görüntüdür, yəni fotolar, videolar, kompüter qrafikası və s. Dərslərdə müəyyən fiziki-coğrafi obyektlərin fotosəkilləri yerləşdirilmişdir. Lakin bu yenə də kifayət deyildir. Məsələn, qeyd edək ki, şagird və tələbələr üçün bedlend, dağ buzlağı, çayın hissələri, meandr, kanyon, şahid dağ, ekzogen mənşəli relyef formalarının bir çoxu və s. kimi obyektləri vizual olaraq görmədən onların necə olduğunu qavramaq çox çətindir. Eləcə də dinamik proseslər olan tornado, zəlzələ, qeyzer, vulkan, sürüşmə, qırıxıq dağların yaranması, sunami, qabarma-çəkilmə hadisəsi, Ay və Günəş tutulması, fəsillərin yaranması və s. coğrafi hadisələr video görüntü olmadan çox çətin anlaşılır.

Yaxşı olar ki, dərslər zamanı vaxt itkisinə yol verməmək üçün həmin təsvir və videoları müəllim əvvəlcədən axtarır-tapır, ya öz kompüterində və ya CD-də saxlasın, tədris prosesi zamanı prezentasiya vasitələrindən istifadə etməklə nümayiş etdirdirsin.

Bunun üçün respublikamız üçün çox böyük uğurdur ki, təhsil sistemi İKT avadanlığı, o cümlədən kompüter, interaktiv lövhələr ilə təchiz olunmuşdur. Tədris prosesində interaktiv lövhədən istifadə edilməsi dərslərin əsas prinsiplərindən birini, onun əyaniliyini təmin edir. "Ağıllı lövhə" 21-ci əsrin təhsilinin təməlidir. Bu lövhənin Azərbaycan təhsilinə daxil edilməsi bir daha təhsilimiz üçün yeni imkanlar açdı. "Ağıllı lövhə" – informasiyanın eşidilmə və göstərilmə cəhətindən daha yaxşı başa düşülməsi üçün hazırlanmış interaktiv ağ lövhələrdir. Doğrudan da bu lövhə vasitəsilə dərslər prosesini maraqlı, məzmunlu, rəngarəng, daha dolğun şəkildə qurmaq olar. Promethan lövhə vasitəsilə qurulmuş dərslər şagirdi işləməyə, düşünməyə, axtarıcılığa, yaradıcılığa, tənqidi və yaradıcı təfəkkürün inkişafına sövq edir. Bu lövhədə bütün əməliyyatları elektron lövhənin sensorlu, yəni hissiyyatlı səthinə xüsusi qələmlə və ya barmaqla yavaşca toxunmaqla interaktiv rejimdə aparmaq olar. Promethan lövhənin bir çox üstünlükləri var. Müxtəlif interaktiv proqram təminatlarından istifadə etməklə interaktiv lövhələrdə işləyərək tədris prosesini daha maraqlı etmək olar. Bura Mimio Studio, ActivInspire, ActivStudio, MimioPrimary proqramlarını daxil etmək olar.

İnteraktiv lövhəni başqa lövhələrdən fərqləndirən cəhət həm şagird üçün, həm də müəllim üçün istifadə vasitəsi olmasıdır. Eyni zamanda hər iki tərəfin aktivliyini təmin edir. Bu lövhənin yazı yazılması, ehtiyatların yerləşməsi, obyektlərin redaktə olunması, silinməsi, pozulması, səhivədən digərinə köçürmək, əlavə edilməsi, mətnin əlavəsi və formalaşdırılması, qeydlər səhivələrinin yaradılması, proyektordan istifadə kimi funksiyaları var. Məhz bu funksiyalar müəllimə aktiv şəraitdə dərslər hazırlamağa imkan verir. Bu funksiyalar müəllimin öz yaradıcılığını nümayiş etdirməsinə şərait yaradır, həmçinin, məhz bu funksiyalar şagirdləri aktiv olmağa kömək edir. [2-4].

Müəllimlər bu lövhələr vasitəsilə sinif otaqlarını interaktiv öyrənmə mühitinə çevirərək özləri üçün real şərait yaratmış olurlar. Tədrisin təşkili zamanı müəllim özü interaktiv lövhədən necə istifadə edəcəyinə qərar verir. Müəllim dərslər prosesində aşağıdakı metodlardan istifadə edə bilər:

- Dərslərin prezentasiya vasitəsi ilə demonstrativ nümayişi. Bu zaman müəllim videofilm və ya video fraqmentlərdən, animasiya və musiqi ilə səslənən təqdimatlar-dan istifadə edə bilər;
- Məsələlərin həllinə yönəlmiş praktik tapşırıqlarla. Burada interaktiv məsələlərin yerinə yetirilməsi, diaqram və sxemlərin qurulması ola bilər;
- Laborator işlərin aparılması.
- Biliklərin yoxlanılması.

İnteraktiv lövhələr şagirdlərin biliyinin fərdi şəkildə yoxlanılmasına imkan verir. Bu zaman oyun şəklində, yəni krasvord və rebuslardan istifadə etməklə şagirdlərin biliyini qiymətləndirmək olar. Nəticədə şagirdlərin öyrənmə həvəsi daha da artmış olur. Əvvəlcədən hazırlanmış testlərdən istifadə etməklə də şagirdlərin biliyini qiymətləndirmək olar. Lakin qəti demək olmaz ki, tədris prosesində İnteraktiv lövhələrdən istifadə bütün şagirdlərin öyrənmə həvəsini, motivasiyasını artırır. Lakin, əvvəllər lövhə qarşısına çıxmaqdan, dərslər cavab verməkdən çəkinən şagird, İnteraktiv

lövhədən istifadə etmək üçün artıq həvəslə lövhə qarşısına çıxır, verilən suallara asanlıqla cavab verir. Tədris prosesində İnteraktiv lövhələrdən istifadə zəif şagirdlərdə özünə inam həvəsini artır. Onu da qeyd etmək ki, İnteraktiv lövhə özü təkliddə nə dərsi maraqlı edə bilər, nə də keyfiyyəti artırır. Yalnız İnteraktiv lövhədən istifadə təhsil prosesinin problemlərini aradan qaldıra bilməz və müəllim hər dərs İnteraktiv lövhədən istifadə etməyə məcbur deyildir. Lakin ondan istifadə dərs prosesini maraqlı və dinamik edir. [5-7]

Coğrafiya fənninin tədrisində İKT-nin tətbiqi. Hal-hazırda İKT bir çox elm sahələrinə inteqrasiya olunmuşdur. Bununla əlaqədar olaraq həmin sahələrə uyğun olan müxtəlif tətbiqi proqramlar yaranmışdır. Bu proqramların nəticəsində vaxt itkisinə yol vermədən, keyfiyyətli iş əldə etmək mümkündür. Bu istiqamətdə görülən işlərdən biri də coğrafi təhsilə İKT-nin və multimediyaya texnologiyalarının tətbiqi olmuşdur.

Bildiyimiz kimi, coğrafiyanın tədrisində ən vacib köməkçi vasitə xəritələrdir. Xəritəsiz coğrafiyanı təsəvvür etmək belə mümkün deyil. Hazırda məktəblər müxtəlif xəritələrlə təmin edilmişdir. Lakin dərs zamanı müəllimə və yaxud şagirdə elə xəritə lazım olur ki, həmin xəritə nə məktəbdə, nə də atlaslarda var. Bu halda yeganə çıxış yolu kompüter və İnternet resurslarıdır. Bu resurslardan istifadə etməklə istənilən xəritəni tapmaq və ya surətini çıxarmaq mümkündür. Məsələn, türk dünyasının coğrafiyası üçün məktəblərimizdə yalnız bir divar xəritəsi vardır. Dərslərdəki xəritələr dolğun və aydın deyil. Kontur xəritələr isə ümumiyyətlə yoxdur. Belə olduqda müəllimin və şagirdin köməyinə İnternet resurslarından istifadə gəlir.

Bildiyimiz kimi, məkan məlumatları, əsasən kiçikmiqyaslı ümumi və tematik xəritələr və atlaslar, topoqrafik xəritələr, aerokosmik şəkillər, plan və diaqramlar, obyekt yerləri, nəqliyyat marşrutları və digər məlumatların köməyi ilə ötürülür. Bununla belə, ənənəvi kağız xəritədən əlavə, insan həyatına müxtəlif coğrafi məkan məlumatlarını daşıyan elektron xəritə daxil olur. Nəticədə, coğrafi xəritə dinamik və interaktiv olur. Müasir dövrdə insanlar coğrafi informasiya sistemlərində emal olunan verilənləri analiz edərək nəticə çıxarır. Coğrafi informasiya sistemləri və coğrafi informasiya texnologiyaları müasir dünyada geniş yayılıb. Təcrübə göstərir ki, İnformasiya texnologiyalarının Coğrafiya fənninin tədrisinə tətbiqi, nəinki tədris materialının mənimsənilməsini asanlaşdırır, eləcə də iştirakçıların bilik və bacarıqlarının yeni imkanlarının ortaya çıxmasına səbəb olmuşdur. Coğrafiya və ekologiya sahəsinə tətbiq olunan bir çox tətbiqi proqram paketləri mövcuddur. GIS texnologiyaları geniş bölgələrin təbii və iqtisadi potensialının hərtərəfli öyrənilməsi, təbii ehtiyatların inventarizasiyası, nəqliyyat marşrutlarının dizaynı, insanların təhlükəsizliyinin təmin edilməsi və s. üçün istifadə olunur. Cəmiyyətin hazırkı vəziyyəti, infrastrukturunun əhəmiyyətli dərəcədə çətinləşməsi yeni nəsillərdən məkan məlumatlarının işlənməsi və təhlili üçün yeni vasitə və metodlara, idarəetmə problemlərinin operativ şəkildə həll edilməsinə, dəyişən proseslərin qiymətləndirilməsinə və izlənilməsinə ehtiyac duyulur. Coğrafi informasiya texnologiyaları bu cür yeni metod və məlumat emalı vasitələri təqdim edir, heterojen məlumatları və reallığı təhlil etmək üçün mövcud alətləri nümayiş etdirmək üçün yüksək görüntü təmin edir. GIS sosial-iqtisadi sahədə idarəetmə qərarları qəbul etmək məqsədi ilə məlumatların təhlili üçün böyük potensiala malikdir. Lakin bütün cəmiyyətə xas olan proseslər yenilikçi geoinformasiya texnologiyalarının təkə ali peşə təhsili səviyyəsində deyil, həm də ümumtəhsil məktəbi səviyyəsində tədris prosesinə tətbiq edilməsinin zəruriliyini müəyyənləşdirir. GIS-in nəhəng potensialını reallaşdırmaq üçün coğrafi informasiya sistemləri istifadəçilərinin geniş təlimi tələb olunur. Coğrafiya ixtisasında mərkəzi yer tutmalı olan texnologiyalar arasında GIS texnologiyalarının özünəməxsus rolu vardır. GIS məlumatların toplanmasını, saxlanılmasını, işlənməsini, nümayiş etdirilməsini və yayılmasını, habelə onların əsasında məkan koordinasiya hadisələr haqqında yeni məlumat və bilik əldə etməyi təmin edən informasiya sistemləri kimi müəyyən edilir.

Coğrafiya təhsili üçün GIS texnologiyalarının əhəmiyyəti ətrafdakı məkanın ənənəvi coğrafi tədqiqat metodlarına tamamilə uyğun olaraq onların funksionallığı ilə müəyyən edilir, üstəlik onları

əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirir və tamamilə fərqli, keyfiyyətə yeni bir səviyyəyə qaldırır. GIS-in instrumental imkanlarına aşağıdakılar daxildir:

- obyektlər arasındakı məsafələrin hesablanması;
- obyektlərin sahələri;
- mütləq yüksəkliklər daxil olmaqla ən sadə kartometrik əməliyyatlar;
- morfometrik əməliyyatların yerinə yetirilməsi;
- coğrafi obyektlər və proseslər arasındakı əlaqələrin müəyyənləşdirilməsi ilə örtük əməliyyatları;
- məkan təhlili;
- məkan modelləşdirmə.

GIS texnologiyası istifadəçilərə raster məlumatları və ya şəbəkə məlumatları, coğrafi hadisələrin, məsələn, relyef, yağıntı, temperatur, əhali sıxlığı və digər statistik məlumatların kəşlməz fəzada coğrafi təzahürlərinin əks olunması üçün daha səmərəlidir. Şəbəkə məlumatları, həmçinin müxtəlif səth axınlarını, məsələn, səth axını və coğrafi təzahürlərin zamana görə dəyişməsinə təhlil etmək üçün istifadə olunur. GIS məkan təhlili funksiyalarını dəstəkləyir: səthin analizi, örtük təhlili və səth əməliyyatlarını icra edir. GIS Coğrafiyaçılara bir çox mürəkkəb prosesləri analiz etməyə, səthi, dağların formasını modelləşdirməyə, və 3D təsviri yaratmağa imkan verir. Bu da dərslərin şagird və tələbə tərəfindən daha diqqətli və maraqla izləməsinə, müxtəlif maraqlı fikirlərin yaranmasına səbəb olur.

Coğrafiya sahəsinə tətbiq olunan tətbiqi proqram təminatları çoxdur. Onlardan MapInfo, ArcGis və s. misal göstərmək olar. ArcGIS – proqramı coğrafi informasiya proqram məhsulları ailəsi olub, Amerika şirkəti ESRI tərəfindən yaradılmışdır. Bu proqram torpaq və xəritəçəkmə, geodeziya və xəritəçəkmə, daşınmaz əmlakın qeydiyyatına alınmasında, torpaq idarəetmə məqsədlərində, mühəndis kommunal sistemlərdə, yeraltı və digər sahələr üçün istifadə olunur. Ekologiya və Təbii sərvətlər Nazirliyi, Ətraf mühitin mühafizəsi departamenti, Dövlət Şəhərsalma və Arxitektura Komitəsi Əmlak Reyestr Xidməti, Fövqəladə Hallar Nazirliyi, Geodeziya və Kartoqrafiya Agentliyi, Yerquruluşu layihə institutu, Kənd Təsərrüfatı Nazirliyi, Soccar, BP, Təmiz şəhər ASC, Azərsu ASC, Azərcosmos ASC, Nəqliyyat Nazirliyi, Nəqliyyatın İntelektual idarəetmə mərkəzi, Coğrafiya İnstitutu və digər onlarla GIS və Navigasiya şirkətləri bu proqramdan istifadə edir. Bu proqram paketi bir neçə proqramdan ibarətdir. Onun Coğrafiya və Ekologiya və Torpaqsünəslilik fakültələrində təhsil alan tələbələrə tədrisi təhsil və tədris prosesində mühüm rol oynayır. Nəzərə alsaq ki, bu tələbələr gələcəkdə ayrı-ayrı sahələrin mütəxəssisləridir, onların öz sahələrində peşəkar olması üçün bu tətbiqi proqram paketinin tədrisi mühümdür. ArcView, ArcEditor, ArcInfo proqramları ArcGIS proqram paketinin əsas stolüstü məhsullarıdır.

Nəticə. İKT vasitələrindən Coğrafiya fənninin tədrisində istifadə müəllimlərin pedaqoji fəaliyyətində müsbət rolu olduğu kimi, tələbə və şagirdlərin də öyrənmə prosesində rolu böyükdür:

1. Tədris prosesini effektiv edir;
2. Tədris prosesində vaxt itkisinin qarşısını alır;
3. Auditoriyanı interaktiv edir;
4. Qısa müddət ərzində daha çox informasiya vermək olur;
5. Şagird və tələbələrin keçilən dərsləri yaxşı mənimsəməsinə kömək edir;
6. Dərsdə iştirak etməyən tələbə və ya şagirdin keçilən mövzunun videosuna baxmaqla təhsildən geri qalmasına şərait yaradır;
7. GIS proqram təminatından tədris prosesində istifadə coğrafiya və ekologiya sahəsində gələcək üçün daha mükəmməl kadr hazırlığına imkan verir;
8. GIS proqramının tədrisə tətbiqi gələcək istifadəçilərə raster məlumatları yaratmaq, göstərmək və təhlil etmək imkanı verir;
9. Coğrafiyaçılara bir çox mürəkkəb prosesləri analiz etməyə, səthi modelləşdirməyə və 3D vizualizasiyasına imkan verir.

ƏDƏBİYYAT

1. Кулагин, В. П. Информационные технологии в сфере образования / В. П. Кулагин. –М.: Янус-К, –2004, –с.248
2. Вакилов, Н.А. Применение ИКТ на уроках географии, 256 с. [Электронный ресурс] URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-ikt-na-urokah-geografii>.
3. Саржанов, А.Н. Использование информационно коммуникативных технологий в начальных классах/ А.Н.Саржанов, В.Г.Пустовалова // Начальная школа Казахстан. – 2011, – №1, – с.6-8
4. Козленко, А.Г. Информационная культура и/или компьютер на уроке биологии [Электронный ресурс]. URL: www.edu.1september.ru
5. Каримова Я.Г. Инновационные методы преподавания с использованием интерактивной доски и флипчартов как средств мотивации учащихся / Я.Г.Каримова // Творческая педагогика. – 2011. №3. – с. 94-99
6. Арынгазин К. М., Дзюбина А. В. Методические рекомендации по работе с интерактивной доской и методика проведения занятий с ее использованием [Электронный ресурс]. URL: www.rusedu.info.
7. Şamilova, B.Q., Əliyeva, F.A. The role of interactive whiteboards in the education process // Prof. Nihan Əliyevin 80 illik yubileyinə həsr olunmuş “Riyaziyyat elminin inkişafının yeni mərhələsi” mövzusunda universitet elmi konfransının materialları, –Lənkəran, –28 dekabr – 2018, –s. 84-85
8. Şamilova, B.Q. İnteraktiv lövhələr, ActivInspire və MimioStudio proqramları, metodik vəsait/ – Bakı: SkyE, –2020, –105 s.
9. Корнев И.Н., Поздняк С.Н., Комарова Т.А. Положение о магистерской диссертации по направлению «Естественнонаучное образование» (магистерские программы: Биологическое образование, Географическое образование) / Урал. гос. пед. ун-т – Екатеринбург. – с.26
10. Железняков А.В. Информационный геокомплекс, предназначенный для использования в процессе обучения географии в общеобразовательной школе и включающий программный инструмент для работы с цифровыми географическими картами, комплект цифровых географических карт и снимков, полученных с искусственных спутников Земли: руководство пользователя / А.В.Железняков, О.В.Григорьев, Д.В.Новенко [и др.]. – М., –2007.

РЕЗЮМЕ

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ИКТ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ ГЕОГРАФИИ

Шамилова Б.Г., Алиева Ф.А.

Ключевые слова: ИКТ, компьютерные технологии, модернизация образования, инновационные инструменты, интернет-ресурсы, мультимедийные инструменты

В статье рассматриваются вопросы применения инновационных средств ИКТ и технического программного обеспечения в обучении географии. Отмечается, как интеграция этих приложений в учебный процесс повлияла на географию и трудовую жизнь будущих специалистов. В работе также обсуждается использование интерактивных досок и электронных ручек в преподавании предмета и их важность в учебном процессе. Значение ГИС-технологий для обучения географии определяется их функциональностью в полном соответствии с традиционными методами географического исследования окружающего пространства, а также значительно расширяет их и поднимает на совершенно иной, качественно новый уровень. В то же время обсуждается роль и положительное влияние ГИС-технологий в области географии.

SUMMARY

**THE APPLICATION OF INNOVATIVE TOOLS OF ICT IN THE PROCESS
OF TEACHING GEOGRAPHY**

Shamilova B.Q., Aliyeva F.A.

Key words: *ICT, computer technology, modernization of education, innovative tools, Internet resources, multimedia tools.*

The paper studies the role of using innovative ICT tools and technical software in the field of geography. It was noted how the integration of these applications into the educational process influenced the geography and working life of future specialists. The paper also discusses the use of interactive whiteboards and electronic pens in teaching a subject and its importance in the educational process. The value of GIS technologies for teaching geography is determined by their functionality in full accordance with the traditional methods of geographic research of the surrounding space, and also significantly expands them and raises them to a completely different, qualitatively new level. At the same time, the role and positive impact of GIS technologies in the field of geography is discussed.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	08.02.2021
	Son variant	20.09.2021

NEFTÇIXARMADA QAZLIFT QUYULARI ÜÇÜN OPTİMALLAŞDIRMA MƏSƏLƏSİNİN TƏDQIQI

¹MEHDIYEVA ALMAZ MOBİL qızı

²BAĞIRZADƏ KƏRİM EMİN oğlu

³ƏLİXANOV ELMAN HƏSƏN oğlu

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, 1- t.ü.f.d., dosent, 2- doktorant, 3-magistrant

kerim.bagirzadeh@gmail.com

Açar sözlər: qazlift üsulu, işçi agent, qazlift quyusu, optimal paylanma, optimallaşdırma məsələsi, aproksimasiya prosesi.

1.Giriş. Neft və qaz sənayeləri respublikamızın strateji cəhətdən ən əhəmiyyətli sənaye sahələrindəndir. Ölkəmiz müstəqilliyini əldə etdikdən etibarən gedən danışıqların nəticəsi kimi respublikamız quru və dənizdə bir zamanlar aşkar edilmiş neft və qaz yataqlarının istismarı üçün xarici şirkətlərlə müqavilələr imzalanmışdır. Bağlanmış müqavilələr əsasında növbəti 30 il müddətində respublikanın neft sənayesinə 50,5 milyard ABŞ dolları civarında investisiya cəlb olunmağı planlaşdırılmışdır. 20 Sentyabr 1994-cü il tarixində bağlanmış “Əsrin müqaviləsinə” görə, Xəzər dənizinin “Azəri”, “Çıraq” neft yataqlarının dərinlikdə yerləşən hissələrinin istismarı üçün neft sənayesinə 2 milyard ABŞ dolları həcmində investisiya qoyulmuş və respublikanın 1 №-li platformasında neft çıxarılması həyata keçirilmişdir. [1, 2, 5]

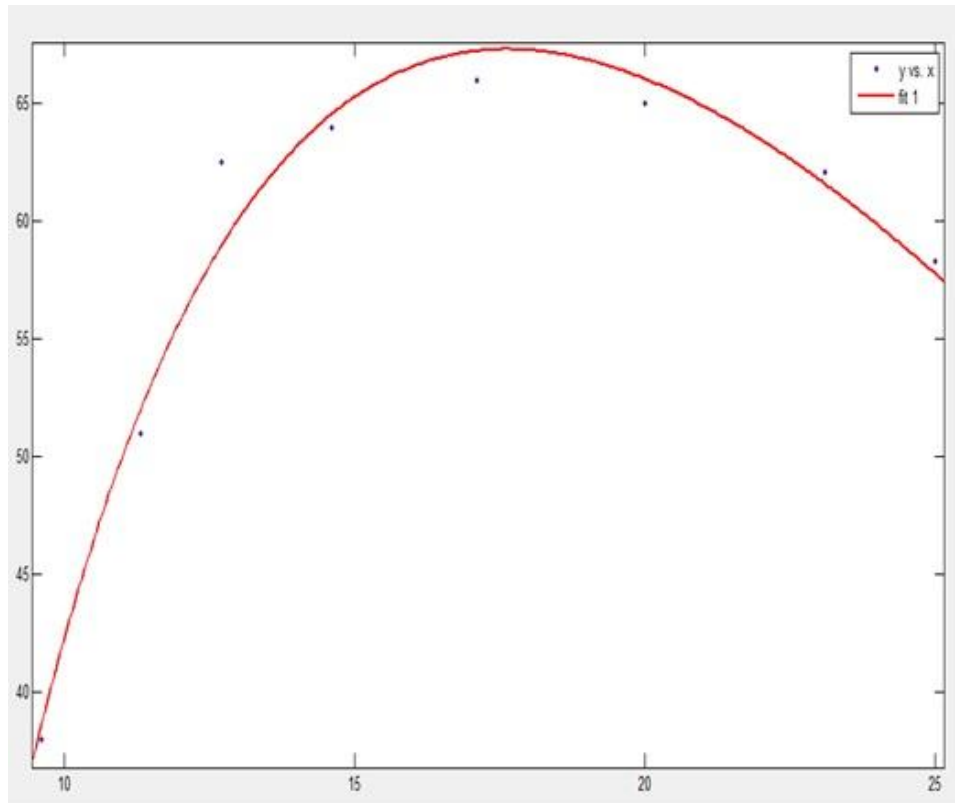
Proseslərin avtomatik idarə olunması neft sənayesində öz əksini tapmışdır. Bunun nəticəsi kimi neftin çıxarılması, ixracı, ötürülməsi işləri avtomatik idarəetmə sistemlərinin köməyi ilə həyata keçirilir. Neft istismarında ən yüksək idarəetmə formalarından biri də avtomatik idarəetmədir. Neftçixarmada obyektlərdə yüksək səmərəlilik əldə etmək üçün texnoloji prosesin optimal rejimdə avtomatik idarəsini təşkil etmək lazımdır. Texnoloji proseslərin optimal formada avtomatik idarə olunması dedikdə minimum səviyyədə enerji resurslarından istifadə etməklə maksimal hasilat əldə etmək başa düşülür [3, 4]. Texnoloji proses üçün optimallaşdırma məsələsinə baxmazdan əvvəl, sistemin bütün işini, orada baş verən prosesləri dəqiq öyrənmək lazımdır. Neft yataqlarını xarakterizə etmək üçün istifadə olunan parametrlər bunlardır: neftvermə əmsalı, cari neft hasilatının dinamikası, vahid neft quyusuna qalıq və ilkin çıxarılma ehtiyatı, neft quyusunun istismar müddəti, fəaliyyətdə olan və olmayan qazılmış neft quyularının cəmi, hasilatın iqtisadi tutumu.

2. Məsələnin qoyuluşu. Quyuların mexaniki olaraq işlənmə üsullarından biri də kompressor istismar üsulu hesab olunur. Neft yataqlarının lay enerjisinin qiyməti zaman keçdikcə azalır və nəticədə neft laydakı enerjinin hesabına yer səthinə çıxma bilmir. Fontanvurma prosesi dayanır. Bu zaman fontanvurma prosesi süni olaraq davam etdirilir. Bu üsul kompressor üsulu adlanır. Kompressor üsulu dünyada ilk olaraq 1905-ci ildə Bakıda Balaxanı quyularında istifadə olunmuşdur. Quyuya boru xətti ilə hava və ya təbii qaz vurulur. Bu qazlar kompressor qurğusunda sıxılır. Quyuya hava vurularaq istismar olunursa, bu, erlift üsulu, təbii qaz ilə istismar olunarsa, qazlift üsulu adlanır. Buna uyğun olaraq proseslərdə istifadə olunan qurğular erlift və qazlift qurğuları adlanır.

Pratikada əsasən qazlift üsulundan istifadə olunur. Bunun səbəbi qazlift üsulunun erlift üsuluna nisbətən daha təhlükəsiz olmasıdır. Lakin erlift üsulu iqtisadi cəhətdən qazlift üsuluna nisbətən ucuz başa gəlir. Hava mənbəyi də məhdud deyildir.

Qazlift quyusunun giriş və çıxış parametrlərinə uyğun olaraq quyuya vurulan qazın həcmi – V və hasil olunan neft miqdarı – Q -dur. Qeyd olunan giriş və çıxış parametrləri arasındakı asılılığı

təyin etmək üçün hər hansı bir determinik tənlik mövcud deyil. Lakin aparılan tədqiqatların nəticəsi kimi V_i və q_i nöqtələri təyin edilir. Aproximasiya prosesi aparılır. Alınan tənlikdə hasilat və verilən qazın həcmi arasındakı asılılıqda minimum xəta zəruri şərtidir. Xətanın mümkün qədər az olması sonrakı əməliyyatlarda daha dəqiq nəticələr əldə etməyə imkan yaradacaqdır. Aparılan tədqiqatların nəticəsi kimi minimal xəta ilə riyazi modellərin alınmasına identifikasiya deyilir. Əldə olunan modellərdən hansı real quyuyu model olaraq daha dəqiq əks etdirirsə, o modeldən istifadə edilir. Modelin real quyuya yaxınlıq dərəcəsi bir sıra meyarlar və göstəricilər ilə yoxlanılır [6-9]. Real quyuda aparılan təcrübələrə əsasən şəkil 1-də quyuya verilən qaz (V) ilə neft hasilatı (q) arasındakı loqarifmik asılılıq göstərilmişdir. Cədvəl 1-də verilənlər əks olunub.



Şəkil 1. Quyuya verilən qaz (V) ilə neft hasilatı (q) arasındakı loqarifmik asılılıq

Cədvəl 1

Quyuda aparılan təcrübə verilənləri

V	9.6	11.3	12.7	14.6	17.1	20	23.1	25
q	38	51	62,5	64	66	65	62.1	58.3

Qazlift quyusu üçün identifikasiya tənliyi riyazi formada əmsallarla aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$q(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(V) + \beta_2 \cdot (\ln(V))^2 \quad (1)$$

Identifikasiya tənliyindəki $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ əmsalları ƏKKÜ (ən kiçik kvadratlar üsulu) ilə təyin olunur.

Qazlift sistemi üçün optimal idarəni təmin etmək üçün V_Σ - qaz ehtiyatlarının optimal paylanma məsələsindən istifadə etmək lazımdır. Proses üçün mövcud məqsəd funksiyasına nəzər yetirək.

$$\max \sum_{i=1}^n q_i(V) \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n V_i = V_\Sigma \leq V^{\max} \quad (3)$$

$$V_i^{min} \leq V_i \leq V_i^{max} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n N_i \leq N_{\Sigma} \quad (5)$$

Göstərilən məhdudiyyət və şərtlərə görə deyə bilərik ki, ayrılar idarə təsiri yəni, ΔV qədər diskret şəkildə dəyişir. Sözügedən qazlift sisteminin qiymətləndirilməsi məqsədilə vəziyyətlər cədvəli istifadə olunur.

3. Qazlift optimallaşdırma probleminə təkmilləşdirilmiş yanaşma

Qazlift prosesində qaz bölgüsünün optimallaşdırılması problemlərinin həllində artan sürət və dəqiqlik vacibdir. Qaz bölgüsünün optimallaşdırılması problemlərinin həlli ümumiyyətlə iki mərhələdə aparılır:

1. Qazlift performans əyrisi (GLPC)
2. Quyular arasında qaz ayrılmasının optimallaşdırılması

Qaz bölgüsünün optimallaşdırılması problemlərinin həllinin sürətini və dəqiqliyini artırmaq üçün hər iki addımın təkmilləşdirilməsi lazımdır. Rezervuarın təbii enerjisi mayeni səthə ötürə bilmədikdə və quyudakı maye sütununun ağırlığını dəf edə bilmədikdə, mayeni iqtisadi cəhətdən səmərəli şəkildə çıxarmaq üçün süni qaldırma texnikalarından biri istifadə edilməlidir. Süni qaldırma üsulları quyudakı maye sütunundakı təzyiqi azaldır və beləliklə quyu dibindəki təzyiqi azalır, su anbarı və quyu dibi arasında böyük bir təzyiq fərqi səbəb olur və nəticədə istehsal olunan mayenin qazın içinə ötürülməsi baş verir. Ən çox istifadə olunan süni qaldırma texnikalarından biri qazlift prosesidir. Bu üsulda boru dibinə müəyyən təzyiqə malik qaz vurulur və qazın genişlənməsi quyunun içərisindəki maye sütununun hidrostatik təzyiqini azaltmaqla iki mexanizm vasitəsilə hasil olunur. Bununla birlikdə, vurulan qazın miqdarının həddindən artıq artması sürətlə təzyiqi artırır və nəticədə, hidrostatik təzyiqin azalması istehsal artımının da azalmasına səbəb olur [5]. Ümumiyyətlə, qaz bölüşdürülməsinin optimallaşdırılması iki addımda aparılır:

1. Məhdud miqdarda qazın mövcud olduğu şəraitdə neft hasilatını artırmaq üçün quyular arasında qaz bölgüsünün optimallaşdırılması;
2. Müəyyən miqdarda neft hasilatının əvvəlcədən planlaşdırıldığı bir vəziyyətdə qaz vurulmasının minimuma endirilməsi.

Qaz bölüşdürülməsinin optimallaşdırılması ilə bağlı bu günə qədər bir çox tədqiqatlar aparılmış, fərqli aspektlərdən araşdırılmışdır. Neft hasilatı səviyyəsini artırmaq üçün məhdud miqdarda qaz mövcud olduqda adətən istifadə olunan obyektiv funksiya aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\max \sum_{i=1}^n Q_{oi} = f(Q_{g1}, Q_{g2}, \dots, Q_{gi}), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Quyulara vurulan qazın ümumi miqdarı mövcud qazın miqdarına bərabər və ya daha azdır və xətti bərabərsizlik məhdudluğu kimi ifadə olunur :

$$\sum_{i=1}^n Q_{gi} \leq A \quad (7)$$

Burada n quyuların sayını, Q_{oi} bir quyuya çıxarılan neftin miqdarı, Q_{gi} bir quyuya vurulan qazın miqdarı, A isə mövcud qazın miqdarıdır. Əvvəlcədən müəyyən edilmiş miqdarda neft hasil etmək üçün quyulara atılan qazın miqdarını minimuma endirmək məqsədilə obyektiv funksiya belə ifadə edilir:

$$\min \sum_{i=1}^n Q_{gi}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Quyudan hasil edilən ümumi neft əvvəlcədən müəyyən edilmiş miqdara bərabərdir və aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\sum_{i=1}^n Q_{oi} = f(Q_{g1}, Q_{g2}, \dots, Q_{gi}) = B \quad (9)$$

Burada B - hasilat üçün əvvəlcədən təyin edilmiş hasilat miqdarıdır.

Əhəmiyyətli məqam isə 2-ci addımdadır. Burada problem məhdudluğu xətti bərabərsizlik məhdudluğu ilə birinci vəziyyətə nisbətən xətti bərabərsizlik məhdudiyyətinə çevrilir, çünki hər bir

quyunun hasilatı özü qaz vurma miqdarının qeyri-xətti funksiyasıdır və nəticədə vurulan qazın miqdarı da qeyri-xətti funksiya hesab edilir [1-4]. Bu səbəbdən ikinci addımda problem məhdudiyyətlərinə baxmaq daha da mürəkkəb olacaqdır. Bundan əlavə, neft istehsalına başlamaq üçün bəzi quyularda ilkin qaz injeksiyası tələb olunur. Hər iki addımın özünə uyğun məhdudiyyətlərə əlavə olaraq aşağıdakı məhdudiyyətlər mövcuddur:

$$\begin{aligned} Q_{gi} &\geq Q_{gi-\min} \\ Q_{gi} &\leq Q_{gi-\max} \end{aligned} \quad (10)$$

burada $Q_{gi-\min}$ neft hasilatına başlamaq üçün tələb olunan minimum qaz vurma miqdarı, $Q_{gi-\max}$ isə qazlift əyrisində təpə nöqtəsinə uyğun gələn qaz miqdarıdır. Bu nöqtəni optimal işləmə nöqtəsi adlandıracağıq.

Qazlift performans əyrisinin (GLPC) formalaşması qaz qaldırma prosesinin modelləşdirilməsində ilk addımdır. Düzgün GLPC əldə etmək, vurulan qazın quyulara bölüşdürülməsinin optimallaşdırılmasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir, çünki ayrılar kifayət qədər dəqiq olmadıqda, optimallaşdırma alqoritminin yüksək göstəricilərinə baxmayaraq, optimallaşdırma nəticələri dəqiq olmayacaq və hasil olunan neft düzgün qiymətləndirilə bilməyəcək. Bu günə qədər qazlift prosesini və GLPC-ləri modelləşdirmək üçün bir çox metoddan istifadə edilmişdir. Ümumiyyətlə, bu metodları iki qrupa bölmək olar:

1. Süni neyron şəbəkələrinə əsaslanan modelləşdirmə metodları;
2. Korrelyasiyaya əsaslanan modelləşdirmə metodları.

Bu günə qədər, GLPC ayrılı müxtəlif əlaqələr təklif edilmişdir. Kvadrat polinomial model bu modellərdən biridir. GLPC-lərin əksəriyyəti simmetrik olmadığından modelin modelləşdirilməsi üçün elə də effektiv deyil. Kvadrat polinomial modelin effektivliyini artırmaq üçün sonralar loqarifmik termin əlavə edildi:

$$Q_0 = a + b \times Q_g + c \times Q_g^2 + d \times \ln(Q_g + 1) \quad (11)$$

Bu polinomial modeli kvadratik ifadə ilə belə də yazmaq olar:

$$Q_0 = a + b \times \sqrt{Q_g} + c \times Q_g \quad (12)$$

$$Q_0 = a + b \times Q_g + c \times Q_g^2 + d \times \ln(Q_g + 1) + e \times \sqrt{Q_g} + f \times \exp(Q_g) \quad (13)$$

Daha əvvəl qeyd edilən korelyasiya modellərini ümumiləşdirib aşağıdakı formada yazmaq olar:

$$Q_0 = a + b \times Q_g + c \times Q_g^{0.7} + d \times \ln(Q_g + 0.9) + e \times \exp(Q_g^{0.6}) \quad (14)$$

Burada a, b, c, d, e və f sabit nisbət əmsalları, Q_g vurulan qaz axını sürəti, Q_0 hasil olunan neft axınının sürətidir. Bu model digər korrelyasiya modellərindən fərqlənsə də, ən əsas problemlərindən biri hər quyuyu üçün istifadə oluna bilməməsidir. Modelin özünün düzgünlüyünü qiymətləndirmək üçün korelyasiya amili (R^2) və orta kvadratik meyletmə (RMSE) hesablanır. Korrelyasiya amili (R^2) model və quyuyu informasiyaları arasında əlaqəni əks etdirir. Bu əlaqə qiymətləri bir-birinə nə qədər yaxın olarsa, model bir o qədər optimal hesab edilir. Korrelyasiya amili aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{TSS} \quad (15)$$

SSE – kvadratik meyletmələrin cəmidir.

$$SSE = \sum_{i=1}^n w_i \cdot (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (16)$$

Burada n – müşahidə məlumatlarının sayı, y_i – çıxış qiyməti, $\hat{y}_i$ – tapşırıq qiyməti, w_i isə çəki əmsalındır və adətən 1-ə bərabər götürülür. TSS – ümumi kvadratlar cəmidir və aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$TSS = \sum_{i=1}^n w_i \cdot (y_i - \bar{y}_{ii})^2 \quad (17)$$

$\bar{y}_{ii}$ – bütün müşahidə qiymətlərinin orta qiymətidir.

Orta kvadratik meyletmə model tərəfindən təyin olunan qiymətlərlə, proses qiymətlərinin fərqlərinin ortalama dəyərini göstərir. Bu parametrlər nə qədər 0-a yaxın olarsa, model və proses arasındakı dəqiqlik bir o qədər çox olar.

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

MSE – dispersiyadır və bu cür təyin edilir:

$$MSE = \frac{1}{n} SSE$$

4. Nəticə Qazlift quyularının istismarı zamanı qaz bölgüsünün optimallaşdırılmasında yarana biləcək problemlər araşdırılmışdır. Səmərəli optimallaşdırma aparmaq üçün model təklif edilmişdir. Modeldə sabit bir əmsalın dəyərini azaltmaqla daha sürətli və dəqiq optimallaşdırma aparmaq mümkündür. Mənfi cəhət kimi isə modelin istənilən qazlift quyusu üçün xarakterik olmamasıdır. İşin yerinə yetirilməsi ilə aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir: Optimal model alınmışdır; Alınan optimal modeldə aparılan əməliyyatlar program təminatı ilə həll edilmişdir; Optimal paylanma məsələsi üçün dinamik proqramlaşdırma tətbiq edilmişdir. Alqoritmin kompüterdə tətbiqi ilə quyunun optimallaşdırılması həyata keçirilmişdir; PMK-nın tətbiqi ilə prosesin məsafədən idarə oluna bilməsi və nəzarəti isbat edilmişdir; Qazın quyulararası bölüşdürülməsinin optimallaşdırılması problemi araşdırılmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Mirzəcanzadə, A.X. Neft və qaz yataqlarının istismarı və işlənilməsi / A.X.Mirzəcanzadə, M.Ə.İskəndərov, M.Ə.Abdullayev [və b.] –Bakı, –2010, –444 s.
2. Александров, А.Г. Оптимальные и адаптивные системы / А.Г.Александров –М.: Высшая школа, –1989, –263 с.
3. Aidan O'Dwyer. Handbook of PI and PID Controller. –2006. –pp.1-93 p.
4. Mamedov, A.N., Yusifov, S.I. About aprocsimation of data of investigation of compressor wells. ANK #6 –1979, –pp. 25-28
5. Bin Hu. Characterizing gas-lift instabilities // Department of Petroleum Engineering and Applied Geophysics Norwegian University of Science and Technology Trondheim, –Norway, –2004. –178 p.
6. Camponogara, E. and Nakashima, P. H. Solving a gas-lift optimization problem by dynamic programming // European Journal of Operational Research, –2006, –vol.174, –pp. 1220-1246
7. Forero, G., McFadyen K., Turner R., Waring B., Steenken E. Gas Lift Design Guide Management of Artificial Lift Systems. –1993. – p.1-155
8. Plucenio, A., Mafra, G.A., and Pagano, D.J. A control strategy for an oil well operating via gas-lift // International Symposium on Advanced Control of Chemical Processes-ADCHEM, 2. – 2006, –pp.1081-1086
9. Saepudin D., Soewono E., Sidarto K., Gunawan A. An investigation on gas lift performance curve in an oil producing well // International Journal of Mathematics and Mathematical Science, –vol. 2007, –pp. 1-15

РЕЗЮМЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ГАЗЛИФТНЫХ СКВАЖИН В ДОБЫЧЕ НЕФТИ

Мехтиева А.М., Багирзаде К.Э., Алиханов Э.Г.

Ключевые слова: метод газлифта, рабочий агент, газлифтная скважина, оптимальное распределение, задача оптимизации, процесс аппроксимации

Исследован общий процесс работы газлифтных скважин и решен вопрос оптимального распределения рабочего агента между скважинами. Решена задача идентификации газлифтных скважин и разработан алгоритм оптимального распределения рабочего агента. Точные характеристики получены путем построения распределительных таблиц для каждой группы газлифтных скважин. Оптимизация проводилась с учетом низкого КПД газлифтных скважин. Исследованы проблемы, которые могут возникнуть при оптимизации газораспределения при эксплуатации газлифтных скважин. Предложена модель эффективной оптимизации. Более быстрая и точная оптимизация возможна за счет уменьшения значения постоянного коэффициента в модели..

SUMMARY
INVESTIGATION OF THE OPTIMIZATION PROBLEM
OF GAS LIFT WELLS IN OIL PRODUCTION
Mehdiyeva A.M., Bagirzade K.E., Alikhanov E.H.

Keywords: *gaslift method, working agent, gaslift well, optimal distribution, optimization problem, approximation process.*

The general working process of gaslift wells was investigated and the issue of optimal distribution of the working agent between the wells was solved. The identification problem for gas lift wells has been solved and an algorithm has been developed for the optimal distribution of the working agent. Precise characteristics were obtained by constructing distribution tables for each group of gas lift wells. Optimization was carried out taking into account the low efficiency of gas lift wells during operation. Problems that may arise in optimizing gas distribution during the operation of gas lift wells have been investigated. A model has been proposed for effective optimization. Faster and more accurate optimization is possible by reducing the value of a constant factor in the model.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	03.04.2021
	Son variant	10.01.2022

УДК 519.71

DOI 10.54758/16801245_2022_22_1_83

REAKTİV YÜKÜN YARATDIĞI AKTİV GÜC İTKİSİNİN MÜXTƏLİF ÜSULLARLA HESABLANMASI HAQQINDA

¹XƏLİLOV ELMAN DƏMİR oğlu²HACIYEV NAİB İSMİXAN oğlu³RƏCƏBOV KAMRAN DADAŞ oğlu⁴NURİYEVA NƏZAKƏT CƏMİL qızı*Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu**1- t.e.n., dosent, 3- baş mütəxəssis, 4- aparıcı mühəndis**Sumqayıt Dövlət Universiteti, 2-prorektor*naib.haciyev.sdu@mail.ru*Açar sözlər: elektrik enerjisi, güc itkiləri, reaktiv gücün iqtisadi əmsalları, klassik üsul, reaktiv yük*

Giriş. Yükün xarakterindən və onun dəyişməsindən asılı olaraq aktiv yük itkilərinin və elektrik enerjisi (EE) itkilərinin qiyməti müxtəlif üsullarla hesablanır. Elektrik şəbəkəsinin (EŞ) yükləri haqqında məlumatın dolğunluğundan və hesabat formalarının xarakterindən asılı olaraq yük itkilərinin müəyyən edilməsi üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunması tövsiyə olunur. İtkiləri hesablamaq üçün seçilən riyazi modeldən asılı olaraq bütün metodlar iki yerə bölünür:

- retrospektiv;
- ehtimal-statistik.

EE nəqlinə sərf olunan texnoloji sərfən - güc və enerji itkilərinin tərkib hissələrinin və enerji itkilərinin normativ xarakteristikalarının müəyyən edilməsi üçün çoxlu metodlar işlənib-hazırlanmışdır. Şəbəkənin ixtiyari elementində güc itkilərinin qiyməti yükün xarakterindən və onun dəyişməsindən asılı olaraq aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R$$

burada, P və Q – həmin elementdən axan aktiv və reaktiv gücün qiymətidir. EŞ sxemləri və yükləri haqqında əldə olan məlumatların həcminə müvafiq olaraq yük itkiləri aşağıdakı beş metoddan biri ilə hesablanı bilər: operativ hesabatlar; hesabat sutkalari; orta yüklər; ən böyük güc itkiləri vaxtı; itkilərin şəbəkələrin sxemləri və yükləri haqqında ümumiləşdirici məlumatlara əsasən qiymətləndirilməsi [1]. Bu üsullar hesabatın dəqiqliyinin azalması sırası üzrə düzülmüşdür.

Energetika sistemlərində aktiv gücün istehlak olunması elektrik maşınlarının və transformatorlarının işləməsi üçün zəruri olan reaktiv gücün istehlakı ilə müşayiət olunur. Xətlərdən axan yük cərəyanı həmin xətlərin ətrafında maqnit sahələri yaradır ki, bunun üçün müəyyən qədər reaktiv güc tələb olunur. Ona görə də, xətlərdən reaktiv gücün ötürülməsi bunlarda əlavə aktiv güc və gərginlik itkisi yaradır [1-6].

Belə ki, güc əmsalının 0.8-dən 0.9-a qədər artması aktiv gücün həmin qiymətində şəbəkənin dəyişməz parametrlərində şəbəkədə aktiv güc itkilərinin 26.6% azalmasına səbəb olur.

[2] – də paylayıcı elektrik şəbəkələrdə kompensasiya qurğularının (KQ) gücünün seçilməsi və yerinin müəyyənləşdirilməsi metodikası verilmişdir. Paylayıcı şəbəkədə KQ-nin gücünü təyin etmək üçün paylayıcı şəbəkənin enerjisistemin şəbəkələrinə birləşmə nöqtəsində iqtisadi reaktiv gücə görə şəbəkənin bir və bir neçə nöqtəsində KQ gücünü təyin edən formullar, KQ-nin iqtisadi effektivlik göstəriciləri və onların təyin olunma qaydaları verilmişdir.

[3] – də Azərbaycan elektronenergetika sisteminin elektrik şəbəkələrində reaktiv gücün tələbatının səviyyəsi müəyyən olunmuşdur.

[6] – də bizim ölkədə reaktiv enerjinin ödənilməsində beynəlxalq təcrübənin və texnologiyanın tətbiq edilmə məsələlərinə baxılır.

$\Delta P_Q = \frac{Q^2}{U^2} \cdot R$ funksiyasının törəməsi texniki ədəbiyyatda reaktiv gücün iqtisadi ekvivalenti adlanır:

$$\frac{\partial(\Delta P_Q)}{\partial Q} = \frac{2QR}{U^2}$$

Qeyd etmək lazımdır ki, bir sıra ölkələrdə, məsələn, Çində, Ukraynada, Moldovada reaktiv güc axını üzrə hesablaşmalarda reaktiv gücün iqtisadi ekvivalentindən istifadə edirlər.

Elektroenergetikada bazar münasibətlərinin inkişafı reaktiv elektrik enerjisinə görə ödənişin həyata keçirilməsi metodikasının təkmilləşdirilməsini tələb etdi. Bu sahədə bir sıra dərc olunmuş məqalələr mövcuddur.

[1]-də göstərilmişdir ki, reaktiv gücün iqtisadi əmsalları (RGİƏ) aşağıdakı kimi hesablanırlar [5]:

$$D_i = \frac{d[\Delta P(Q_i)]}{dQ_i}$$

burada Q_i – i -ci düyündə reaktiv yükün qiyməti, $\Delta P(Q_i)$ isə i -ci düyündə reaktiv yükün yaratdığı aktiv güc itkisidir. RGİƏ aşağıdakı düsturlardan hesablanır:

$$\Delta P_i = k_{1i}Q_i + k_{2i}Q_i^2$$

burada

$$k_{1i} = \frac{2}{U_i^2} \cdot (Q_1 R_{1i} + Q_2 R_{2i} + \dots + Q_{i-1} R_{i-1,i} + Q_{i+1} R_{i+1,i} + \dots + Q_n R_{ni})$$

itkilərin 1 – ci tərtib törəməsi

$$k_{2i} = \frac{R_{ii}}{U_i^2}$$

isə itkilərin 2-ci tərtib törəməsidir.

RGİƏ şəbəkə qovşağının (yarımstansiyalar, elektrik stansiyaları və s.) reaktiv gücünün artması ilə bütün elektrik şəbəkəsində aktiv güc itkilərinin artımını əks etdirir. Başqa sözlə, şəbəkə qovşağında reaktiv gücdə aktiv gücün xüsusi artımını müəyyən edir

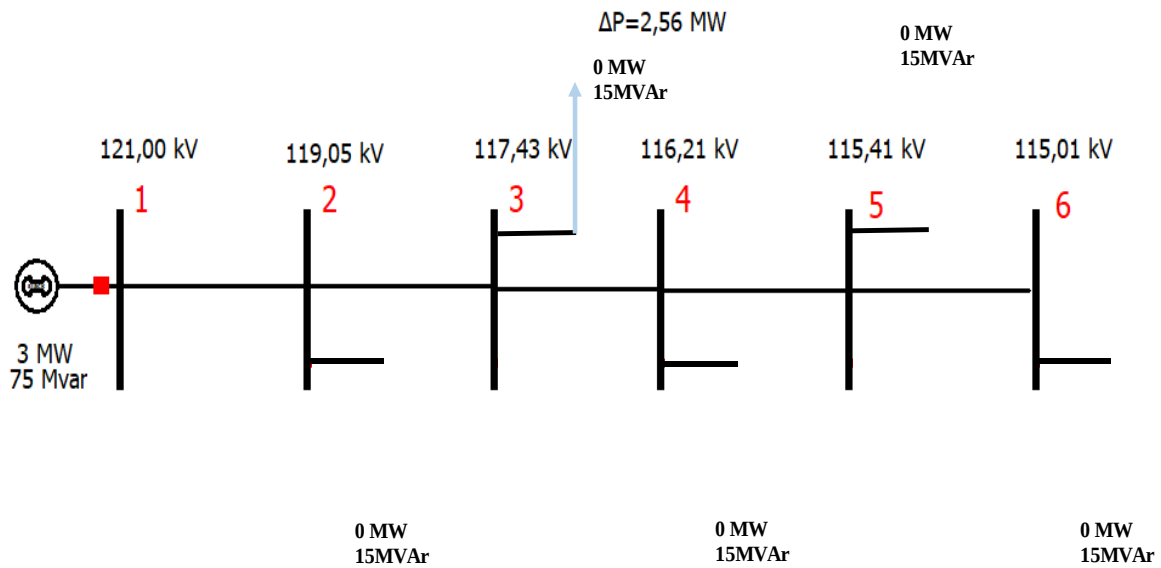
Yuxarıdakı yanaşmanın çatışmayan cəhəti ondan ibarətdir ki, RGİƏ bütün düyünlərdəki reaktiv yüklərdən asılıdır. Beləliklə i -ci düyündə hesablanmış RGİƏ digər düyünlərdəki reaktiv yüklərdən asılı olur.

Aktiv güc itkilərinin klassik üsulla hesablanması. 2-6-cı düyünlərdə reaktiv gücün qiyməti 10,15,25 MVar seçilmişdir. Cədvəl 1-də düyünlər üzrə qərarlaşmış rejimin hesablanması nəticələri verilmişdir.

Klassik üsulla şəbəkə elementlərində aktiv güc itkiləri aşağıdakı düstura görə müəyyən olunur:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R$$

Hesablamalar üçün 6 düyünlük elektrik sxemindən istifadə olunmuşdur (şəkil 1). Nəzərə almaq lazımdır ki, bu halda $Q_{12} = 75$ MVar; $Q_{23} = 60$ MVar; $Q_{34} = 45$ MVar; $Q_{45} = 30$ MVar; $Q_{56} = 15$ MVar olar.



Şəkil 1. Hesablamaların yerinə yetirildiyi 5 düyünlük sxem

Cədvəl 1.

6 düyünlük sxemin düyünləri üzrə hesablamaların nəticələri

Düyünün nömrəsi	Düyünün ilkin gərginliyi (kV)	Düyünün faktiki gərginliyi (kV)	Gərginlik vektorunun bucağı (Dərəcə)	Aktiv yük (MW)	Reaktiv yük (MVar)
1	121	121	0		
2	119,1	119,052	0,86	0	15
3	117,5	117,425	1,58	0	15
4	116,3	116,215	2,12	0	15
5	115,5	115,411	2,5	0	15
6	115,1	115,011	2,69	0	15

Cədvəl 2 və cədvəl 3-də xətlər üzrə ilkin verilənlər və qərarlaşmış rejimin nəticələri verilmişdir.

Cədvəl 2.

6düyünlük sxemin budaqları üzrə ilkin verilənlər

Xəttin əvvəli	Xəttin sonu	R	X
1	2	0,02	0,00001
2	3	0,021	0,00001
3	4	0,021	0,00001
4	5	0,022	0,00001
5	6	0,022	0,00001

Cədvəl 3.

6 düyünlük sxemin budaqları üzrə hesablamaların nəticələri

Xəttin əvvəli	Xəttin sonu	Düyüнден çıxan P (MVT)	Düyüнден çıxan Q (MVA _r)	Düyünə daxil olan Q (MVT)	Aktiv güc itkiləri (MVT)
1	2	2,6	75	75,1	1,13
2	3	1,4	60	60	0,76
3	4	0,7	45	45	0,43
4	5	0,2	30	30	0,2
5	6	0	15	15	0,05

RGİƏ itkilərin paylanması əmsallarına görə hesablanması. Xətlərdəki cərəyanlarla düyünlərdəki gərginliklər arasında əlaqə matris şəklində aşağıdakı kimi verilir:

$$\dot{I} = Z_{xətt}^{-1} M_t' \dot{U}_\Delta + \dot{Z}_{xətt}^{-1} \dot{E}$$

burada $Z_{xətt}$ – xətlərin tam müqaviməti, M – düyünlərin xətlərə birləşməsi matrisi U_Δ isə düyünlərdəki gərginliklərdir.

Müqaviməti Z olan ixtiyari elektrik şəbəkəsi üçün itkilərin paylanması matrisinin analitik ifadəsi aşağıdakı kimidir:

$$T_{eff} = U_b^T \cdot Z \cdot Y^{-1} \cdot U_d^{-1}$$

burada U_d – düyünlərdəki gərginlikləri göstərən diaqonal matris, Y – düyünlərin keçiricilik matrisi, Z isə bu matrisin tərsidir:

$$Z = M_B \cdot R_x^{-1} M^T$$

$$Y = (M \cdot R_x^{-1} \cdot M^T)^{-1}$$

Aşağıda şəkil 1-də təsvir olunmuş $Q=15$ MVA_r halında 6 düyüнден ibarət EŞ sxemi üçün bu matrislər açıq şəkildə verilmişdir:

$$U_b^T = 119,052 \quad 117,425 \quad 116,215 \quad 115,411 \quad 115,011 \quad 121$$

$$M_b = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad M = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$R_x = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} 0.667 & -0.333 & 0 & 0 & 0 \\ -0.333 & 0.667 & -0.333 & 0 & 0 \\ 0 & -0.333 & 0.667 & -0.333 & 0 \\ 0 & 0 & -0.333 & 0.667 & -0.333 \\ 0 & 0 & 0 & -0.333 & -0.333 \\ -0.333 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad Z = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 6 & 6 & 6 & 6 \\ 3 & 6 & 9 & 9 & 9 \\ 3 & 6 & 9 & 12 & 12 \\ 3 & 6 & 9 & 12 & 15 \end{bmatrix}$$

	121	0	0	0	0	0
	0	119.052	0	0	0	0
	0	0	117,425	0	0	0
U _d =	0	0	0	116,215	0	0
	0	0	0	0	115,411	0
	0	0	0	0	0	115,011

Əgər matrislərin yuxarıda verilmiş qiymətlərini T_{eff} ifadəsində yerinə yazsaq onda reaktiv gücün iqtisadi əmsallarını almış olarıq ki, həmin qiymətlər cədvəl 4-də verilmişdir. Aşağıda cədvəl 5-də 6 düyünlük sxem üzrə iki yolla, aktiv güc itkilərin RGIƏ görə və klassik üsulla alınmış nəticələri göstərilmişdir. Üç rejim, $Q=10$ MVar, $Q=15$ MVar, $Q=25$ MVar üçün aktiv güc itkiləri hesablanmışdır. RGIƏ-yə görə hesablamalar aşağıdakı kimi yerinə yetirilmişdir:

$$\Delta P_{\Sigma} = D_1 \cdot Q_1 + D_2 \cdot Q_2 + D_3 \cdot Q_3 + D_4 \cdot Q_4 + D_5 \cdot Q_5$$

Sonuncu düsturda D əmsallarının və Q -nün qiymətləri cədvəl 5-də verilmişdir.

Cədvəl 4.

6 düyünlük sxem üzrə alınmış nəticələr

Q	D1	D2	D3	D4	D5	İtkilər (MVT)	
						RGIƏ	$\Delta P_{klassik}$
10	0.011	0.019	0.026	0.032	0.034	1.22	1.16
15	0.016	0.03	0.04	0.048	0.051	2.77	2.62
25	0.025	0.049	0.068	0.081	0.088	7.82	7.28

Klassik üsulla hesablamalar POWER WORLD proqram kompleksindən, RGIƏ görə hesablamalar isə MATHCAD riyazi proqram sistemindən istifadə etməklə yerinə yetirilmişdir. Alınmış nəticələrin yaxınlığı ona dəlalət edir ki, aktiv güc itkilərini RGIƏ görə hesablamaq mümkündür.

Nəticə

1. Aktiv güc itkiləri müxtəlif üsullarla, reaktiv gücün iqtisadi əmsallarına görə və klassik üsulla hesablanmışdır.
2. Aktiv güc itkilərini hesablamaq üçün POWER WORLD proqram kompleksindən və MATHCAD riyazi proqram sistemindən istifadə edilmişdir.
3. Aktiv güc itkilərinin reaktiv gücün iqtisadi əmsallarına görə və klassik üsulla alınmış nəticələrin yaxınlığı onu göstərir ki, onları RGIƏ görə hesablamaq mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1. Balametov, Ə.B. Elektrik enerjisi itkilərinin hesabat metodları və proqram təminatının inkişafı // Energetikanın problemləri, –2018. –№ 4, – s.3-29
2. Экономические эквиваленты реактивной мощности. Математический и численный анализ / Д. Б. Банін, О. С. Яндутьский, М. Д. Банин [и др.] // Промелектро. – 2004. – № 1. – С. 22 – 33.
3. Zərbiyeva, N.F. Mövcud şəraitdə paylayıcı elektrik şəbəkələrində reaktiv gücün kompensasiyasına dair // Energetikanın problemləri. –2008. –№ 2-., –s. 1-7
4. Balametov, Ə.B., Xəlilov E.D. Baxışov E.C. Azərbaycan elektroenergetika sisteminin elektrik şəbəkələrində reaktiv gücün tələbatının səviyyəsi haqqında / Ə.B.Balametov, E.D.Xəlilov E.C.Baxışov // Energetikanın problemləri, – Bakı:–2011, –№1
5. Карпов, Ф.Ф. Компенсация реактивной мощности в распределительных сетях / Ф. Ф. Карпов. – М.: ВНТУ, –2013, –№ 3

6. Пирняк, В. М. Расчет экономических эквивалентов реактивной мощности для узлов электрической сети / В.М. Пирняк, П.Д. Лежнюк, А.Д. Демов [и др.]. Энергетика и электротехника. –ВНТУ, –2013, –№ 3.
7. Кулиев, А.М. Вопросы внедрения международного опыта и технологии оплаты реактивной энергии // Проблемы энергетики –2017, –№ 3.
8. Hacıyev, N. İ. Aşağı gərginlikli 0.4 kv paylayıcı elektrik şəbəkələrində texniki itkilərin hesablanması metodları / N. İ. Hacıyev // SDU. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. – 2021. – Vol. 21. – No 2. – pp. 82-88.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46287068&>

РЕЗЮМЕ

О РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ, ВЫЗВАННОЙ РЕАКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ

Халилов Э.Д., Гаджиев Н.И., Раджабов К. Д., Нуриева Н.Д.

Ключевые слова: *электроэнергия, потери мощности, экономические коэффициенты реактивной мощности, классический метод, реактивная нагрузка*

В зависимости от нагрузки потери мощности определяются по-разному. В зависимости от полноты этой информации применяются разные методы определения потерь. В зависимости от используемой математической модели эти методы делятся на две группы: ретроспективные и вероятностно-статистические методы. В статье для расчета потерь электроэнергии использованы экономические коэффициенты реактивной мощности и классический метод и показана близость результатов. Отмечено, что используя экономические коэффициенты реактивной мощности, потери можно рассчитать с меньшими трудозатратами.

SUMMARY

ABOUT THE CALCULATION OF THE ACTIVE POWER LOSS CAUSED BY REACTIVE LOAD WITH VARIOUS METHODS

Khalilov E.D., Hacıyev N.I., Rajabov K.D., Nuriyeva N.C.

Keywords: *electricity, power losses, economic coefficients of reactive power, classical method, reactive load*

Depending on the load, power losses are determined in different ways. Depending on the completeness of this information, different methods are used to determine power losses. Depending on the used mathematical model, these methods are divided into two groups: retrospective and probabilistic-statistical methods. The article shows the closeness of the economic coefficients of reactive power and the results obtained using the classical method to calculate power losses. It was noted that using the economic coefficients of reactive power, losses can be calculated with less labor.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	09.02.2022
	Son variant	10.03.2022

VİBRASIYALARA NƏZARƏT ÜÇÜN PROQRAMLA İDARƏ OLUNAN PYEZOELEKTRİK SENSORLARIN YENİ MODELİ

HACIYEVA KÖNÜL RAMİZ qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, baş müəllim

konul.haciyeva.1974@mail.ru

Açar sözlər: *pyezoelement, pyezosensor, müqayisə sxemi, titrəməyə nəzarət.*

Giriş. Məlumdur ki, müasir texnoloji avadanlıqlar hazırlayarkən, maşınların texniki imkanlarından və digər xarici amillərdən asılı olan hissələrin və ölçülərinin yerdəyişməsinə dəqiq riayət olunmasına müəyyən tələblər qoyulur [1,5]. Məsələn, metal emalı qurğuların, konkret olaraq cilalanma maşınlarında uğursuz bərkidilmə və cilalanma daşlarının quraşdırılması səbəbi ilə müxtəlif işlənmiş detalların möhkəmləndirildiyi maşın stolunda konstruksiyasından asılı olaraq müxtəlif səviyyəli titrəmələr mövcud olur. Vibrasiyalar nəticəsində detalların cilalanması keyfiyyəti azalır və bu da detalların ölçülərinin nominal qiymətdən kənarlaşmasına gətirib çıxarır.

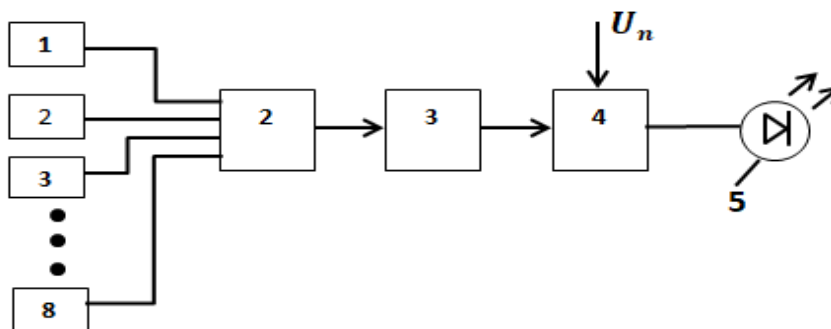
Cilalanma maşın və ya qurğu hissələrinin hazırlanmasında və emal olunmasında sonunu mərhələlərindən biridir və titrəmələr hazırlanan qurğuların keyfiyyətinin pisləşməsinə və istismar zamanı yeyilmələr nəticəsində ölçülərin dəyişməsinə gətirib çıxarır.

Emal olunan detalların ölçülərinin kənara çıxmalarına gətirib çıxaran vibrasiyaları idarə etmək üçün vibrasiya ölçmə qurğuları mövcuddur [3,4]. Mövcud vibrasiyaölçmə qurğuları mürəkkəb quruluşlu və iriölçülü qurğulardır və bütün sistem boyunca vibrasiyanı ölçməyə imkan vermirlər [5].

Tədqiqat istiqaməti. Mövcud qurğulardakı çatışmazlıqları nəzərə alaraq pyezoelektrik sensorlardan istifadə edərək dəzgahların vibrasiyaya nəzarəti üçün tərəfimizdən yeni qurğu hazırlanmışdır.

Pyezoelektrik sensorların üstün cəhətləri onların kiçikölçülü, sadə quruluşlu, iş zamanı etibarlılığı və ətalətsiz olmalarıdır [6].

Tətbiq sahələrindən və qurğuların konstruksiyasından asılı olaraq pyezoelektrik sensorlar müxtəlif formalı monoelementdən istifadə edilir. Bu elementlər sürətlə dəyişən kəmiyyətləri ölçmə qabiliyyətinə, mexaniki rəqslərin elektrik yüklərinə yüksək dəqiqliklə çevrilməsinə, mexaniki gərginliyin elektrik yüklərinə çevrilməsi zamanı yüksək dəqiqliklə ($10^{-4} - 10^{-6}$ xəta ilə) təyin etməklə həyata keçirilir.



Şəkil1. *Pyezoelektrik sensorların ümumi struktur sxemi*

Pyezoelektrik sensorların iş prinsipi. Qeyd olunan üstün cəhətlərini nəzərə alaraq tərəfimizdən müxtəlif növ titrəməyə nəzarət olunan qurğularda tətbiqi nəzərdə tutulan yeni pyezoelektrik sensorlardan ibarət nəzarət sistemi və onun işləmə prinsipi təklif olunur (şəkil 1).

Şəkil 1-də nəzarət sistemi 8 ədəd pyezoelektrik sensordan -1, gücləndirici summatordan-2, gərginlik çeviricisindən-3, müqayisə sxemindən-4, yoxlayıcı işıq diodundan-5 ibarətdir.

Pyezoelektrik sensorlar (dairəvi və ya düzbucaqlı pyezoelektrik lövhələr) qurğunun hərəkət hissələrində müxtəlif yerdə və ümumi sütunda bərkidilir. Qurğunun hissələrinin vibrasiyası zamanı elektrodlarla örtülmüş pyezosensordakı mexaniki rəqslər elektrik gərgiliyinə çevrilir, yəni

$$Q = \frac{SY}{a} \Delta a,$$

düsturu ilə müəyyən olunan Q yükləri yaranır. Burada:

S – pyezoelektrik keramik lövhələrin sahəsi;

Y – Yunq modulu;

a – pyezokeramik lövhənin qalınlığıdır;

Δa – mexaniki rəqslər nəticəsində pyezoelementin ölçü qiymətinin dəyişməsidir. Pyezoelementdə yaranan gərginlik aşağıdakı formul ilə müəyyən edilir:

$$u = \frac{Q}{C_0}; \quad C_0 = K \frac{\varepsilon S}{a} [\Phi]$$

C_0 – statik tutum;

K – pyezomühitin dielektrik nüfuzluğu;

ε – dielektrik nüfuzluğudur ($\varepsilon = 4 \times 10^{-12}$).

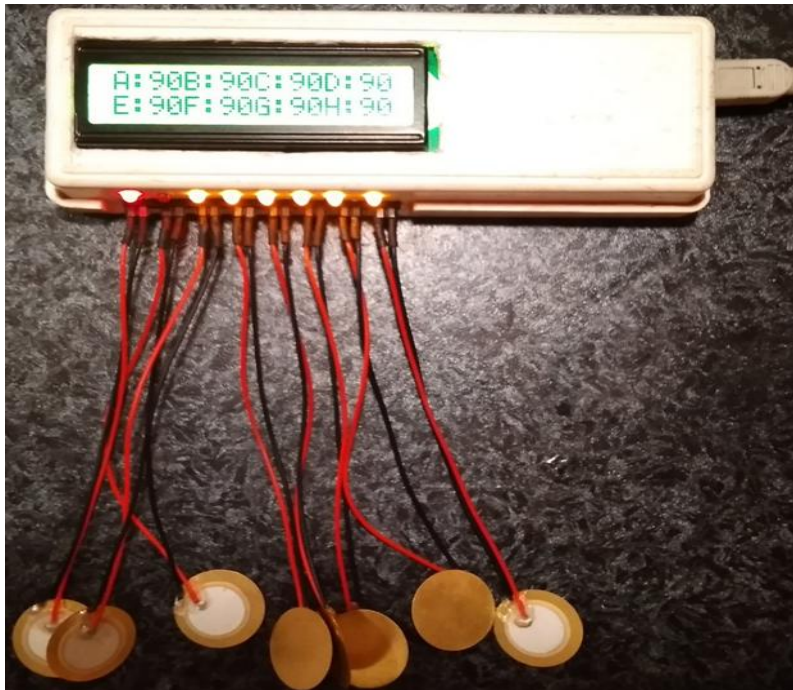
Pyezoelektrik sensorun çıxış gərginliyi aşağıdakı formula ilə müəyyən edilir:

$$u_{\text{çıx}} = \frac{da}{\varepsilon S} F_{\text{əq}} = q \frac{a}{S} F_{\text{əq}}$$

burada q – material sabiti, d – pyezokeramikanın diametridir;

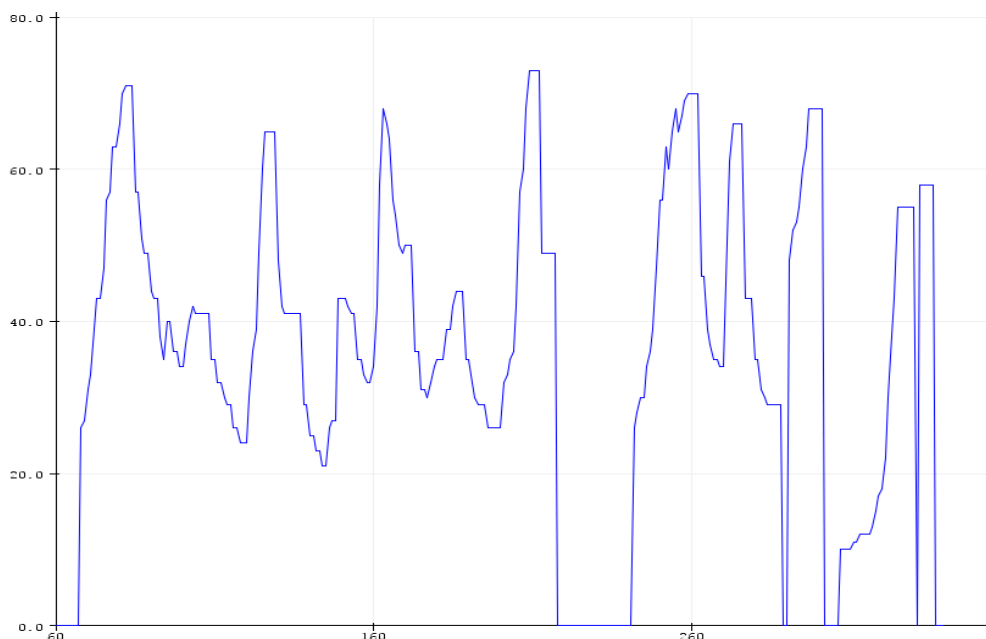
$F_{\text{əq}}$ – pyezoelementlərdə mexaniki rəqslərin təsiri ilə yaranan əyilmə qüvvəsidir.

Təqdim olunan pyezoelektrik sensor qurğusunun 8 ədəd dairəvi formalı pyezosensordan istifadə edilməklə yığılmış modeli şəkil 2-də öz əksini tapmışdır.



Şəkil 2. Pyezoelektrik sensor qurğusu

Təqdim olunan pyezoelektrik sensor qurğusu aşağıdakı kimi işləyir. Qurğunun bağlandığı hissələrin vibrasiyası zamanı ona bərkidilmiş pyezoelektrik lövhələrdə mexaniki rəqslər birbaşa pyezoeffekt nəticəsində elektrik gərginliyinə çevrilir. Dəyişən (alternativ) gərginlik aşağı olur və sensorlardan gücləndiricinin summatorunun girişinə daxil olur. Bu gərginliklər əməliyyat gücləndiricisinə quraşdırılmış summator gücləndiricisində toplanır və gücləndirilir. Summatorun çıxışında gücləndirilmiş gərginlik, gərginlik çeviricisinin girişinə verilir. Dəyişən gərginlik çeviricidə sabit gərginliyə çevrilir. Gərginlik çeviricisinin çıxışındakı gərginliyin səviyyəsi masada yerləşən bütün sensorlardan gələn siqnalların orta qiymətinə uyğun gəlir. Bu gərginlik müqayisə dövrəsinə daxil olur, bu dövrənin ikinci girişinə U_{0n} gərginliyi verilir. Gərginliklərin səviyyəsi qurğuda mövcud olan vibrasiya səviyyəsinə uyğun olmalıdır. Vibrasiya səviyyəsi müqayisə dövründə çıxışında icazə verilən gərginlikdən artıq olduqda, işıq diodunun yanması üçün gərginlik yaranır və bu onu göstərir ki, hazırlanan və ya cilalanan hissənin keyfiyyət göstəricilərində dəyişmələr mövcuddur. Qeyd olunan proseslərə müqayisə sxeminin çıxışına qoşulmuş kompüterlə nəzarət etmək olar və kompüterə yazılmış proqram əsasında prosesin normallaşması üçün gərginliyin idarə edilməsinə baxıla bilər. Şəkil 3-də mexaniki təsirin nəticəsində müqayisə sxeminin çıxışındakı gərginlik dəyişmələri öz əksini tapmışdır.



Şəkil 3. *Pyezosensorun çıxışındakı gərginliyin pyezoelementlərdə mexaniki rəqslərin təsiri dəyişmələrinin asılılıq əyrisinin kompüter qrafiki.*

Beləliklə, təklif olunan yeni montaj olunmuş pyezoelektrik sensor qurğusunun istənilən metal emalı qurğularına tətbiqi, onun vaxtında təmir olunması və emal olunan məhsulun keyfiyyətinə kompüter monitorinqi vasitəsilə nəzarət etməyə imkan verir.

Nəticə. Aparılmış analizlər nəticəsində Vibrasiyalara nəzarət üçün pyezoelektrik sensorların yeni modeli təklif olunmuş və hazırlanmışdır. Qurğu hazırlanaraq işləmə rejimlərinə uyğun olaraq pyezosensorun çıxışındakı gərginliyin pyezoelementlərdə mexaniki rəqslərin təsiri dəyişmələrinin asılılıq əyrisinin kompüter qrafiki qurulmuşdur.

Cihaz qurğuda vibrasiyanın səviyyəsini daha dəqiq nizamlamağa və sistemin adaptiv qurulmasına imkan verir, bunun nəticəsində də sistemdə vibrasiyanın səviyyəsi azalır. Bu, cilalanmanın keyfiyyətini yaxşılaşdırır, emal olunan detalların ölçülərinin dəqiqliyini artırır.

ƏDƏBİYYAT

1. Неразрушающий контроль / под общ. ред. В.В. Клюева. –М.: Машиностроение, –2005. –т. 8. –789 с.
2. <https://www.denetim.com/az/muayene/calisma-ortami/titresim-olcumu/>
3. <http://vibropoint.ru/vibrodiagnostika-stankov/>
4. Лукьянов, А.В., Исследование пространственной вибрации обрабатывающего центра в режиме фрезерования Systems / А.В. Лукьянов, Д.П. Алейников. Methods. Technologies. – 2014. –№ 1 (21), –pp.96-101
5. Лыткина Е.М., Лукьянов А.В. Управление колебаниями в механической системе при релейном подключении дополнительной массы // 2005. № 4 (8). С. 85-93.
6. <http://www.heuristic.su/effects/catalog/tech/byId/description/729/index.html>

РЕЗЮМЕ

НОВАЯ МОДЕЛЬ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ, УПРАВЛЯЕМЫХ ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВИБРАЦИЕЙ

Гаджиева К.Р.

Ключевые слова: *пьезоэлемент, пьезодатчик, схема сравнения, контроль вибрации.*

Были проанализированы датчики для контроля вибрации, и в результате был предложен новый пьезоэлектрический датчик. Преимуществами предлагаемых новых пьезоэлектрических датчиков являются их небольшие размеры, простая конструкция, надежность и инерционность. Учитывая достоинства этих пьезоэлектрических датчиков, система управления, состоящая из новых пьезоэлектрических датчиков в различных типах устройств контроля вибрации, позволяет применять датчиковое устройство на любом металлообрабатывающем оборудовании, своевременно проводить его ремонт и компьютерный контроль качества обрабатываемой продукции.

SUMMARY

NEW MODEL OF PIEZOELECTRIC SENSORS CONTROLLED BY SOFTWARE FOR VIBRATION CONTROL

Hajiyeva K.R.

Keywords: *piezoelement, piezosensor, comparison scheme, vibration control.*

Sensors for vibration control were analyzed, and as a result, a new piezoelectric sensor was proposed. The advantages of the proposed new piezoelectric sensors are their small size, simple structure, reliability and inertia. Taking into account the advantages of these piezoelectric sensors, the control system consisting of new piezoelectric sensors in various types of vibration control devices allows the application of the sensor device to any metalworking equipment, its timely repair and computer quality control of processed products.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	28.12.2021
	Son variant	02.02.2022

MÜHİTİN APARAN VƏ APARILAN FAZALARININ BİRGƏ AXINININ RİYAZİ MODELƏRİ

İSMAYILOVA ŞƏHLA HACIBALA qızı

Sumqayıt Dövlət Universiteti, baş müəllim

shahla.ismayilova.71@mail.ru

Açar sözlər: ikifazlı sistem, aparan faza, aparılan faza, sıxlıq, fazalararası qüvvə.

Sərfi fasiləsiz dəyişən ikifazlı mayelərin hərəkətinə hidrotexnikada, neft və qaz sənayesi qurğularında, su təsərrüfatı sistemlərində, neft-kimya aparatlarında, metallurgiya və müxtəlif texnoloji avadanlıqlarda tez-tez rast gəlinir. Aşağıda mühiti təşkil edən aparan (maye-qaz, neft, su və s.) və aparılan (bərk hissəciklərin) fazaların birgə hərəkətinin riyazi modellərini quraq.

Nəzərdə tutaq ki, sıxlığı ρ_f , həcmi konsentrasiyası $\varphi_f = 1 - \varphi$ və hərəkət sürəti $\bar{c}_f$ olan maye axını özü ilə birlikdə bərk (sıxlığı ρ_s , həcmi konsentrasiyası $\varphi_s = \varphi$ və sürəti $\bar{c}_s$ olan) hissəciklər daşıyır. Hesab edək ki, ikifazlı mayeni təşkil edən aparan (maye) və aparılan (dispers) fazaların temperaturları bərabərdir (yəni axın izotermik prosesdə gedir) və fazalararası kütlə mübadiləsi baş vermir. Bu şərtlər daxilində aparan və aparılan fazaların hərəkət tənlikləri aşağıdakı kimi yazıla bilər.

1. Kəsilməzlik tənliyi:

a) aparan (maye) faza üçün

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_f \varphi_f) + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho_f \varphi_f c_{fj}) = q_{*f} \quad (1)$$

b) aparılan (dispers) faza üçün

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_s \varphi_s) + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho_s \varphi_s c_{sj}) = q_{*s} \quad (2)$$

2. Dinamika tənliyi:

a) aparan (maye) faza üçün

$$\rho_f \varphi_f \left(\frac{\partial c_{fk}}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 c_{fj} \frac{\partial c_{fk}}{\partial x_j} \right) = \rho_f \varphi_f F_{fk} + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho_f \varphi_f \sigma_{fjk}) + R_k + (c_{*fk} - c_{fk}) q_{*f} \quad (3)$$

b) aparılan (dispers) faza üçün

$$\rho_s \varphi_s \left(\frac{\partial c_{sk}}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 c_{sj} \frac{\partial c_{sk}}{\partial x_j} \right) = \rho_s \varphi_s F_{sk} + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho_s \varphi_s \sigma_{sjk}) - R_k + (c_{*sk} - c_{sk}) q_{*s} \quad (4)$$

Təqdim olunan (1)-(4) tənliklər sisteminin analizi onu göstərir ki, bu sistem qapalı deyildir. Bu sistemin qapanması üçün aşağıdakı şərtləri qəbul edək.

1. Tutaq ki, aparan (maye) faza sıxılmayıdır və bərk hissəciklər deformasiya olunmayıdır. Bu onu göstərir ki, mühiti təşkil edən fazaların sıxlığı sabitdir (dəyişmir), yəni $\rho_f = const$ və $\rho_s = const$.

2. Mühitin aparan fazasının aparılana (yaxud əksinə) qarşılıqlı təsir qüvvəsi $\bar{R}$ aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur [1, 2]

$$\bar{R} = K_R (\bar{c}_f - \bar{c}_s), \quad K_R = c_\mu \pi a^2 \rho_f (c_f - c_s) / 2 \quad (5)$$

a – bərk hissəciyin radiusu;
 ρ_f – aparən (maye) fazanın sıxlığı;
 c_μ – müqavimət əmsalı.

Mövcud elmi tədqiqat işlərinin analizi nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, müqavimət əmsalı c_μ əsasən axının rejimini xarakterizə edən Reynolds (Re) ədədindən və dispers fazanın həcmi konsentrasiyasından ($\varphi_s = \varphi$) asılıdır [3, 4] və aşağıdakı ifadə ilə təyin oluna bilər

$$c_\mu = \psi_a c_\mu^0 = \psi_a A / Re^m; c_\mu^0 = A / Re^m, \quad (6)$$

burada ψ_a - hissəciklərin təsirini nəzərə alan əmsal,

$$\psi_a = (1 - \beta(\varphi_s))^{-1}, \beta(\varphi_s) = 3\sqrt[3]{\varphi_s} / 2; \quad (7)$$

Re_n - Reynolds ədədi,

$$Re_n = 2a(c_f - c_s) / \nu, \quad (8)$$

ν - mayenin kinematik özüllük əmsalı.

(6) ifadəsində A əmsalı və m üstü, Re_n -in qiymətindən asılı olaraq təyin olunur (cədvəl 1).

Cədvəl 1.

A əmsalı və m üstünün qiymətləri

Sıra №	Re_n -in dəyişmə intervalı	A	m	c_μ^0 -in hesabat düsturları
1	$10^{-4} < Re_n < 0,1$	24	1	$24 / Re_n$
2	$0,1 \leq Re_n < 1$	25,6	1	$25,6 / Re_n$
3	$1 \leq Re_n < 10$	26,3	0,8	$26,3 / Re_n^{0,8}$
4	$10 \leq Re_n < 8 \cdot 10^2$	12,3	0,5	$12,3 / \sqrt{Re_n}$
5	$Re_n \geq 8 \cdot 10^2$	0,44	0	0,44

3. Fazalar arası toxunan gərginliyin qiymətinin kiçik olması şərtini qəbul edək [1, 5], onda i fazası üçün səthi qüvvələrin tenzoru

$$\sigma_i = -\varepsilon_i P_i \quad (9)$$

olacaqdır, burada P_i – ifazasının təzyiqi;

ε_i – vahid tenzor

($\varepsilon_{ij} = 0$, $i \neq j$ olduqda;

$\varepsilon_{ij} = 1$, $i = j$ olduqda).

4. Mühitin fazalarına təsir edən kütləvi qüvvələrinin ağırlıq qüvvəsindən təşkil olunduğunu qəbul edək.

5. Mühitin fazalarına kənardan birləşən (yaxud ayrılan kütlənin sürətini c_{*i} , fazaların hərəkət sürəti c_i ilə ifadə edək

$$c_{*i} = k_i c_i, \quad c_{*f} = k_f c_f, \quad c_{*s} = k_s c_s$$

burada, k_i, k_f, k_s - əmsallardır.

6. Aparılan (dispers) fazanın həcmi konsentrasiyası [3]

$$\varphi_s = \varphi = 4\pi a^3 n / 3 \quad \text{və ya} \quad \varphi = \lambda_f n a^3 \quad (10)$$

Burada λ_f - hissəciyin forma əmsalı; n – mühitin tutduğu həcmdə toplanmış dispers hissəciyin sayı [3]

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} (n c_{sj}) = 0 \quad (11)$$

Beləliklə yuxarıda qeyd olunan şərtləri nəzərə almaqla, (1)-(4) tənlikləri əsasında aparıcı (maye) və aparılan (dispers) fazaların birgə hərəkətinin riyazi modelini aşağıdakı kimi yazı bilərik:

$$\begin{aligned} -\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} (1-\varphi) c_{fj} &= q_{*f} / \rho_f \\ \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} (\varphi c_{sj}) &= q_{*s} / \rho_s \end{aligned} \quad (12)$$

$$\rho_f (1-\varphi) \left(\frac{\partial c_{fk}}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 c_{fj} \frac{\partial c_{fk}}{\partial x_j} \right) = \rho_f (1-\varphi) g - \frac{\partial}{\partial x_k} (1-\varphi) P_f - K_R (c_{fk} - c_{sk}) + (c_{*f} - c_f) q_{*f}$$

$$\rho_s \varphi \left(\frac{\partial c_{sk}}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 c_{sj} \frac{\partial c_{sk}}{\partial x_j} \right) = \rho_s \varphi g - \frac{\partial}{\partial x_k} (\varphi P_s) + K_R (c_{fk} - c_{sk}) + (c_{*sk} - c_{sk}) q_{*s}$$

$$R = K_R (c_f - c_s), K_R = c_\mu \pi a^2 \rho_f (c_f - c_s) / 2, c_\mu = c_\mu^0 \psi_a, \psi_a = (1-\beta)^{-1}, \beta = 3\sqrt{\varphi}/2,$$

$$c_\mu = A / \text{Re}_n^m, \text{Re}_n = 2a(c_f - c_s) / \nu, \rho_f = \text{const}, \rho_s = \text{const}, \varphi_f = 1 - \varphi, \varphi_s = \varphi = 4\pi a^2 n / 3,$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} (nc_{sj}) = 0, n = 3\varphi / 4\pi a^3, c_{*f} = k_f c_f, c_{*s} = k_s c_s, \varphi_f + \varphi_s = 1, P_f = P_s = P$$

Bu tənliklər sistemində aparıcı fazanın təzyiqini P_f , aparılan fazanın təzyiqi P_s ilə əlaqələndirən ifadə, (12) sisteminə qoşulmalıdır, ona görə ki, ümumi halda P_f və P_s bir-birindən fərqlənir. Ancaq müxtəlif praktiki məsələlərin həllində, bir qayda olaraq, $P_f = P_s = P$ (P – mühitin təzyiqi) qəbul olunur [1, 4]. (12) sisteminə daxil olan q_{*f} və q_{*s} məlum kəmiyyətlərdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Дейч, М.Е. Газодинамика двухфазных сред / М.Е.Дейч, Г.А. Филлипов. –М.: Энергоиздат, –1981. –472 с.
2. Дейч, М.Е. Двухфазные течения в элементах теплоэнергетического оборудования / М.Е.Дейч, Г.А. Филлипов. –М.: Энергоиздат. –1987. –328 с.
3. Нигматуллин, Р.И. Динамика многофазных сред / Р.И.Нигматуллин. –М.: Наука, –1987. ч.І. – 352 с., ч.ІІ – 360 с.
4. Nigmatulin R.I., Bolotnova R.Kh., Vakhitova N.K., Topolnikov A.S., Konovalova S.I., Makhota N.A. Amplification of compression waves in clean and bubbly liquid // Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2009. –V. 58. –p. 188-193.
5. Слезкин Н.А. Дифференциальные уравнения движения пульпы. ДАН СССР. –1952, – № 2, –с. 235-237.
6. Quliyeva, A. İ. Dərİnlİk nasos stansİyasİnİn mancanaq qurğusunun həssas elementİnİn sİstematİk xətasİnİn təyİnİ alqorİtmİ / A. İ. Quliyeva, İ. S. Camalxanova // SDU. Elmi xəbərlər. Təbİət və texnİkİ elmlər bölməsi. – 2020. – Vol. 20. – No 3. – P. 92-97.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44220004>

РЕЗЮМЕ
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СОВМЕСТНОГО ТЕЧЕНИЯ
НЕСУЩЕЙ И НЕСОМОЙ ФАЗ СРЕДЫ
Исмаилова Ш.Г.

Ключевые слова: *двухфазная система, несущая фаза, несомая фаза, плотность, межфазная сила*

В теории двухфазных жидкостей вопросы, связанные с процессами непрерывного присоединения (или отделения) жидкости снаружи, чаще встречаются в гидротехнических и водохозяйственных системах. Изменение расхода (массы) по потоку - один из основных факторов, влияющих на движение двухфазной системы. Это следует учитывать при теоретическом исследовании двухфазных жидкостей и при решении практических задач. С этой точки зрения решение уравнений движения двухфазных жидкостей, построение математических моделей актуальны.

SUMMARY
JOINT FLOW MATHEMATICAL MODELS CARRYING AND
CARRYING PHASES OF THE MEDIUM
Ismayilova Sh.H.

Key words: *two-phase system, conducting phase, conducting phase, density, interphase force.*

In the theory of two-phase liquids, issues related to the processes of continuous addition (or separation) of a liquid from the outside are more common in hydraulic engineering and water management systems. The change in flow rate (mass) along the flow is one of the main factors affecting the movement of a two-phase system. This should be taken into account in the theoretical study of two-phase liquids and in solving practical problems. From this point of view, the solution of the equations of motion of two-phase fluids, the construction of mathematical models are relevant.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	15.02.2021
	Son variant	05.05.2021

MÜNDƏRİCAT * СОДЕРЖАНИЕ * CONTENTS

Fizika və riyaziyyat

1. *Zərbəliyev M.M., Oруджев С.К., Исмаилов М.Г.* Коэффициент Холла в твердых растворах $TlIn_{1-x}Dy_xS_2$ 4
2. *Qurbanov M.M., Qocayev M.M., Zeynalov H.İ., Dəmirov A.H.* $(TlGaSe_2)_{0,8}(TlInS_2)_{0,2}$ bərk məhlulunda istilik parametrlərinin atomlararası rabitə enerjisindən asılılığı 10
3. *Мусаев А.М.* Об асимптотическом значении приближения многократно дифференцируемых функции сопряженными m -сингулярными интегралами 14

Kimya

4. *Ağayev Ə.Ə., Əliyeva N.A., Nəsirova İ.M., Turabxanlı S.E.* Müxtəlif katalizatorlar iştirakında anilin və 2-metilanilin etilləşmə reaksiyasının tədqiqi 19
5. *Həsənova S.S.* Catena bis (3,5 – dinitrobenzoato, 0,0⁶) – di (piridine)- di- kadmium(II) kompleks birləşməsinin sintezi və kristal quruluşunun tədqiqi 25
6. *Mustafa-zadeh J.M.* Preparation of microelementized mineral fertilizer by decomposition of natural phosphate with sulfuric acid using datolite concentrate 31
7. *Мурадова П.А.* О нетермических эффектах воздействия микроволнового излучения на гетерогенно-каталитические реакции 36

Ekologiya

8. *Məmmədova S.O.* Şəhər ərazilərinin ağır metallardan elektrokinetik təmizlənməsi üçün sınaq sahəsinin seçilməsi məsələləri 43

Biologiya

9. *Sadıqova D.O.* Robiniya cinsinə daxil olan bəzi növlərin meyvə və toxum əmələgətirmə xüsusiyyətləri və toxumların həyatiliyi 48

Coğrafiya

10. *Kazımova L.A., Rüstəmov A.M.* Böyük Qafqazın cənub yamacı landşaft komplekslərinin ekoloji-geokimyəvi xüsusiyyətlərinin tədqiqi (dağ-çəmən landşaft komplekslərinin təmsalında) 52

Texnika

11. *İsgəndərov Ə.Ə.* Neft emalı müəssisələri şəbəkəsində xam neftin səmərəli paylanması məsələsi 60
12. *Məmmədova Ş.H.* Bərk polimerin həllolma prosesinin kinetik modelinin tənlikləri 67
13. *Şamilova B.Q., Əliyeva F.A.* Coğrafiya fənninin tədrisi prosesinə İKT-nin innovativ vasitələrinin tətbiqi 71
14. *Mehdiyeva A.M., Bağırzadə K.E., Əlixanov E.H.* Neftçixarmada qazlift quyuları üçün optimallaşdırma məsələsinin tədqiqi 77
15. *Xəlilov E.D., Hacıyev N.İ., Rəcəbov K.D., Nuriyeva N.C.* Reaktiv yükün yaratdığı aktiv güc itkisinin müxtəlif üsullarla hesablanması haqqında 83
16. *Hacıyeva K.R.* Vibrasiyalara nəzarət üçün proqramla idarə olunan pyezoelektrik sensorların yeni modeli 89
17. *İsmayılova Ş.H.* Mühitin aparan və aparılan fazalarının birgə axınının riyazi modelləri 93

Kompüter yığımı	<i>S.Şahverdiyeva</i>
Texniki redaktor	<i>E.Həsətova</i>
Dil dəstəyi	<i>Linqvistik Mərkəz</i>

Çapa imzalanmışdır: 31.03.2022-ci il
Mətbəə kağızı, kağızın formatı: 70*108 ¹/₄
Yüksək çap üsulu. Həcmi: 23,18 ş.ç.v.
Sifariş 39. Tiraj 250 nüsxə.
Qiyməti müqavilə yolu ilə.

Sumqayıt Dövlət Universiteti
Redaksiya və nəşr işləri şöbəsi

Müxbir ünvan:

Azərbaycan, 5008, Sumqayıt, 43-cü məhəllə
Tel: (0-12) 448-12-74
(0-18) 644-70-41
Faks: (0-18) 642-02-70

Web: <https://www.ssu-scientificnews.edu.az>

E-mail: sdu.elmixeberler@mail.ru