

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის



21
1947

ფ. XXXa, XXXb, XXXb
ნა. XXXII.

შრომები

Т Р У Д Ы

ТБИССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ СТАЛИНА

TRAVAUX

DE L'UNIVERSITÉ
STALINE
à TBILISSI (Tiflis)

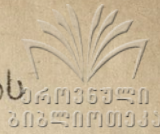
XXXa

სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა
Издательство Тбилисского государственного университета им. Сталина

თ ბ ი ს ს ი

1947

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის



შ რ ო მ ე ბ ი

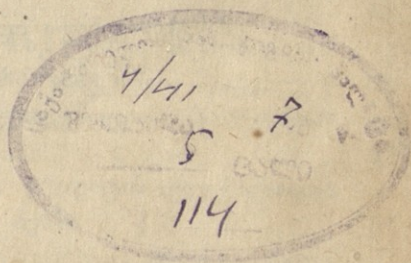
Т Р У Д Ы

ТБИЛИССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ СТАЛИНА

TRAVAUX

DE L'UNIVERSITÉ
STALINE
à TBILISSI (Tiflis)

XXX a



დაიბეჭდა სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტის სამეცნიერო საბჭოს დადგენილებით

პასუხისმგებელი რედაქტორი პროფ. ნ. კეცხოველი
საქ. მეცნ. აკადემიის ნამღვილი წევრი

გადაეცა წარმოებას 9/1 47 წ. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 31/V 47 წ. ტირაჟი 500.
სასტამბო თბაზი 9.25 სააღ.-საგამ. თბაზი 11, ანაწყოების ზომა 7×11. შუ 0 267,5
გამომცემლობის შეკვეთა № 0. სტამბის შეკვეთა № 6.

სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტ. გამომც. სტამბა, მარის ქ.

შინაარსი

1. ილია ვეკუა, მეორე რიგის ელექტური ტიპის დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნების აპროქსიმაციის შესახებ	1
2. ა. ბიწაძე, თხელი დრეკადი წრიული ფირფიტის რხევის სასაზღვრო ამოცანები	23
3. ნ. ვეკუა, ერთი შენიშვნა სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემის შესახებ	31
4. ვ. მამასახლისოვი, ატომგულთა იზოტოპების განაწილების საკითხისათვის	39
5. ნ. ციციშვილი და თ. კიფარენკო, ფითრის ნაყოფის ანალიზი და მასში ვიტამინი „C“	51
6. ა. კახნიაშვილი, ნ. მესხი და ბ. ჩიხლაძე, საქართველოს სსრ ზოგიერთი ხის ჯიშების ნახშირის გააქტივება მჟავებით	61
7. ა. კახნიაშვილი, ბენზოლის სპირტის კონდენსაცია რეზორცინთან ასკანიტის თანაობით	67
8. კ. გამსახურდია და მ. ხუნდაძე, გრაფიტის ელექტროდის გამოყენება ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებში	73
9. ი. ზალკინდი, ვ. ხუხია, კ. გამსახურდია და ნ. ცაგურია, საქართველოს შამბანური ღვინოების ქიმიური ბუნების გამორკვევის ზოგიერთი საკითხისათვის	78
10. ვ. ხუხია, ზოგიერთ იოდატ-ნაერთთა მყარი ფაზების წონასწორული რეაქციების შესახებ	85
11. გ. ციციშვილი და ა. არევაძე, ბუნებრივი ადსორბენტების — ქართული ბენტონიტური თიხების — ადსორბციული თვისებების შესწავლა. ნარკვევი პირველი	97
12. გ. ციციშვილი და ი. არევაძე, ბუნებრივი ადსორბენტების — ქართული ბენტონიტური თიხების — გამოკვლევა. ნარკვევი მეორე	109
13. ვ. კოკოჩიაშვილი და ვ. კობიძე, დამჟანგავთა გავლენა ტყვიის მექანიკურ დისპერგირებაზე	117
14. ა. ვარდუჟაძე და ნ. ჯალაღანი, ასკანიტისა და გუმბრინის დინამიკური აქტივობის განსაზღვრა აირადი ქლორის მიმართ	125
15. შ. შარაშენიძე, ნავთობის პროდუქტების შემკვლელნი	135

СОДЕРЖАНИЕ

1. И. Н. Векуа, Аппроксимация решений дифференциальных уравнений второго порядка эллиптического типа	1
2. А. Бицадзе, Задача колебания равномерно сжатой тонкой упругой круглой пластинки	23
3. Н. Векуа, Одно замечание о системе сингулярных интегральных уравнений	31
4. В. Мамасахлисов, К вопросу о распределении изотопов ядер	39
5. Н. Цицишвили и Т. Кифаренко, Химический состав плодов омелы и содержание в ней витамина „С“	51
6. А. Кахниашвили, Н. Месхи и Б. Чихладзе, Активация кислотами углей некоторых древесных пород, произрастающих в ССРГ	61
7. А. Кахниашвили, Конденсация бензилового спирта с резорцином в присутствии асканита	67
8. К. Гамсахурдия и М. Хундадзе, Применение графитового электрода в окислительно-восстановительных реакциях	73
9. И. Залкинд, В. Хухия, К. Гамсахурдия и Н. Цагурия, К вопросу о выяснении химической природы грузинских шампанских вин	78
10. В. Хухия, О равновесных реакциях с некоторыми твердыми фазами иодат соединений	85
11. Г. Цицишвили и И. Аревадзе, Исследование природных адсорбентов — грузинских бентонитовых глин. I	97
12. Г. Цицишвили и И. Аревадзе, Исследование природных адсорбентов — грузинских бентонитовых глин. II	109
13. В. Кокочашвили и В. Кобидзе, Влияние окислителей на механическое диспергирование свинца	117
14. А. Вардукадзе и Н. Джалагания, Определение динамической активности асканита и гумбринна в отношении газового хлора	125
15. Ш. Шарашенидзе, Заменители нефтепродуктов	135

ილია ვიკუა

გეოკრე რიგის ელიფსური ტიპის დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნების აპროქსიმაციის შესახებ

შესავალი. ნებისმიერ ჰოლომორფულ ფუნქციათა აპროქსიმაცია ან მჭკრავად დაშლა რაიმე სპეციალური კლასის ჰოლომორფულ ფუნქციათა მიხედვით (პოლინომებით, რაციონალური ფუნქციებით და სხვა), ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემათაგანია თანამედროვე კომპლექსური ცვლადის ფუნქციათა თეორიისა. ამ პრობლემისადმი მიძღვნილია მრავალი გამოკვლევა და დღესაც ის მკვლევართა ყურადღების ცენტრში იმყოფება (იხ., მაგ., [12]). ეს პრობლემა ჩვენ შეგვიძლია ჩამოვაყალიბოთ აგრეთვე დიფერენციალურ განტოლებათა თეორიის ტერმინებში და განვიხილოთ იგი, როგორც ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემათაგანი ამ დარგისა. მართლაც, ყოველი ჰარმონული ფუნქცია $u(x, y)$ ჩვენ შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ასე:

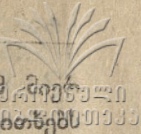
$$u(x, y) = f(z) + g(\bar{z}),$$

სადაც $z = x + iy$, $\bar{z} = x - iy$, ხოლო f და g თავიანთი არგუმენტების ანალიზური ფუნქციებია. ამიტომ ჰოლომორფულ ფუნქციათა აპროქსიმაციის პრობლემა წარმოადგენს ფაქტიურად ლაპლასის განტოლების ნებისმიერ ამოხსნათა აპროქსიმაციის პრობლემას ამავე განტოლების გარკვეული სპეციალური ამოხსნების საშუალებით.

მაგრამ ან სახით დასმული ზემოაღნიშნული პრობლემა მაშინვე შეიძლება განზოგადებულ იქნეს შემდეგნაირად. განვიხილოთ მეორე რიგის ელიფსური ტიპის კერძო წარმოებულებიანი დიფერენციალური განტოლება

$$E(u) \equiv \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + a(x, y) \frac{\partial u}{\partial x} + b(x, y) \frac{\partial u}{\partial y} + c(x, y) u = 0 \quad (E)$$

და დავსვათ ასეთი საკითხი: შეიძლება თუ არა ამ განტოლების კერძო ამოხსნების ისეთი სისტემა ავაგოთ, რომ მისი ნებისმიერი ამოხსნა აპროქსიმირებულ იქნეს (ან დაშლილი იქნეს) ამ კერძო ამოხსნათა წრფივი კომბინაციების საშუალებით. ცხადია, როცა $a = b = c = 0$, მაშინ ჩვენ მივიღებთ ლაპლასის განტოლებას და ამიტომ ეს პრობლემა განზოგადდება იმ პრობლემისა. რამდენიმე მსახიბავი დასაწყისში იქმნება ლაპარაკი.



(E) განტოლების ამოხსნების აპროქსიმაციის ზოგი საკითხი ჩემი წიგნის შესწავლილია შრომაში [9]. წინამდებარე შრომაში მე ვეხები იმავე საკითხებს და ზოგიერთი მიმართულებით განვაზოგადებ [9] შრომაში მიღებულ შედეგებს.

§ 1-ში მომყავს დამხმარე ფორმულები და თეორემები, რომელთაგან ზოგი დამტკიცებული მაქვს შრომებში [1], [2], [3], [4], ხოლო დანარჩენი კი ეკუთვნის აკად. მ. კელდიშს [10], [11].

§ 2-ში შესწავლილია (E) განტოლების ამოხსნების აპროქსიმაციის საკითხი მარტივად მხელ არეში.

§ 3-ში დამტკიცებულია ერთი თეორემა (E) განტოლების ამოხსნების წრეში მწკრივად დაშლის შესახებ.

§ 4-ში დამტკიცებულია რამდენიმე დებულება (E) განტოლების ამოხსნების აპროქსიმაციის შესახებ სხვადასხვა სახის უსასრულო მარტივად მხელ არეებში.

§ 1. წინასწარი შენიშვნები და ამოცანის დასმა. განვიხილოთ დიფერენციალური განტოლება

$$E(u) \equiv \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + a(x, y) \frac{\partial u}{\partial x} + b(x, y) \frac{\partial u}{\partial y} + c(x, y) u = 0, \quad (E)$$

რომლის კოეფიციენტები $a(x, y)$, $b(x, y)$ და $c(x, y)$ თავიანთი არგუმენტების მთელი ფუნქციებია; ეს ფუნქციები, საზოგადოდ, შეიძლება ლებულობდნენ კომპლექსურ წნიშვნელობებს მაშინაც, როცა x და y ნამდვილი ცვლადებია.

განტოლების ისეთ ამოხსნას, რომელიც უწყვეტია თავისი პირველი და მეორე რიგის კერძო წარმოებულებით რაიმე არეში, უწოდებენ რეგულარულ ამოხსნას. როგორც ცნობილია, ყოველი რეგულარული ამოხსნა ანალიზური ფუნქციაა x, y ცვლადებისა მისი რეგულარობის არეში (პიკარის თეორემა). (E) განტოლების ამოხსნას, რომელიც მთელი ფუნქციაა x, y ცვლადებისა, შებდეში ჩვენ ვუწოდებთ მთელ ამოხსნას.

ამ შრომის მიზანია შევისწავლოთ (E) განტოლების ამოხსნათა აპროქსიმაციის საკითხები მარტივად მხელ სასრულ და უსასრულო არეებში ამავე განტოლების მთელ ამოხსნათა გარკვეული კლასის საშუალებით.

ვთქვათ, T რაიმე მარტივად მხელი არეა, რომლის საზღვარი აღენიშნოს L -ით; თუ T უსასრულო არეა, ჩვენ ვიგულისხმებთ, რომ უსასრულოდ დაშორებული წერტილი მას არ ეკუთვნის და ამიტომ ამ შემაჯავებში მისი საზღვარი, ცხადია, არ შეიძლება იყოს ჩაკეტილი წირი.

(E) განტოლების ყველა ამოხსნა, რეგულარული ასეთ T არეში, მოიცემა ფორმულით (იხ. [1], [2], [3], [4])

$$u(x, y) = \alpha_0 G(\zeta_0, \bar{\zeta}_0, \zeta, \bar{\zeta}) + \int_{\zeta_0}^{\zeta} \Phi(t) G(t, \bar{t}, \zeta, \bar{\zeta}) dt + \int_{\zeta_0}^{\bar{\zeta}} \Psi(\tau) G(\zeta_0, \tau, \zeta, \bar{\zeta}) d\tau, \quad (1)$$

სადაც $z = x + iy$; $\bar{z} = x - iy$; z_0 რაიმე ფიქსირებული წერტილია. ზოგადობის დაურღვევლად ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ, რომ $z_0 = 0$. α_0 ნებისმიერი მუდმივია, $\Phi(z)$ და $\Psi(\zeta)$ ნებისმიერი პოლინომორფული ფუნქციებია T და \bar{T} ორეგში, ხოლო $G(t, \tau, z, \zeta)$ გარკვეული მთელი ფუნქციაა თავისი არგუმენტებისა, რომელიც მხოლოდ (E) განტოლების კოეფიციენტებზეა დამოკიდებული; ამ ფუნქციას ჩვენ ვუწოდებთ (E) განტოლების შესაბამის რიმანის ფუნქციას; ის ცალსახად განისაზღვრება შემდეგი პირობებით: ნებისმიერად ფიქსირებულ t და τ კომპლექსური რიცხვებისათვის ფუნქცია $G(t, \tau, z, \zeta)$ აკმაყოფილებს დიფერენციალურ განტოლებას

$$\frac{\partial^2 G}{\partial z \partial \bar{z}} + A(z, \zeta) \frac{\partial G}{\partial z} + B(z, \zeta) \frac{\partial G}{\partial \zeta} + C(z, \zeta) G = 0 \quad (2)$$

და დამატებით პირობებს:

$$\left. \begin{aligned} G(t, \tau, t, \zeta) &= \exp\left(-\int_{\tau}^{\zeta} A(t, \tau_1) d\tau_1\right), \\ G(t, \tau, z, \tau) &= \exp\left(-\int_t^{\bar{z}} B(t_1, \tau) dt_1\right), \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

სადაც

$$\left. \begin{aligned} A(z, \zeta) &= \frac{1}{4} \left[a \left(\frac{z+\zeta}{2}, \frac{z-\zeta}{2i} \right) + ib \left(\frac{z+\zeta}{2}, \frac{z-\zeta}{2i} \right) \right], \\ B(z, \zeta) &= \frac{1}{4} \left[a \left(\frac{z+\zeta}{2}, \frac{z-\zeta}{2i} \right) - ib \left(\frac{z+\zeta}{2}, \frac{z-\zeta}{2i} \right) \right], \\ C(z, \zeta) &= \frac{1}{4} c \left(\frac{z+\zeta}{2}, \frac{z-\zeta}{2i} \right). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

მუდმივი α_0 და ფუნქციები $\Phi(z)$ და $\Psi(\zeta)$, რომლებიც (1) ფორმულაში შედიან, ცალსახად განისაზღვრებიან $u(x, y)$ -ის საშუალებით. სახელდობრ (იხ. [4]),

$$\left. \begin{aligned} \alpha_0 &= u(0, 0), \\ \Phi(z) &= \frac{d}{dz} u \left(\frac{z}{2}, \frac{z}{2i} \right) + B(z, 0) u \left(\frac{z}{2}, \frac{z}{2i} \right), \\ \Psi(\zeta) &= \frac{d}{d\zeta} u \left(\frac{\zeta}{2}, \frac{i\zeta}{2} \right) + A(0, \zeta) u \left(\frac{\zeta}{2}, \frac{i\zeta}{2} \right). \end{aligned} \right\} \quad (4a)$$

შრომაში [4] დამტკიცებულია, რომ $u \left(\frac{z}{2}, \frac{z}{2i} \right)$, $u \left(\frac{\zeta}{2}, \frac{i\zeta}{2} \right)$ პოლინომორ-

ფული ფუნქციებია T და \bar{T} არეებში შესაბამისად; (4) და (4_a) ფორმულებში ჩვენ მიღებული გვაქვს სიმარტივისათვის $\chi_0 = 0$.

შევნიშნოთ, რომ როგორც ზემოთ, ისე ყველგან შემდეგში სიმბოლოთი \bar{D} ჩვენ აღნიშნული გვაქვს სიმრავლე, რომელიც წარმოადგენს D სიმრავლის სარკისებრ ანარეკლს ნამდვილი ღერძის მიმართ.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, (1) ფორმულის გამოყენება მოცემულია ჩემს სხვა შრომებში ([1], [2], [3], [4]), ოღონდ უნდა შევნიშნოთ, რომ ამ შრომებში ეს ფორმულა ცოტა სხვაგვარადაა ჩაწერილი; ზემოთ მოყვანილი სახით ის ჯერ კიდევ არ ყოფილა გამოქვეყნებული. ამ სახით მისი დამტკიცება და აგრეთვე მისი სხვადასხვა ვარიანტის განხილვა მოცემული იქნება ჩემს მონოგრაფიაში: „ანალიზურ ფუნქციათა თეორიის მეთოდები ელიფსური ტიპის დიფერენციალურ განტოლებათა თეორიაში“, რომელიც მზადდება გამოსაცემად¹.

(1) ფორმულის მიხედვით შევადგინოთ ახლა (E) განტოლების კერძო ამოხსნების უსასრულო მიმდევრობა

$$u_0(x, y), u_1(x, y), \dots, u_n(x, y), \dots \quad (5)$$

სადაც

$$\begin{aligned} u_0(x, y) &= G(\chi_0, \bar{\chi}_0, \zeta, \bar{\zeta}), \\ u_{2k-1}(x, y) &= \int_{\chi_0}^{\zeta} (t - \chi_0)^{k-1} G(t, \bar{\chi}_0, \zeta, \bar{\zeta}) dt, \\ u_{2k}(x, y) &= \int_{\bar{\chi}_0}^{\bar{\zeta}} (\tau - \bar{\chi}_0)^{k-1} G(\chi_0, \tau, \zeta, \bar{\zeta}) d\tau, \\ & (k = 1, 2, \dots). \end{aligned} \quad (6)$$

ცხადია, $u_0(x, y), u_1(x, y), \dots$ (E) განტოლების მთელი ამოხსნებია. ესენი მიიღებიან (1) ფორმულიდან, თუ მასში ჩავსვამთ უმარტივეს პოლინომრთულ ფუნქციებს: $(\zeta - \chi_0)^k, (\bar{\zeta} - \bar{\chi}_0)^k, (k = 0, 1, \dots)$. ამიტომ ამ ამოხსნებს ჩვენ შეგვიძლია ვუყუროთ, როგორც (E) განტოლების ამოხსნების უმარტივეს კლასს. უუწოდოთ მათ (E) განტოლების პირველი გვარის ამოხსნები. ეს ამოხსნები, როგორც ჩანს, დამოკიდებულნი არიან χ_0 წერტილზე, სადაც ისინი აკმაყოფილებენ გარკვეულ პირობებს. სახელდობრ, (6) ფორმულები ჩვენ შეგვიძლია კიდევ ასე გადავწეროთ

¹ ამ წიგნს სწავლწოდებით: „М-тоды теории аналитических функций в теории дифференциальных уравнений эллиптического типа“ გამოსცემს გამომცემლ. „Гостехиздат“ (მოსკოვი).

$$\left. \begin{aligned} u_0(x, y) &= G(\zeta_0, \bar{\zeta}_0, \zeta, \bar{\zeta}) = G_0(x, y), \\ u_{2k-1}(x, y) &= (\zeta - \zeta_0)^k G_{2k-1}(x, y), \\ u_{2k}(x, y) &= (\bar{\zeta} - \bar{\zeta}_0)^k G_{2k}(x, y), \\ &(k = 1, 2, \dots), \end{aligned} \right\} (7)$$

სადაც

$$\left. \begin{aligned} G_{2k-1}(x, y) &= \int_0^1 t^{k-1} G(\zeta_0 + (\zeta - \zeta_0)t, \bar{\zeta}_0, \zeta, \bar{\zeta}) dt, \\ G_{2k}(x, y) &= \int_0^1 \tau^{k-1} G(\zeta_0, \bar{\zeta}_0 + (\bar{\zeta} - \bar{\zeta}_0)\tau, \zeta, \bar{\zeta}) d\tau, \\ &(k = 1, 2, 3, \dots). \end{aligned} \right\} (9)$$

ცხადია, $G_0(x, y), G_1(x, y), \dots$ მთელი ფუნქციებია x, y ცვლადების, რომლებიც აკმაყოფილებენ უტოლობებს:

$$|G_k(x, y)| \leq H(x, y) \quad (k = 0, 1, \dots), \quad (9')$$

სადაც $H(x, y)$ არაუარყოფითი ფუნქციაა, რომელიც უწყვეტია მთელ სიბრტყეზე და შემდეგნაირად განისაზღვრება: მოცემულ (x, y) წერტილზე $H(x, y)$ ტოლია ფიდალესისა შემდეგ რიცხვებს შორის:

$$\left. \begin{aligned} &|G(\zeta_0, \bar{\zeta}_0, \zeta, \bar{\zeta})|, \\ &\int_0^1 |G(\zeta_0 + (\zeta - \zeta_0)t, \bar{\zeta}_0, \zeta, \bar{\zeta})| dt, \int_0^1 |G(\zeta_0, \bar{\zeta}_0 + (\bar{\zeta} - \bar{\zeta}_0)\tau, \zeta, \bar{\zeta})| d\tau \end{aligned} \right\} (10)$$

რადგან $G(\zeta_0, \bar{\zeta}_0, \zeta_0, \bar{\zeta}_0) = 1$, ამიტომ (8) ფორმულებიდან მივიღებთ: $G_{2k-1}(x_0, y_0) = G_{2k}(x_0, y_0) \neq 0$ ($k = 1, 2, \dots$). მაშასადამე, $u_{2k-1}(x, y)$ და $u_{2k}(x, y)$ ფუნქციებს (x_0, y_0) წერტილზე მოეპოვებათ k -ური რიგის ნულები ($k = 1, 2, \dots$); ცხადია, ფუნქციები $(\zeta - \zeta_0)^{-k} u_{2k-1}$ და $(\bar{\zeta} - \bar{\zeta}_0)^{-k} u_{2k}$ განსხვავებული არიან ნულისაგან (x_0, y_0) წერტილზე და მის მახლობლად. ამის გამო ζ_0 წერტილის დავარქვათ u_0, u_1, u_2, \dots ფუნქციების ნორმირების წერტილი და ამის შესაბამისად (6) ფორმულებით განსაზღვრულ (E) განტოლების ამოხსნებს ვუწოდოთ ζ_0 წერტილზე ნორმირებული პირველი გვარის ამოხსნები.

ლაპლასის განტოლებისათვის $G = 1$ და მაშინ (7) ფორმულებიდან მივიღებთ უმარტივეს ჰარმონიულ პოლინომებს

$$1, r^k \cos k\theta, r^k \sin k\theta \quad (k = 1, 2, \dots) \quad (11)$$

სადაც $r = |z - z_0|$, $\theta = \arg(z - z_0)$. ეს ვარემოებაც გვაძლევს უფრო მეტად უზუსტოდ $u_k(x, y)$ ფუნქციები განვიხილოთ, როგორც ერთგვარი განზოგადებული პოლინომებისა.

შეგნიშნოთ აგრეთვე, რომ მემბრანის რხევის განტოლებისათვის¹

$$\Delta u + \lambda^2 u = 0 \quad (\lambda = \text{const}) \quad (12)$$

რიმანის ფუნქცია $G = J_0(\lambda \sqrt{(z-t)(\bar{z}-\bar{t})})$. ამიტომ, თუ უკუვაგდებთ ვარემოებას უფრო მეტად, (5) მიმდევრობა (12) განტოლებისათვის მიიღება სახეს

$$J_0(\lambda r), J_k(\lambda r) \cos k\theta, J_k(\lambda r) \sin k\theta, \quad (13)$$

$$(k = 1, 2, \dots).$$

რადგან, როგორც ზემოთ ავლინდნენ, პირველი გვარის ამოხსნათა სისტემა, მოცემული (6) ფორმულებით, ჩვენ შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც (E) განტოლების ამოხსნათა ერთ-ერთი უმარტივესი კლასი, ამიტომ ბუნებრივია შევეცადოთ ამ განტოლების დანარჩენი ამოხსნები შევისწავლოთ ამ უმარტივესი კლასის ამოხსნების შემწვობით. აქ საკითხი შეიძლება დაისვას სრულებით იმდაგვარად, როგორც ფუნქციათა თეორიაში ისმის საკითხი ნებისმიერი პოლომორფული ფუნქციების პოლინომების საშუალებით აპროქსიმაციისა და სხვადასხვა წარმოდგენის შესახებ.

მართლაც, პოლომორფული ფუნქციები ლაპლასის განტოლების ნებისმიერი ამოხსნებია, ხოლო პოლინომები კი — ამავე განტოლების სპეციალური ამოხსნები, რომლებიც უმარტივესნი არიან, ყოველ შემთხვევაში კონსტრუქციული თვალსაზრისით მაინც, პოლომორფულ ფუნქციათა ოჯახში. (E) განტოლება ჩვენ შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც ლაპლასის განტოლების განზოგადდება, მისი ნებისმიერი ამოხსნები კი — როგორც პოლომორფული ფუნქციების განზოგადებანი. ამიტომ (E) განტოლების პირველი გვარის ამოხსნები, განსაზღვრულნი (6) ფორმულებით, ჩვენ შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც პოლინომების განზოგადებანი და, მაშასადამე, როგორც უმარტივესი ამოხსნები (E) განტოლებისა.

ამ მოსაზრებათა გამო საცხებით ბუნებრივია შემდეგი საკითხის დასმა და შესწავლა:

რა პირობებში და როგორი აზრით შეიძლება (E) განტოლების ნებისმიერი ამოხსნების აპროქსიმაცია ან სხვაგვარი წარმოდგენები პირველი გვარის ამოხსნათა საშუალებით?

ამ შრომის შემდეგი პარაგრაფები მიძღვნილია ამ საკითხისადმი²; ჩვენ დავამტკიცებთ რამდენიმე დებულებას (E) განტოლების ნებისმიერი რეგულარული

¹ ამ განტოლებისა და მისი ამოხსნების სხვადასხვა თვისების შესახებ იხ. [5], [6], [7], [8].

² ამ საკითხისადმი მიძღვნილია აგრეთვე ჩემი შრომა [9]. ამ შრომაში დამტკიცებულია რამდენიმე დებულება (E) განტოლების ნებისმიერი რეგულარული ამოხსნების აპროქსიმაციის შესახებ სასრული არეებისათვის; იქ განხილულია როგორც მარტივად მხოლოდ, ისე მრავალად

რული ამონხნების აპროქსიმაციის შესახებ პირველი გვარის ამონხნების მარტივად მშენებლობის საშუალებით როგორც სასრულ, ისე უსასრულო მარტივად მშენებულ არეებში. ამ დებულებათა დასამტკიცებლად ჩვენ დაგვეპირდებოდა, გარდა ზემოთ მოყვანილი (1) ფორმულისა, აგრეთვე რამდენიმე დახმარებელი დებულება. ერთი მათგანი შეეხება (1) ფორმულაში შემავალი $\Phi(z)$ და $\Psi(z)$ ფუნქციების ყოფი-
ქცევას T არის საზღვარზე, ხოლო დანარჩენები — პოლომორფული ფუნქციების პოლინომებითა და მთელი ფუნქციებით აპროქსიმაციის საკითხებს. ჩამოვიყვან-
დებით ეს დებულებანი.

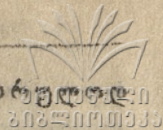
თეორემა 1. ვთქვათ, T მარტივად მშენებული არეა, შემოსაზ-
ღვრული მარტივი გლუვი L წირით, რომლის მხების მიერ
რაიმე მუდმივ მიმართულებასთან შედგენილი კუთხე აკმა-
ყოფილებს ჰელდერის პირობას L -ზე. ვთქვათ, $u(x, y)$ ამონხ-
ნაა (E) განტოლებისა, რომელიც რეგულარულია T არეში,
უწყვეტია $T+L$ სიმრავლეზე (უსასრულოდ დაშორებულ
წერტილის გამოკლებით, თუ არე უსასრულოა) და აკმაყოფი-
ლებს L -ზე ჰელდერის პირობას. მაშინ (1) ფორმულაში შემა-
ვალი T და \bar{T} არეებში პოლომორფული ფუნქციები $\Phi(z)$ და
 $\Psi(z)$ უწყვეტნი არიან $T+L$ და $\bar{T}+\bar{L}$ სიმრავლეებზე (უსასრუ-
ლოდ დაშორებულ წერტილის გამოკლებით, თუ არე უსასრ-
ულოა) და აკმაყოფილებენ ჰელდერის პირობებს L -სა და
 \bar{L} -ზე შესაბამისად.

ამ თეორემის დამტკიცებას ჩვენ აქ არ მოვიყვანთ; მისი დამტკიცება იმ
კერძო შემთხვევაში, როცა არე T სასრულია და ისეთი, რომ მისთვის (E) გან-
ტოლების შესაბამისი დირიხლეს ამოცანა ყოველთვის ამონხნადია, მოცემული
ჩემს შრომაში [9]. ზოგად შემთხვევაში ამ თეორემის დამტკიცება მოცემული
იქნება ჩემს ზემოთ დასახელებულ მონოგრაფიაში.

მოვიყვანოთ ახლა დაუმტკიცებლად აგრეთვე ოთხი მნიშვნელოვანი თეო-
რემა პოლომორფული ფუნქციების აპროქსიმაციის შესახებ, რომელნიც აქედ-
მ. კ. კელდიშს ეკუთვნიან (იხ. [10], [11]).

თეორემა 2. იმისათვის, რომ ყოველი ფუნქცია, პოლომორ-
ფული T არეში და უწყვეტი ჩაკეტილ $T+L$ არეში, შეიძლე-
ბოდეს წარმოდგენილი იქნეს ჩაკეტილ $T+\bar{L}$ არეში თანა-
ბრად კრებადი პოლინომთა მწკრივის საშუალებით, აუცილე-
ბელია და საკმარისი, რომ $T+L$ სიმრავლის დაშატება წარ-

ბმული არეები, წინამდებარე შრომაში, მართალია, ჩვენ ვიხილავთ (E) განტოლების ამონხნე-
ბის აპროქსიმაციის საკითხს მხოლოდ მარტივად მშენებული არეების შემთხვევაში. მაგრამ, საზა-
გიეროდ, არე შეიძლება იყოს როგორც სასრული, ისე უსასრულო. გარდა ამისა, სასრული
მარტივად მშენებული არის შემთხვევაში ის დებულება, რომელსაც ჩვენ ქვემოთ დავამტკიცებთ.
უფრო ზოგადია, ვიდრე ანალოგიური დებულება, დამტკიცებული [9] შრომაში.



მოადგენდეს ერთ უსასრულო არეს, რომელიც უსასრულოდ დაშორებულ წერტილს შეიცავს¹.

თეორემა 3. ვთქვათ, L ჯორდანის მარტივი წირია, რომლის ბოლოები მდებარეობენ უსასრულოებაში და T არეა, შემოსაზღვრული L წირით. ვთქვათ, $f(z)$ პოლომორფული ფუნქციაა T არეში და უწყვეტი $T+L$ სიმრავლეზე (უსასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით). მაშინ ნებისმიერი დადებითი ε და η რიცხვებისათვის მოიძებნება ისეთი მთელი ფუნქცია $g(z)$, რომელიც $T+L$ სიმრავლეზე დააკმაყოფილებს უტოლობას

$$|f(z) - g(z)| < \varepsilon \exp\left(-|z|^{\frac{1}{2}-\eta}\right). \quad (14)$$

თეორემა 4. თუ წინა თეორემაში განხილული არე მდებარეობს კუთხეში $|\arg z| \leq \frac{\pi}{2}$ და $f(z)$ პოლომორფული ფუნქციაა T არეში და უწყვეტი $T+L$ სიმრავლეზე (უსასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით), მაშინ ნებისმიერი ε და η დადებითი რიცხვებისათვის მოიძებნება ისეთი მთელი ფუნქცია $g(z)$, რომელიც $T+L$ სიმრავლეზე დააკმაყოფილებს უტოლობას

$$|f(z) - g(z)| < \varepsilon \exp\left(-|z|^{\frac{\pi\eta}{\alpha}}\right). \quad (15)$$

თეორემა 5. ვთქვათ, T მარტივადბმული არეა, რომელიც მდებარეობს $|y| \leq \frac{\pi}{2}$ ზოლში და შემოსაზღვრულია ჯორდანის მარტივი წირებით, რომელთა ბოლოები მდებარეობენ უსასრულოებაში. ვთქვათ, $f(z)$ პოლომორფული ფუნქციაა T არეში და უწყვეტი $T+L$ სიმრავლეზე (უსასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით). მაშინ ნებისმიერი ε და η რიცხვებისათვის შეიძლება მოიძებნოს ისეთი მთელი ფუნქცია $g(z)$, რომელიც $T+L$ სიმრავლეზე დააკმაყოფილებს უტოლობას

$$|f(z) - g(z)| < \varepsilon \exp\left(-e^{(1-\eta)|z|}\right). \quad (16)$$

თეორემა 2. დამტკიცებულია აკად. მ. კელდიშის შრომაში [10], ხოლო დანარჩენი თეორემები მოყვანილია მისივე შრომაში [11] დაუმტკიცებლად.

¹ შევნიშნათ, რომ იმ კერძო სახით, როგორცაც ეს თეორემა ჩვენ მიერ იქნება ქვემოთ გამოყენებული, იგი სწავ ავტორებსაც აქვე დამტკიცებული (იხ. მაგ., [12]).



§ 2. (E) განტოლების ამოხსნების აპროქსიმაცია სასრულ მარტივად მართულ არეში. დაემატვიცოთ ახლა შემდეგი თეორემა:

თეორემა. ვთქვათ, T მარტივად მართული სასრული არეა, შემოსაზღვრული მარტივი გლუვი L წირით, რომლის მხების მიერ რაიმე მუდმივ მიმართულებასთან შედგენილი კუთხე აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას L -ზე. მაშინ (E) განტოლების ყოველი ამოხსნა $u(x, y)$, რომელიც რეგულარულია T არეში, უწყვეტია ჩაკეტილ $T+L$ არეში, ხოლო L -ზე ჰელდერის პირობას აკმაყოფილებს, შეიძლება თანაბრად აპროქსიმირებულ იქნეს ჩაკეტილ $T+L$ არეში პირველი გვარის ამოხსნების (იხ. (6) ფორმულები) წრფივი კომბინაციების საშუალებით. ე. ი. ყოველი დადებითი ε რიცხვისათვის იარსებებს სასრული რაოდენობა ისეთი მუდმივებისა c_0, c_1, \dots, c_n , რომ ჩაკეტილ $T+L$ სიმრავლეზე ადვილი ექნება უტოლობას

$$\left| u(x, y) - \sum_{k=0}^n c_k u_k(x, y) \right| < \varepsilon \quad (17)$$

დამტკიცება. ფუნქცია $u(x, y)$, როგორც (E) განტოლების T არეში რეგულარული ამოხსნა, ჩვენ შეგვიძლია წარმოვადგინოთ (1) ფორმულით, სადაც $\Phi(\zeta)$ და $\Psi(\zeta)$ პოლინომარფული ფუნქციებია T და \bar{T} არეებში. წინა პარაგრაფის 1-ლი თეორემის ძალით, ეს ფუნქციები უწყვეტი იქნებიან ჩაკეტილ $T+L$ და $\bar{T}+\bar{L}$ სიმრავლეებზე და L და \bar{L} წირებზე დააკმაყოფილებენ ჰელდერის პირობებს. რადგანაც T და \bar{T} არეები აკმაყოფილებენ წინა პარაგრაფში მოყვანილ ბუ-2 თეორემის პირობებს, ამიტომ ნებისმიერი დადებითი η რიცხვისათვის იარსებებენ ისეთი პოლინომები $P(\zeta)$ და $Q(\zeta)$, რომლებიც ჩაკეტილ $T+L$ და $\bar{T}+\bar{L}$ სიმრავლეებზე დააკმაყოფილებენ უტოლობებს

$$|\Phi(\zeta) - P(\zeta)| < \eta, \quad |\Psi(\zeta) - Q(\zeta)| < \eta. \quad (18)$$

შევაადგინოთ ახლა (E) განტოლების შემდეგი ამოხსნა

$$V(x, y) = \alpha_0 G(\alpha_0, \bar{\alpha}_0, \alpha, \bar{\alpha}) + \int_{\alpha_0}^{\bar{\alpha}_0} P(t) G(t, \bar{\alpha}_0, \alpha, \bar{\alpha}) dt + \int_{\bar{\alpha}_0}^{\alpha_0} Q(\tau) G(\alpha_0, \tau, \alpha, \bar{\alpha}) d\tau. \quad (19)$$

ცხადია, $V(x, y)$ მთელი ფუნქციაა და მას შემდეგი სახე აქვს:

$$V(x, y) = c_0 u_0(x, y) + c_1 u_1(x, y) + \dots + c_n u_n(x, y), \quad (20)$$

სადაც $\epsilon_0, \epsilon_1, \dots, \epsilon_n$ მუდმივებია; ამათგან $\epsilon_0 = \alpha_0$. განვიხილოთ ახლა სწორედ
 $u(x, y) - V(x, y)$ და შევაფასოთ მისი აბსოლუტური მნიშვნელობა $T+L$ სიშრავლზე ადგილი ექნება უტოლობას

$$|u(x, y) - V(x, y)| \leq \int_{\bar{\omega}}^{\bar{\zeta}} |\Phi(t) - P(t)| |G(t, \bar{z}_0, \bar{z}, \bar{z})| |dt| + \int_{\bar{\omega}}^{\bar{\zeta}} |\Psi(\tau) - Q(\tau)| |G(\bar{z}_0, \bar{z}, \bar{z}, \bar{z})| |d\tau|. \quad (21)$$

ადვილია იმის ჩვენება, რომ (1) ფორმულაში და, მაშასადამე, უკანასკნელშიც, საინტეგრაციო წირებად შეიძლება ავიღოთ ისეთი წრფევადი წირები, რომელთა სიგრძეები არ აღემატებიან $d+L$ -ს, სადაც d დიამეტრია T არისა, ხოლო L სიგრძეა L წირის. გარდა ამისა, ვთქვათ, $K = \text{Max} |G(t, \tau, \zeta, \zeta)|$, როცა $t, \zeta \in T+L$, $\tau, \zeta \in \bar{T}+\bar{L}$; მივიღოთ

$$\eta = \frac{\epsilon}{2K(d+L)}.$$

მაშინ (18) და (21) უტოლობებიდან მივიღებთ უტოლობას

$$|u(x, y) - V(x, y)| < \epsilon, \quad (22)$$

რომელსაც ადვილი ექნება ჩაკეტილ $T+L$ სიშრავლზე. თუ მივიღებთ მხედველობაში (20) ფორმულას, ეს უტოლობა, ცხადია, დაემთხვევა (17) უტოლობას ამით ჩვენი თეორემა დამტკიცებულია.

ადვილია ახლა იმის ჩვენება, რომ ფუნქცია $u(x, y)$ ჩვენ შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ჩაკეტილ $T+L$ სიშრავლზე თანაბრად კრებადი შემდეგი სახის მწკრივით:

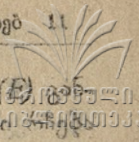
$$u(x, y) = \sum_{k=0}^{\infty} w_k(x, y), \quad (23)$$

სადაც $w_k(x, y)$ ($k=0, 1, \dots$) პირველი გეარის ამოხსნების წრფევი კომბინაციებია, ე. ი.

$$w_k(x, y) = \sum_{n=0}^{n_k} C_{kn} u_n(x, y). \quad (24)$$

ამ პარაგრაფის დასასრულს გავაკეთოთ რამდენიმე შენიშვნა.

შენიშვნა. ზემოთ დამტკიცებული თეორემა წარმოადგენს ჩემს [9] შრომაში მიღებული 1-ლ და მე-2 თეორემების განზოგადებას.



ამ თეორემის დამტკიცებისას ზემოთ ჩვენ ვგულისხმობდით, რომ (E) განტოლების კოეფიციენტები მთელი ფუნქციებია, მაგრამ თეორემა ძალაში უფრო ზოგად შემთხვევაშიც.

ეთქვათ, a, b, c ანალიზური ფუნქციებია რაიმე D არეში. მაშინ ამ არის ყოველი წერტილის მახლობლად ჩვენ შეგვიძლია ვიპოვოთ მისი ისეთი მარტივადმხული ქვეარე D , რომელსაც შემდეგი თვისება მოეპოვება: $A(z, \zeta)$, $B(z, \zeta)$ და $C(z, \zeta)$ (იხ. ფორმულები (4)) ანალიზური ფუნქციებია z და ζ ცვლადებისა, როცა $z \in D$, $\zeta \in \bar{D}$. დავარქვათ D -ს (E) განტოლების ძირითადი არე.

ადვილია იმის ჩვენება, რომ $G(z, \tau, z_0, \zeta_0)$ ანალიზური ფუნქციაა მისი არგუმენტებისა, როცა $z, \tau \in D$, $\zeta_0, \tau_0 \in \bar{D}$. ეთქვათ, $z_0 \in D$. მაშინ (6) ფორმულები გადაღვევ (E) განტოლების რეგულარულ ამოხსნებს D არეში.

ადვილია იმის ჩვენება, რომ ზემოთ დამტკიცებული თეორემა ძალაში დარჩება, თუ T იქნება D -ს რაიმე ქვეარე, რომელიც თეორემაში მოყვანილ პირობებს აკმაყოფილებს, ხოლო u_0, u_1, \dots იქნებიან (E) განტოლების ამოხსნები, განსაზღვრულნი (6) ფორმულებით. ასეთი ზოგადი სახით თეორემის დამტკიცება მოცემული იქნება ჩემს ზემოდასახელებულ მონოგრაფიაში.

§ 3. (E) განტოლების ამოხსნის დაშლა პირველი გვარის ამოხსნების მწკრივად წარმო. წინა პარაგრაფის (23) მწკრივი განსაკუთრებით მარტივ სახესღებულობს წრიული არის შემთხვევაში.

ეთქვათ, $u(x, y)$ ამოხსნაა (E) განტოლებისა $|z| \leq R$ წრის შიგნით. მაშინ ის შეიძლება წარმოვადგინოთ ასე:

$$u(x, y) = \alpha_0 G(0, 0, z, \bar{z}) + \int_0^{\bar{z}} \Phi(t) G(t, 0, z, \bar{z}) dt + \int_0^{\bar{z}} \Psi(\tau) G(0, \tau, z, \bar{z}) d\tau, \quad (25)$$

სადაც, თანახმად (4a) ფორმულებისა,

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= u(0, 0), \\ \Phi(z) &= \frac{d}{dz} u\left(\frac{\bar{z}}{2}, \frac{\bar{z}}{2i}\right) + B(z, 0) u\left(\frac{\bar{z}}{2}, \frac{\bar{z}}{2i}\right), \\ \Psi(\zeta) &= \frac{d}{d\zeta} u\left(\frac{\zeta}{2}, \frac{i\zeta}{2}\right) + A(0, \zeta) u\left(\frac{\zeta}{2}, \frac{i\zeta}{2}\right). \end{aligned} \quad (26)$$

რადგან ფუნქციები $u\left(\frac{\bar{z}}{2}, \frac{\bar{z}}{2i}\right)$, $u\left(\frac{\zeta}{2}, \frac{i\zeta}{2}\right)$, $B(z, 0)$, $A(0, \zeta)$ პოლიმორფული არიან $|z| < R$, $|\zeta| < R$ წრეების შიგნით შესაბამისად (იხ., [4]), ამი-

ტომ $\Phi(\zeta)$ და $\Psi(\zeta)$ ფუნქციები დაიშლებიან ამ წრეების შიგნით ტეილორის მწკრივებად, რომლებიც ჩვენ შეგვიძლია ჩავწეროთ შემდეგნაირად:

$$\Phi(\zeta) = \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_{2k-1} \zeta^{k-1}, \quad \Psi(\zeta) = \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_{2k} \zeta^{k-1}; \quad (27)$$

α_k კოეფიციენტების გამოსათვლელად, თუ მივიღებთ მხედველობაში (26)-ს, გვიქნება შემდეგი ფორმულები:

$$\alpha_{2k-1} = \frac{1}{(k-1)!} \left[\frac{d^k}{d\zeta^k} u \left(\frac{\zeta}{2}, \frac{\zeta}{2i} \right) \right]_{\zeta=0} + \sum_{m=0}^{k-1} \frac{1}{m!(k-m-1)!} \left[\frac{\partial^m B(\zeta, 0)}{\partial \zeta^m} \right]_{\zeta=0} \cdot \left[\frac{d^{k-m-1}}{d\zeta^{k-m-1}} u \left(\frac{\zeta}{2}, \frac{\zeta}{2i} \right) \right]_{\zeta=0}, \quad (28)$$

$$\alpha_{2k} = \frac{1}{(k-1)!} \left[\frac{d^k}{d\zeta^k} u \left(\frac{\zeta}{2}, \frac{i\zeta}{2} \right) \right]_{\zeta=0} + \sum_{m=0}^{k-1} \frac{1}{m!(k-m-1)!} \left[\frac{\partial^m A(0, \zeta)}{\partial \zeta^m} \right]_{\zeta=0} \cdot \left[\frac{d^{k-m-1}}{d\zeta^{k-m-1}} u \left(\frac{\zeta}{2}, \frac{i\zeta}{2} \right) \right]_{\zeta=0}, \quad (29)$$

თუ აბლა შევნიშნავთ, რომ

$$\left. \begin{aligned} \left[\frac{d^k}{d\zeta^k} u \left(\frac{\zeta}{2}, \frac{\zeta}{2i} \right) \right]_{\zeta=0} &= \left[\frac{1}{2^k} \left(\frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y} \right)^k u(x, y) \right]_{x=0, y=0} \\ \left[\frac{d^k}{d\zeta^k} u \left(\frac{\zeta}{2}, \frac{i\zeta}{2} \right) \right]_{\zeta=0} &= \left[\frac{1}{2^k} \left(\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y} \right)^k u(x, y) \right]_{x=0, y=0} \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

დავინახავთ, რომ α_k კოეფიციენტები გამოისახებიან წრის ცენტრში $u(x, y)$ ფუნქციისა და მისი წარმოებულების მნიშვნელობათა საშუალებით.

(28) და (29) ფორმულები ძლიერ გამარტივდებიან, თუ დავუშვებთ, რომ

$$A(0, \zeta) = B(\zeta, 0) = 0. \quad (31)$$

მაშინ გვექნება

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{2k-1} &= \frac{1}{(k-1)!} \frac{1}{2^k} \left[\left(\frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y} \right)^k u(x, y) \right]_{x=0, y=0} \\ \alpha_{2k} &= \frac{1}{(k-1)!} \frac{1}{2^k} \left[\left(\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y} \right)^k u(x, y) \right]_{x=0, y=0} \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

უნდა აღინიშნოს, რომ ელემენტარული გარდაქმნით (E) განტოლება შეიძლება მივიყვანოთ ისეთ სახეზე ყოველთვის, როცა დაცულია (31) პირობები (იხ., მაგ., [13], გვ. 23-27).

თუ შევიტანთ ახლა (27) მწკრივებს (25) ფორმულაში, მივიღებთ

$$u(x, y) = \alpha_0 u_0(x, y) + \alpha_1 u_1(x, y) + \dots + \alpha_n u_n(x, y) + \dots \quad (33)$$

ეს მწკრივი აბსოლუტურად და თანაბრად კრებადია $|z| \leq R$ წრის შიგნით; თანაბრად კრებადობა აშკარაა, ხოლო აბსოლუტურად კრებადობაც ადვილად დამტკიცდება. თუ გამოვიყენებთ (7) და (9) ფორმულებს.

ამრიგად, ჩვენ დავამტკიცეთ შემდეგი თეორემა:

თეორემა. ვთქვათ, $u(x, y)$ ამოხსნაა (E) განტოლებისა, რომელიც რეგულარულია $|z| \leq R$ წრის შიგნით. მაშინ ის დაამტკიცება (33) მწკრივად, რომელიც აბსოლუტურად და თანაბრად კრებადია ამ წრის შიგნით. ამ მწკრივის კოეფიციენტები გამოითვლება (28) და (29) ფორმულებით და, მაშასადამე, გამოისახებიან წრის ცენტრში $u(x, y)$ ფუნქციისა და მისი წარმოებულების მნიშვნელობათა საშუალებით.

შევნიშნოთ, რომ (33) მწკრივი ტეილორის მწკრივის განზოგადებას წარმოადგენს. (E) განტოლების ამოხსნათა წარმოსადგენად ეს მწკრივი ისეთსავე როლს ასრულებს, როგორც პოლომორფულ ფუნქციათა წარმოსადგენად ტეილორის მწკრივი. მართლაც, როცა (E) განტოლება ლაპლასის განტოლებას წარმოადგენს ($a=b=c=0$), მაშინ მწკრივი (33) გადაიქცევა ტეილორის მწკრივად, თუ $u(x, y)$ პოლომორფული ფუნქციაა.

აღსანიშნავია, რომ (33) ფორმულა პოულობს მნიშვნელოვან გამოყენებებს სპეციალურ ფუნქციათა თეორიაში. მრავალი სპეციალური ფუნქცია, მაგ., ბესელისა, ლეჟანდრისა, მათიესის და სხვა, დაკავშირებულია მეორე რივის კერძო წარმოებულებიან დიფერენციალური განტოლებების ამოხსნებთან, რომლებიც (E) განტოლებას კერძო სახეს წარმოადგენენ. ამიტომ (33) ფორმულა გააძლევს ზოგად გზას აცგარი სპეციალური ფუნქციებისათვის შეკრების ფორმულების დამტკიცებისა და ხრლებისათვის. მაგ., ამ გზით ჩემს მიერ იყო დამტკიცებული ბესელისა და ლეჟანდრის ფუნქციებისათვის შეკრების ფორმულები (იხ. [8], [14]).

ავიღოთ ახლა, კერძოდ, $u = G(t, \tau, \zeta, \zeta)$. მაშინ, თუ შემოვიტანთ აღნიშვნებს:

$$\left. \begin{aligned} v_0(t, \tau) &= G(t, \tau, 0, 0), \\ v_{2k-1}(t, \tau) &= \frac{1}{(k-1)!} \left[\frac{\partial^k}{\partial \zeta^k} G(t, \tau, \zeta, 0) \right]_{\zeta=0}, \\ v_{2k}(t, \tau) &= \frac{1}{(k-1)!} \left[\frac{\partial^k}{\partial \zeta^k} G(t, \tau, 0, \zeta) \right]_{\zeta=0}, \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

($k=1, 2, \dots$)

მწკრივი (33) მიიღებს სახეს:

$$G(z, \tau, \zeta, \xi) = \sum_{k=0}^{\infty} v_k(z, \tau) u_k(x, y), \quad (35)$$

$$(z = x + iy, \zeta = x - iy).$$

ცხადია, რადგან G რეგულარული ამოხსნაა (E) განტოლებისა მთელ სიბრტყეზე, ამიტომ უკაქსკენელი მწკრივი თანაბრად და აბსოლუტურად კრებადია τ, τ, ζ, ξ ცვლადების მიმართ ნებისმიერ ჩაკეტილ არეებში (არ არის სავალდებულო, რომ ζ და ξ იყონ შეუღლებული სიდიდეები). ამ ფორმულას ჩვენ ვუწოდებთ რიზანის ფუნქციის შეკრების ფორმულას. მისგან, როგორც კერძო შემთხვევა, მიიღება ბესელის ნულოვანი რიგის, ლეჟანდრისა და სხვა სპეციალური ფუნქციების შეკრების ფორმულები (იხ. [8], [14]).

§ 4. (E) განტოლების ამოხსნების აპროქსიმაცია მარტივადამუღ უხასრულლო არეებში. ამ პარაგრაფში ჩვენ დაგამტკიცებთ რამდენიმე დებულებას (E) განტოლების ამოხსნების აპროქსიმაციის შესახებ მარტივადამუღ უხასრულლო არეებში ამავე განტოლების მთელი ამოხსნების საშუალებით.

თეორემა 1. ვთქვათ, T უხასრულო არეა, შემოსახლვრული მარტივი გლუვი L წირით, რომლის ბოლოები უხასრულო-გაში მდებარეობენ. ვთქვათ, L -ის მხების მიერ რაიმე მუდმივ მიმართულებასთან შედგენილი კუთხე აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას L -ზე. ვთქვათ, $u(x, y)$ ამოხსნაა (E) განტოლებისა, რომელიც რეგულარულია T არეში, უწყვეტია $T+L$ სიმრავლეზე (უხასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით), ხოლო L -ზე აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას. მაშინ ნებისმიერი დადებითი ε და η რიცხვებისათვის იარსებებს (E) განტოლების ისეთი მთელი ამოხსნა $V(x, y)$, რომელიც $T+L$ სიმრავლეზე (უხასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით) დააკმაყოფილებს უტოლობას

$$|u(x, y) - V(x, y)| < \varepsilon K_{\eta}(x, y), \quad (36)$$

სადაც $K_{\eta}(x, y)$ გარკვეული არაუარყოფითი ფუნქციაა, უწყვეტი მთელ სიბრტყეზე (უხასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით), დამოკიდებული η -ზე და დამოუკიდებელი ε -სა და $u(x, y)$ -ზე, რომელიც განსახლვრული იქნება ქვემოთ.

დამტკიცება. ფუნქცია $u(x, y)$, როგორც (E) განტოლების რეგულარული ამოხსნა T არეში, შეიძლება წარმოვადგინოთ (1) ფორმულით, სადაც $\Phi(z)$ და $\Psi(\zeta)$ ჰოლომორფული ფუნქციებია T და \bar{T} არეებში, რომლებიც უწყვეტი არიან $T+L$ და $\bar{T}+\bar{L}$ სიმრავლეებზე (უხასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით) და აკმაყოფილებენ ჰელდერის პირობებს L და \bar{L} წირებზე

(იხ. § 1, თეორემა 1). ამიტომ ნებისმიერი ε და η დადებითი რიცხვებისათვის იარსებებენ ისეთი მთელი ფუნქციები $g(z)$ და $h(\zeta)$, რომლებიც $T+L$ და $\bar{T}+\bar{L}$ სიმრავლეებზე დააკმაყოფილებენ უტოლობებს (იხ. § 1, თეორემა 3)

$$\left. \begin{aligned} |\Phi(z) - g(z)| &< \frac{\varepsilon}{2} \exp\left(-|z|^{\frac{1}{2}-\eta}\right), \\ |\Psi(\zeta) - h(\zeta)| &< \frac{\varepsilon}{2} \exp\left(-|\zeta|^{\frac{1}{2}-\eta}\right). \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

შევიდგინოთ ახლა (E) განტოლების შემდეგი ამოხსნა:

$$\begin{aligned} V(x, y) = & a_0 G(z_0, \bar{z}_0, z, \bar{z}) + \int_{z_0}^{\bar{z}} g(t) G(t, z_0, z, \bar{z}) dt \\ & + \int_{\bar{z}_0}^{\bar{z}} h(\tau) G(z_0, \tau, z, \bar{z}) d\tau. \end{aligned} \quad (38)$$

ცხადია, $V(x, y)$ მთელი ფუნქციაა x, y ცვლადებისა და წარმოიღვინება შემდეგი მწკრივით:

$$V(x, y) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k u_k(x, y). \quad (39)$$

ეს მწკრივი, ცხადია, აბსოლუტურად და თანაბრად კრებადია მთელ სიბრტყეზე (უსასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით). რადგან (1) ფორმულაში და, მაშასადამე, (38) ფორმულაშიც ჩვენ შეგვიძლია საინტეგრაციო წირებად ავიღოთ ნებისმიერი წრფევალი წირები, რომლებიც მდებარეობენ $T+L$ და $\bar{T}+\bar{L}$ სიმრავლეებზე და აერთებენ z_0, z და \bar{z}_0, \bar{z} წერტილებს, ამიტომ ვიგულისხმობთ, რომ ასეთ წირებად აღებულია შემდეგი სახის C_z და $C_{\bar{z}}$ წირები: C_z წირის მონაკვეთია, რომელიც აერთებს z_0 და z წერტილებს, თუ ეს მონაკვეთი ეკუთვნის $T+L$ სიმრავლეს, ხოლო თუ ეს ასე არაა, მაშინ C_z შედგება ამ მონაკვეთის იმ ქვემონაკვეთებისაგან, რომლებიც $T+L$ სიმრავლეს ეკუთვნიან და აგრეთვე L წირის იმ რკალებისაგან, რომლებიც აღნიშნული ქვემონაკვეთის ბოლოებს აერთებენ; $C_{\bar{z}}$ წარმოადგენს $C_{\bar{z}}$ წირის სარკისებრ ანარეკლს ნამდვილი ღერძის მიმართ. ცხადია, ყოველი სასრული z წერტილისათვის C_z და $C_{\bar{z}}$ წრფევალი (სასრული სიგრძის) წირებია.

შემოვიღოთ ახლა აღნიშვნები:

$$\left. \begin{aligned} K_{\eta}^{(1)}(x, y) &= \int_{\bar{C}_x} |G(t, \bar{x}_0, \bar{z}, \bar{z})| \exp(-|t|^{\frac{1}{2}-\eta}) |dt|, \\ K_{\eta}^{(2)}(x, y) &= \int_{\bar{C}_z} |G(\bar{x}_0, \tau, \bar{z}, \bar{z})| \exp(-|\tau|^{\frac{1}{2}-\eta}) |d\tau|, \end{aligned} \right\} (40)$$

$$K_{\eta}(x, y) = \text{Max} \left[K_{\eta}^{(1)}(x, y), K_{\eta}^{(2)}(x, y) \right]. \quad (41)$$

ცხადია, $K_{\eta}(x, y)$ არაუარყოფითი ფუნქციაა, უწყვეტი მთელ სიბრტყეზე (უსასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით).

განვიხილოთ ახლა სხვაობა $u(x, y) - V(x, y)$ და შევაფასოთ მისი აბსოლუტური მნიშვნელობა; გვექნება

$$\begin{aligned} |u(x, y) - V(x, y)| &\leq \int_{\bar{C}_x} |\Phi(t) - g(t)| |G(t, \bar{x}_0, \bar{z}, \bar{z})| |dt| \\ &+ \int_{\bar{C}_z} |\Psi(\tau) - h(\tau)| |G(\bar{x}_0, \tau, \bar{z}, \bar{z})| |d\tau|. \end{aligned} \quad (42)$$

აქედან, თუ მივიღებთ მხედველობაში (37) უტოლობებსა და (40), (41) აღნიშვნებს, მივიღებთ (36) უტოლობას. ამრიგად, ჩვენი თეორემა დამტკიცებულია.

შენიშნოთ, რომ არსებითაა η იყოს დადებითი მუდმივი; როგორც აკად. შ. კელდიში მიუთითებს, უტოლობა (14), რომლის გამოყენებითაც დავამტკიცეთ ჩვენ ზემოთ მოყვანილი თეორემა, საზოგადოდ არ იქნება მართებული, თუ $\eta=0$ (იხ. [11]).

§ 1-ის მე-4 და მე-5 თეორემების ძალით და (1) ფორმულის გამოყენებით ჩვენ შეგვიძლია ადვილად დავამტკიცოთ აგრეთვე შემდეგი ორი თეორემა:

თეორემა 2. ვთქვათ, T ისეთივე სახის არეა, როგორც წინა თეორემაში განვიხილეთ, ოღონდ მოთავსებული კუთხეში $|\arg z| \leq \frac{\alpha}{2}$. ვთქვათ, $u(x, y)$ ამოხსნაა (E) განტოლებისა, რომელიც რეგულარულია T არეში, უწყვეტია $T+L$ სიმრავლეზე (უსასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით), ხოლო აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას L წირზე. მაშინ ნებისმიერი დადებითი ε და η რიცხვებისათვის იარსებებს (E) განტოლების ისეთი მთელი ამოხსნა $V(x, y)$, რომელიც $T+L$ სიმრავ-

ღეზე (უსასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით) დააკმაყოფილებს უტოლობას

$$|u(x, y) - V(x, y)| < \varepsilon M_\eta(x, y); \quad (43)$$

აქ $M_\eta(x, y)$ არაუარყოფითი ფუნქციაა, რომელიც უწყვეტია მთელ სიბრტყეზე (უსასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით), დამოკიდებულია η -ზე, მაგრამ დამოუკიდებელია ε -სა და $u(x, y)$ -ზე; ეს ფუნქცია განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$M_\eta(x, y) = \text{Max} \left[M_\eta^{(1)}(x, y), M_\eta^{(2)}(x, y) \right], \quad (44)$$

სადაც

$$\left. \begin{aligned} M_\eta^{(1)}(x, y) &= \int_{\bar{C}_z} |G(t, \bar{\alpha}_0, \bar{z}, \bar{\nu})| \exp\left(-|t| \frac{\pi\eta}{a}\right) |dt|, \\ M_\eta^{(2)}(x, y) &= \int_{\bar{C}_z} |G(\alpha_0, \tau, \bar{z}, \bar{\nu})| \exp\left(-|\tau| \frac{\pi\eta}{a}\right) |d\tau|. \end{aligned} \right\} \quad (45)$$

თეორემა 3. ვთქვათ, T მარტივადბმული არეა, მოთავსებული $|y| \leq \frac{\pi}{2}$ ზოლში და შემოსაზღვრული ორი მარტივი გლუვი წირით, რომელთა ბოლოები მდებარეობენ $-\infty$ და $+\infty$ -ში და რომელთა მხებების მიერ რაიმე მუდმივ მიმართულებასთან შედგენილი კუთხეები აკმაყოფილებენ ჰელდერის პირობას ამ წირებზე. ვთქვათ, $u(x, y)$ ამოხსნაა (E) განტოლებისა, რომელიც რეგულარულია T არეში, უწყვეტია $T+L$ სიმრავლეზე (უსასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით), და L -ზე აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას. მაშინ ნებისმიერი დადებითი ε და η რიცხვებისათვის იარსებებს (E) განტოლების ისეთი მთელი ამოხსნა $V(x, y)$, რომელიც $T+L$ სიმრავლეზე (უსასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით) დააკმაყოფილებს უტოლობას

$$|u(x, y) - V(x, y)| < \varepsilon N_\eta(x, y); \quad (46)$$

აქ $N_\eta(x, y)$ არაუარყოფითი ფუნქციაა, რომელიც უწყვეტია მთელ სიბრტყეზე (უსასრულოდ დაშორებული წერტილის გამოკლებით), დამოკიდებულია η -ზე, მაგრამ დამოუკიდებელია ε -სა და $u(x, y)$ -ზე; ეს ფუნქცია განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$N_\eta(x, y) = \text{Max} \left[N_\eta^{(1)}(x, y), N_\eta^{(2)}(x, y) \right], \quad (47)$$

სადაც

$$\left. \begin{aligned}
 N_{\eta}^{(1)}(x, y) &= \int_{C_x} G(t, \bar{x}_0, z, \bar{z}) \left| \exp(-e^{1-\eta} |t|) \right| dt, \\
 N_{\eta}^{(2)}(x, y) &= \int_{\bar{C}_z} G(\tau_0, \tau, z, \bar{z}) \left| \exp(-e^{1-\eta} |\tau|) \right| d\tau.
 \end{aligned} \right\} \quad (48)$$

შეგნიშნოთ, რომ როგორც წინა თეორემაში, ისე აქაც არსებითია η იყოს დადებითი (იხ. [11]).

სტალინის სახელობის
 თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
 მათემატიკის კათედრა
 ფიზიკის განყოფილებისათვის

(შემოვიდა რედაქციაში 1947. I. 23)

Илья Векуа

Аппроксимация решений дифференциальных уравнений второго порядка эллиптического типа

Резюме

В работе доказываются несколько основных теорем об аппроксимации решений дифференциального уравнения вида

$$E(u) \equiv \Delta u + a(x, y) \frac{\partial u}{\partial x} + b(x, y) \frac{\partial u}{\partial y} + c(x, y) u = 0 \quad (E)$$

при помощи определенного класса частных решений этого же уравнения; предполагается, что a, b, c — целые функции своих аргументов.

Пусть T — конечная или бесконечная односвязная область; если T — бесконечная область, то ее граница — простая кривая, которая начинается и оканчивается на бесконечности.

Автором раньше было установлено [1], [2], [3], [4], что все регулярные в T решения уравнения (E) можно представить в виде

$$\begin{aligned}
 u(x, y) &= x_0 G(\tau_0, \bar{x}_0, z, \bar{z}) + \int_{\tau_0}^{\bar{z}} \Phi(t) G(t, \bar{x}_0, z, \bar{z}) dt \\
 &+ \int_{\bar{x}_0}^{\bar{z}} \Psi(\tau) G(\tau_0, \tau, z, \bar{z}) d\tau
 \end{aligned} \quad (1)$$

და $\zeta = x + iy$, $\bar{\zeta} = x - iy$; ζ_0 — фикс. точка в T ; α_0 — произвольная постоянная, $\Phi(\zeta)$ и $\Psi(\bar{\zeta})$ — произвольные голоморфные функции в T и \bar{T} , причем \bar{T} — зеркальное отображение T относительно действительной оси; $G(t, \tau, \zeta, \bar{\zeta})$ — так называемая функция Римана уравнения (E), которая является целой функцией своих аргументов и однозначно определяется при помощи самого уравнения (E). Напр., в случае уравнения Лапласа $G = 1$, а для уравнения колебания мембраны ($a = b = 0$; $c = \lambda^2 = \text{const}$) $G = J_0(\lambda \sqrt{(\zeta - t)(\bar{\zeta} - \tau)})$.

Подставляя в (1) вместо α_0 , Φ и Ψ следующие значения: $\alpha_0 = 1$, $\Phi = \Psi = 0$; $\alpha_0 = 0$, $\Phi = (\zeta - \zeta_0)^{k-1}$, $\Psi = 0$; $\alpha_0 = 0$, $\Phi = 0$, $\Psi = (\bar{\zeta} - \bar{\zeta}_0)^{k-1}$ ($k = 1, 2, \dots$) (см. формулы (б) грузинского текста) мы получим бесконечную последовательность частных решений

$$u_0(x, y), u_1(x, y), \dots, u_n(x, y), \dots, \quad (2)$$

которые являются целыми функциями переменных x, y ; в случае уравнения Лапласа она обращается в последовательность гармонических полиномов: $1, r^k \sin k\theta, r^k \cos k\theta$ ($k = 1, 2, \dots$), а для уравнения колебания мембраны: $\Delta u + \lambda^2 u = 0$ — в последовательность: $J_0(\lambda r), J_k(\lambda r) \cos k\theta, J_k(\lambda r) \sin k\theta$ ($k = 1, 2, \dots$), где $r = |\zeta - \zeta_0|$, $\theta = \arg(\zeta - \zeta_0)$. Поэтому для уравнения (E) система частных решений (2) имеет такое же значение, как для уравнения Лапласа — система однородных гармонических полиномов.

В работе изучаются вопросы аппроксимации произвольных решений уравнения (E) при помощи линейных комбинаций частных решений (2). На основании вышеприведенных соображений изучение этого вопроса для уравнения (E) является таким же важным, как и исследование вопросов аппроксимации произвольных голоморфных функций (решений уравнения Лапласа) при помощи полиномов.

В работе доказано несколько теорем. Мы ниже приведем только формулировку двух из них.

Теорема 1. Пусть T — конечная область, ограниченная простым гладким замкнутым контуром L , касательная которой с некоторым постоянным направлением составляет угол, удовлетворяющий условию Гельдера на L . Пусть $u(x, y)$ — регулярное в T решение уравнения (E), непрерывное в $T + L$ и удовлетворяющее на L условию Гельдера. Тогда для любого положительного числа ϵ существует конечное число таких постоянных c_0, c_1, \dots, c_n , что в $T + L$ имеет место неравенство

$$\left| u(x, y) - \sum_{k=0}^n c_k u_k(x, y) \right| < \epsilon. \quad (3)$$



Теорема 2. Пусть T — бесконечная область, ограниченная простой гладкой кривой L , начинающейся и оканчивающейся на бесконечности, касательная которой с некоторым постоянным направлением составляет угол, удовлетворяющий на L условию Гельдера. Пусть $u(x, y)$ — регулярное в T решение уравнения (E) , непрерывное на множестве $T+L$ (исключая бесконечное удаленную точку), которое на L удовлетворяет условию Гельдера. Тогда для любых двух положительных чисел ε и η существует такое решение $V(x, y)$ уравнения (E) , которое является целой функцией переменных x, y и удовлетворяет в $T+L$ неравенству

$$|u(x, y) - V(x, y)| < \varepsilon K_{\eta}(x, y), \quad (4)$$

где $K_{\eta}(x, y)$ — неотрицательная функция, непрерывная всюду на плоскости xy , которая зависит от η , но не зависит ни от ε , ни от $u(x, y)$; функция $V(x, y)$ является суммой ряда следующего вида:

$$\alpha_0 u_0(x, y) + \alpha_1 u_1(x, y) + \dots + \alpha_n u_n(x, y) + \dots; \quad (5)$$

этот ряд абсолютно и равномерно сходится на любом ограниченном замкнутом множестве.

В работе дается явный вид функции $K_{\eta}(x, y)$ (см. формулы (40) и (41) грузинского текста).

При доказательстве теоремы 2 автором использованы, кроме формулы (1) и других собственных результатов, также важные теоремы акад. М. В. Келдыш [10], [11].

Кроме того, в работе доказывается, что всякое регулярное внутри круга $|\zeta| \leq R$ решение $u(x, y)$ уравнения (E) может быть разложено в ряд вида (5), который сходится абсолютно и равномерно внутри круга $|\zeta| \leq R$. Коэффициенты этого разложения выражаются в явном виде через значения функции $u(x, y)$ и ее производных в центре круга (см. формулы (28), (29) и (30) грузинского текста). Это предложение имеет важное применение в теории специальных функций; напр., из него получают как частные случаи теоремы сложения бесселевых и лежандревых функций [8], [14].

ლიტერატურა

1. И. Н. Векуа, О представлении общего решения уравнения с частными производными второго порядка: Доклады АН СССР, т. XVII, № 6, 1937.
2. И. Н. Векуа, Комплексное представление решений эллиптических дифференциальных уравнений и его применения к граничным задачам: თბილისის მათემატიკური ინ-ტის შრომები, ტ. VII, 1939.
3. И. Н. Векуа, Граничные задачи теории линейных эллиптических дифференциальных уравнений с двумя независимыми переменными: ს. ს. რ. კ. მეცნიერებათა აკადემიის საქართველოს ფილიალის მოამბე, ტ. I, №№ 1, 3, 7, 1940.
4. ი. ვეკუა, შენიშვნები ელიფსური ტიპის დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნების ზოგადი წარმოდგენის შესახებ: საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. IV, № 5, 1943.
5. И. Н. Векуа, О комплексном представлении общего решения уравнений стационарной плоской задачи теории упругости: Доклады АН СССР, т. XVI, № 3, 1937.
6. ი. ვეკუა, $\Delta u + \lambda^2 u = 0$ განტოლების ამოხსნების შესახებ: საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. III, № 4, 1942.
7. И. Н. Векуа, О метагармонических функциях: თბილისის მათემატიკური ინსტიტუტის შრომები, ტ. XII, 1943.
8. ი. ვეკუა, ცილინდრულ ფუნქციათა თეორიისათვის: საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. VII, № 3, 1946.
9. И. Н. Векуа, Об аппроксимации решений эллиптических дифференциальных уравнений: საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. III, № 2, 1942.
10. М. В. Келдыш, О представлении функций комплексного переменного рядами полиномов в замкнутых областях: Математический Сборник, т. 16 (58) № 3, 1945.
11. М. В. Келдыш, О приближении голоморфных функции целыми функциями: Доклады АН СССР, т. XLVII, № 4, 1945.
12. J. L. Walsh, Interpolation and approximation by rational functions in the complex domain: Amer. Math. Soc. Coll. Publ. vol. XX, 1935.
13. G. Darboux, Leçons sur la théorie générale des surfaces: ტ. II, Paris, 1915.
14. ი. ვეკუა, ლეჟანდრის ფუნქციათა თეორიისათვის: საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. VII, № 1, 1946.

ა. ბიწაძე

თხელი დრეკადი ფირფიტის ფირფიტის რხევის სასაზღვრო ამოცანები

1. თხელი დრეკადი ფირფიტის რხევის ამოცანა, როცა ფირფიტის კონტური თანაბრად განაწილებული ნორმალური P წნევის ქვეშ იმოუფება, მიიღვანება ელიფსური ტიპის დიფერენციალური განტოლების

$$\Delta \Delta w + P \Delta w + \lambda^* w = 0 \quad (E)$$

ფუნდამენტალური რიცხვებისა და ფუნდამენტალური ფუნქციების მოძებნაზე შემდეგი სასაზღვრო პირობებით:

I. დაბაგრებული ფირფიტის შემთხვევაში

$$w|_L = 0, \quad \frac{dw}{dn} \Big|_L = 0, \quad (1)$$

II. დაყრდნობილი ფირფიტის შემთხვევაში

$$w|_L = 0, \quad \mu \Delta w + (1 - \mu) \left(\cos^2 \vartheta \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \sin^2 \vartheta \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \sin 2\vartheta \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) \Big|_L = 0, \quad (2)$$

III. თავისუფალი ფირფიტის შემთხვევაში

$$\left. \begin{aligned} \mu \Delta w + (1 - \mu) \left(\cos^2 \vartheta \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \sin^2 \vartheta \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \sin 2\vartheta \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) \Big|_L &= 0 \\ \frac{\partial}{\partial n} \Delta w + (1 - \mu) \frac{\partial}{\partial s} \left[\cos \vartheta \sin \vartheta \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) + \cos 2\vartheta \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right] \Big|_L &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

სადაც $w(x, y)$ ფირფიტის შუასიბრტყის (x, y) წერტილის ვერტიკალური გადაადგილებაა, L — ფირფიტის კონტური, μ — პუასონის მუდმივი, n — კონტურის გარე ნორმალი, ϑ — ნორმალის მიერ ox ღერძის დადებით მიმართულებასთან შედგენილი კუთხე, ხოლო s — გარკვეული ფიქსირებული წერტილიდან ათვლილი L კონტურის რკალის სიგრძე.



დამაგრებული წრიული ფირფიტის შემთხვევა, როცა წნევა P განიხილა Bickley-მ [1], ხოლო დამაგრებული კვადრატული ფირფიტის შემთხვევა შესწავლეს Weinstein-მა და Wei Zang Chien-მა [1].

წინამდებარე ნაშრომში შესწავლილია წრიული ფირფიტისათვის (1) სასაზღვრო ამოცანა (E) განტოლების რეგულარული ამოხსნების ზოგადი კომპლექსური წარმოდგენის გამოყენებით. (1) სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის ეს ხერხი უშუალოდ გამოიყენება (2) და (3) სასაზღვრო ამოცანების შესწავლისათვისაც.

2. (E) განტოლების ყველა ნამდვილ რეგულარულ ამოხსნის $z = x + iy$ სიბრტყის ყოველ, სასრულ კოორდინატთა სათაის შემცველ, მარტივადბმულ G არეში გვაძლევს შემდეგი ფორმულები (იხ., მაგ., [2, 3, 4]):

$$w(x, y) = \operatorname{Re} \left\{ \varphi_1(z) + \bar{z} \psi_1(z) - \frac{x_1 x_2}{8(x_1 - x_2)} \int_0^{\bar{z}} \int_0^{\bar{z}} \left[\sqrt{\frac{x_1(\bar{z}-t)}{\bar{z}-t}} J_1 \sqrt{x_1(\bar{z}-t)(z-t)} - \sqrt{\frac{x_2(\bar{z}-t)}{\bar{z}-t}} J_1 \sqrt{x_2(\bar{z}-t)(z-t)} \right] \bar{t} \varphi_1(t) dt d\bar{t} - \right. \quad (4)$$

$$\left. \frac{1}{4(x_1 - x_2)} \int_0^{\bar{z}} \int_0^{\bar{z}} [x_1^2 J_0 \sqrt{x_1(\bar{z}-t)(z-t)} - x_2^2 J_0 \sqrt{x_2(\bar{z}-t)(z-t)}] \bar{t} \psi_1(t) dt d\bar{t} \right\},$$

როცა x_1 და x_2 განტოლების $x^2 - Px + \lambda^* = 0$ ერთმანეთისაგან განსხვავებული ფესვებია, ხოლო

$$w(x, y) = \operatorname{Re} \left\{ \varphi_1(z) + \bar{z} \psi_1(z) - \frac{x_0 \sqrt{x_0}}{16} \int_0^{\bar{z}} \int_0^{\bar{z}} J_0 \sqrt{x_0(\bar{z}-t)(z-t)} \bar{t} \varphi_1(t) dt d\bar{t} - \right. \quad (5)$$

$$\left. \frac{x_0^2}{16} \int_0^{\bar{z}} \int_0^{\bar{z}} \sqrt{\frac{\bar{z}-t}{\bar{z}-t}} \frac{\partial}{\partial V_{x_0}} J_1(\sqrt{x_0(\bar{z}-t)(z-t)}) \bar{t} \psi_1(t) dt d\bar{t} \right\},$$

როცა $x_1 = x_2 = x_0$, (4) და (5) ფორმულებში შემაჯავლი $\varphi_1(z)$ და $\psi_1(z)$ ფუნქციები წარმოადგენენ G არეში ჰოლომორფულ ფუნქციებს, რომლებიც აკმაყოფილებენ პირობებს:

$$\psi_1(0) = \operatorname{Im} \varphi_1(0) = \operatorname{Im} \psi_1(0) = 0; \quad (6)$$

(4) და (5) ფორმულებს შეგვიძლია მივცეთ უფრო ხელსაყრელი სახეობის ფუნქციები

$$w(x, y) = \operatorname{Re} \left[\varphi(\zeta) + \psi(\bar{\zeta}) - \frac{x_1}{4} \int_0^{\bar{\zeta}} \int_0^{\zeta} J_0 \sqrt{x_1(\zeta-t)(\bar{\zeta}-\bar{t})} \varphi(t) dt d\bar{t} - \frac{x_2}{4} \int_0^{\bar{\zeta}} \int_0^{\zeta} J_0 \sqrt{x_2(\zeta-t)(\bar{\zeta}-\bar{t})} \psi(t) dt d\bar{t} \right], \quad (7)$$

სადაც

$$\begin{aligned} \varphi(\zeta) &= \frac{x_2}{x_2-x_1} \varphi_1(\zeta) + \frac{4}{x_2-x_1} \psi'_1(\zeta), \\ \psi(\zeta) &= \frac{x_1}{x_1-x_2} \varphi_1(\zeta) + \frac{4}{x_1-x_2} \psi'_1(\zeta); \end{aligned} \quad (8)$$

და

$$w(x, y) = \operatorname{Re} \left[\varphi(\zeta) - \psi(\zeta) - \frac{x_0 \sqrt{x_0}}{8} \int_0^{\bar{\zeta}} \int_0^{\zeta} J_0 \sqrt{x_0(\zeta-t)(\bar{\zeta}-\bar{t})} (\bar{\zeta}-\bar{t}) \varphi(t) dt d\bar{t} + \frac{x_0}{4} \int_0^{\bar{\zeta}} \int_0^{\zeta} J_0 \sqrt{x_0(\zeta-t)(\bar{\zeta}-\bar{t})} \psi(t) dt d\bar{t} \right], \quad (9)$$

სადაც

$$\varphi(\zeta) = \varphi_1(\zeta) + \frac{4}{x_0} \psi'_1(\zeta), \quad \psi(\zeta) = \frac{4}{x_0} \psi'_1(\zeta). \quad (10)$$

ჩვენ განვიხილავთ იმ შემთხვევას, როცა x_1 და x_2 ნამდვილია, რის გამოც (5), (8) და (10) საფუძველზე შეგვიძლია ვიგულისხმოთ, რომ

$$\operatorname{Im} \varphi(0) = \operatorname{Im} \psi(0) = 0. \quad (11)$$

R რადიუსიანი წრიული ფირფიტის ცენტრი მივიღოთ კოორდინატთა სისტემის სათავედ. (7) და (9) ფორმულებში შემაჯავლი პოლონომორფული ფუნქციები აღებულნი წრის შიგნით წარმოვადგინოთ მწკრივებით:

$$\varphi(\zeta) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k \zeta^k, \quad \psi(\zeta) = \sum_{k=0}^{\infty} b_k \zeta^k, \quad (12)$$

სადაც (11)-ის ძალით: $\operatorname{Im} a_0 = \operatorname{Im} b_0 = 0$.

3. განვიხილოთ ჯერ ის შემთხვევა, როცა $P < 0$ და $0 < \lambda^* < \frac{P^2}{4}$. მაშინ

$$x_1 = \frac{P}{2} + \sqrt{\frac{P^2}{4} - \lambda^*} < 0, \quad x_2 = \frac{P}{2} - \sqrt{\frac{P^2}{4} - \lambda^*} < 0. \quad (*)$$

შემოვიღოთ აღნიშვნები: $-x_1 = \alpha^2$, $-x_2 = \beta^2$. თუ შევიტანთ (12) მწკრივს (7) ფორმულაში და მოვიტხოვთ, რომ ამ ფორმულით წარმოდგენილნი ციამ დააკმაყოფილოს (1) სასაზღვრო პირობა, მაშინ a_k, b_k ($k=0, 1, 2, \dots$) კოეფიციენტთა განსაზღვრისათვის მივიღებთ ერთგვაროვან ალგებრულ განტოლებათა სისტემას:

$$\left. \begin{aligned} a_k \beta^k I_k(\alpha R) + b_k \alpha^k I_k(\beta R) &= 0 \\ a_k \beta^k \frac{d I_k(\alpha R)}{dR} + b_k \alpha^k \frac{d I_k(\beta R)}{dR} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$$(k=0, 1, \dots).$$

განტოლებათა (13) სისტემიდან a_k და b_k კოეფიციენტთა არანულოვანი მნიშვნელობები მიიღება, თუ ამ სისტემის დეტერმინანტი

$$I_k(\alpha R) \frac{d I_k(\beta R)}{dR} - I_k(\beta R) \frac{d I_k(\alpha R)}{dR} = 0 \quad (14)$$

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

ბესელის ფუნქციათა თეორიიდან ცნობილია იგივეობა:

$$(\alpha^2 - \beta^2) \int_0^x x I_k(\alpha x) I_k(\beta x) dx = x \left[\frac{d I_k(\alpha x)}{dx} I_k(\beta x) - I_k(\alpha x) \frac{d I_k(\beta x)}{dx} \right]. \quad (15)$$

რადგან $\alpha^2 \neq \beta^2$, ამიტომ (15) იგივეობის საფუძველზე არ შეიძლება ადგილი ექნეს (14) განტოლებებს. ამგვარად, აღნიშნულ შემთხვევაში დასმული სასაზღვრო ამოცანის ფუნდამენტალური რიცხვები არ არსებობს. ეს დასკვნა შეგვიძლია მივყავოდ აგრეთვე გრინის ფორმულის გამოყენებითაც, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ (7)-ის საფუძველზე (E) განტოლების ყოველი ამოხსნა წარმოიდგინება ასეთი სახით $w = u + v$, სადაც u და v , შესაბამისად, შემდეგი განტოლებების ამოხსნებია:

$$\Delta u - \alpha^2 u = 0, \quad \Delta v - \beta^2 v = 0.$$

4. ახლა განვიხილოთ ის შემთხვევა, როცა $0 < -\lambda^2 = \lambda$. მაშინ

$$x_1 = \frac{P}{2} + \sqrt{\frac{P^2}{4} + \lambda^2} > 0, \quad x_2 = \frac{P}{2} - \sqrt{\frac{P^2}{4} + \lambda^2} < 0.$$

(E) განტოლების ამოხსნების (7) ზოგად წარმოდგენაში შევიტანოთ $x_1 = \alpha^2$, $x_2 = -\beta^2$, ხოლო პოლომორფული ფუნქციები $\varphi(\zeta)$ და $\psi(\zeta)$ ავიღოთ (12) მწკრივების სახით. იმისათვის, რომ (7) ფორმულით განსაზღვრულმა $w(x, y)$ ფუნქციამ დააკმაყოფილოს (1) სასაზღვრო პირობები, აუცილებელი და საკმარისია:

$$\left. \begin{aligned} a_k \beta^k I_k(\alpha R) + b_k \alpha^k I_k(\beta R) &= 0, \\ a_k \beta^k [k I_k(\alpha R) - \alpha^2 \beta R I_{k+1}(\alpha R)] + b_k \alpha^k [k I_k(\beta R) - \alpha \beta^2 R I_{k+1}(\beta R)] &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

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



(16_k) სისტემიდან მივიღებთ a_k და b_k კოეფიციენტების არანულოვანობა, თუ ამ სისტემის დეტერმინანტი

$$\beta J_k(\alpha R) I_{k+1}(\beta R) + \alpha J_{k+1}(\alpha R) I_k(\beta R) = 0, \quad (17_k)$$

($k=0, 1, \dots$).

ფიქსირებული P -ისათვის ყოველ (17_k) განტოლებას λ -ს მიმართ აქვს დადებითი ფესვთა უსასრულო სიმრავლე (უარყოფითი ფესვები სათავის მიმართ დადებითი ფესვების სიმეტრიულადაა განაწილებული). (17_k) განტოლების ყოველი დადებითი ფესვი λ_{kj} ($j=0, 1, 2, \dots$) მოთავსებულია შუალედში

$$\lambda_{kj}^* < \lambda_{kj} < \lambda_{k-1,j}^{**}$$

სადაც λ_{kj}^* და $\lambda_{k-1,j}^{**}$ წარმოადგენს λ -ს იმ მნიშვნელობებს, რომლებიც შეესაბამებინ ბესელის ფუნქციათა $J_k(\alpha R)$, $J_{k+1}(\alpha R)$ მიმდევნო დადებით ფესვებს

$$\beta_{kj}^* < \beta_{k-1,j}^{**}$$

ბესელის ფუნქციათა ფესვების ცნობილი თვისებების ძალით ადვილად დავასკვნით, რომ (17_k) განტოლებათა შორის არცერთ წყვილს საერთო ფესვები არ აქვს. λ -ს უმცირეს კრიტიკულ მნიშვნელობას ვვაძლევს განტოლების

$$\beta J_0(\alpha R) I_1(\beta R) + \alpha J_1(\alpha R) I_0(\beta R) = 0 \quad (17_0)$$

უმცირესი დადებითი ფესვი λ_0 , რომელიც შეგვიძლია გამოვთვალოთ ბესელის ფუნქციათა ცხრილების გამოყენებით.

α და β -ს მნიშვნელობები, რომლებიც შეესაბამებიან $\lambda = \lambda_0$ -ს, აღვნიშნოთ α_0 და β_0 -ით. მაშინ (16₀) განტოლებათა სისტემიდან a_0 და b_0 მნიშვნელობები შეგვიძლია ავიღოთ ასეთი სახით:

$$a_0 = \beta_0 J_1(\beta_0 R), \quad b_0 = \alpha_0 J_1(\alpha_0 R);$$

ხოლო შესაბამისი ფუნდამენტალური ამოხსნა იქნება

$$w(x, y) = \beta_0 J_1(\beta_0 R) J_0(\alpha_0 r) + \alpha_0 J_1(\alpha_0 R) J_0(\beta_0 r).$$

5. როცა $0 < \lambda^* < \frac{P^2}{4}$ და $P > 0$, მაშინ (*) ფორმულის მიხედვით $x_1 > 0$, $x_2 > 0$. თუ (E) განტოლების ამოხსნების ზოგად წარმოდგენაში (7) შევიტანთ $x_1 = +\alpha^2$, $x_2 = +\beta^2$ და მოვითხოვთ, რომ ამ ფორმულით განსაზღვრულმა $w(x, y)$ ფუნქციამ დაეკმაყოფილოს (1) სასაზღვრო პირობა, მივიღებთ

$$\left. \begin{aligned} a_k \beta^k J_k(\alpha R) + b_k \alpha^k J_k(\beta R) &= 0, \\ a_k \beta^k \frac{d J_k(\alpha R)}{d R} + b_k \alpha^k \frac{d J_k(\beta R)}{d R} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (18_k)$$

(18) განტოლებათა სისტემიდან მივიღებთ a_k და b_k კოეფიციენტთა ნულისაგან განსხვავებულ მნიშვნელობებს, თუ ამ სისტემის დეტერმინანტი

$$\alpha J_k(\beta R) J_{k+1}(\alpha R) - \beta J_k(\alpha R) J_{k+1}(\beta R) = 0; \quad (19_k)$$

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



ფიქსირებულ P -სათვის (19_k) განტოლებას აქვს λ^2 -ის მიმართ ნამდვილი დადებითი ფესვთა უსასრულო სიმრავლე. კერძოდ (19_k) განტოლება კმაყოფილდება λ -ს ისეთი მნიშვნელობებით, რომელთათვისაც $J_k(\alpha R) = J_k(\beta R) = 0$. ეს შემთხვევა შეგვიძლია გამოვიტყუოთ (ამ შემთხვევაში (19_k) განტოლებათა შორის ზოგიერთს ექნება საერთო ფესვები), თუ მოვითხოვთ, რომ $|\alpha - \beta| < \frac{\pi}{R}$ ან რაც იგივეა $|P \pm 2k| < \frac{\pi^2}{R^2}$.¹

(19_k) განტოლება კმაყოფილდება λ -ს ისეთი მნიშვნელობებითაც, რომელთათვისაც α და β ნულად აქცევენ ფუნქციას

$$\gamma \frac{dJ_k(\gamma R)}{d(\gamma R)} - HJ_k(\gamma R), \quad (20_k)$$

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

სადაც H მუდმივია.

ამის შემდეგ ადვილად დავასკვნით, რომ (19_k) განტოლებებიდან არცერთ წყვილს საერთო ფესვები არა აქვს, ხოლო ამ განტოლებათა შორის უმცირესი დადებითი ფესვი აქვს განტოლებას

$$\alpha J_0(\beta R) J_1(\alpha R) - \beta J_0(\alpha R) J_1(\beta R) = 0. \quad (19_0)$$

ექვთათ, λ_0 არის (19_0) განტოლების უმცირესი დადებითი ფესვი. ხოლო $\alpha_0 = \alpha(\lambda_0)$, $\beta_0 = \beta(\lambda_0)$. ამ შემთხვევაში a_0 და b_0 კოეფიციენტთა მნიშვნელობანი შეგვიძლია ავიღოთ ასეთი სახით:

$$a_0 = \beta_0 J_1(\beta_0 R), \quad b_0 = -\alpha_0 J_1(\alpha_0 R),$$

ხოლო შესაბამისი ფუნდამენტალური ფუნქცია იქნება

$$w(x, y) = \beta_0 J_1(\beta_0 R) J_0(\alpha_0 r) - \alpha_0 J_1(\alpha_0 R) J_0(\beta_0 r),$$

სადაც $r^2 = x^2 + y^2$.

6. ახლა ვთქვათ $\frac{P^2}{4} - \lambda^2 = 0$, მაშინ $x = x_1 = x_2 = \frac{P}{2}$. ჯერ ვივლინებოთ, რომ $P > 0$. (E) განტოლების ამოხსნების ზოგად წარმოდგენაში (9) შევიტანოთ $x = \alpha^2$ და მოვითხოვოთ, რომ ამ ფორმულით განსაზღვრულმა $w(x, y)$ ფუნქციამ დააკმაყოფილოს (1) სასაზღვრო პირობა. ამ პირობიდან a_k და b_k კოეფიციენტთა განსაზღვრისათვის ვღებულობთ განტოლებათა სისტემას:

$$\left[\begin{array}{l} J_k(\alpha R) + \frac{\alpha R}{2} J_{k+1}(\alpha R) \\ \frac{d}{dR} \left[J_k(\alpha R) + \frac{\alpha R}{2} J_{k+1}(\alpha R) \right] \end{array} \right] a_k - J_k(\alpha R) b_k = 0, \quad (21_k)$$

$$\left[\begin{array}{l} J_k(\beta R) + \frac{\beta R}{2} J_{k+1}(\beta R) \\ \frac{d}{dR} \left[J_k(\beta R) + \frac{\beta R}{2} J_{k+1}(\beta R) \right] \end{array} \right] a_k - \frac{d J_k(\beta R)}{dR} b_k = 0$$

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

¹ რაღაცა $k > 1$.

(21_k) სისტემის დეტერმინანტი

$$J_k^2(\alpha R) - J_{k-1}(\alpha R) J_{k+1}(\alpha R),$$

ცნობილი იგივეობის ძალით

$$\int_0^x x J_k^2(x) dx = \frac{x^2}{2} \left[J_k^2(x) - J_{k-1}(x) J_{k+1}(x) \right],$$

განსხვავდება ნულისაგან.

სრულიად ასევეა, როცა $P < 0$. შემოვიღოთ აღნიშვნა $x = -\alpha^2$, მაშინ a_k და b_k კოეფიციენტთა განსაზღვრისათვის მივიღებთ კვლავ (21_k) სახის სისტემას, რომელშიაც $J_k(\alpha R)$ შეცვლილია $I_k(\alpha R)$ -ით. ამ სისტემის დეტერმინანტს აქვს სახე

$$I_k^2(\alpha R) - I_{k-1}(\alpha R) I_{k+1}(\alpha R),$$

რაც ყოველთვის დადებითია α -ს ნამდვილი არანულოვანი მნიშვნელობებისათვის.

ამგვარად, ორივე აქ განხილულ შემთხვევაში (1) სასაზღვრო ამოცანას აქვს მხოლოდ ტრივიალური ამოხსნა.

შემთხვევა $\lambda^* = 0$ განხილული იყო ჩვენ მიერ შრომაში [5]¹.

ლიტერატურა

1. A. Weinstein and Wei Zang Chien, On the vibrations of a clamped plate under tension; Quarterly of applied Mathematics V. I, № 1, 1943.
2. И. Векуа, Комплексное представление решений эллиптических дифференциальных уравнений и его применения к граничным задачам: Труды Тбилисского Математического Института, т. VII, 1939 г.
3. ა. ბიჭაძე, ელიფსური ტიპის დიფერენციალურ განტოლებათა ამონხსნების ზოგადი წარმოდგენის შესახებ: საქ. სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. IV, № 7, 1943 წ.
4. И. Векуа, О метагармонических функциях: Труды Тбилисского Математического Института, т. XII, 1943.
5. ა. ბიჭაძე, ელიფსური ტიპის დიფერენციალურ განტოლებათა ამონხსნების ზოგადი კომპლექსური წარმოდგენის ზოგიერთი გამოყენების შესახებ: საქ. სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. VII, № 6, 1946.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
მათემატიკის კათედრა
ფიზიკურ განყოფილებაზე

(შემოვიღა რედაქციაში 1947. II. 7)

¹ როცა $\lambda^* > \frac{P^2}{4}$, ცხადია, (1) ამოცანას მხოლოდ ტრივიალური ამოხსნა აქვს.

А. В. Бицадзе

Задачи колебания равномерно сжатой тонкой упругой круглой пластинки

Резюме

Граничные задачи колебания равномерно сжатой тонкой упругой пластинки приводятся к нахождению собственных значений дифференциального уравнения

$$\Delta \Delta w + P \Delta w + \lambda^* w = 0 \quad (E)$$

(где P — нормальное давление, λ^* — упругая постоянная) при граничных условиях, соответствующих различным видам закрепления границы.

Задача в случае закрепленной по краям круглой пластинки при малых P была рассмотрена Bickley-м, а в случае квадратной пластинки Weinstein-ом и Wei Zang Chien-ом [1].

В настоящей заметке с помощью общего комплексного представления решений уравнения (E), найденного впервые И. Н. Векуа и доказанного после еще другим путем автором [2, 3, 4] получены простые уравнения в Беселевых функциях для определения собственных значений в случае закрепленной круглой пластинки. Получены следующие результаты:

а) Если $P < 0$, $0 < \lambda^* < \frac{P^2}{4}$, то собственных значений не существует.

в) Если $0 < -\lambda^* = \lambda^2$, то собственные значения являются корнями уравнений

$$\beta J_k(\alpha R) I_{k+1}(\beta R) + \alpha J_{k+1}(\alpha R) I_k(\beta R) = 0, \quad (1_k)$$

($k=0, 1, 2, \dots$),

где $\alpha^2 = \frac{P}{2} + \sqrt{\frac{P^2}{4} + \lambda^2}$, $\beta^2 = \frac{P}{2} - \sqrt{\frac{P^2}{4} + \lambda^2}$, R — радиус пластинки. При фиксированном P уравнения (1_k) попарно общих корней не имеют. Наименьший положительный корень имеет уравнение (1₀).

с) Если $0 < \lambda^* < \frac{P^2}{4}$, $P > 0$, то для определения собственных значений будем иметь уравнения

$$\beta J_k(\alpha R) J_{k+1}(\beta R) - \alpha J_k(\beta R) J_{k+1}(\alpha R) = 0, \quad (2_k)$$

($k=0, 1, 2, \dots$),

каждое из которых имеет бесконечное число действительных корней.

д) Если $\frac{P^2}{4} - \lambda^* = 0$, то собственных значений не существует.

Случай $\lambda^* = 0$ рассмотрен автором раньше [5]. Наш способ непосредственно можно применить в случаях опертой и свободной пластинки.

6. ვაჟა

ერთი უწინფენა სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემის შესახებ

§ 1. განვიხილოთ სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემა

$$\sum_{\beta=1}^n \left[A_{\alpha\beta}(t_0) p_{\beta}(t_0) + \frac{B_{\alpha\beta}(t_0)}{\pi i} \int_L \frac{p_{\beta}(t) dt}{t-t_0} + \frac{1}{\pi i} \int_L K_{\alpha\beta}(t_0, t) p_{\beta}(t) dt \right] = f_{\alpha}(t_0)$$

($\alpha = 1, 2, \dots, n$),

ანუ, რაც იგივეა,

$$A(t_0) p(t_0) + \frac{B(t_0)}{\pi i} \int_L \frac{p(t) dt}{t-t_0} + \frac{1}{\pi i} \int_L K(t_0, t) p(t) dt = f(t_0), \quad (1,1)$$

სადაც L აღნიშნავს γ კომპლექსური ცვლადის სიბრტყეზე ერთმანეთს არავადამკვეთ იმ მარტივ გლუვ კონტურთა ერთობლიობას, რომელნიც მრავლადბმულ D^+ არეს შემოსაზღვრავენ; $A = \|A_{\alpha\beta}\|$, $B = \|B_{\alpha\beta}\|$, $K = \|K_{\alpha\beta}\|$ ($\alpha, \beta = 1, 2, \dots, n$), ამასთან $A_{\alpha\beta}(t_0)$, $B_{\alpha\beta}(t_0)$ ფუნქციები აკმაყოფილებენ ჰელდერის პირობას, ხოლო $K_{\alpha\beta}(t_0, t)$ ფუნქციები წარმოიღვინებთან ასე:

$$K_{\alpha\beta}(t_0, t) = \frac{K^{\alpha\beta}(t_0, t)}{|t-t_0|^{\gamma}} \quad (0 \leq \gamma < 1),$$

სადაც $K^{\alpha\beta}(t_0, t)$ ($\alpha, \beta = 1, \dots, n$) აკმაყოფილებენ ჰელდერის პირობას ორივე არგუმენტის მიმართ; $f(t_0)$ და $p(t_0)$ შემდეგი ვექტორებია:

$$f(t_0) = (f_1, f_2, \dots, f_n), \quad p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$$

(1,1)-ის მარცხენა მხარის მეორე წევრში ინტეგრალი განიხილება კოზის მთავარი მნიშვნელობის აზრით; (1,1) ტოლობაში A , B , K მატრიცები განიხილებიან როგორც ვექტორთა წრფივი ვარდაქმნის მატრიცები.



ვთქვათ $S = A + B$, $T = A - B$ და ვიგულისხმობთ, რომ \det ნულად არ იქცევიან არსად L -ზე.

(1,1) სისტემა ამჟამად კარგადაა შესწავლილი (იხ., მაგალითად, [1] [2] [3]). ქვემოთ ჩვენ ვისარგებლებთ [2] შრომაში მოყვანილი ზოგიერთი შედეგით.

(1,1) სისტემის კერძო ინდექსები იყოს $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, ხოლო ჯამ-ინდექსი კი λ და ვთქვათ $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m > 0 > \lambda_{m+1} \geq \dots \geq \lambda_n$ (თუ ყველა λ_i არა უარყოფითია, მაშინ $m=n$ და, თუ ყველა λ_i უარყოფითია, მაშინ $m=0$). შემოვიღოთ კვლევ რამდენიმე აღნიშვნა:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_m, \quad -\lambda = \lambda_{m+1} + \dots + \lambda_n,$$

$$Z(t) = [X^+(t)]^{-1} S^{-1}(t) = [X^-(t)]^{-1} T^{-1}(t),$$

$$B_0(t) = \frac{1}{2} [X^+(t) - X^-(t)],$$

$$P(t) = (P_{\lambda_1-1}, P_{\lambda_2-1}, \dots, P_{\lambda_n-1}),$$

სადაც $X^+(t)$ და $X^-(t)$ მატრიცები წარმოადგენენ [2] შრომის (5, 14) ფორმულით განსაზღვრული კანონიკური მატრიცის სასაზღვრო მნიშვნელობებს შესაბამისად D^+ და D^- არიდან; ამასთან D^- წარმოადგენს D^+ არის დამატებას მთელ სიმბრტყემდე; P_{λ} აღნიშნავს λ რიგის ნებისმიერ პოლინომს ($P_{\lambda} \equiv 0$, როცა $\lambda < 0$).

შრომაში [2] ნაჩვენებია, რომ (1,1) განტოლება (სისტემა) ეკვივალენტურია ფრედჰოლმის განტოლებისა (განტოლებათა სისტემისა)

$$\rho(t_0) + \frac{1}{\pi i} \int_L K^*(t_0, t) \rho(t) dt = f^*(t_0) + B_0(t_0) P(t_0) \quad (1,2)$$

და დამატებითი პირობებისა

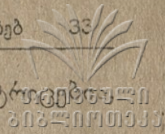
$$\int_L^a \omega(t) \rho(t) dt = \int_L^a \omega(t) f(t) dt \quad (1,3)$$

$$(\alpha = 1, 2, \dots, \mu),$$

სადაც $K^*(t_0, t)$ და $f^*(t_0)$ გარკვეული მატრიცი და ვექტორია შესაბამისად, რომელთა მნიშვნელობებს აქ არ ამოვწერთ,

$$\omega(t) = Z(t) q(t),$$

$$\bar{\omega}(t) = \frac{1}{\pi i} \int_L K'(t_1, t) \omega(t_1) dt_1,$$



სადაც Z', K' შესაბამად Z, K მატრიცების ტრანსპონირებული მატრიცებია, τ^a ($\alpha = 1, 2, \dots, \mu$) გარკვეული ვექტორებია; $\tau^a P, \tau^a$ აღნიშნავს ვექტორების სკალარულ ნამრავლს¹.

ჩვენი მიზანია, ისე როგორც ეს გაკეთებულია ერთი განტოლების შემთხვევაში ($n=1$) პროფ. ი. ვექუას მიერ შრომაში [4], ვაჩვენოთ, რომ (1,1) განტოლება (სისტემა) მიიყვანება ფრედჰოლმის გარკვეულ რეგულარულ განტოლებამდე (სისტემამდე) და დამატებით პირობებამდე, რომელიც საძიებელ $\rho(t)$ ვექტორს არ შეიცავს.

§ 2. ვთქვათ, $\tau^1, \tau^2, \dots, \tau^\mu$ ვექტორებს შორის h ვექტორი წრფივად დამოუკიდებელია ($h \leq \mu$). ზოგადობის შეუზღუდველად შეგვიძლია ვიფიქსირებოდეთ, რომ პირველი h ვექტორი $\tau^1, \tau^2, \dots, \tau^h$ წრფივად დამოუკიდებელია, ხოლო დანარჩენი $\tau^{h+1}, \dots, \tau^\mu$ ვექტორები გამოისახებიან მათი საშუალებით:

$$\tau^{h+j} = C_{j1} \tau^1 + C_{j2} \tau^2 + \dots + C_{jh} \tau^h$$

$(j = 1, 2, \dots, \mu - h),$

სადაც C_{jk} გარკვეული მუდმივებია.

(1,3) ტოლობები შეიძლება ასე გადავწეროთ:

$$\int_L^a \tau^\alpha(t) \rho(t) dt = \int_L^a \omega(t) f(t) dt \quad (\alpha = 1, 2, \dots, h), \quad (2,1)$$

$$\int_L^j \tilde{\sigma}(t) f(t) dt = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, \mu - h), \quad (2,2)$$

სადაც

$$\tilde{\sigma}(t) = \sum_{\alpha=1}^h C_{j\alpha} \tau^\alpha(t) - \omega(t).$$

(2,3)

ცხადია (1,3) პირობები ტოლფასია (2,1) და (2,2) პირობათა ერთობლიობისა, ამასთან (2,2) პირობებში საძიებელი $\rho(t)$ ვექტორი არ მონაწილეობს.

ვიფიქსირებოდეთ, რომ L საზღვრის წერტილის კოორდინატების რკალით წარმოებულები აკმაყოფილებენ ჰელდერის პირობას და $\tau^1, \tau^2, \dots, \tau^\mu$ ვექტორების საშუალებით შევადგინოთ ორთონორმირებული სისტემა ვექტორებისა:

¹ ყველგან ქვემოთ ვექტორების ნამრავლის ქვეშ სკალარული ნამრავლი იგულისხმება.

$$\varphi(s) = \sum_{\beta=1}^h C_{\alpha\beta}^* \tau(t) f(s) \quad (\alpha = 1, 2, \dots, h), \quad (2,4)$$

$$\int_L^{\alpha} \varphi(s) \overline{\varphi(s)} ds = \begin{cases} 0, & \text{როცა } \alpha \neq \beta \\ 1, & \text{როცა } \alpha = \beta, \end{cases}$$

სადაც τ აღნიშნავს t წერტილის შესაბამის რეალის სიგრძეს, $C_{\alpha\beta}^*$ მულტიპლიკატორები, ამასთან $\det \| C_{\alpha\beta}^* \| \neq 0$, $\varphi(s)$ აღნიშნავს $\overline{\varphi(s)}$ ვექტორის კომპლექსურად შეუღლებულ ვექტორს.

(2,4)-ის ძალით ადვილად მივიღებთ, რომ (2,1) ტოლობები ტოლფასია შემდეგი ტოლობებისა:

$$\int_L^{\alpha} \varphi(s) \rho(t) ds = C_{\alpha} \quad (\alpha = 1, 2, \dots, h), \quad (2,5)$$

სადაც

$$C_{\alpha} = \int_L \sum_{\beta=1}^h C_{\alpha\beta}^* \omega(t) f(t) dt. \quad (2,6)$$

ცხადია, რომ ვექტორი

$$\rho(t) = \sigma(t) - \sum_{\alpha=1}^h \overline{\varphi(s)} \int_L \sigma(t_1) \varphi(s_1) ds_1 + \sum_{\alpha=1}^h C_{\alpha} \overline{\varphi(s)}. \quad (2,7)$$

აქნაყოფილებს (2,5) პირობებს, როგორც არ უნდა იყოს ვექტორი $\sigma(t)$.

შევისწავლოთ უფრო დაწვრილებით (2,7) ფუნქციონალური გარდაქმნა. ამისათვის C_{α} -ს (2,6) მნიშვნელობა შევიტანოთ (2,7)-ში, ვისარგებლოთ სკალარული ნამრავლის გამოსათვლელი ფორმულით და ადვილად მივიღებთ

$$\rho(t) = \sigma(t) - \int_L D(t, t_1) \sigma(t_1) dt_1 + \int_L H(t, t_1) f(t_1) dt_1, \quad (2,8)$$

სადაც

$$D(t, t_1) = \sum_{\alpha=1}^h D_{\alpha}(s, s_1) \overline{f_1},$$

აპსისონ

$$D_{\alpha}(s, s_1) = \begin{vmatrix} a & \bar{a} & a & \bar{a} & & a & a \\ \varphi_1(s_1) \varphi_1(s), & \varphi_2(s_1) \varphi_1(s), & \dots, & \varphi_n(s_1) \varphi_1(s) \\ a & \bar{a} & a & \bar{a} & & a & \bar{a} \\ \varphi_1(s_1) \varphi_2(s), & \varphi_2(s_1) \varphi_2(s), & \dots, & \varphi_n(s_1) \varphi_2(s) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a & \bar{a} & a & \bar{a} & & a & \bar{a} \\ \varphi_1(s_1) \varphi_n(s), & \varphi_2(s_1) \varphi_n(s), & \dots, & \varphi_n(s_1) \varphi_n(s) \end{vmatrix}$$

$$H(t, t_1) = \sum_{\alpha=1}^h \sum_{\beta=1}^h C_{\alpha\beta}^* H_{\alpha\beta}(t, t_1),$$

ამასთან

$$H_{\alpha\beta}(t, t_1) = \begin{vmatrix} \beta & \bar{a} & \beta & \bar{a} & & \beta & \bar{a} \\ \omega_1(t_1) \varphi_1(s), & \omega_2(t_1) \varphi_1(s), & \dots, & \omega_n(t_1) \varphi_1(s) \\ \beta & \bar{a} & \beta & \bar{a} & & \beta & \bar{a} \\ \omega_1(t_1) \varphi_2(s), & \omega_2(t_1) \varphi_2(s), & \dots, & \omega_n(t_1) \varphi_2(s) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta & \bar{a} & \beta & \bar{a} & & \beta & \bar{a} \\ \omega_1(t_1) \varphi_n(s), & \omega_2(t_1) \varphi_n(s), & \dots, & \omega_n(t_1) \varphi_n(s) \end{vmatrix}$$

ცხადია (2,8) წარმოადგენს ფრედჰოლმის ინტეგრალურ განტოლებას $\sigma(t)$ ვექტორის მიმართ. განვიხილოთ (2,8) განტოლების შესაბამი ერთგვაროვანი განტოლება

$$\sigma(t) - \int_L D(t, t_1) \sigma(t_1) dt_1 = 0; \quad (2,9)$$

ამსუ, რაც იგივეა,

$$\sigma(t) - \sum_{\alpha=1}^h \bar{a} \int_L \varphi(s) \int_L \sigma(t_1) \varphi(s_1) ds_1 = 0.$$

ამ უკანასკნელის ზოგადი ამოხსნა არის

$$\sigma(t) = \sum_{\alpha=1}^h C_{\alpha}^* \bar{a} \varphi(s),$$

სადაც C_{α}^* ნებისმიერი მუდმივებია.

განვიხილოთ ახლა (2,9) განტოლების მიკავშირებული განტოლებები

$$\sigma^*(t) - \int_L D^*(t_1, t) \sigma^*(t_1) dt_1 = 0,$$

ანუ, რაც იგივეა,

$$\sigma^*(t) - \sum_{\alpha=1}^h \varphi^\alpha(s) \bar{l}^\alpha(s) \int_L \sigma^*(t_1) \bar{\varphi}^\alpha(s_1) dt_1 = 0.$$

როგორც აღვილად მიიღება, ამ უკანასკნელის ზოგადი ამოხსნა იქნება

$$\sigma^*(t) = \sum_{\alpha=1}^h C_\alpha^{**} \varphi^\alpha(s) \bar{l}^\alpha(s),$$

სადაც C_α^{**} ნებისმიერი მუდმივებია.

ამის შემდეგ ცხადია, რომ (2,8) განტოლების $\sigma(t)$ ვექტორის მიმართ ამოხსნადობისათვის აუცილებელია და საკმარისი ადგილი ჰქონდეს ტოლობებს

$$\int_L \left[\rho(t) - \sum_{\alpha=1}^h C_\alpha \bar{\varphi}^\alpha(s) \right] \varphi^\beta(s) \bar{l}^\beta(s) dt = 0$$

$$(\beta = 1, 2, \dots, h),$$

ანუ, რაც იგივეა,

$$\int_L \rho(t) \varphi^\beta(s) ds = \sum_{\alpha=1}^h C_\alpha \int_L \bar{\varphi}^\alpha(s) \varphi^\beta(s) ds = C_\beta$$

$$(\beta = 1, 2, \dots, h).$$

ეს უკანასკნელი ემთხვევა (2,5) პირობებს. ამრიგად, (2,8) ფორმულით წარმოიდგინებინა ის და მხოლოდ ის ვექტორები, რომელნიც (2,5) პირობებს აკმაყოფილებენ.

შევიტანოთ $\rho(t)$ ვექტორის (2,8) მნიშვნელობა (1,2) განტოლებაში; მივიღებთ

$$\sigma(t_0) + \frac{1}{\pi i} \int_L K^{**}(t_0, t_1) \sigma(t_1) dt_1 = f^{**}(t_0) + B_0(t_0) P(t_0), \quad (2,10)$$

სადაც

$$K^{**}(t_0, t_1) = K^*(t_0, t_1) - \pi i \left[D(t_0, t_1) + \frac{1}{\pi i} \int_L K^*(t_0, t) D(t, t_1) dt \right],$$

$$f^{**}(t_0) = f^*(t_0) - \int_L \left[H(t_0, t_1) + \frac{1}{\pi i} \int_L K^*(t_0, t) H(t, t_1) dt \right] f(t_1) dt_1.$$

ზემოთ ჩატარებული მსჯელობა ჩვენ გვარწმუნებს შემდეგი დებულების სამართლიანობაში:

(1,1) სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემა ეკვივალენტურია (ადვილად მისახვედრი აზრით) ფრედჰოლმის (2,10) ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემისა და (2,2) დანატებითი პირობებისა (ეს უკანასკნელი საძიებელ $\rho(t)$ ვექტორს არ შეიცავს).

ზემოთ ჩატარებული მსჯელობიდან ცხადია აგრეთვე, რომ (2,2) ტოლობები წარმოადგენენ (1,1) სისტემის ამოხსნადობის აუცილებელ პირობებს. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ (2,2) ტოლობებში მონაწილე $z_j(t)$ ($j = 1, 2, \dots, \mu - n$) ვექტორები, საზოგადოდ, ცხადად, არ აივებიან, ენაიდან მათ გამოსახვაში მონაწილეობს ე. წ. კანონიკური მატრიცი $X(\tau)$, რომელიც, საზოგადოდ, ცხადად არ აივება. მაგრამ პრაქტიკულად მნიშვნელოვან შემთხვევაში, სახელდობრ იმ შემთხვევაში, როცა A და B მატრიცის ელემენტები რაციონალური ფუნქციებია, $X(\tau)$ მატრიცი აივება ეფექტურად (იხ. [5]) და ამ შემთხვევაში (2,2) პირობების პრაქტიკულად შემოწმება არავითარ სიძნელეს არ წარმოადგენს. თუ (2,2) პირობები შესრულებულია, მაშინ (1,1) და (2,10) განტოლებები ერთდროულად ამოიხსნებიან ან არ ამოიხსნებიან და ამოხსნადობის შემთხვევაში (1,1) განტოლების ამონახსნი მიიღება (2,10) განტოლების ამონახსნიდან (2,8) ფუნქციონალური გარდაქმნით.

ლიტერატურა

1. Н. И. Мухелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. Огиз, Москва-Ленинград, 1946 г., глава VI.
2. Н. И. Мухелишвили и Н. П. Векуа, Краевая задача Римана для нескольких неизвестных функций и ее приложение к системам сингулярных интегральных уравнений: Труды Тбилисского Мат. Института, т. XI, 1943.
3. Н. П. Векуа, К теории систем сингулярных интегральных уравнений с ядрами типа Коши: Сообщения Акад. Наук Груз. ССР, т. IV, № 3, 1945.
4. Илья Векуа, Интегральные уравнения с особым ядром типа Коши: Труды Тбилисского Математ. Института, т. X, 1941.
5. Н. П. Векуа, Краевая задача Гильберта с рациональными коэффициентами для нескольких неизвестных функций: Сообщения Акад. Наук Груз. ССР, т. VII, № 3, 1946.

სტალინის სახელობის

ობილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

თეორიული მექანიკის კათედრა

Н. П. Векуа

Одно замечание о системе сингулярных интегральных уравнений

Резюме

В работе [4] И. Н. Векуа показал, что путем определенного функционального преобразования сингулярное интегральное уравнение, в случае отрицательного индекса, можно привести к уравнению Фредгольма и условиям, не содержащим искомой функции. В настоящей заметке мы обобщаем эти результаты на случай системы сингулярных интегральных уравнений и показываем, что систему сингулярных интегральных уравнений можно привести к системе интегральных уравнений Фредгольма и условиям, не содержащим искомым функций. Эти условия (как и в случае одного уравнения) являются необходимыми условиями разрешимости системы сингулярных интегральных уравнений.

8. მანახალისო

ატომულთა იზოტოპების განაწილების საკითხისათვის

1. როგორც ცნობილია, ატომულთა იზოტოპების განაწილებას ახასიათებს ზოგიერთი განსაკუთრებული თავისებურებანი, რომელთათვისაც დღემდე სრული ახსნა არ არსებობს. დიდ ინტერესს წარმოადგენს, მაგალითად, ის საყოველთაოდ ცნობილი ფაქტი, რომ იმ ატომულებს, რომელთა ატომური ნომერი კენტი რიცხვია, აქვთ ერთი ან, უკიდურეს შემთხვევაში, ორი იზოტოპი, რომელნიც ერთმანეთისაგან ორი ნეიტრონით განსხვავდებიან. გამონაკლისს წარმოადგენენ მხოლოდ კენტი ატომური ნომრის მქონე უმსუბუქესი ატომულები აზოტამდე, სადაც ჩვენ ვხვდებით ორ იზოტოპს, რომელნიც განსხვავდებიან მხოლოდ ერთი ნეიტრონით. შესანიშნავია ამასთანავე, რომ აზოტზე მძიმე კენტი ატომური ნომრის მქონე მდგრად ატომულებს აქვთ კენტი მასური რიცხვი, სხვანაირად რომ ვთქვათ, პროტონების კენტი რიცხვი ჰქმნის მდგრად ატომულს მხოლოდ ნეიტრონების ლუწი რიცხვთან შეერთებისას. რაც შეეხება ლუწი ატომური ნომრის მქონე ატომულებს, აქ, როგორც ცნობილია, ჩვენ თანაბრად ხშირად ვხვდებით როგორც ლუწი, ისე კენტ იზოტოპებს. მაგრამ აქაც ერთი გარემოება იჩენს თავს, სახელდობრ ის, რომ ამ ელემენტებს ზოგ შემთხვევაში არ გააჩნიათ ცალკეული იზოტოპები.

განვიხილოთ, მაგალითისათვის, ელემენტი Mn , რომლის ატომური ნომერი უდრის 42, და ელემენტი Sr , რომლის ატომური ნომერი უდრის 38. ამ ელემენტებს აქვთ შემდეგი იზოტოპები შესაბამისად 92, 94, 95, 96, 98, 100 და 84, 86, 87 და 88. რით აიხსნება ის ფაქტი, რომ მოლიბდენს არა აქვს იზოტოპი 93, ხოლო სტრონციის — იზოტოპი 85, იმ დროს როდესაც მათ აქვთ შეზობელი იზოტოპები, მოლიბდენს 92 და 94 და სტრონციის — 84 და 86? ასეთ გარემოებას ჩვენ ხშირად ვხვდებით ლუწი ატომური ნომრის მქონე ატომულების შემთხვევაში. წინამდებარე შრომაში ჩვენ ვიძლევიტ ცდას აღნიშნული ფაქტების ახსნისას ძირითადად ორი, შედარებით მარტივი, დაშვების საფუძველზე.

ეს დაშვებები შემდეგში მდგომარეობენ: 1) ყოველი ატომული ცდილობს შეადგინოს მაქსიმალური რიცხვი α -ნაწილაკებისა; 2) ატომული, რომელიც α -ნაწილაკების მაქსიმალური რიცხვის გარდა შეიცავს ერთ (ჰარბ) პროტონს და კენტ რიცხვს ნეიტრონებისას, ენერგეტიულად უფრო მდგრადია, ვიდრე

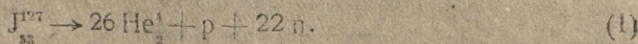
იგივე მასური რიცხვის მქონე გული, რომელიც შედგება α -ნაწილაკებს შორის მალურად შესაძლებელი რიცხვისა და ნეიტრონების კენტ რიცხვისაგან.

ამ დაშვებებთან დაკავშირებით აუცილებელია აღინიშნოს, რომ α -ნაწილაკების ცნება აქ პირობით ხასიათს ატარებს. ნაცვლად α -ნაწილაკებისა ჩვენ შეგვეძლო გველაპარაკა პროტონებისა და ნეიტრონების თანატოლ ლუწ რიცხვებზე, რომლის დროსაც, როგორც ცნობილია, იქმნება შედარებით უფრო მდგრადი გული.

ამრიგად, როცა ჩვენ ვლაპარაკობთ ნეიტრონებზე, რომელნიც მოიპოვებიან ატომგულში α -ნაწილაკების გარდა, იგულისხმება ის გარემოება, რომ მაქსიმალური რიცხვი პროტონებისა და მისი თანატოლი რიცხვი ნეიტრონებისა შებენილი არიან ერთმანეთთან უფრო მეტი ძალებით (თითქოს ისინი ქმნიდნენ ერთგვარ შრეს), ვიდრე დარჩენილი ნეიტრონები ამ შრის ნაწილაკებთან.

მიუხედავად ამისა უნდა აღინიშნოს მინც, რომ უკანასკნელ ხანში თითქოს მიღებული თვალსაზრისი ატომგულში α -ნაწილაკების როგორც სტრუქტურული ერთეულების არსებობის შეუძლებლობის შესახებ, ჩვენის აზრით, არ შეიძლება სავესებით დასაბუთებულად ჩაითვალოს. თუ ატომგულთა სტატისტიკური თეორია მეტად თუ ნაკლებად დამაკმაყოფილებლად ხსნის მძიმე ატომგულების α -დაშლას (ფრენკელი, ვაისკოფი და სხ.), მისი გამოყენება მსუბუქ ატომგულთა მიმართ საზოგადოდ შეუძლებელია. ცნობილია, მაგალითად, რომ Be^8 ატომგული ორ α -ნაწილაკად დაშლის მიმართ ხასიათდება ზედნიწევნით მცირე შებნელობის ენერგიით. Be^8 ატომგულის დაშლის ყველა ცნობილ ცდაში ეს უკანასკნელი იშლება ორ α -ნაწილაკად. ძნელია ამ ფაქტის ახსნა არსებული თეორიის საშუალებით, თუ არ ვავაკეთებთ დაშვებას შესახებ იმისა, რომ ატომგული Be^8 შედგება ორი α -ნაწილაკისაგან, რომელნიც უნდა განიხილებოდნენ როგორც სტრუქტურული ერთეულები. ქვევით ჩვენ მივუთითებთ მსუბუქ კენტ ატომგულთა იზოტოპების განაწილების ერთ თავისებურებაზე, რომელიც სულ ადვილად აიხსნება მსუბუქ ატომგულებში α -ნაწილაკების არსებობის იზოტოპის საფუძველზე.

2. განვიხილოთ რაიმე კენტი Z ატომური ნომრის მქონე ატომგული. ავიღოთ, მაგალითად, ატომგული J_{33}^{137} . ჩვენ არ ვსვამთ კითხვას იმის შესახებ, თუ როგორ წარმოიშვა ეს მდგრადი გული. ჩვენ შევეცდებით აეხსნათ მხოლოდ ის ფაქტი, რომ არ არსებობს გული J_{33}^{138} , რომელიც J_{33}^{137} გულიდან მიიღებოდა ერთი ნეიტრონის მიმატებით. თანახმად იმ სქემისა, რომელიც გულისხმობს ატომგულის α -ნაწილაკებისაგან შედგენას, ატომგული J_{33}^{137} შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ:



ბუნებრივი დაეუშვათ, რომ მოცემული ატომგულის იზოტოპები წარმოიშვებიან თითო ნეიტრონის მიმატებით, თუმცა პრინციპულად შესაძლებელია იზო-

ტონების წარმოშობების სხვა მექანიზმიც (მაგალითად, $Z-1$ ატომგულის დეიტრონის მიმატებით ან უფრო მიძიმე ბირთვის α -დაშლით და ა. შ).

ამრიგად, J_{53}^{128} ატომგული შეიძლება შექმნილიყო J_{53}^{127} ატომგულიდან ერთი ნეიტრონის მიმატებით. თუ, მაშასადამე, J_{53}^{127} გულს ერთ ნეიტრონს მიეუმატებთ, მაშინ ეს უკანასკნელი β -დაშლის გზით გარდაიქცევა პროტონად, რომელიც გულში არსებული (1)-ს თანახმად კარბ პროტონსა და ორ ნეიტრონთან შეერთებისას წარმოშობს α -ნაწილაკს, რის შედეგადაც მოცემული ატომგული J_{53}^{127} გარდაიქმნება ახალ ატომგულად, რომლის ატომური ნომერი და მასური რიცხვი ერთი ერთეულით აღემატება მოცემული ატომგულის ატომურ ნომერსა და მასურ რიცხვს. ცხადია, რომ ამ შემთხვევაში წარმოიშება ატომგული Xe^{128} . ადვილად შეიძლება შემოწმდეს, რომ ქსენონის იზოტოპთა შორის მართლაც არსებობს იზოტოპი 128. ანალოგიური მსჯელობა შეიძლება ჩატარებულ იქნას ყველა კენტი Z -ის ატომგულებისათვის დაწყებული ფტორიდან F^{19} . ამრიგად, კენტი ატომური ნომრისა და კენტი მასური რიცხვის მქონე ატომგულები არანდგარანი ხდებიან ნეიტრონთა რიცხვის ერთი ერთეულით ვადიდების დროს, რომლის შედეგად მოცემული ატომგული გარდაიქმნება $Z+1$ ატომური ნომრისა და $M+1$ მასური რიცხვის ატომგულად.

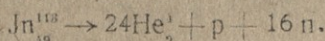
მეტად საინტერესოა აღინიშნოს, რომ არ არსებობს არცერთი გამონაკლისი იმ წესიდან, რომ, თუ არსებობს კენტი Z -ს და კენტის M -ს მქონე ატომგული, მაშინ არსებობს აგრეთვე $Z+1$ ატომური ნომრისა და $M+1$ მასური რიცხვის ატომგული. რა თქმა უნდა, ეს გარემოება არ წარმოადგენს უშუალო დამტკიცებას ჩვენი დაშვების სამართლიანობისა, მაგრამ ამ წესიდან გამონაკლისი ჩვენი დაშვების სასარგებლოდ არ ილაპარაკებდა. აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ანალოგიური თვალსაზრისი კენტი ატომური ნომრის ატომგულების ლუწი იზოტოპების არსებობის შესახებ ჩვენ გამოთქმული გვქონდა ერთ-ერთ წინა შრომაში [1]. ამ შრომაში ჩვენ მიუთითებდით აღნიშნული წესიდან ზოგიერთ გამონაკლისზე. ჩვენ მაშინ გამოვთქვით რწმენა, რომ იმ დროისათვის არარსებული იზოტოპები ნომეველში აღმოჩენილი იქნებიან. და მართლაც, დღეს აღმოჩენილია ყველა ის იზოტოპი, რომელზედაც ლაპარაკი გვქონდა წინა შრომაში.

3. ატომგულში α -ნაწილაკთა მაქსიმალური რიცხვის შესახებ ჩვენ დაშვებასთან დაკავშირებით იბადება კითხვა იმის შესახებ, თუ რით აიხსნება ის, რომ კენტი Z -ის მქონე ატომგულში, რომელშიაც მოიპოება საკმარისი რაოდენობა ნეიტრონებისა, არ წარმოებს β -გარდაქმნა, რომლის დროსაც წარმოშობილი პროტონები ნეიტრონებთან წყვილ-წყვილად შეერთების შედეგად შექმნიდნენ ახალ α -ნაწილაკებს. ადვილი მისახვედრია, რომ ის ატომგულები, რომლებიც შეიქმნებიან ამგვარი გარდაქმნების შედეგად, შედეგებიან გარკვეული რიცხვი α -ნაწილაკებისა და კენტი რიცხვი ნეიტრონებისაგან, მაგრამ ასეთი ატომგულები, ჩვენი მეორე დაშვების თანახმად, იქნებიან ენერგეტიულად ნაკლებ

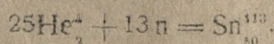


ბად მდგრადი, ვიდრე პირვანდელი ატომგულები. რა თქვა უნდა, საჭეულები დაშვებაში კი არაა. შეიძლება ეთქვას, რომ ამ დაშვებას ხელოვნური ხასიათი აქვს და შემოტანილია მხოლოდ იმიტომ, რომ აიხსნას კენტი Z-ის მქონე ატომგულების სიმდგრადე β-დაშლის მიმართ. მაგრამ, ინტერესს მოკლებული არ არის ის ფაქტი, რომ ყველა ის ატომგული, რომელიც წარმოიშეობდა კენტი Z-ის მქონე ატომგულიდან β-დაშლის შედეგად, უმთხვევა იმ იზოტოპს, რომელიც სწორედ არ გააჩნია მეზობელ ლუწი Z-ის მქონე ელემენტს.

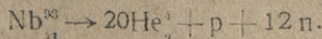
განვიხილოთ, მაგალითად, ატომგული Jn_{119}^{115} . α-ნაწილაკთა სქემის მიხედვით ეს ატომგული შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:



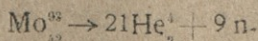
თუ ატომგულური სისტემა ცდილობს შექმნას α-ნაწილაკების მაქსიმალური რიცხვი, მაშინ, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ერთი ნეიტრონთაგანი უნდა გარდაქცეულიყო პროტონად, რომლის შედეგად ორი პროტონი და ორი ნეიტრონი შექმნიდნენ ახალ α-ნაწილაკს, ასე რომ ნაცვლად ინდიუმის ატომგულისა ჩვენ მივიღებდით კალას იზოტოპს, სახელდობრ



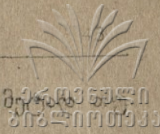
სინამდვილეში კი ცნობილია კალას შემდეგი იზოტოპები: 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122 და 124. ჩვენ, ამრიგად, ვხედავთ, რომ კალას იზოტოპთა სისტემაში არ არსებობს სწორედ იზოტოპი 113. ადვილად შეიძლება დავრწმუნდეთ, თუ განვიხილავთ იზოტოპთა მთელს ცხრილს, რომ არ მოიძებნება არცერთი გამონაკლისი იმ წესიდან, რომ ლუწი Z-ის მქონე ატომგულის იზოტოპთა სისტემაში არ არსებობს ის იზოტოპი, რომელიც მიიღებოდა Z-1 ატომური ნომრის ატომგულიდან მასში ერთი ნეიტრონის პროტონად გარდაქმნის შედეგად. მეორე მაგალითის სახით განვიხილოთ ატომგული Nb_{111}^{93} . იგი შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:



ეთქვას, ერთი ნეიტრონი გარდაიქცა პროტონად, რის შემწეობითაც შეიქმნა ახალი α-ნაწილაკი. ამის შედეგად ჩვენ მივიღებთ მოლიბდენის ატომგულს 93 ნასტორი რიცხვით, ე. ი.

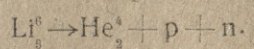


როგორც ცნობილია, მოლიბდენს აქვს შემდეგი იზოტოპები: 92, 94, 95, 96, 97, 98 და 100. ჩვენ ვხედავთ, რომ ამ შემთხვევაშიაც არ არსებობს სწორედ იზოტოპი 93. ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებანი, ჩვენი აზრით, ერთგვარაზსნა-განმარტებას იძლევიან იმ ფაქტისას, რომ ლუწი Z-ის ატომგულების იზოტოპთა სისტემაში არ მოიპოვება ზოგიერთი იზოტოპი. ეს იზოტოპები, უნდა ვიფიქროთ, შეიძლება შექმნილიყვნენ მხოლოდ Z-ის ატომური ნომრის ატომგულისაგან. მაგრამ, ჩვენი მეორე დაშვების თანახმად, იზოტოპების ამ-



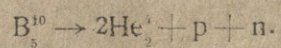
გვარი წარმომომა შეუძლებელია. ამით ჩვენი მეორე დაშვება ხდება მქსნილი ნაკლებად სამართლიანი.

4. ჩვენ ზემოთ აღნიშნეთ, რომ კენტი Z-ის მქონე უმსუბუქესი ატომ-გულები, სახელდობრ, ლითიუმი Li, ბორი B და აზოტი N შეადგენენ გამო-ნაკლისს იმ მხრივ, რომ მათ აქვთ ორი მეზობელი იზოტოპი, რომელნიც გან-სხვავდებიან ერთი ნეიტრონით. კერძოდ, ლითიუმს აქვს იზოტოპები Li^6 და Li^7 , ბორს აქვს იზოტოპები B^{10} და B^{11} , ხოლო აზოტს — იზოტოპები N^{14} და N^{15} . დაწყებული უკვე შემდეგი კენტი ელემენტიდან, სახელდობრ, ფტორიდან F^{19} ჩვენ უკვე აღარ ვხვდებით ანალოგიურ მოვლენას. იზოტოპთა განაწილე-ბის ეს ფაქტი მეტად მარტივად შეიძლება აიხსნას, იმ ჰიპოთეზის თანახმად, რომ ატომგულური სისტემა ცდილობს წარმოშვას მაქსიმალური რიცხვი α -ნაწი-ლაკებისა. მართლაც, განვიხილოთ ატომგული Li^6 . ჩვენი ჰიპოთეზის თანახ-მად იგი ასე წარმოგვიდგება:



თუ ამ სისტემას ერთ ნეიტრონს დავუმატებთ, ახალი α -ნაწილაკი არ წარმო-იშობა, ვინაიდან არ არსებობს α -ნაწილაკის შესაქმნელად აუცილებელი რიცხვი მძიმე ნაწილაკებისა. ამიტომ მიმატებული ნეიტრონი პროტონად არ გარდა-იქცევა, და ჩვენ მივიღებთ მდგრად ატომგულს Li^7 .

ცხადია, რომ თუ ახლა ამ უკანასკნელს ჩვენ კიდევ ერთ ნეიტრონს დავუ-მატებთ, მაშინ ერთი α -ნაწილაკის გარდა გვექმნება ერთი პროტონი და სამი ნეიტრონი. ამ შემთხვევაში უკვე შესაძლებელია α -ნაწილაკის წარმოშობა, ამი-ტომ ერთი ნეიტრონი გარდიქმნება პროტონად, რომლის შედეგად მიიღება ატომგული, რომელიც შედგება ორი α -ნაწილაკისაგან, ე. ი. მიიღება ატომ-გული Be^8 . ამ მოსაზრების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ლითიუმს შეიძლება ჰქონდეს მხოლოდ ორი იზოტოპი 6 და 7. სრულიად ანალოგიურ მდგომარეობას ვხვდებით ბორისა და აზოტის შემთხვევაშიაც. მართლაც, B^{10} ატომგულისათვის შეიძლება დავწეროთ



ჩვენ ვხედავთ, რომ ამ შემთხვევაშიაც α -ნაწილაკის გარდა არსებობს ერთი პროტონი და ერთი ნეიტრონი. ვასაგებია, რომ კიდევ ერთი ნეიტრონის მიმა-ტებით ახალი α -ნაწილაკი ვერ შეიქმნება, რადგან გვექმნება მხოლოდ სამი მძიმე ნაწილაკი. ამიტომ B^{10} ატომგულისათვის ერთი ნეიტრონის მიმატების შედე-გად მიიღება მდგრადი იზოტოპი B^{11} . თუ ამ უკანასკნელს კიდევ ერთ ნეიტ-რონს დავუმატებთ, მაშინ α -ნაწილაკის გარდა გვექმნება უკვე ოთხი მძიმე ნაწი-ლაკი, ერთი პროტონი და სამი ნეიტრონი, რომელნიც β -დაშლის შემდეგ შექმნიან ახალ α -ნაწილაკს, ასე რომ მიიღება იზოტოპი C^{12} . ამრიგად, უნდა

არსებობდნენ B_8^0 და B_8^{11} იზოტოპები და არა იზოტოპი B_8^{12} , რაც უნდა იყოს უნიკალური ცდების მონაცემებს.

ადვილად შეიძლება დაეინახოთ, რომ ყოველთვის, როდესაც ა-ნაწილაკთა გარდა ატომულში შოიპოვება ერთი პროტონი და ერთი ნეიტრონი, ახალი ნეიტრონის მიმატება იძლევა მდგრად ატომულს. ასეთს გარემოებასთან გვაქვს საჭმე აგრეთვე აზოტის ატომულის შემთხვევაში. ამიტომ უნდა არსებობდნენ ატომულები N_7^{14} და N_7^{15} , ხოლო შეუძლებელია მდგრადი იყოს N_7^{16} ატომული. მაგრამ, F_9^{18} ფტორიდან დაწყებული ჩვენ ვხვდებით ა-ნაწილაკთა გარდა ერთ პროტონს და ორ ან მეტ ნეიტრონს, ასე რომ ერთი ნეიტრონის მიმატებას მოჰყვება β-დაშლა, რის შედეგადაც წარმოიშვება ლუწი Z-ის ატომული, მაგალითად, F_9^{18} შემთხვევაში — ატომული Ne_{10}^{20} . ამრიგად, თანახმად ზემოთ გატარებული თვალსაზრისისა, ფტორიდან დაწყებული კენტი Z-ის მქონე ატომულებს არ შეიძლება ჰქონდეთ მხოლოდ ერთი ნეიტრონით განსხვავებული იზოტოპები, რაც, როგორც ცნობილია, საზოგადოდ ემთხვევა ცდების მონაცემებს.

აუცილებელია, დასასრულ, აღინიშნოს, რომ ატომულის ფიზიკისადმი მიძღვნილ მონოგრაფიაში ბეტე და ბეჩერი [2] იძლევიან საკმარისად გონებამახვილურ ახსნას იმ ფაქტისას, რომ კენტი Z-ის მქონე ატომულებს არა აქვთ მეზობელი იზოტოპები. მაგრამ ის ფაქტი, რომ ეს წესი სამართლიანია დაწყებული სწორედ ფტორიდან, მათ შრომაში სათანადო გაშუქებას ვერ პოულობს.

ლიტერატურა

1. В. Мамасახлисов и Р. Шадури: Журнал exper. и теор. физики, т. 7, вып. 7 1937 г.
2. H. Bethe and Bacher: Rev. Mod. Phys. 8, № 2, 1936.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
თეორიული ფიზიკის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1947. II. 7)

В. Мамасахлисов

К вопросу о распределении изотопов ядер

1. Как известно, распределение устойчивых изотопов атомных ядер обладает некоторыми исключительными особенностями, для большинства которых не найдено до сих пор полного объяснения. Представляет интерес, например, тот общеизвестный факт, что ядра с четным атомным номером имеют один или, в крайнем случае, два устойчивых изотона, отличающихся друг от друга на два нейтрона. Исключение составляют лишь легчайшие ядра с нечетным номером вплоть до азота, где мы встречаемся с двумя изотопами, отличающимися по весу на один нейтрон. Замечательно при этом, что все ядра с нечетным зарядом тяжелее азота обладают нечетным весом, иными словами, нечетное число протонов образует устойчивое ядро лишь в комбинации с четным числом нейтронов. Что касается ядер с четным зарядом, то здесь, как известно, мы почти одинаково часто встречаемся как с четными, так и нечетными изотопами. Однако и здесь бросается в глаза одна деталь, заключающаяся в том, что у этих элементов почти отсутствуют отдельные изотопы. Рассмотрим, например, элементы Мо с атомным номером 42 и элемент Sr с атомным номером 38. У этих элементов имеются изотопы соответственно 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100 и 84, 86, 87 и 88. Чем объяснить отсутствие изотопа 93 у молибдена и изотона 85 у стронция, в то время как существуют у них соседние изотопы у молибдена 92 и 94 и у стронция — 84 и 86?

Подобные провалы в системе изотопов встречаются у многих ядер с четным зарядом. В настоящей работе мы пытаемся дать одно из возможных объяснений вышеупомянутых фактов, исходя из некоторых, в основном двух, простейших предположений.

Эти предположения сводятся к следующему: 1) Всякое ядро стремится образовать максимальное число α -частиц. 2) Ядро, содержащее сверх максимального числа α -частиц один (избыточный) протон и нечетное число нейтронов энергетически более устойчиво, чем ядро, содержащее максимально возможное число α -частиц и нечетное число нейтронов при одном и том же массовом числе.

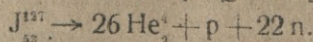
В связи с приведенными предположениями необходимо указать, что понятие о α -частице понимается здесь в несколько условном смысле. Взамен некоторого числа α -частиц мы могли бы говорить о четном числе протонов и равном ему четном числе нейтронов, которые имеют, как известно, тенденцию к наиболее прочному соединению друг с другом.



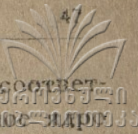
Таким образом, когда мы говорим о нейтронах сверх максимального возможного числа α -частиц, то имеется в виду, что максимально возможное четное число протонов вместе с равным ему четным числом нейтронов связаны друг с другом сильнее (образуя нечто вроде слоя), чем оставшиеся нейтроны с частицами этого слоя.

Необходимо однако заметить, что утвердившееся в последнее время мнение о невозможности существования в ядре α -частиц в качестве структурных единиц нельзя считать, на наш взгляд, вполне обоснованным. Если статистическая теория строения ядра более или менее удовлетворительно объясняет α -распад тяжелых ядер (Френкель, Вайскопф, и др.), то в применении к легким ядрам, содержащим небольшое число частиц, она вообще не может быть использована. Известно, например, что ядро Be^8 обладает весьма незначительной энергией связи относительно распада на две α -частицы. Во всех известных опытах по расщеплению ядра Be^8 , последний распадается на две α -частицы. Этот факт вряд ли может быть объяснен на основании существующей теории ядер, если не сделать предположения о существовании α -частиц в ядре Be^8 в качестве структурных единиц. Ниже мы укажем на одну особенность в распределении изотопов легких нечетных ядер, которая весьма непринужденно объясняется гипотезой об образовании α -частиц в легких ядрах.

2. Рассмотрим какое либо ядро с нечетным Z (Z -атомный номер). Возьмем для примера ядро J_{53}^{127} . Мы не ставив вопроса о том, каким образом могло образоваться это устойчивое ядро. Мы попытаемся объяснить лишь тот факт, что не существует ядра J_{53}^{123} , которое могло бы образоваться из ядра J_{52}^{127} присоединением одного нейтрона. Мы можем изобразить ядро J_{52}^{127} согласно схеме, предполагающей образование максимального числа α -частиц, следующим образом



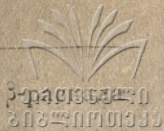
Естественно предположить, что изотопы данного ядра образуются посредством присоединения к нему по одному нейтрону, хотя в принципе возможен и другой механизм образования изотопов (например, присоединением дейтона к предшествующему по атомному номеру ядру, испусканием α -частиц более тяжелого ядра и т. д.). Таким образом ядро J_{53}^{128} могло образоваться из ядра J_{53}^{127} присоединением одного нейтрона. Если, следовательно, к ядру J_{53}^{127} присоединить один нейтрон, то, согласно нашему первому предположению, этот последний, посредством β -распада превратившись в протон, соединится с избыточным протоном



ი დუამა ნეიტრონამი, იმეოჯიმისა ვ იჯრე სვერხ α -ჩატიც ვ დოაქმეტ
 სტივი ს (1), ი იბრაუეტ α -ჩატიცა, პრევატივ თემ სამამ იხოდნოვ იჯრე
 J_{35}^{127} ვ იჯრე ს ატომნამ ნომერო ი მასოვამ ჩისლო ნა ედინიცა პრევი-
 შაოჯიმ ატომნამ ნომერო ი მასოვოე ჩისლო იხოდნოვ იჯრე, ა იმენო
 ვ იჯრე X_{51}^{128} . კაკ ნე ტრუნო პრევერტი, სრედი იზოტოპოვ კსენონა დეი-
 სტიველნო იმეოჯეს იზოტოპი ს მასოვამ ჩისლო 128. ანალოჯიკოვოე რას-
 სუჯდენე მოჯო პრევეტი ვო სვეს სლუჩაქ იჯრე ს ნეჩეტნამ Z , ნაჩინა
 ს ფლორა F . ტაკიმ იბრაოვ, სვე სუჯესტიველი იჯრე ს ნეჩეტნამ Z ი
 ს ნეჩეტნამ A იაველითა იუსოჯტივიმ ირესოტიველნო β -რასოდა პრი
 უველიჩენი ჩისლა ნეიტრონოვ ნა ედინიცა, ვ რეზულტივე ჩეო რასმარი-
 ვაეოვოე იჯრე პრევატაქსა ვ იჯრე ს ჩეტნამ ატომნამ ნომერო $Z+1$ ი
 ს ჩეტნამ მასოვამ ჩისლო $A+1$.

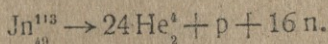
ინტერესნო იმეტიტი, ჩო, რასმარევე სოუ ტაბლიცა ივესტიქ დო
 სეოდნაქნეო დნა იზოტოპოვ, ნელჯა ნაქტი ნი იდნოვ ისკლუჩენი ი
 თეო პრევილა, ჩო ესლი სუჯესტიველი სტაბილნოე იჯრე ს ნეჩეტნამ Z ი
 ნეჩეტნამ A , თო სუჯესტიველი ტაკე იჯრე ს ატომნამ ნომერო $Z+1$ ი
 მასოვამ ჩისლო $A+1$. კონეჩნო, ეთო იბსოჯაქტელო ნე დეტ ნამ ნე-
 პოსრედსტივენნო დოკაჯტელსტა სპრევედივოტი ნაქეო პრედიპოჯენი,
 იდნაკო, ისკლუჩენი ი სეო პრევილა გოვორილ ბე ნე ვ პოლჯო ეთოვ
 პრედიპოჯენი. ნეიბოჯინო ზამეტიტი, ჩო ანალოჯიკა თოქა ზრენი
 ნა პრიჩინა იტსუქტივი ჩეტნოვ იზოტოპოვ უ იჯრე ს ნეჩეტნამ ატომნამ
 ნომერო ბელა ვესკაჯანა ნამი ვ იდნოვ ი ს პრედიპოჯენი რაბოტ, იპუბლი-
 კოვანოვ ვ 1937 გოვო. ვ ეთოვ რაბოტე, იდნაკო, მი უკაჯვილამ ნეკოტო-
 რე ისკლუჩენი ი ს იპოქანუთოვ ვიქე პრევილა. მი თოგდა ჯე ვესკაჯალ
 უბეჯდენე, ჩო ეტი კ თოვო ვრემენი ესე ივესტიველი იზოტოპო, კოტორე
 სოვაქტალი ისკლუჩენი ი ს პრევილა, ბუდუტ ვ ბუდუქტე იბნარუჯენი.
 ი დეიქტიველნო, ვ ნასოჯეოე ვრემენი სვე ეტი იზოტოპო, იპოქანუთე
 ვ ვიქე ციტიროვანოვ რაბოტე, იტკრეტი.

3. ვ სვეჯი ს პერვამ პრედიპოჯენიე იბ იბრაოვანი ვ იჯრე მაქ-
 სიმალნოე ჩისლა α -ჩატიც, ვოზნიკაქ ვოპროს ი თომ, პეჩეოუ ვ სუჯეს-
 ტიველნოე იჯრე ს ნეჩეტნამ Z , ვ კოტორო იმეოჯეს დოსტატოქნოე ჩისლო
 იზბოქოქნოვ ნეიტრონოვ, ნე პრიოქოდო β -პრევატენი, ვ რეზულტივე
 კოტორე პოქაველიქსე ს პროტონო, სეოდიწიქსე იპარნო ს პარამ ნეიტ-
 რონოვ, იბრაოვალ ბე ნოვე α -ჩატიცო. ნე ტრუნო ვიდეტი, ჩო იჯრე,
 კოტორე იბრაოვალს ბე ვ რეზულტივე პოდობნოვ პრევატენი, სოსო-
 ლი ბე ი ს ნეკოტორო ჩისლა α -ჩატიც ი ნეჩეტნოე ჩისლა ნეიტრონოვ, ა,
 სეოგლასნო ნაქეოუ ვტოროუ პრედიპოჯენიე, ტაკეო იჯრე ენერგეტიკესკი
 მენეე უსოჯტივო, ჩემ იხოდნოე იჯრე. დელო, კონეჩნო, ნე ვ სემო პრე-
 დიპოჯენიე. მოჯო ბოლო ბე უპრეკნუტი ვ ისკუსესტიველნოტი ეთოვ პრე-
 დიპოჯენიე, ვვედენოვო რავე თოქო ლიქე დოე თო, ჩოთბი იბქაჯნეტი

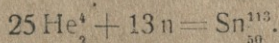


наблюдаемую устойчивость ядер с нечетным Z относительно β -распада и тем самым, так сказать, спасти первое предположение.

Однако, не лишено, на наш взгляд, интереса то обстоятельство, что все те ядра, которые образовались бы путем β -превращения из существующих ядер с нечетным Z , совпадают с теми провалами в системе изотопов с четными Z , о которых мы говорили выше. Рассмотрим, например, ядро Jn_{40}^{113} . Согласно α -частичной схеме это ядро изображается в виде

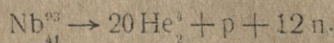


Если ядерная система стремится образовать максимальное число α -частиц, то, как было указано выше, один из 16-ти нейтронов должен был превратиться в протон, в результате чего из двух протонов и двух нейтронов образовалась бы α -частица, и мы вместо исходного изотопа индия получили бы изотоп ядра олова, а именно

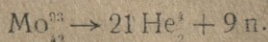


В действительности-же ядро олова, как известно, имеет следующие изотопы: 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122 и 124. Мы видим, таким образом, что в системе изотопов олова отсутствует как раз изотоп с массовым числом 113. Легко убедиться, если рассмотреть с этой точки зрения всю таблицу изотопов, что нельзя найти ни одного исключения из того правила, что в системе изотопов ядра с четным Z отсутствует тот изотоп, который получился бы из ядра с атомным номером $Z-1$ путем превращения в нем одного из нейтронов в протон.

Рассмотрим в качестве второго примера ядро ниобия Nb_{41}^{93} . Это ядро мы можем изобразить в виде

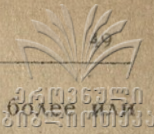


Если один из нейтронов превращается в протон с последующим образованием α -частицы, то мы получаем ядро молибдена, с массовым числом 93, которое мы можем представить в виде



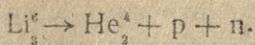
Как известно, молибден обладает изотопами 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100. Мы видим, что отсутствует как раз изотоп с массовым числом 93.

Вышеприведенные рассуждения проливают, на наш взгляд, некоторый свет на факт отсутствия некоторых изотопов у ядер с четным Z . Эти ядра могли образоваться, повидимому, только из ядер с атомным номером $Z-1$. Однако, в силу энергетического запрета, представленного нами в виде второго предположения, эти ядра возникнуть не

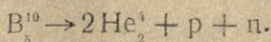


могли. Тем самым наше второе предположение становится более или менее правдоподобным.

4. Выше мы отмечали, что легчайшие ядра с нечетным Z , а именно, литий Li , бор B и азот N составляют исключение друг от друга на один нейтрон. В частности, литий обладает изотопами Li_3^6 и Li_3^7 , бор обладает изотопами B_5^{10} и B_5^{11} и азот — изотопами N_7^{14} и N_7^{15} . Начиная уже со следующего нечетного элемента, а именно, с фтора F_9^{19} мы уже не встречаемся с аналогичным явлением. Эта деталь в распределении изотопов весьма непринужденно объясняется на основании гипотезы о стремлении ядерной системы образовать максимальное число α -частиц. В самом деле, рассмотрим ядро Li_3^6 . Согласно нашей схеме его можно изобразить так:



После присоединения одного нейтрона новая α -частица образоваться не может ввиду отсутствия необходимого числа нейтронов. Поэтому никакое β -превращение произойти не может, и мы получаем устойчивое ядро Li_3^7 . Ясно, что после присоединения к последнему одного нейтрона произойдет β -распад, вследствие чего образуется система, состоящая из двух α -частиц, т. е. образуется ядро Be_4^8 . Из всего изложенного вытекает, что литий может обладать лишь изотопами 6 и 7. Совершенно аналогично обстоит дело и в случае ядер бора и азота. Действительно, ядро B_5^{10} мы можем представить в виде



Мы видим, что и в данном случае сверх α -частиц имеется один протон и один нейтрон. Присоединение одного нейтрона не может привести к образованию новой α -частицы, так как мы будем иметь всего лишь три тяжелых частицы, из которых никаким превращением α -частица образоваться не может. Ясно, поэтому что в результате присоединения одного нейтрона к ядру B_5^{10} образуется новый устойчивый изотоп B_5^{11} . Если уже к ядру B_5^{11} присоединить нейтрон, то образуется не ядро B_5^{12} , а ядро C_6^{12} , так как имеющиеся сверх двух α -частиц один протон и три нейтрона образуют α -частицу в результате β -распада, превращающего один нейтрон в протон. Таким образом должны существовать изотопы B_5^{10} и B_5^{11} , но не изотоп B_5^{12} , что и соответствует опытным данным. Легко видеть, что всякий раз, когда сверх α -частиц и одного протона имеется всего лишь один избыточный нейтрон, присоединение нового



нейтрона приведет к образованию устойчивого ядра. С таким состоятельством мы встречаемся также и в случае ядра N_7 . Поэтому должны существовать ядра N_7^{14} и N_7^{15} , но не может существовать ядро N_7^{16} . Однако, начиная уже с фтора F_9^{19} сверх определенного числа α -частиц мы имеем один протон и два (более) нейтрона, так что присоединение еще одного нейтрона приведет к β -распаду, в результате чего, например в случае F_9^{19} , образуется ядро Ne_{10}^{20} .

Таким образом согласно развиваемой выше точке зрения, начиная с фтора у ядер с нечетным Z не могут существовать соседние изотопы, что, как известно, в основном согласуется с опытными данными.

Необходимо отметить, что Бете и Бечер⁽²⁾ в своей монографии, посвященной физике атомного ядра, на основании ряда предположений, касающихся распределения нейтронных и протонных уровней в ядре, дают довольно остроумное доказательство для обстоятельства, что у тяжелых ядер с нечетным Z отсутствуют соседние изотопы. Однако, тот факт, что это правило вступает в силу начиная именно с фтора, в их трактовке не находит должного объяснения.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Мамасახлисов и Р. Шадур: Журнал эксперим. и теор. физики, т. 7, вып. 7, 1937 г.
2. H. Bethe and Bacher: Rev. Math. Phys. 8, № 2, 1936.

ნ. ციციშვილი და თ. კიჭარავაძე

ფითრის ნაყოფის ანალიზი და მასში ვიტამინი „C“ (*Viscum album L.*)

ფითრი ეკუთვნის ნახევრად პარაზიტ მცენარეს. ბოტანიკური მასალების მიხედვით *Viscum album*-ისათვის ცნობილია მრავალი სახე. ერთი მათგანია — *Viscum Coloratum* (Kom/Noxai), იგი ხასიათდება მოწითალო ნარინჯი ფერი ნაყოფით და გავრცელებულია მხოლოდ შორეულ აღმოსავლეთში. მეორე სახეს *Viscum album*-ს აქვს თეთრი ნაყოფი, მას ვხვდებით მთელ ევროპაში და აგრეთვე აზიაში. საბჭოთა საქართველოში უკანასკნელი საკმაოდ გავრცელებულია და ხშირად გვხვდება, როგორც აღმოსავლეთ, ისე მის დასავლეთ ნაწილში. ფითრი პარაზიტობს მსხალზე, ვაშლზე, მუხაზე, ცაცხვზე, ვერხვზე, თელაზე, კომშზე, თხილზე, ტყემალზე და, შედარებით იშვიათად, წიწვიან მცენარეებზე, სახელდობრ, ფიჭვზე. გარეგანი შეხედულებით ფითრი წარმოადგენს ძლიერ დატოჯილ (20—50 სან. სიმაღლის) ბუჩქს, რომელიც ხასიათდება გახევებული მწვანე ღეროებით. ფოთლები განწყობილია მოპირდაპირედ, მუქი მწვანე ფერისაა, მთლიანი მოყვანილობით, მოგრძო, ბლავვი, სქელი და ტყავისებრია. მისი გვერტაციური ნაწილები რჩება ზამთარშიაც მწვანე. ფითრის ყვავილები მოყვითალო მწვანე ფერისა და ჩვეულებრივ განწყობილია ჯგუფურად — ტოტებს შორის. ნაყოფი (თეთრი კენკრა) მრგვალია, 8—9 მმ. დიამეტრით. თესლი ერთი ან რამდენიმეა და ნაყოფში არსებული წებოვანი მასითაა გარემოცული; მწვეად სქელ მასას ვისცინს უწოდებენ. ნაყოფს ხარბად ეტანება ფრინველი.

ავტოტროპიული კვების უნარი ფითრს არ ეკარგება სრულიად. CO_2 -ს შეთვისება და მისი ასიმილაცია ხდება მის მწვანე ნაწილებში. ფითრი გვევლინება როგორც ნახევრად პარაზიტი მცენარე. მცენარეს, განსაკუთრებით კი ხილის ხეებს, ფითრი დიდ ზიანს აყენებს.

ფითრის ზოგიერთი თვისება ხალხში ძველი დროიდან იყო ცნობილი. ლიტერატურული წყაროები მოგვითხრობენ ფითრის მკურნაე თვისებებზე. მაგალითად, ძველი დროის ექიმები თვლიდნენ ფითრს ერთ-ერთ საუკეთესო საშუალებად სხვადასხვა სახის დაავადების საწინააღმდეგოდ: ეპილეფსიის, სისხლის-დენის გაზრებისათვის, კრუნჩხვის საწინააღმდეგოდ და ბევრ სხვა შემთხვევაში. ძველ რუსულ სამკურნალო წიგნში („Травник“, Н. Кашинский, 1862 წ.) მოთავსებული მასალები მოწმობენ იმის შესახებ, რომ პირველ საუკუნეში მცხოვ-



რები ცნობილი რომაელი მეცნიერი ისტორიკოსი პლინიუსი იწინააღმდეგებოდა ფითრს, როგორც კარგ საშუალებას ბნელის საწინააღმდეგოდ. ამასვე ლაპარაკობენ შექდგომ საუკუნეშიც. XIV—XV სს. გამოჩენილი ბუნებისმეტყველი პარაცელსი ურჩევდა ამ ნაყოფის ხმარებას თითქმის ანალოგიურ შემთხვევებში. ცნობილი ბუნებისმეტყველი — პოილი იყენებს მას ეპილეფსიის დროს. ზოგიერთი სხვა მასალა ადასტურებს ფითრით სარგებლობას, ე. წ. „წმინდა ვიტის“ ავადმყოფობის დროს, მკურნაზავი კანკალის — chorea-ს, ისტერიის, გაგუდვის, სისხლზე გასვლის, ნიკრისის და სხვა დაავადების დროს. ამასთანავე იხმარება ფითრისაგან დამზადებული როგორც გარეგან სახმარებელი საცხი-სები, ისევე შიგნით მისაღები წვეთები. XVIII—XIX საუკუნეებში გატაცება ფითრით ნელდება, ხოლო XX საუკუნეში იგი კვლავ შედის ხმარებაში, რასაც მოწმობენ შემდეგი მასალები.

1906 წელს გულღე მიუთითებს ფითრის გამოყენებას სისხლის წნევის შემცირებისათვის; 1926 წელს ბიუსკე ხსნის ამ ნაყოფით გამოწვეული მიღების გამაფართოებელ მოქმედებას ბულბირული და ხერხემლის ტვინის ცენტრების დათრგუნვით. 1928 წელს ჰოლსტი ადგენს მის პერიფერიულ მოქმედებას. ზოგიერთი ავტორის აზრით, ფითრი წარმოადგენს საუკეთესო მასალას ჰიპერტონიის დროს მიღების გაფართოების გამოსაწვევად და სხვ.

ზემოთ მოყვანილ მასალებში ლაპარაკია ფითრის როგორც დადებითს, ისე უარყოფითს მხარეებზე; თუ იგი ყურადღების ღირსია და საინტერესოა მედიცინისათვის, როგორც სამკურნალო თვისების მატარებელი, ამავე დროს არანაკლებ საყურადღებოა მისი უარყოფითი თვისებების გამო სოჯლის მეურნეობისათვის, რომელსაც შეუძლია ზიანი მიიყენოს, პირველ ყოვლისა ხილის ხეებს. ერთი და მეორეც მოითხოვს მისდამი ყურადღების გამახვილებას: სოფლის მეურნეობაში მასთან ბრძოლის სათანადო საშუალების გამოჩახვას, მედიცინაში კი მის ყოველმხრივ შესწავლას ფართო გამოყენებისათვის.

ჩვენში, სამედიცინო პრაქტიკაში, ფითრით მკურნალობა მივიწყებულია და ნაკლებად პოპულარული, თუმცა საბჭოთა საქართველოს სხვადასხვა კუთხის მოსახლეობა ფითრით ფართოდ სარგებლობს. აი რას გვეუბნება ამის შესახებ ზოგიერთი ჩვენ მიერ დაგროვილი მასალა: ალაგ-ალაგ ფითრით კვებავენ რქოსან და წვრილფეხა შინაურ ფრინველს. განსაკუთრებული სარგებლობა მოაქვს მას საქონლის მაკედ მდგომარეობის პერიოდში (მანგლისი). ალბათ, ამით უნდა ავსნათ მწყემსების მიერ ფითრის გამოყენება ცხვრის ფარისათვის — ცხვრის მოგების წინა პერიოდში; მეცხვარეების დაკვირვებით, ფითრით კვება ხელს უწყობს, უადვილებს ნაყოფის გამოსვლას, განსაკუთრებით, თუ ხმარებულა თხილის ხიდან მოკრეფილი ფითრი. კახეთის მცხოვრებნი აღნიშნავენ ფითრის მკურნავ თვისებას ტუბერკულოზის, ქარების, მალარიის და სხვა დაავადებათა შექთხვევაში. ჩვენ მიერ ჩატარებული მუშაობის შედეგად ფითრში აღმოჩენილია დიდი რაოდენობით ვიტამინი C, რამაც კიდევ უფრო უნდა გააძლიეროს მისდამი ინტერესი და მოაქციოს იგი ყურადღების ცენტრში.

შესწავლილ იქნა ფითრის ნაყოფი, ჩამოტანილი ქარელის, სტალინირის, მანგლისის, თელავის, ტყიბულისა და ქუთაისის რაიონებიდან.



ფითრი შემდეგი ხეებისა: მსხლის, კომშის, ტყემლისა და ვერხვის. მთლიანი შემდეგი წლებისა: 1938, 1939, 1940, 1941.

ხის წლოვანება: 40-დან 70 წლამდე.

ქიმიური შემადგენლობის მხრივ შესწავლილია: სინესტე, ინვერსიული შაქარი — ბერტრანის მეთოდით, გლუკოზა — ვილშტეტერისა და შუდლის წესით, ცელულოზა — ჰენებერგისა და შტომანის მიხედვით. $\frac{1}{10}$ NaOH ტიტრაციით და პექტინური ნივთიერება მელიტცის მეთოდით, საერთო მჟავიანობა გადაანგარიშებული ლიმონმჟავაზე, მთრიმლავი და მღებავი ნივთიერება — ნეიბაუერის და ლევენტალის მეთოდით და აზოტი კიეღდალით.

C ვიტამინი ისაზღვრებოდა როგორც ტილმანისის მოდიფიცირებული მეთოდით, ასევე დევიატინის მეთოდით. ვიტამინის რაოდენობის მხრივ შედარებამ მწიფე და მკვახე ნაყოფში მოგვცა შედეგი მწიფე ნაყოფის სასარგებლოდ. ნაყოფის ცალკეული ნაწილების შესწავლამ მოგვცა შემდეგი სურათი: ყველაზე მეტი აღმოჩნდა ნაყოფის კანში და ნაყოფში შემავალი მარცვლის ირგვლივ მყოფ მწვევად მასაში ეგრეთ წოდებულ ვისცინში, თესლი თითქმის სრულებით არ შეიცავდა ამ ვიტამინს. ფოთოლი და ღეროები — მცირეოდენს. ფითრის მწიფე ნაყოფი გემოთი ტკბილია, წყალში დასრესით ხელში ქაფდება, ხელის კანს არბილებს და ნაწილობრივ ჭუჭყს აცილებს. ნაყოფში არსებული მასა ძალზე მწვევადია: ერთი ნაყოფიდან გაწეულ წვრილ ძაფს სიგრძით 20—30 სანტ. შეუძლია 2-3 წუთის განმავლობაში დაიკიდოს 1 გრ. წონაქი. ჰაერზე დატოვებული მარცვლები ხმება და ღროის განმავლობაში იძენს მშვენიერ სურნელებას, რაც მოგაგონებთ ქიშმიშის, ამილაცეტატის და სხვა ხილს არომატს. მოკრეფილი და ერთსა და იმავე პირობებში დატოვებული მარცვალი გასაშრობად ჰაერზე განიცდის არაერთგვარ ცვლილებას. ნაწილი მათგანისა მაგრდება შრობის პროცესში, ზოგი კი ნაყოფის კანსა და თესლს შორის სიცალიერეს ჰქმნის და გარეგანი შეხედულებითა და ხელისშეხებით ფუტურო სხეულს მოგვაგონებს. საქართველოს სხვადასხვა კუთხეში ფითრი სხვადასხვა დროს მწიფდება.

საბჭოთა საქართველოს სხვადასხვა ადგილიდან მიღებული ფითრის ნაყოფში C ვიტამინის განსაზღვრის შედეგები, ხეების ბუნების, მათი წლოვანების, მოკრეფის დროის და ანალიზის თარიღის აღნიშვნით, მოთავსებულია № 1 ცხრილში.

ცხრილში მოყვანილი მასალა გვიჩვენებს, რომ მეტი წილი დაკვირვებისა ეხება მსხლის ხიდან მოკრეფილ ფითრს, რაც გასაგები ხდება თუ გაეხსენებთ, რომ ფითრს უყვარს მსხლის ხეზე დასახლება. ხეების ბუნების მხრივ შედარება ნათელჰყოფს მსხლისა და კომშის ხიდან მიღებული ფითრის ნაყოფში მეტი ვიტამინის შეცულობას, ვიდრე ტყემლისაში. მოკრეფის დროის შედარება ლაპარაკობს თებერვლისა და აპრილის სასარგებლოდ. ამ თვეებში მოკრეფილი ნაყოფი უფრო მდიდარია ვიტამინით, ობიექტის გავრცელების ადგილის მხრივ, საუკეთესო შედეგს იძლევა: კახეთისა და ტყიბულის შემდეგ ქუთაისის რაიონი. საინტერესოა, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს ადგილებში მზარდი ნაყოფი დასავლეთ საქართველოს ადგილებთან შედარებით იძლევა უფრო ღარიბ C ვიტამინით მასალას. მაგალითად, ტილმანისის მეთოდის გამოყენებით მოპოვებული მონაცემებით რომ ვახელმძღვანელოთ, ნედლ მასალაზე ვარაუდით, C ვიტამინის რაოდენობა



№ რიგზე	ფიტონის მოკრეფის ადგილი	ფიტონით დასა- ხლებული ხის სახელწოდება	ხის ასაკი წლებში	მოკრეფის დრო
1	ქარელი	კალოს პანტა (მწიფე ფი- ტონის ნაყოფი)	40	15/X-1939 წ.
2	"	დაუმწიფებ. ნაყოფი	—	—
3	სტალინირი	მსხალი	40—50	16/XII-1939 "
4	"	"	"	"
5	სკრა	ხეჭეჭურა	45—50	28/X-1939 წ.
6	"	ვერზევა	"	17/XI-1940 "
7	მანგლისი	მსხალი	"	5/I—1940 "
8	ჭუთაისი	"	"	5/I—1940 "
9	"	"	"	9/II-1940 "
10	თელავი	"	"	11/II-1940 "
11	"	კომში	—	24/II-1940 "
12	დაბა ძველი	მსხალი	80	7/III-1940 "
13	" "	"	70	"
14	" "	"	50	"
15	" "	"	45	"
16	" "	"	40	"
17	სვირი	"	"	27/II-1940 წ.
18	"	ტყემალი	40	25/II-1940 "
19	ქარელი	მსხალი	40	26/XI-1940 "
20	ენისელი (კახეთი)	"	40 50	13/XI-1940 "
21	თბილისი (ბაზარზე ნაყიდი)	"	—	—
22	ჭუთაისი	"	—	9/IV-1941 წ.
23	ბანოჯა	"	—	9/IV-1941 "
24	კიკეთი	"	—	10/I—1941 "
25	მარტყოფი	"	—	10/I—1941 "
26	ჭუთაისი	"	—	9/IV-1941 "

გამოიხატება შემდეგ საზღვრებში: 466 mg % — 840 mg %, მაშინ როდესაც დასავლეთ საქართველოდან მიღებული ნაყოფი იძლევა უფრო დიდ რიცხვებს: 816 mg % — 1270 mg %, ორივე მონაცემი შეესაბამება ნაყოფის მწიფე მდგომარეობას.

C ვიტამინის რაოდენობა

mg %

ცხრილი № 1

ანალიზის შესრულების დრო	სინესტის %	ნედლ ნივთიერებაში		მშრალ ნივთიერებაში	
		C ვიტამინის რაოდენობა mg % ტილმანსის მეთოდით	C ვიტამინის რაოდენობა mg % დევიატინის მეთოდით	C ვიტამინის რაოდენობა mg % ტილმანსის მეთოდით	C ვიტამინის რაოდენობა mg % დევიატინის მეთოდით
25/XI—1939 წ.		502			
—		370			
20/XII—1939 „		494			
„		466			
2/XI—1939 „		840			
19/XI—1940 „		710			
8/I—1940 „	75.24	840	797	3392	3219
20/I—1940 „	74.58	880	856	3461	3367
10/II—1940 „	76.97	894	800	3621	3473
20/II—1940 „	72.52	1070	1039	3893	3752
27/II—1940 „	72.66	1052	979	3847	3560
13/III—1940 „	72.80	932	818	3426	3007
„	70.90	1130	1110	3883	3814
„	72.67	973	868	3564	3176
„	66.34	1200	1104	3665	3279
„	72.02	1098	964	3932	3452
1/III—1940 „	72.05	816	795	2919	2844
27/II—1940 „	72.39	858	790	3107	2861
30/XI—1940 „	—	631			
16/XI—1940 „	—	744			
18/I—1940 „	67.08	1210	1105	3675	3356
12/IV—1941 „		1270			
12/IV—1941 „		845			
12/I—1941 „		737			
12/I—1941 „		655			
11/IV—1941 „		1068			

ფითრი თუ შევადარეთ C ვიტამინით მდიდარ ზოგიერთ ობიექტს, დავინახავთ, რომ ფითრს მეორე ადგილი უჭირავს ასკილის შემდეგ.

საბჭოთა საქართველოს ტერიტორიაზე მზარდი ფითრის ნაყოფი არავის შეუსწავლია კიმიური შემადგენლობის მხრივ. ამიტომ საინტერესო იყო



საქართველოს
საბჭოთაო მეცნიერებათა
აკადემიის

დაკვირვება ჩაგვეტარებინა ფითრში შემავალი ზოგიერთ ნივთიერების რაოდენობასთან დამოკიდებულების მხრით. ანალიზის შედეგები მოთავსებულია № 2 ცხრილში.

საანალიზოდ გამოყენებული ფითრის ნაყოფი მოკრეფილია სამი სხვადასხვა ხიდან, სახელდობრ: მსხლის, კომშისა და ტყემლის ხეებიდან. ცხრილში მოთავსებულ ცალკეულ შემადგენელ ნივთიერების რაოდენობის განხილვა შემდეგ სურათს იძლევა:

სინესტე	67,08	—	76,97 %	შორის
ინვერსიული შაქარი	8,15	—	11,01	„ „
საქაროზა	0,52	—	1,34	„ „
გლუკოზა	6,36	—	8,75	„ „
ფრუქტოზა	1,40	—	2,26	„ „
ცელულოზა	1,01	—	2,21	„ „
პექტინური ნივთიერება	0,30	—	0,55	„ „
მჟავიანობა	0,07	—	0,49	„ „
მთრიშლავი და მღებავი ნივთიერება	0,34	—	0,52	„ „
ახოტი	0,15	—	0,45	„ „
ნაცარი	0,5	—	1,6	„ „

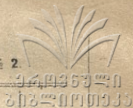
ფითრის მკვებავი ხეების მიხედვით რომ განვიხილოთ ფითრის ნაყოფის შედგენილობა, შევამჩნევთ ზოგიერთ განსხვავებას შემადგენელი ნივთიერების რაოდენობაში. ასე, მაგალითად, ტყემლისა და მსხლის ფითრში შემავალი ფრუქტოზის რაოდენობა ერთი მეორისაგან თვალსაჩინოდ განსხვავდება, იგი ნაკლებია ტყემლის ფითრში, სამაგიეროდ მასში მეტია მჟავიანობა, ცელულოზა და მცირეა პექტინური ნივთიერება.

ადგილი აქვს ერთგვარ კავშირს შაქრისა და C ვიტამინის რაოდენობის ზრდას შორის, რაზედაც მივვითითებენ 1. და 2. ცხრილებში მოყვანილი მონაცემები.

ნიმუშის ნიმერი	ინვერსიის შემდეგ გლუკოზა გრ %	საქაროზა გრ %	ინვერსიის შემდეგ ფრუქტოზა გრ %	C ვიტამინის რაოდენობა mg % დევიატ- ნიის შესაბამის.
7	6,36	0,78	1,79	797
17	6,87	0,80	1,98	795
9	7,10	0,81	1,96	800
11	7,48		2,04	979
10	7,51	0,90	2,14	1039
21	8,75	1,34	2,26	1105

ფიტრის ნაყოფის ძირითადი შიდადგენილობა

ცხრილი № 2



ნიმუშის №	ფიტრის შეკვბაევი ბის სახელწოდება	შაკარი ინვერსიის წინ			შაკარი ინვერსიის შემდეგ			საკაოობა გრ %	ცელულოზა გრ %	საერთო მკაეიანობა ლიმონის მკაეაზე გადან.	პექტინური ნივ- თარების გრ %	მთიომლოვი და მღებგი ნივთი- რების გრ %	ახლტი გრ %	ნაცარი გრ %
		რელექციუ- ლი შაკარი გრ %	გლუკოზა გრ %	ფრუქტოზა გრ %	ინვერსიული შეკარი გრ %	გლუკოზა გრ %	ფრუქტოზა გრ %							
7	მსხალი	7,32	5,92	1,40	8,15	6,36	1,79	0,78	1,51	0,136	0,51	0,349	0,31	1,6
8	"	7,80	6,50	1,30	8,50	7,04	1,46	0,68	1,01	0,140	0,44	0,385	0,25	1,1
9	"	8,19	6,74	1,45	9,05	7,10	1,96	0,81	1,96	0,080	0,35	0,337	0,32	0,5
10	"	8,60	7,06	1,54	9,65	7,51	2,14	0,99	1,26	0,07	0,47	0,363	0,15	1,3
11	კომში	8,87	7,11	1,76	9,52	7,48	2,04	0,52	1,48	0,13	0,55	0,487	0,40	0,9
17	მსხალი	8,00	6,45	1,55	8,85	6,87	1,98	0,80	1,60	0,12	0,55	0,457	0,22	1,2
18	ტყემალი	8,44	7,65	0,79	9,60	8,20	1,40	1,10	2,21	0,49	0,30	0,400	0,20	1,4
19	მსხალი	9,59	7,99	1,60	11,01	8,75	2,26	1,34	1,77	0,15	0,39	0,526	0,45	1,2
	ფიტრის ნაყოფის რვა ნიმუშის საშუალო შედგენილობა	8,35	6,93	1,41	9,40	7,41	1,88	0,86	1,61	0,16	0,44	0,366	0,28	1,13
	ექვსი მსხლის ფიტრის საშუალო შედგენი- ლობა	8,25	6,78	1,46	9,20	7,21	1,93	0,88	1,53	0,12	0,45	0,303	0,30	1,15

ფიტრის ნაყოფის ანალიზი და მასში ვიტამინი "C"



მოყვანილი რიცხვები ნათლად გვიჩვენებენ C ვიტამინის რაოდენობის ზრდას შაქრების რაოდენობის მომატებასთან პარალელურად; ეს ზრდა, განსაკუთრებით, კავშირშია გლუკოზასთან. ასეთ კავშირზე მიგვითითებს ზოგიერთი მკვლევარები, მაგალითად, ბ. რუბინი.

ფითრი საინტერესოა ვიტამინის დიდი რაოდენობის გარდა, აგრეთვე შაქრების საკმაო რაოდენობის შეცულობით 8.15—11.01 %*.

დ ა ს კ ვ ნ მ ბ ი

1. შესწავლილია ფითრის ნაყოფის 26 ნიმუში C ვიტამინის რაოდენობის გარკვევის მიზნით. ვიტამინის რაოდენობა განსაზღვრულია ტილმანის მოდიფიცირებული და აგრეთვე დევიატინის მეთოდით. დევიატინის მეთოდის მიხედვით ნედლ მასალაზე გამოანგარიშებული ვიტამინის რაოდენობა შემდეგია — 790—1110 მგ %, მშალ ნივთიერებაში კი — 2844—3814 მგ %.

2. მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით ფითრის ნაყოფი შეიკლება მივაკუთვნოთ C ვიტამინით მდიდარ ობიექტთა რიგს.

3. ვიტამინის შეცულობა შესწავლილია შემდეგი ხეებიდან მოკრეფილი ფითრის ნაყოფში: მსხალი, კომში, ტყემალი, ხეჭექურა, კალოს პანტა და ფერხვი. მოსავლის დროის მიხედვით — წლები: 1939, 1940 და 1941.

ფითრის მოკრეფის ადგილმდებარეობა: ქარელი, სტალინირი, მანგლისი, სკრა, დაბა ძველი, სვირი, თელავი, ტყიბული და ქუთაისი.

4. ფითრის ნაყოფის 8 ნიმუშში, გარდა C ვიტამინისა, შესწავლილია საერთო ქიმიური შედგენილობაც. მათთვის მიღებული საშუალო რიცხვები შემდეგია: ინვერსიული შაქარი — 9,40 გრ %; გლუკოზა — 7,41 გრ %; ფრუქტოზა — 1,88 გრ %; სახაროზა — 0,86 გრ %; ცელულოზა — 1,61 გრ %; საერთო მჟავიანობა (ლიმონის მჟავაზე ნაანგარიშევი) 0,16; პექტინური ნივთიერება — 0,44 გრ %; მთრიმლავი და მღებავი ნივთიერება — 0,36 გრ %; აზოტი — 0,28 გრ % და ნაცარი — 1,13 გრ %.

5. შემჩნეულია კავშირი C ვიტამინის დაგროვებასა და შაქრების (გლუკოზას) დაგროვებას შორის, რითაც დასტურდება სხვა მკვლევართა დაკვირვება, რომ გლუკოზასთან ერთად ხაერთოდ მატულობს C ვიტამინის რაოდენობაც.

6. ფითრში C ვიტამინის არსებობამ შესაძლოა ახსნას ფითრის ზოგიერთი მკურნავი თვისებები.

* მაღლობას მოვახსენებთ მუშაობის დროს დახმარებისთვის ზოგიერთი საანალიზო მასალის წოდებით პროფ. მ. ბეჭაიას, დოც. ა. მაცუაშვილსა და ა. მიქელაძეს.

ლიტერატურა

1. Флора СССР, Т. V, 1936 г.
2. Н. Негел, Руководство к практической и медико-химической практике, Т. V, 1895 г.
3. А. Бондарцев, Болезни культурных растений и меры борьбы с ними, 1931 г.
4. Н. Кашинский, Русский лечебник, 1862 г.
5. Большая медицинская энциклопедия, 1932 г.
6. А. Роллов, Дикорастущие растения Кавказа, 1908 г.
7. В. Букин, Витамины, распространение, природа и свойства, 1937 г.
8. Laurent, Compt. Rend. 123, 959 (1901).

სტალინის სახელობის
 თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
 ორგანული ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1942. I. 2).

Н. С. Цицишвили и Т. Кифаренко

Химический состав плодов омелы (*Viscum album L.*)
 и содержание в ней витамина „С“

Резюме

Выявлен новый витаминноситель (витамина С) непищевого характера — полупаразитическое растение — *Viscum album L.* из семейства *Laronthaceae*. Плоды омелы оказались богатыми по содержанию витамина С, определенному химическим способом: по методу Девятнина и видоизмененному методу Тильманса. Анализированы плоды омелы, паразитирующей на деревьях: груши, айвы, ткемали, хечечура, осины, привезенные из районов: Карельского, Сталинирского, Ткибульского, Манглийского и Телавского.

Содержание витамина С в исследованных образцах плодов омелы, рассчитанное на сырой материал, колеблется в пределах 790—1110 мг %-ов, а на сухое вещество в пределах — 2844—3814 мг % (метод Девятнина). Полученные данные дают основание причислить омелу к группе объектов, богатых витамином С.

Среди составных частей плодов омелы обращает на себя внимание сравнительно большое количество сахара, колеблющееся в различных образцах в пределах от 8,15 г до 11,01 %.

Наблюдается параллелизм между накоплением витамина С и сахара (глюкозы), что лишний раз подтверждает высказанный некоторыми исследователями взгляд, что углеводы (сахар) являются в растительной клетке исходным веществом для образования витамина С.

Наличие витамина С в омеле может объяснить некоторые её целебные свойства.

ბ. კახნიავილი, ნ. მასხი, და ბ. ჩიხლაძე

საქართველოს სსრ ზოგიერთი ხის ჯიშების ნახშირის გააქტივება მჟავებით

სხვადასხვა სახის ნახშირთა გააქტივების ხერხები პატენტების სახით არის გამოქვეყნებული და ამიტომ მათი ზუსტი აღწერა არ არის მისაწვდომი. ნახშირის ქიმიური გააქტივების მეთოდებს შორის არის მთელი რიგი ისეთები, რომლებიც დაკავშირებულია დანახშირებელი ნივთიერების წინასწარ დამუშავებასთან ქიმიური რეაგენტებით, მაგალითად: მჟავებით, ტუტეებითა და მარილებით. ნახშირის ქიმიური გზით გააქტივების გარდა არსებობს აგრეთვე გააქტივების თერმული ხერხები.

ქიმიური გააქტივებებს შედარებით ძველ ხერხს წარმოადგენს Braudenberg-ი და Co [1] ფირმის მიერ შემუშავებული ხერხი, რომლის მიხედვითაც გააქტივებული ნახშირი მიიღება ორგანული ნივთიერების დანახშირებით 500° -ზე და მიღებული ნახშირის გოგირდმჟავათი გაჟღენთით. მჟავას მოშორების შემდეგ ნახშირს მრავალჯერ რეცხავენ წყლით, რის შემდეგაც აღუდებენ ორი საათის განმავლობაში კალიუმის ან ნატრიუმის ტუტესთან. ხელახლა აცილებენ ტუტეს და რეცხავენ წყლით, გაზავებული მარილის მჟავათი და ბოლოს ისევ წყლით მარილისა და გოგირდის მჟავების მოცილებაში.

ფრანგული პატენტით — მცენარეულ ნივთიერებას ჟღენთავენ გოგირდმჟავათი და გაჟღენთილ მასას ახურებენ 800° -დე. ფირმა Farbenindustrie ამზადებს გააქტივებულ ნახშირს შემდეგნაირად: ორგანულ ნივთიერებას მაღალ ტემპერატურაზე ამუშავებენ გოგირდმჟავათი და შემდეგ მასში ატარებენ ორთქლს კიდევ უფრო მაღალ ტემპერატურაზე. Urbein-ი გააქტივებულ ნახშირს ამზადებს მასალის, გოგირდისა და ფოსფორის მჟავებით ერთდროული გაჟღენთით, რის შემდეგაც მასალას ახურებენ $700 - 1000^{\circ}$ -ზე. ვესტერლუნდის მეთოდით [2] გააქტივებული ნახშირი მიიღება ფოსფორის მჟავასთან შერეული მასალის დანახშირებით. ლებოის მიხედვით [3] მასალას წნეხენ $20 - 30^{\circ}$ Be გოგირდის მჟავასთან და ანახშირებენ გააქტივებული ნახშირის მისაღებად. დუბინინი [4] ამზადებს ძალაზე გააქტივებული ნახშირის მისი $4N HNO_3$ ით დამუშავებით.

ზემოთ მოყვანილი დამუშავების ქიმიური ხერხები მოითხოვენ ძვირფასი მასალის ზედმეტ ხარჯს, მაშინ როდესაც ნახშირის თერმული გააქტივება ამ



ხარჯებს არ მოითხოვს. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ნახშირის დამუშავების წესი გავლენას ახდენს მის სპეციფიკურ ადსორბციულ თვისებებზე. ჯოტ-ჰოფმა [5] შეისწავლა საგანგებოდ გასუფთავებული შაქრის ნახშირის ადსორბციული თვისებები და ნახა, რომ მისი წინასწარი დამუშავება მარილისა და ფლუორწყალბადმქაფათი ანიჰებს მას ტუტების კარგად ადსორბირების თვისებას ხსნარებიდან. მანვე უჩვენა, რომ თუ შაქრის ნახშირი, რომელსაც სრულებით მოცილებული აქვს ნაცრიანობა, წინასწარ არ დამუშავდა მქაფათი, მისი ადსორბციული თვისებები ტუტეების მიმართ სავსებით ქრება.

როგორც ჯოტ-ჰოფის შრომებიდან ჩანს, ნახშირის დამუშავების წესი გავლენას ახდენს მის სპეციფიკურ ადსორბციულ თვისებებზე და ადვილი შესაძლებელია, რომ სხვადასხვა მ. წ. გაზებისა და ორთქლის შთანთქმა, გააქტივებული ნახშირით, დამოკიდებულია მისი დამუშავების წესზე.

ხის ნახშირის გასააქტივებლად ჩვენ გამოვიყენეთ ხერხი ალექსეევსკისა და მუსაკინისა [6], რომლებიც ჩვეულებრივ ნახშირს ააქტივებდნენ სხვადასხვა მჟავების 0,1N და 1N ხსნარებით. მიღებულ გააქტივებულ ნახშირს ცდიდნენ ფენოლის, იზოამილის სპირტის, კონგო წითელის, მეთილენის ლურჯის, პიკრინის მჟავას, ბენზოლისა და აცეტილენის ადსორბციაზე. აღმოჩნდა, რომ ყველაზე უფრო კარგად ააქტივებს ხის ნახშირს, ადსორბციის ყველა შემთხვევაში, ქლორისა და აზოტის მჟავები. უნდა აღვნიშნოთ, რომ 1000 მლ მჟავას ნაცვლად, როგორც ეს ნაჩვენებია აქვთ ალექსეევსკისა და მუსაკინის, ჩვენ ვიღებდით 20 გ ნახშირზე 150 მლ მჟავას ხსნარს, რადგან ჩვენი დაკვირვებით მჟავას მოცულობის გადიდება 2-ჯერ არ ადიდებს ნახშირის აქტიურობას.

გოგირდის მჟავათი გააქტივება ჩატარებული იყო იმავე პირობებში, როგორც მარილისა და აზოტის მჟავებით.

ექსპერიმენტული ნაწილი

გამოსაკვლევ ობიექტად აღებული იყო ნახშირები: თხმელისა, ფიჭვისა, რცხილისა, ნეკერჩხლისა, კოპიტისა და კაკლისა. მასალის დანახშირება ხდებოდა თუჯის ამბუხში ელექტრული გათბობით 500—550°-ზე. ცდისათვის აღებული იყო ნახშირის მარცვლები 3 მმ დიამეტრით. თითოეული ცდისათვის აღებული იყო 20 გ ნახშირი; იგი თავსდებოდა ნახევარ ლიტრიან კულაში, რომელსაც გაკეთებული ჰქონდა უკუმაცივარი. ვუმატებდით 150 მლ სათანადო მჟავას ხსნარს და ვადუღებდით სილის აბაზანაზე 140—150°-ზე ორი საათის განმავლობაში, რის შემდეგაც იწურებოდა მშრალ ფილტრში ბიუნერის ძაბრით. გაურეცხავი დამუშავებული ნახშირი ხურდებოდა ფაიფურის ტიველში, რომელიც მოთავსებული იყო სილის აბაზანაში, 4 საათის განმავლობაში 470—500°-ზე. ყოველ ნახევარ საათში ხდებოდა ნახშირის არევა. გახურების შემდეგ ნახშირს ვაცივებდით ექსიკატორში და გაცივების შემდეგ ინახებოდა მილესილი საცობიან მინის ქილაში. თითოეული ხის ნახშირი ისინჯებოდა ქლორის შთანთქმაზე, როგორც გააქტივებამდე ისე გააქტივების შემდეგ.

წინასწარ ქლორი ტარდებოდა კალიუმის პერმანგანატის და კალიუმის ხსნარებში და გოგირდის მჟავაში. შთანთქმული ქლორის რაოდენობა ისევე ბოდა წონით, ქლორის ადსორბირების დამთავრება მოწმდებოდა იოდ-სახაშვბლის ხსნარით. თხმელისა და რცხილის ნახშირი გააქტივებული იყო 0,1N, 0,5N და 1,N გოგირდის, აზოტის და მარილის მჟავებით. კობიტის ნახშირი — 0,5N და 1,N გოგირდის მჟავათი და 1,N აზოტის მჟავათი, დანარჩენი ნახშირები კი — 1,N აზოტის მჟავათი.

ნახშირების გააქტივების შედეგები მოყვანილია №№ 1, 2 და 3 ტაბულებში.

№ 1 ტაბულაში მოყვანილია ციფრება, რომლებიც გამოსახავენ ნახშირი მჟავების მოცულობის გავლენას ნახშირის გააქტივების ხარისხზე.

ტაბულა № 1

დამუშავების წესი	მჟავას მლ რაოდენობა 20 გ ნახშირზე	შთანთქმული ქლორის რაოდენობა 1 გ ნახშირზე	ადსორბირ- ებული ქლორის რაოდენობა %/ო-ში
HCl 0,1N	150	0,091	9,1
„ 0,1N	300	0,087	8,7
„ 0,5N	150	0,118	11,8
„ 0,5N	300	0,112	11,2
„ 1,N	150	0,1495	14,95
„ 1,N	300	0,153	15,3
H ₂ SO ₄ 0,1N	150	0,132	13,2
„ 0,1N	300	0,129	12,9
„ 0,5N	150	0,1425	14,25
„ 0,5N	300	0,145	14,5
„ 1,N	150	0,18	18,0
„ 1,N	300	0,1825	18,25

როგორც № 1 ტაბულიდან ჩანს, აღებული მჟავას მოცულობის გადიდება 2-ჯერ არ ახდენს გავლენას ნახშირის გააქტივების ხარისხზე.

№ 2 ტაბულაში მოყვანილია ქლორის დინამიკურ პირობებში ადსორბციის შედეგები მჟავათი გააქტივებულ ნახშირებზე.

	დამუშავების წესი	ქლორის ბუმტულის რაოდენობა ერთ წამში	ქლორის შთანთქმის დრო წუთებში	ადსორბირ. ქლორის რაოდენობა 1 გ ნახშირზე	შთანთქმული ქლორის რაოდენობა % -ში
თხმელა.	HCl 0,1N	1-2	2	0,091	9,1
	" 0,5N	"	1,5	0,118	11,8
	" 1,N	"	2	0,149	14,9
	H ₂ SO ₄ 0,1N	"	3	0,148	14,8
	" 0,5N	"	3	0,174	17,4
	" 1,N	"	3	0,184	18,4
	HNO ₃ 0,1N	"	3	0,171	17,1
	" 0,5N	"	3,5	0,182	18,2
	" 1,N	"	4	0,222	22,2
კობიტი.	H ₂ SO ₄ 0,5N	"	2	0,121	12,1
	" 1,N	"	2	0,145	14,5
	HNO ₃ 1,N	"	2,5	0,157	15,7
რცხილა.	HCl 0,1N	"	2	0,105	10,5
	" 0,5N	"	2	0,1295	12,95
	" 1,N	"	2,5	0,1515	15,15
	H ₂ SO ₄ 0,1N	"	3	0,13.2	13,2
	" 0,5N	"	3	0,1425	14,25
	" 1,N	"	3,5	0,18	18,0
	HNO ₃ 0,1N	"	3	0,137	13,7
	" 0,5N	"	3	0,157	15,7
	" 1,N	"	4	0,185	18,5

როგორც ტაბულიდან ჩანს, ყველა შემთხვევაში აზოტის მყავას გამააქტივებელი მოქმედება, დამუშავების ერთსა და იმავე პირობებში, მეტია, ვიდრე მარილისა და გოგირდის მყავებისა. ამიტომ ჩვენ გადავწყვიტეთ დანარჩენი სახის ნახშირის გააქტივება გვეწარმოებინა აზოტის მყავათი.

№ 3 ტაბულაში მოყვანილია რიცხვები ექვსივე სახის ნახშირის აქტიურების შესადარებლად (ნახშირები გააქტივებულია 1,N აზოტის მყავათი).

ტაბულა № 3

ნახშირების დასახელება	აღსორბირ. ქლორის რაოდენობა 1 გ ნახშირზე	აღსორბირ. ქლორის რაოდენობა $\frac{0}{\circ}$ -ში	აღსორბირ. ქლორის რაოდენობა 1 გ ნახშირზე გააქტივებამდე	აღსორბირ. ქლორის რაოდენობა $\frac{0}{\circ}$ -ში გააქტივებამდე
თხმელი	0,222	22,2	0,03	3
ფიჭვი. -	0,202	20,2	0,054	5,4
რცხილა	0,185	18,5	0,014	1,4
ნეკერჩხალი.	0,1759	17,59	0,018	1,8
კობიტი	0,157	15,7	0,066	6,6
კაკალი	0,152	15,2	0,01	1,0

როგორც ამ ტაბულის მონაცემიდან ჩანს, ყველაზე უფრო აქტიურია თხმელის, ხოლო შემდეგ ფიჭვის ნახშირი.

დასკვნები

1. გამოკვლეული ნახშირების ექვსი ნიმუშიდან (თხმელა, ფიჭვი, რცხილა, ნეკერჩხალი, კობიტი და კაკალი) ყველაზე უფრო აქტიურდება აზოტის მჟავათი თხმელა ($22,2^{\circ}/\circ$) და ფიჭვი ($20,2^{\circ}/\circ$).
2. ნახშირების სამი ნიმუშის (თხმელა, რცხილა, კობიტი) გააქტივების დროს მარილის, გოგირდისა და აზოტის მჟავებით, უფრო გააქტივებული აღმოჩნდა აზოტის მჟავათი დამუშავებული ნახშირები.

ლიტერატურა

1. გერმანული პატენტი № 81887, 24/VI — 1894 წ.
2. ინგლისური პატენტი № 8020, 1884 და 11 322, 1884 წ.
3. ინგლისური პატენტი № 2269, 1860 წ.
4. Ж. Р. Ф. X. O. 60, 1928 г.
5. Zschr. f. Electrochem. ³³, 497 (1927).
6. Ж. Р. Ф. X. O. LXII, вып. I 1930 г.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ორგანული ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1946. VI. 5).

А. Кахниашвили, Н. Месхи, и Б. Чихладзе

Активация кислотами углей некоторых древесных пород, произрастающих в ССРГ

Резюме

1. Из шести образцов исследованных углей (ольха, сосна, граб, клен, ясень и орех) лучше всего активируются азотной кислотой ольха (22,2%) и сосна (20,2%).

2. При активации трех сортов углей (ольха, граб и ясень) соляной, серной и азотной кислотами, наиболее активными оказались угли, обработанные азотной кислотой.

ა. კანკაშვილი

ბენზილის სპირტის კონდენსაცია რეზორცინთან ასკანიტის თანაობით

ბენზილის სპირტის და ბენზოლის ერთადი დეჰიდრატაცია თხევად ფაზაში უწყლო $AlCl_3$ -ის თანაობით შესწავლილია Huston-ისა და Friedemann-ის მიერ [1]. მათ დეჰიდრატაციის შედეგად მიიღეს დიფენილმეთანი. მაგრამ ბენზილის სპირტის დეჰიდრატაცია სხვა კომპონენტებთან ერთად თხევად ფაზაში თიხების თანაობით შეუსწავლელია.

3. ტეტერინის მიერ [2] შესწავლილია ბენზილის სპირტის დეჰიდრატაცია თხევად ფაზაში ჩასოვიარის თიხის (რომელიც აქტივირებული იყო ტიშენკოს და რუდაკოვის [3] ხერხით) და სულფანილის მჟავას თანაობით. მისი გამოკვლევით ბენზილის სპირტის დეჰიდრატაციის შუალადა და პირველადს პროდუქტს წარმოადგენს ბენზილის ეთერი, რომელიც თიხის თანაობით იზომერიზირდება სათანადო ბენზილ-ბენზილის სპირტებად.

ჩვენი ზუსაობის მიზანს შეადგენდა შეგვესწავლა ბენზილის სპირტის კონდენსაცია რეზორცინთან საქართველოს თიხების თანაობით.

ბენზილის სპირტისა და რეზორცინის დეჰიდრატაციისათვის გამოყენებული იყო გუმბრინი და ასკანიტი. გუმბრინის შემთხვევაში დეჰიდრატაცია მიმდინარეობს ძალიან ნელა და წყლის სათანადო რაოდენობის გამოყოფა მთავრდება 7 საათში, მაშინ როდესაც ანალოგიურ პირობებში ასკანიტის თანაობით წყლის გამოყოფა მთავრდება ერთ საათში. გამხსნელებად ნახშიარი იყო ტოლუოლი და ბენზოლი. ტოლუოლის გამოყენების შემთხვევაში კონდენსაციის პროდუქტები მუქი ფერის მიიღება. ამ პროდუქტს $191 - 194^{\circ}$ -ზე 4 მმ გამოხდით მიიღება ძლიერ მცირე რაოდენობით (გამოსავალი 5%) სქელი ზეთისებრი სითხე, რომელიც ჰაერზე მუქდება.

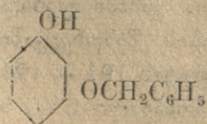
ანალოგიურ პირობებში ტოლუოლი შეცვლილი იყო ბენზოლით, რომელმაც უკეთესი შედეგები მოგვცა. კონდენსაციის პროდუქტი უფრო ღია ფერისა არის და გამოსავალიც გაცილებით მეტი აღმოჩნდა (გამოსავალი 25%). ამის მიზეზი შესაძლებელია ის იყოს, რომ ტოლუოლი უფრო მალა დუღს, ვიდრე ბენზოლი და ტემპერატურის აწევით პირველადი პროდუქტის უფრო სწრაფი იზომერიზაცია მიმდინარეობს.



ბენზილის სპირტის კონდენსაცია რეზორცინთან ტარდებოდა მრგვალიძირიან კულაში, რომელსაც გაკეთებული ჰქონდა გრადუირებული წყლის დამჭერი უკუმაცივრით. გრადუირებული წყლის დამჭერი დაყოფილი იყო მილილიტრის მეთადებად. წყლის დამჭერის მოცულობა 12 მლ-ს უდრია.

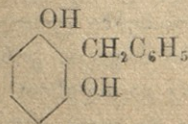
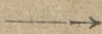
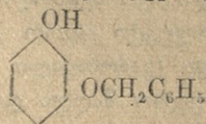
ცდისთვის ბენზილის სპირტი, რეზორცინი და ასკანიტი თავსდებოდა მრგვალიძირიან კულაში და ემატებოდა 57 მლ ბენზოლი. კულა ცხელდებოდა აზბესტის ბადეზე. ბენზოლისა და წყლის რევენარის გამოხადი კონდენსირდებოდა და ჩამოდიოდა დამჭერში, საიდანაც ბენზოლის ნაწილი უბრუნდებოდა სარეაქციო კულას. სარეაქციო კულის გაცხელება წარმოებდა მანამდე, სანამ არ წყდებოდა მღვრიე სითხის ჩამოდნა დამჭერში. ბენზილის სპირტის 0,1 მლ-ი რეზორცინთან იძლეოდა კონდენსაციის შედეგად 1,9 — 2 მლ წყალს (1,8 მლ ნაცვლად). დეჰიდრატაცია მთავრდებოდა ერთ საათში.

კონდენსაციის წინასწარმა ცდებმა გვიჩვენა, რომ ვაკუუმში გამოხდის დროს პირველი ფრაქცია (103 — 105°, 6 მმ) შეიცავდა რეზორცინს, რომელიც კრისტალდებოდა კლაიზენის კულის გვერდითს მილში და ხელს უშლიდა შემდეგი ფრაქციის მიღებას, ამიტომ კონდენსატს, ბენზოლის მოცილების შემდეგ, ვანჯღრევდით წყალთან ოთხჯერ და მხოლოდ შემდეგ ვხსნიდით ეთერში. ეთერის მოცილებას შემდეგ კი რჩებოდა სქელი ყვითელი ფერის სითხე, რომლის გამოხდით მიღებული იყო ორი ფრაქცია: პირველი — 103 — 106°, 6 მმ, მეორე 191 — 1940°, 4 მმ მეორე ფრაქცია წარმოადგენს სქელ გამსჭვირვალე ზეთისებრ სითხეს. ფრაქცია — 194°, 4 მმ ინახებოდა ნახშირორჟანგის ატმოსფეროში. ეს ფრაქცია კრისტალდებოდა მეშვიდე დღეს. მიღებული ნივთიერების გადაკრისტალება ვერ მოხერხდა. ძმარმევა ეთილის ეთერიდან გადაკრისტალებისას იყოფოდა ის ზეთის სახით, რომელიც თანდათანობით მუქდებოდა. მიღებული ნივთიერება იხსნება ეთერში, სპირტში, ქლოროფორმში, ძმრის მჟავაში, ეთილაცეტატში, ტუტეში, ბენზოლში და ტოლუოლში. ნივთიერების სპირტის ხსნარი სამქლორიან რკინასთან იძლევა მწვანე შეფერვას. ნივთიერების შედნობის შედეგად კალიუმის ტუტესთან გამოყოფილი იყო ბენზოის და 2,6-დიოქსიბენზოის მჟავები. დაჟანგვის შედეგად მიღებული პროდუქტების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ბენზილის სპირტის და რეზორცინის კონდენსაციისას ასკანიტის თანაობით მიღებულია 2,6 დიოქსიდიფენილმეთანი, რომლის წარმოქმნა შეიძლება აიხსნას შემდეგნაირად: ბენზილის სპირტის და რეზორცინის დეჰიდრატაციის შედეგად პირველად წარმოიშობა რეზორცინის მონობენზილის ეთერი.

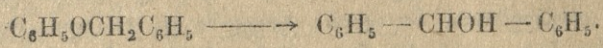


ბენზილის ეთერი თიხის თანაობით განიცდის

იზომერიზაციას დიოქსიდიფენილმეთანად:



ბენზილის სპირტის ფენილის ეთერის იზომერიზაცია, $ZnCl_2$ -ის თანობით P — ოქსიდიფენილ მეთანში, შესწავლილია Alphen-ის მიერ [4, გვ. 215], ხოლო შორიგინმა [4, გვ. 218] ბენზილფენილის ეთერის იზომერიზაციის შედეგად მეტალური ნატრიუმის თანობით მიიღო დიფენილკარბინოლი, რომლის დროს ზდება არა რადიკალის გადაჯგუფება, როგორც ამას ადგილი აქვს ალფენისა და ჩვენ მიერ ჩატარებულ ცდებში, არამედ წყალბადის გადაჯგუფება წარმოებს ნახშირბადის ატომიდან ჟანგბადისაკენ:



ექსპერიმენტული ნაწილი

ბენზილის სპირტის კონდენსაცია რეზორცინთან. 11 გ რეზორცინი (0,1 მოლი) 11 გ ბენზილის სპირტი (0,1 მოლი), 57 მლ ბენზოლი და 3 გ ასკანიტი ვადუღეთ (ზემოთ აღწერილ ხელსაწყოში) 1,8 მლ წყლის გამოყოფამდე. წყლის გამოყოფა მთავრდებოდა ერთ საათში. მიღებული პროდუქტი გაფილტვრისა და ბენზოლის გამოხდის შემდეგ (რომელიც 16 — 18 გ იწონიდა), ყვითელი ფერისაა. მას ბენზოლის ხსნარში ჰქონდა ოდნავ ლურჯი ოპოლესცენცია, ხოლო ტოლუოლის ხსნარში უფრო მეტად გამოსახული ლურჯი ოპოლესცენცია. ნივთიერება სქელი ფისის მაგვარია. ბენზოლის მოცილების შემდეგ ის შენჯღრეული იყო 4 ჯერ წყალთან (წყალთან შენჯღრევის დროს პროდუქტი ზეთისმაგვარი ბურთულების სახით იკრიბებოდა გამყოფი ძაბრის ფსკერზე). წყლის დაცილების შემდეგ იხსნებოდა ეთერში და შრებოდა ნატრიუმის სულფატით. ვაკუუმში გამოხდის შედეგად მიღებული იყო: პირველი ფრაქცია — $t_{03} - 106^\circ$, 6 მმ — 2 გრამი, მეორე ფრაქცია — $191 - 194^\circ$ 4 მმ — 4 გრამი. კულაში დარჩა გამოუხდელი შავი ფისოვანი ნივთიერება. მიღებული ნივთიერება $191 - 194^\circ$ -ზე 4 მმ წარმოადგენს ზეთისებრ სითხეს, რომელიც ჰაერზე დატოვებისას მუქდება. ნივთიერება ინახებოდა ნახშირორჟანგის ატმოსფეროში; მან შევიდევ დღეს დაიწყო დაკრისტალება.

191 — 194° 4 მმ მიღებული ნივთიერების ანალიზი:

0,0348 გ ნივთიერება 0,5212 გ ქაფური At = 13°
 0,0204 გ ნივთიერება 0,3948 გ ქაფური At = 10°
 ნაპოვნია: M 205,4; 206,6

$C_{13}H_{12}O_2$ გამოთვლილია: M = 200

0,1602 გ ნივთიერება იძლევა 0,4572 გ CO_2 , 0,0812 გ H_2O
 0,1126 გ ნივთიერება იძლევა 0,3222 გ CO_2 ; 0,0584 H_2O
 ნაპოვნია %: C = 77,84; 78,03; H = 5,62; 5,76
 $C_{13}H_{12}O_2$ გამოთვლილია % C = 78; H = 6


 საქართველოს
 მეცნიერებათა
 აკადემია

ჰიდროქსილის ჯგუფის განსაზღვრა ცერევიტინოვად

0,2122 გ ნივთიერება: 50 მლ მეთანი (24°, 725 მმ)

0,1064 გ ნივთიერება: 28,4 მლ მეთანი (22°, 729 მმ)

გამოთვლილია 53,8 მლ; 26,84 მლ

ნივთიერების შედნობა კალიუმის ტუტესთან:

8 გ ნივთიერება, 6 სპილენძის ჟანგის ფხვნილი და 24 გ კალიუმის ტუტის ფხვნილი თავსდებოდა ნიკელის ტიგელში და ტიგელი რევნარით სილის აბაზანაზე ხშირი მორყევით ხურდებოდა 210—256°-დე (იზომებოდა სილის აბაზანის ტემპერატურა). გახურება გრძელდებოდა მანამდე, სანამ პირველად გამოყოფილი ფენოლატის მასა მოცულობაში არ მცირდებოდა.

ეს ოპერაცია დაახლოვებით ორ საათს გრძელდებოდა. შენადნობი გაიხსნებოდა ცხელ წყალში და გაფილტვრის შემდეგ ემატებოდა მარილის მჟავა ოდნავ მჟავე რეაქციამდე. შემჟავების შემდეგ ცხლად იფილტრებოდა და გაცივების შემდეგ ექსტრაპირდებოდა ეთერით. ეთერის გამოხდის შემდეგ დარჩენილი მასა კრისტალდებოდა ცხელი წყლით. დაკრისტალების პირველი ფრაქციიდან გამოყოფილი იყო ბენზოის მჟავა გადაკრისტალებისა და აქროლების შემდეგ ჩისი დნობის $t=121^\circ$ (იდენტიფიცირებულია ბენზოის მჟავას რევნარის სინჯის დნობის წერტილს). დარჩენილი ხსნარიდან კონცენტრირების შემდეგ გამოკრისტალების გზით მიღებულია 2,6 დიოქსიბენზოის მჟავას თეთრი ნემსისებრი კრისტალები. ჩვენ მიერ გამოყოფილი 2,6 დიოქსიბენზოის მჟავას სამ-ქლოროიანი რკინის გაზავებულ ხსნართან იძლევა ისდერ შეფერვას, სამ-ქლოროიანი რკინის კონცენტრირებულ ხსნართან კი — ლურჯ შეფერვას, გაცხელებით აღადგინა ფელინგის სითხე. 0,0159 გ ნივთიერების გასატიტრავად დაიხარჯა $\frac{1}{100}$ N NaOH სპირტის ხსნარის 10,2 მლ, რაც შეესაბამება დიოქსიბენზოის მჟავის 0,015708 გ.

დ ა ს კ ვ ე ნ ბ ი

1. ბენზოლის სპირტის რეზორცინთან კონდენსაციისათვის ასკანიტი უფრო კარგ შედეგებს იძლევა, ვიდრე გუმბრინი.
2. ერთსა და იმავე პირობებში ბენზოლის ხსნარში უფრო უკეთ მიმდინარეობს კონდენსაცია, ვიდრე ტოლოლში.
3. ბენზოლის სპირტის და რეზორცინის კონდენსაციის შედეგად ასკანიტის თანაობით მიღებული 2,6 დიოქსიდიფენილ მეთანი, რომლის წარმოქმნა შეიძლება აიხსნას პირველად წარმოშობილი რეზორცინის მონობენზოლის ეთერის იზომერიაციით (რადიკალის გადაჯგუფებით ორთომდებარეობაში).
4. დიფენილ მეთანის ნაწარმების დასაყენგავად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს კალიუმის ტუტესთან შედნობა სპილენძის ჟანგის თანაობით.



უღრმეს მადლობას ვუცხადებ პროფ. ი. ს. ზალკინდს ამ ცემისათვის და ხელმძღვანელობისათვის.

ლიტერატურა

1. Am. soc. 4^o, 7⁵, 1918 г.
2. Ж. О. Х. т. XV, вып. 1 — 2 стр. 109, 1945 г.
3. Ж. П. Х. 6, 691, 1933 г.
4. Губен, Методы орган. химии т. III, вып. 1.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ორგანული ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1946 VI. 5).

А. И. Кахниашвили

Конденсация бензилового спирта с резорцином в присутствии асканита

Резюме

1. Изучена конденсация бензилового спирта с резорцином в присутствии асканита и гумбрини.
2. В результате конденсации резорцина с бензиловым спиртом, в присутствии асканита, получен 2,6 диокси — дифенилметан.

მ. გამსახურდია და მ. ხუნდაძე

გრაფიტის ელექტროდის გამოყენება ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებში

გრაფიტი ჩვენ მიერ უკვე გამოყენებული იყო, თუთიის ფეროციანიდით პოტენციომეტრულ გატიტვრის დროს, სადაც გამოიჩინა, რომ სუსტმჟავა არეში $pH = 4$ და ნ-მდე, ან კიდევ, ნეიტრალურ არეში ის იძლევა დამაკმაყოფილებელ შედეგებს. უფრო დაბალ pH -ის ფარგლებში მისი პოტენციალი მერყევა. რადგან, როგორც ცნობილია, ჟანგვა-აღდგენის პროცესებისათვის საჭიროა საკმაოდ მაღალი მეთაინობა, ჩვენ მიზნად დავისახეთ შევესწავლა გრაფიტის ელექტროდის გამოყენების შესაძლებლობა ამგვარ რეაქციებში. ჩატარებული ცდებიდან ირკვევა, რომ სწრაფად მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენის რეაქციებში როგორც რბილი ისე მაგარი გრაფიტი იძლევა დამაკმაყოფილებელ მაჩვენებლებს. ამ დროს ეკვივალენტური წერტილი მკვეთრად გამოისახება და პოტენციალი არ იცვლება გატიტვრის მთელ მანძილზე.

განსაკუთრებით კარგ სურათს იძლევა ორვალენტოვანი რკინის გატიტვრის შესვლელობა.

შედარებისათვის პოტენციომეტრული გატიტვრა ჯერ პლატინის ელექტროდით ვაწარმოეთ. ამ ცდებით დადასტურდა უკვე ცნობილი ფაქტი, რომ პოტენციალი ეკვივალენტურ წერტილში ძლიერ ნელა მყარდება (5, 6, 7 წუთი) და ნახტომი არ არის მკვეთრი.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნახტომი ეკვივალენტურ წერტილში ასწრებს მოცულობითი მეთოდით მიღწეულ ეკვივალენტობას. ნახტომი მიიღება უფრო ხსნარში სწორედ მაშინ, როდესაც მომდევნო წვეთი უკვე ოდნავ ვარდისფრად ფერავს ხსნარს. რბილი და მაგარი ფანქრის გულებით წარმოებულ ცდებიდან გამოიჩინა, რომ გრაფიტი, — „პიონერი 2B, 39 წ.“ მიღებული შედეგები ისეთივე ზუსტია, როგორც პლატინის ელექტროდით. პოტენციალის ნახტომი ეკვივალენტურ წერტილში მკვეთრია და მაღალი, პოტენციალის დამყარების დრო უდრის 2 — 3 წუთს.

გრაფიტი „პიონერი B 40“-ით გატიტვრის შედეგად მიღებული პოტენციალის მწვერვალი უფრო დაბალია, დრო უფრო ხანგრძლივი (3—4 წუთამდე).

გრაფიტი „კონსტრუქტორი 41 — 3H“-ით მიღებული პოტენციალის ნახტომის სიდიდე კიდევ უფრო მცირეა და დამყარების დრო უფრო ხან-

გრძლივი (4-5 წუთამდე). ამგვარად, როგორც ცდებით დადასტურდა, პლატინის ელექტრომეტრული გატიტრვა იძლევა მეტად ზუსტ შედეგს.

ცხრილი № 1

Fe-ის გატიტრვა 0,1 N $KMnO_4$ -ით

	0,1 N $KMnO_4$ ml-ში	ცდომი- ლება % ⁰ -ში	$\frac{\Delta E}{\Delta c}$ mv-ში	პოტენცი- ალის დამ- ყარების დრო ევგ. წერტ-ში	საწყისი და საბო- ლოო პოტენც. mv-ში	შ ე ნ ი შ ე ნ ა	
პლატინის ელექტროდ.	11,5		5740	4-5	581/1230	ყველგან აღებულია 20ml 0,057 № F_2SO_4 -ს ხსნარი + 10ml (1:3) H_2SO_4 და + 100ml H_2O	
ფანჯრის გულეები	პოინერი 2B-39	11,5		6560	2-3	522/922	ცდომილება % ⁰ -ში გაანგარ- პლატინის ელექტროდ. მი- მართ. აკკ=2 v.
	პოინერი B-40	11,5	+0,87	1845	3-4	471/727	
		11,6	-0,45	2665	3-4	481/963	
		11,45		2255	3-4	522/963	
	კონსტ. 41-3H	11,6	+0,87	1400	4-5	230/680	
11,5			2400	4-5	220/660		

შემდეგი ცდებით ჩვენ შევისწავლეთ მკაფიან მკაფას ცხლად გატიტრვის შესაძლებლობა, როგორც ეს მოცულობითი მეთოდით წარმოებებს, პლატინის ელექტროდის თანაობით. ამ ცდებიდან გამოირკვა, რომ ეკვივალენტურ წერტილამდე გაღვანომეტრის ისრის გადახრა, მართალია, ძლიერია, მაგრამ ეკვივალენტობის წერტილთან მიახლოებისას გადახრა ნელდება. ეკვივალენტურ წერტილში პოტენციალი მხოლოდ 5-6 წუთის განმავლობაში მყარდება, ის ხან აიწევის და ხან ეცემა. მკაფიან მკაფას ცხლად გატიტრვის ცდებმა გრაფიტთან მოგვცა კიდევ უფრო არადამაკმაყოფილებელი შედეგები.

ამის შემდეგ ცდები ჩატარებული იყო ცივად ოთახის ტემპერატურის პირობებში, კატალიზატორ $MnSO_4$ -ის თანაობით. გამოირკვა, რომ ცივად გატიტრვა უფრო მშვიდად, მარტივად მიმდინარეობს ორივე ელექტროდთან, ხოლო პოტენციალის დამყარება აქაც 3-5 წუთამდე გრძელდება.

ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ ცივად (კატალიზატორ $MnSO_4$ -ის თანაობით) გატიტრვა მოითხოვს პერმანგანატის ხსნარის უფრო მეტ რაოდენობას. ცხლად გატიტრვის დროს პლატინის ელექტროდი, მიუხედავად გატიტრვის სინელებებისა, იძლევა ზუსტ შედეგებს, ცივად ჩატარებულ ცდებში ცდომილება აღწევს +0,84%-ს. გრაფიტის ელექტროდის შემთხვევაში ცდომილება თითქმის 2%-ს აღწევს.



COOH
0,1N | -ის გატიტრვა 0,1 N KMnO₄-ით
COOH

	0,1 N KMnO ₄ ml-ში	ცდომი- ლება %-ში	$\frac{\Delta E}{\Delta c}$ mv-ში	პოტენცი- ალი დამ- ყარების დრო ექვ- სურტ-ში	საწყისი და საბო- ლო პოტენც. mv-ში	შ ე ნ ი შ ე ნ ა
პლატინის ელექტროდი, ც ხ ლ	11,9		4000	5,6	440/980	ეკვივალენ. წერტ. ემთხვე- ვა ვარდისფერ შეფერვას ცდომილება %-ში გაან- გარ. მაღალ ტემპერ. დროს. პლატინის ელექტროდ. წარმოებულ ცდების მი- მართ.
	11,9		4700	4-5	570/1120	
	12,05	+0,84	3200	4-5	580/960	
პიონერი 2B 39	12,00	+0,84	2100	4-5	580/1100	
	12,10	+1,84	2600	4-5	600/960	

შემდეგი შესწავლა წარმოებული იყო წყალბადის ზეჟანგზე.

პერმანგანატით წყალბადის ზეჟანგის გატიტრის ცდებმა გვიჩვენა, რომ როგორც საწყისში, ისე ეკვივალენტურ წერტილთან, H₂O₂-ის დაჟანგვა საქ-მაოდ რთულად მიმდინარეობს.

KMnO₄-ის პირველი წვეთები საწყისშივე გვაძლევენ გაღვანოტრის ძლიერ გადახრას, რომელიც მხოლოდ 2-3 წუთის შემდეგ ნელდება. ეკვივალენტურ წერტილში დაჟანგვა ძლიერ ნელა მიმდინარეობს. საჭიროა 3-5 წუთის ლოდინი და განუწყვეტელი რევა. ორივე ელექტროდთან ეკვივალენტური წერტილი სუსტვარდისფერ შეფერვას შეესაბამება. ნახტომი არ არის ისეთი მკვეთრი, როგორც Fe-თან. პოტენციალის ცვლილება თანდათანობითა.

H₂O₂-ის გატიტრვა 0,1 N KMnO₄-ით

ცხრილი № 3:

	0,1 N KMnO ₄ ml-ში	ცდომი- ლება %-ში	$\frac{\Delta E}{\Delta c}$	პოტენცი- ალი დამ- ყარების დრო ექვ- სურტ-ში	საწყისი და საბო- ლო პოტენც. mv-ში	შ ე ნ ი შ ე ნ ა
პლატინის ელექტროდი	6,7		5200	3-5	600/1000	გასატრად აღებულია მიზლოებით 0,1 N H ₂ O ₂ ხსნარის - 1 ml + 10 ml (1:4) H ₂ SO ₄ + 100 ml H ₂ O.
პიონერი 2B 40	6,8 6,9 6,65	+1,49 +2,9 +0,75	2860 2400 2600	3-4 3-4 3-4	280/740 500/760 400/900	



უკანასკნელად ჩვენ ვცადეთ გრაფიტის ელექტროდი იოდომეტრის მოგვეყენებინა. ყველა შემთხვევაში ცდებში პლათინისა და გრაფიტის ელექტროდებით მიღებული გატიტვრის სურათი მიახლოებით მსგავსი იყო, იოდომეტრიულ გატიტვრებში კი ჩვენ ვღებულობთ განსხვავებულ სურათს.

მაშინ როდესაც პლათინის ელექტროდი მგრძნობიარობას იჩენს ეკვივალენტურ წერტილში, გრაფიტის ელექტროდის გამოყენების დროს, ეკვივალენტობის წერტილში და შემდეგ ვალვანომეტრის ისარი სრულებით უმოძრაო რჩება. ყველგან, სადაც განსაზღვრა წარმოებს გამოყოფილი ან შთანთქმული იოდის საშუალებით, ეკვივალენტური წერტილის დაჭერა შეიძლება მხოლოდ ვალვანომეტრის ისრის უმოძრაობით. უნდა აღანიშნოს ისიც, რომ ისრის გადახრა გატიტვრის მსვლელობის დროს არ არის ისეთი მკაფიო, როგორც ამას ადვილი აქვს პლათინის ელექტროდის შემთხვევაში.

$\frac{\Delta E}{\Delta c}$ - სთან ფარდობა ხდება გატიტვრის მთელ მსვლელობაში თანდათანობით და სრულებით არ არის განსხვავებული. ეკვივალენტური წერტილი არა გვაქვს როგორც აღვნიშნეთ, ეკვივალენტური წერტილი ვალვანომეტრის ისრის მკვედარი მდგომარეობით და პოტენციალის დაცემის შეწყვეტით აღინიშნება.

ამგვარად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ გრაფიტის ელექტროდით მიღებული მაჩვენებლები იოდომეტრიაში არადაამაყყოფილებელია.

ჩატარებული ცდების შედეგად გამოირკვა:

1. პერმანგანომეტრიაში სწრაფად მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენითს რეაქციებში როგორც რბილი ისე მაგარი გრაფიტი დამაკმაყოფილებელ მაჩვენებლებს იძლევა. ეკვივალენტური წერტილი მკვეთრად არის გამოსახული და პოტენციალი გატიტვრის მთელ მსვლელობაში მდგრადია. კარგი შედეგები მიიღება ორვალენტოვანი რკინისა და წყალბადის ზეჟანგის პოტენციომეტრულ გატიტვრისას, მჟაუნას-მჟავას ცივად გატიტვრა შედარებით დამაკმაყოფილებელ შედეგებს იძლევა.

2. იოდომეტრიაში გრაფიტის ელექტროდის გამოყენება შეუძლებელი ხდება. აქ ვალვანომეტრის ისრის გადახრა გატიტვრის დასაწყისში, მართალია, მნიშვნელოვანია, მაგრამ ეკვივალენტურ წერტილთან მიახლოებისას ის მკვეთრად მცირდება მკვედარი წერტილის მიღებამდე.

ლიტერატურა

1. Хаопин, Потенциометр. некомпенсационное титров. в завод. лаборат.
2. Кольтгоф и Фурман, Потенц. титр. 180 (1925).
3. К. Гамсахурдия, Потенц. титров. цинка в литопоне. Диссертация (Тбил. госуд. университет).
4. Брокгаус, Энциклоп. словарь XIV, 448.
5. Техническая энциклопедия, 24, 422 (1934).
6. Материалы к изучению русс. графита. Собрание статей — Яхонтовой, Костылево Лабунд и др. 123 (1925 г.).

К. Гамсахурдия и М. Хундадзе

Применение графитового электрода в окислительно-восстановительных реакциях

Р е з ю м е

В качестве электродов были применены мины графитовых карандашей.

Изучение свойств электродов проводилось на реакциях окисления перманганатом ферро-иона, перекиси водорода, щавелевой кислоты; оказалось, что как мягкие, так и жесткие графиты могут быть применены для определения эквивалентной точки, преимущество все-же нужно отдать мягким графитам. В иодометрии получилась совершенно иная картина, тогда как в перманганометрии поведение графитовой мины мало разнится от платины.

В иодометрии электрод не дает чувствительного скачка в эквивалентной точке, а конец реакции отличается только лишь неподвижным состоянием стрелки гальванометра.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ანალიზური ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1946 VI. 5).

0. ს. ზალკინდი, ვ. ხუხია, კ. გამახაშვილი და ნ. ცაგური

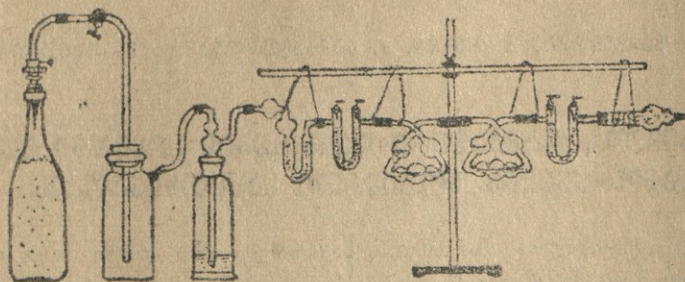
საქართველოს შამპანური ღვინოების ქიმიური ბუნების გამოკვლევის ზოგიერთი საკითხისათვის

შამპანური ღვინოების წარმოებას საქართველოში დიდი ხნის ისტორია არა აქვს, მაგრამ უკანასკნელი წლების განმავლობაში მეტად ეფექტიანად გაიშალა საქართველოს შამპანური ღვინოების წარმოების საქმე. გამოშვებული პროდუქცია თავისი ხარისხით არ ჩაშოუვარდება დიდი ხნით ცნობილ შამპანურ ღვინოებს, რაც ამჟღავნებს ადგილობრივი ნედლეულის ბაზაზე ჩვენში ამ მრეწველობის განვითარების კიდევ უფრო უკეთეს პერსპექტივას. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ, თუ ჩვენი ღვინოების მეცნიერული შესწავლა ყოველმხრივ და ფართოდ წარმოებს, შამპანურზე ეს არ შეიძლება ითქვას, მაშინ როდესაც ეს უკანასკნელი თავისი მომზადების წესის თავისებური სირთულისა და განსაკუთრებული ბუნებისა გამო მოითხოვს სისტემატურ დაკვირვებულ კვლევა-ძიებას, რაც სათანადო დახმარებას გაუწევს ამ დარგის წარმოების პრაქტიკოსებს შამპანური ღვინოების ხარისხის შემდგომი ამაღლებისათვის. წინამდებარე ექსპერიმენტული ნაშრომი წარმოადგენს ზოგიერთი საკითხის გარკვევის ცდას (მუშაობა ჩატარებული იყო საქ. შამპან-კომბინატის დავალებით).

1. შამპანურში თავისუფალი, მტკიცედ და არა მტკიცედ შეკავშირებული ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის განსაზღვრა. მუშაობის მეთოდის მდგომარეობდა შემდეგში: ყოველი ცდის დაწყების წინ იზომებოდა იმ ოთახის t° , სადაც ინახებოდა შამპანურით სავსე ბოთლები. ამის შემდეგ ბოთლებში პირველად ვსაზღვრავდით წნევას. წნევის განსაზღვრა წარმოებდა შემდეგნაირად: საცობში ვათავსებდით მანომეტრიან აფრომეტრს, ვაღებდით მის ონკანს და ვიწერდით მანომეტრის ისრის ჩვენებას. წნევა ისაზღვრებოდა შეუნჯღრველად. წნევის გაზომვის დამთავრებისას მანომეტრს ვხსნიდით და აფრომეტრის საშუალებით საკვლევ ნიმუშს ვაერთებდით ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის შთანთქმელ სისტემასთან. შამპანურიდან გამოყოფილ ნახშირმჟავა ანჰიდრიდს ვატარებდით შთანთქმელ სისტემაში ძალიან ფრთხილად, ნელი კავრით შეუნჯღრველად გაზის ბუშტუკების გამოყოფის სრულ შეწყვეტამდე.

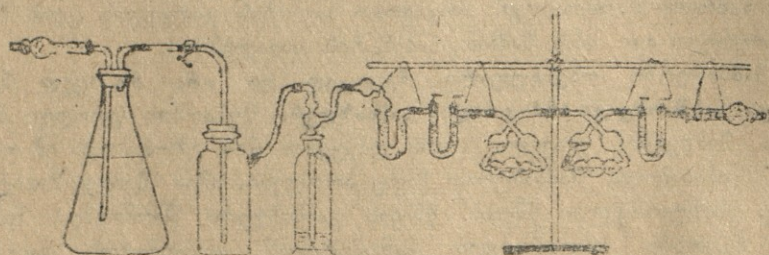
ასეთი გამოყოფა გაზისა გრძელდებოდა არა უმეტეს 1—1½ საათისა. კალიაპარატის წონის ნამატიტ ჩვენ ვანგარიშობდით თავისუფალი და აბსორბირებული ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის რაოდენობას. ამის შემდეგ ბოთლს

ფრთხილად ვანჯღრევდით და გამოყოფილ ნახშირმჟავა ანჰიდრიდს უკატარებლად იმავე სისტემაში. როცა შენჯღრევის შემდეგ საფსებით შეწყდებოდა გაზის გამოყოფა, ბოთლიდან ვხსნიდით აფრომეტრს და შამპანურს ვასხამდით ბრტყელ-ძირიან კოლბაში ორნასვრეტიანი საცობით. ერთ ნასვრეტში მილის საშუალებით ტარდებოდა წინასწარ ნახშირმჟავა ანჰიდრიდისაგან განთავისუფლებული ჰაერი. შამპანურში ჰაერის გატარებით ჩვენ ვახდენდით შიგ.



სურ. 1. თავისუფალი და აბსორბირებული ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის განსაზღვრის დანადგარის სქემა.

გახსნილ ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის გამოძევებას, რომელიც საცობის მეორე ნასვრეტში მოთავსებული მილის საშუალებით უერთდებოდა შთანთქმელ სისტემას. ამრიგად, შამპანურში არა მტკიცედ შეკავშირებულ (ე. ი. გახსნილ) ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის სრულ გამოყოფას ვალწევდით 10—12 საათის შემდეგ. თავისუფალ და აბსორბირებულ ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის განსაზღვრის შემდეგ კალიაპარატის წონის ნამატით ჩვენ ვიგებდით არამტკიცედ შეკავშირებულ (გახსნილ) ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის რაოდენობას.

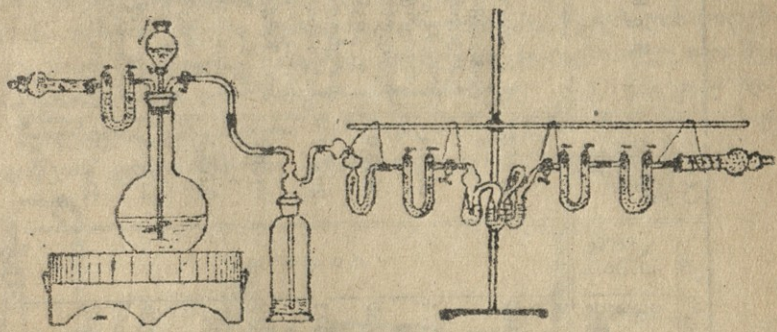


სურ. 2. არამტკიცედ შეკავშირებული ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის განსაზღვრის დანადგარის სქემა.

მტკიცედ შეკავშირებულ ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის განსაზღვრა წარმოებდა შემდეგნაირად: თავისუფალი და არა მტკიცედ შეკავშირებული ნახშირმჟავა ანჰიდრიდისაგან განთავისუფლებული შამპანურის 300—500 მლ ვასხამდით ბრტყელ-ძირიან კოლბაში, რომელსაც ჰქონდა ისეთივე ორ-ნასვრეტიანი საცობი, როგორც გახსნილი ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის გამოსაძევებლად. კოლბას ვდგამდით მღუღარე წყლის აბაზანაზე და ვაერთებდით ნახშირმჟავა ანჰიდ-

რიდის შთანთქმველ სისტემასთან. მტკიცედ შეკავშირებულ ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის განსასაზღვრავად ჩვენ გვქონდა სპეციალური დადგმულობა.

კოლბაში მოთავსებულ შამპანურს ვუმატებდით 30 — 50 მლ გოგორდ-მჟავას (1:4) ნახშირმჟავა ეთერების შესასაზღვრად, რის შემდეგაც მოვლ სისტემაში წყალჭაბრილის საქაჩავის საშუალებით გატარებდით ჰაერს, რომელიც წი-



სურ. 3. დადგმულობის სქემა ნახშირმჟავა ანჰიდრიდის სრული ეთერების განსაზღვრისათვის.

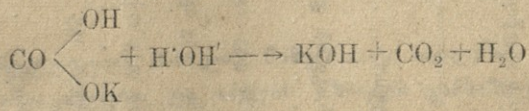
ნასწარ განთავსებული იყო ნახშირმჟავა ანჰიდრიდისაგან. ეთერების შესაზღვრად ვაწარმოებდით 2 — 3 საათი. ცდების შედეგები მოცემულია № 1 ტაბულაში.

დასკვნა

ჩატარებული ცდების შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ არამტკიცედ ან (როგორც ლიტერატურაშია ნაჩვენები) ქიმიურად შეკავშირებული ნახშირმჟავა ანჰიდრიდი შამპანურის შენახვის სხვადასხვა ხანგრძლივობასთან დაკავშირებით იძლევა მხოლოდ მცირეოდენ განსხვავებას.

ჩვენ მიერ დაშვებულ სრული ეთერების არსებობაზე შამპანურში მიღებულ იქნა უარყოფითი შედეგი, რადგან ამ ეთერების მჟავას საშუალებით შესაძენის შემდეგ მტკიცედ შეკავშირებული ნახშირმჟავა ანჰიდრიდი საკვლევ ნიმუშებში არ აღმოჩნდა.

არ არის გამორიცხული, რომ შესაძლებელია ლეინოში არსებობდეს არა სრული ეთერები, რომლებიც ადვილად იშლება შენჯღრევისა და ჰაერის გატარების დროს:



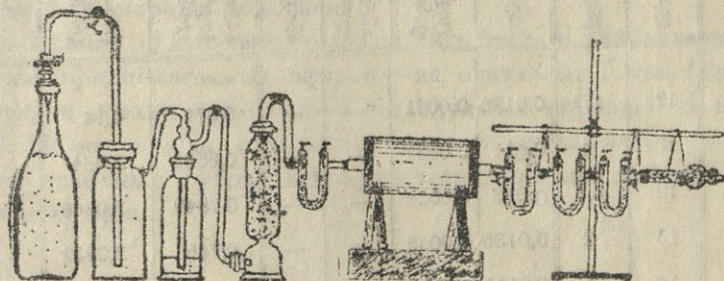
ეს საკითხი — არსებობა არასრული ეთერებისა, რომლებიც, როგორც ცნობილია, თავისუფალ მდგომარეობაში არ არსებობენ, შეიძლება გადაჭრილი იქნას მხოლოდ სპეციალური შესწავლის გზით.



ო. ს. ხალკინიძე, ე. ხუბია, ქ. გამსახურდია და ნ. ცაგურია

№	ნიმუშის სახელწოდება	ლაბორატ. №	წნევა ატმოს.			შამპანური მლ-ში	საცობაზე სიგრძე	ბოთლის საერთო მოცულობა	CO ₂ შემცველობა %			CO ₂ ის საერთო შემცვე- ლობა მლ	შ ე ნ ი შ ვ ნ ა
			შენჯღ. შემდეგ	შენჯღ. შემდეგ	შენჯღ. შემდეგ				საერთო შემცვე- ლობა	არამტკ. შენჯღ.	თავის და აბსორბ.		
1	აბრაუ-დიურსო	11	1,9	3,3	790	30	820	0,6307	0,4297	0,2100	ი ი ი ი ი ი ი ი	2387,3	<p>1 აბსორბირებული და თავისუფალი CO₂ — ეს ის რაოდენობაა, რომელიც იმყოფება გაზის კამერაში და გამოიყოფა შამპანურიდან შეუნჯღრველად.</p> <p>2. აბა მტკიცედ შეკავშირებული ნაზშირმყავა ანჰიდრიდი — ეს ის რაოდენობაა, რომელიც გამოიყოფა შამპანურიდან შეუნჯღრველად და ჰაერის გატარების შემდეგ.</p> <p>3. მტკიცედ შეკავშირებული ნაზშირმყავა ანჰიდრიდი — ეს ის რაოდენობაა, რომელიც გამოიყოფა ეთერების შესაანვის შემდეგ.</p>
2	ტ 39 წ. ნ/აგე მშ. დგვ. აგვ. 42 წ.	9	1	1,8	800	30	830	0,5542	0,4366	0,1174		2823,4	
3	ტ 39 წ. ნ/მშ დგვ. აგვ. 43 წ.	16	2	2,5	790	20	810	0,5873	0,4143	0,1730		2993,0	
4	ტ 39 წ. ნ/მს. დგვ. აგვ. 43 წ.	10	1	1,9	805	25	830	0,5155	0,4182	0,0973		2625,7	
5	ტ 42 წ. ნ/მშ. დგვ. კტ. 43 წ.	16	2	3,8	785	30	815	0,6691	0,4881	0,2310		3408,7	
6	აკროტოფიფილი, აგვ. 43 წ.	10	1	1,5	790	25	815	0,4511	0,4271	0,024		2298,1	
7	ტ 39 წ. ბრიუტი	11	2,3	1,3	785	25	810	0,6160	0,4274	0,1886		2177,4	
8	ტ 42 წ. ბრიუტი	9	1,2	1,5	790	20	810	0,4801	0,4149	0,4552		2344,0	

2. ატმოსფერული ჰაერის ჟანგბადის დიფუზია შამპანურში და მისი კურობის დადგენა შენახვის სხვადასხვა პირობებში და დამზადების ტექნიკური პროცესების დროს. იმის გამო, რომ განსაზღვრა ჟანგბადის მცირე რაოდენობისა, რომელიც შეიძლება შექონილიყო შამპანურში ბოთლის საცობიდან ატმოსფერული ჰაერის დიფუზიის შედეგად, მოითხოვდა რთულ დადგენილებას, ამიტომ ვამჯობინეთ უფრო ხელმისაწვდომი ხერხით სარგებლობა და მისი განსაზღვრა არაპირდაპირი მეთოდით, სახელდობრ, წყალბადის დიფუზიის გამორკვევა და მისი შესწავლა. საკვლევი ბოთლები მოთავსებული იყო წყალბადის ატმოსფეროში ორი თვე როგორც დაყენებულ, ისე წაქცეულ მდგომარეობაში. წყალბადის განსაზღვრა წარმოებდა ჩვეულებრივად, მისი სპილენძის ჟანგზე დაწვით ყველა ნიმუშზე ჩატარებული იყო პარალელურად ბრმა ცდა.



სურ. 4. დადგენილების სქემა წყალბადის დიფუზიის განსაზღვრისათვის

ცდები ჩატარებული იყო შემდეგ ნიმუშებში: ტ 39 წ. და ტ 42 წ. შტაბელიდან, მღვრიე. ტ 39 წ. და ტ 42 წ. ნ/ვ.
 ცდის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ წყალბადის დიფუზიას ადგილი არა აქვს.

დასკვნა

იმის გამო, რომ წყალბადი ოთხჯერ უფრო სწრაფად დიფუნდირობს, ვიდრე ჟანგბადი, ხოლო ამავე დროს ცდებმა გვიჩვენეს, რომ ორი თვის განმავლობაში საკვლევ ბოთლებში წყალბადის შექონვას ადგილი არა აქვს, შეიძლება მივიღეთ იმ დასკვნამდე, რომ შამპანურის საკვლევ ნიმუშებში ჰაერის და, ამდენადვე, არც ჟანგბადის დიფუზიას ამ ხნის განმავლობაში ადგილი არ ჰქონია.

3. შამპანურის ნედლეული მასალის ნიმუშების ანალიზი: შამპანურში საერთო, ცილოვანი, ამიაკალური და ამიდის აზოტის განსაზღვრა, აგრეთვე მქროლადი ეთერებისა და რძის მჟავასი. ვაკეთებულ იქნა ხუთი ნიმუშის ანალიზი (1937, 39, 40, 41 და 42 წლების შამპანურისა), ნიმუშები ინახებოდა წაქცეულ მდგომარეობაში 7 — 11° C-ის პირობებში. ყოველ ნიმუშში პირველად ინსაზღვრებოდა წნევა, რომელიც უდრიდა 3-დან — 5 ატმოსფერომდე. ყველა



საკვლევი ნიმუში იყო მღვრიე, ამიტომ ანალიზის დაწყების წინ ისინი იმპროვიზირებოდა.

პირველ და მეორე საკითხზე მოწაობა წარმოებდა პროფ. ო. ს. ზალკინდის მეთოდით, ხოლო ანალიზები — ა. მ. ფროლოვ-ბაგრეევის მიხედვით. აზოტის საერთო რაოდენობა ისახდებოდა კიელდალის მეთოდით, ცილოვანი აზოტი — შტუცერით, ამონიაკალური და ამიდური აზოტი — ფოლინით, მქროლადი ეთერები — ფროლოვ-ბაგრეევით, რძის მჟავა — მესლინგერით. ანალიზის შედეგები მოცემულია № 2 ტაბულაში.

ტაბულა № 2:

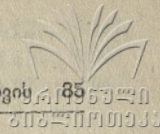
№	ნიმუშის დასახელება	ლბორ. °C	წვევა ტმ-ში	აზოტი % ში				მქროლადი ეთერები გრ-ში % ბზე	რძის მჟავა გრ-ში % ბზე	შენიშვნა
				საერთო	ცილოვანი	ამონიაკალური	ამიდური			
1	ტ 37 წ.	17	1,3	0,0126	0,0031	—	—	0,879	4,14	
2	ტ 39 წ.	12	4	0,011	0,0031	—	—	0,8536	3,584	
3	ტ 40 წ.	12	4,3	0,013	0,0029	—	—	0,7849	3,0848	
4	ტ 41 წ.	13	2	0,0136	0,0035	—	—	0,746	3,0832	
5	ტ 42 წ.	14	5	0,0115	0,00265	—	—	0,7818	3,615	

ლიტერატურა

1. А. М. Фролов-Багреев, Советское шампанское.
2. А. М. Фролов-Багреев и Г. Г. Агабальянц, Химия и методы исследования продуктов переработки винограда.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ანალიზური ჭიმის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1946. VI. 5).



Ю. С. Залькинд, В. Хухия, К. Гамсахурдия, Н. Цагурия

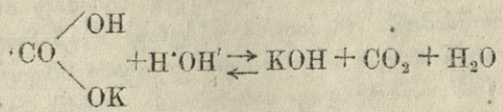
К вопросу о выяснении химической природы грузинских шампанских вин

Резюме

1. Непрочно или (как указано в литературе) химически связанный угольный ангидрид в связи с различными сроками выдержки шампанского не дает особых колебаний.

2. Прочно связанный угольный ангидрид, в результате кислотного омыления предполагаемых эфиров — не оказался. Таким образом, полных эфиров угольной кислоты в исследуемых образцах не обнаружено.

3. Не исключена возможность, что в шампанском могли присутствовать неполные эфиры, легко разлагавшиеся при взбалтывании и пропускании воздуха:



этот вопрос — присутствие неполных эфиров, как известно, в свободном виде несуществующих, может быть решен только путем специальных исследований.

4. В виду того, что водород диффундирует четыре раза быстрее кислорода, а между тем опыты показали, что за два месяца в исследуемые бутылки водород не проник, можно прийти к заключению, что в предоставленные для исследования образцы шампанского ни воздух, ни кислород за два месяца не попадает.

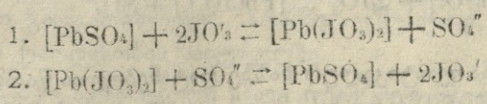
8. ხუხია

ზოგიერთ იოდატ-ნაერთთა მყარი ფაზების წონასწორული რეაქციების შესახებ*

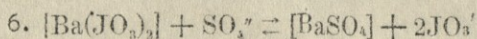
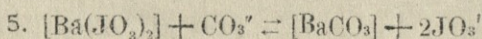
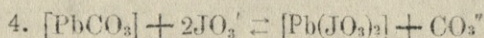
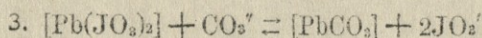
ქიმიური პროცესები, რომლებიც მყარი ფაზების მონაწილეობით მიმდინარეობს, საკმაოდ მრავალრიცხოვანია. ზოგიერთი ასეთი პროცესი საფუძვლად უდევს მორეაგირე კომპონენტის ოდენობით განსაზღვრას და, ხშირად, წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესებს. მეტად მნიშვნელოვანია მყარი ფაზების როლი გეოქიმიურ პროცესებში; მათი მონაწილეობით ხდება მრავალგვარი გარდაქმნები ბუნებაში. კერძოდ, საკმარისია დავასახელოთ ბუნებრივი წყლების გენეზისთან და მეტამორფოზაციასთან დაკავშირებული საკითხები. აქ გვერდს ვერ აგვევლით მყარი ფაზების აუცილებელ მონაწილეობას მთელ რიგ რთულ პროცესებში. ამიტომ მყარ ფაზებში მიმდინარე წონასწორული რეაქციების შესწავლა, წარმოადგენს როგორც თეორიულს, ისე პრაქტიკულ ინტერესს.

ზემოთ აღნიშნული საკითხების გადაჭრისას საჭიროა გარკვეულ იქნეს: 1) რეაქციის მიმართულება და 2) რეაქციის სიღრმე ანუ წარმართვის ხარისხი. ცნობილია, რომ წონასწორულ პროცესებში რეაქციის წარმართვის ხარისხზე წარმოდგენას წონასწორობის მუდმივა იძლევა. მყარი ფაზების შემთხვევაში, ეს უკანასკნელი რეაქციაში მონაწილე ნაღვეთა ხანადობის ნამრავლთა (L₁ ფართობით გაიანგარიშება¹ (უფრო სწორად L₁², S — სტექიომეტრიული კოეფიციენტია). მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთი გაანგარიშება მეტწილად საორიენტაციოდ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს; განსაკუთრებით კი იმ შემთხვევაში, როდესაც წონასწორობის მუდმივას მნიშვნელობა მცირე სიდიდითაა გამოხატული. თანმიმდინარე მოვლენების გამო (პიღროლიზი, გაუთვალისწინებელ ნაერთთა წარმოქმნა და სხვ.) თეორიულად გაანგარიშებული სიდიდე ხშირად არ ემთხვევა ექსპერიმენტულად მიღებულ სიდიდეს. ასეთ შემთხვევაში მხოლოდ ცდების მონაცემების მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ რეაქციის წარმართვის ხარისხის შესახებ.

ქიმიური ანალიზის პრაქტიკის ზოგიერთ საკითხებთან დაკავშირებით ჩვენ შევეცადეთ შეგვესწავლა შემდეგ იოდატ-ნაერთთა წონასწორული რეაქციები:



* მოხსენდა თ. ს. უნივერსიტეტის სამეცნიერო სესიას 1943 წლის 22 აპრილს.

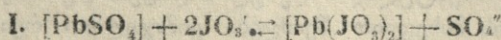


ცდები შემდეგნაირად ტარდებოდა: სარეაქციო ჭურჭელში მოთავსებულ წონას სველად, ან მშრალად, აღებულს ემატებოდა რეაგენტის ხსნარის (ჩვეულებრივად, 0,1 N კონცენტრაციის) განსაზღვრული მოცულობა, ცოტათი ნაკლები რაოდენობით, ვიდრე საჭირო იყო რეაქციის განტოლებით (რეაქციების ბოლომდე წარმართვის პირობებში). დროის გარკვეულ მონაკვეთებში ჭურჭლის შივთავის შენჯღრევას ვახდენდით ელექტრონჯღრეველის საშუალებით. უკანასკნელის ორი ბუდე იძლეოდა ერთდროულად პარალელური ცდების ჩატარების შესაძლებლობას. შენჯღრევის შემდეგ ნალექი იფილტრებოდა მშრალ ფილტრში; ფილტრატის პირველი პორცია იღვრებოდა, ხოლო შემდეგის ალიკვოტურ ნაწილში ისაზღვრებოდა მოცულობითი ანალიზის ანა თუ იმ მეთოდის გამოყენებით, შესასწავლი რეაქციის და მიხედვით, ესა თუ ის კომპონენტი (იოდატ-იონი — იოდომეტრულად, კარბონატ-იონი — აციდიმეტრულად და სხ.) ცდები ტარდებოდა ოთახის ტემპერატურაზე (18—20 გრად. ფარგლებში) და ზოგჯერ გაცხელებითაც. უკანასკნელ შემთხვევებში შენჯღრევას წყლის თერმოსტატში ვახდენდით 10 წუთის განმავლობაში.

წონასწორობის მუდმივა $K = \frac{V_1}{V_2}$, სადაც V_1 რეაქციაში შესული რეაგენტის მოცულობაა, ხოლო V_2 რეაქციაში არ შესულისა. რეაქციის წარმართვის ხარისხი ($C\%$ -ში) გაანგარიშებულია ცდით მიღებული K -ს მიხედვით —

$$C\% = \frac{100K}{K+1}$$

ქვემოთ მოყვანილია მიღებული მონაცემების ნაწილი გრაფიკულად, ან სადაც ეს აუცილებელია, ცხრილის სახით.

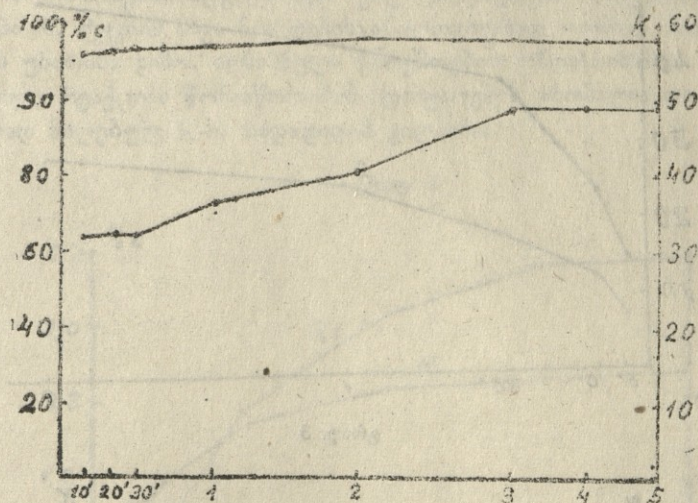


1 გრაფიკში ასახულია მიღებული შედეგები რეაქციისათვის:



(გრადიენის მარცხენა ვერტიკალურ ხაზზე დატანებულია წარმართვის ხარისხი $C\%$ -ში, მარჯვენაში წონასწორობის მუდმივა— K . პორიზანტალურ ხაზზე კი შენჯღრევის ხანგრძლივობა საათებში)

გრაფ. 1



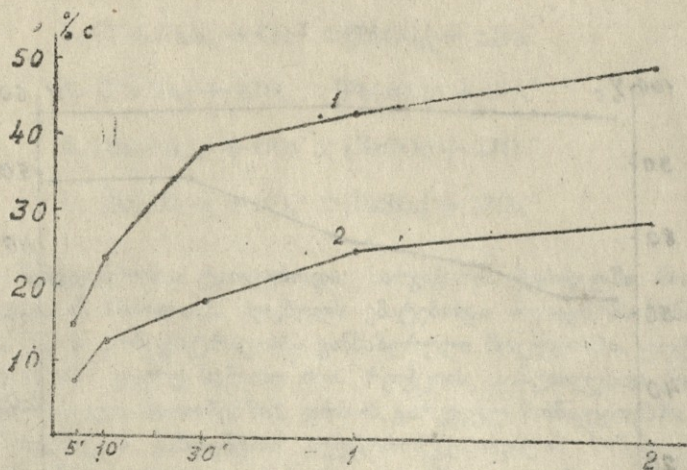
გრაფიკიდან ჩანს, რომ წონასწორული მდგომარეობა მყარდება 3 საათის შემდეგ და მუდმივა გამოიხატება სიდიდით — 49, რაც იძლევა რეაქციის წარმართვას მარცხნიდან მარჯვნივ — 98%-ით.

ამნაირად, ცდით მიღებული K-ის სიდიდე საკმაოდ დაბალია თეორიულად გაანგარიშებულს — $7,1 \cdot 10^4$, რის მიხედვითაც წარმოათვა პრაქტიკულად 100%-ს უპასუხებს.

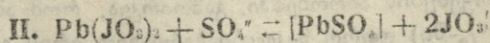
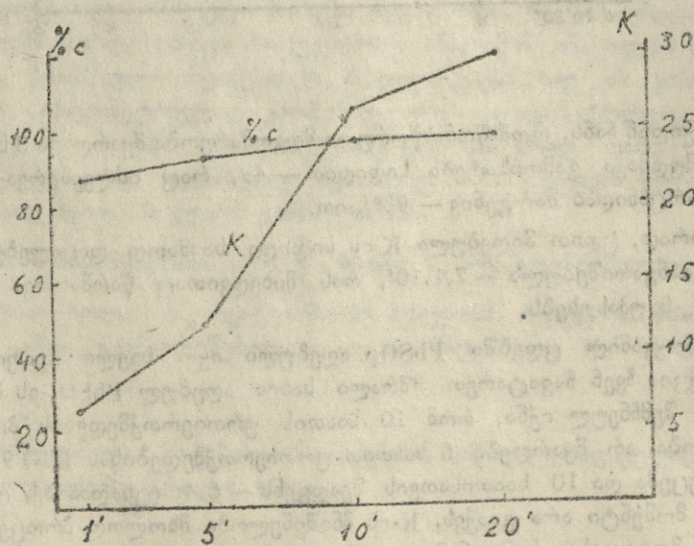
ზემომოყვანილ ცდებში $PbSO_4$ აღებული იყო სველი (ფაფის) სახით. იგივე რეაქცია ზევნ ჩვეატარეთ მშრალი სახით აღებულ $PbSO_4$ -ის მიმართ. ამ პირობებში შემჩნეულ იქნა, რომ 10 საათის ურთიერთქმედებას პირობებშიც წონასწორობა არ მყარდება 5 საათით ურთიერთქმედებისას $K = 9$, რის შემდეგ ისევ ეცემა და 10 საათისათვის შეადგენს — 6,4. (ცხადია აქ, რაკი წონასწორობის მომენტი არა გვაქვს, K-ის მნიშვნელობა მხოლოდ პროცესის დინამიკისათვის მოგვყავს). რამდენიმე ცდა ჩატარებული იყო უფრო კონცენტრული $\frac{1}{2} N KJO_3$ -ის გამოყენების პირობებში. გამოირკვა, რომ ამ შემთხვევაში რეაქციის წარმართვა (%-ში) უფრო ნაკლები ხარისხით არის გამოხატული, ვიდრე ზემოყვანილ პირობებში, რაც ნათლად ჩანს მე-2 გრაფიკზე მოცემული 1. მრუდით. მე-2 მრუდი, ამავე გრაფიკზე, გამოხატავს რეაქციის წარმართვას %-ში, არა K-ის მიხედვით გაანგარიშებულს, არამედ უშუალოდ, აღებული წონაჯის რეაქციაში შესული რაოდენობის საფუძველზე.

70° C პირობებში ჩატარებული ამავე რეაქციით მიღებული შედეგებიდან (გრ. 3) ჩანს, რომ 20 წუთის შემდეგ $K = 30$, წარმართვა %-ში კი 97-ს.

გრაფ. 2



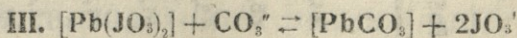
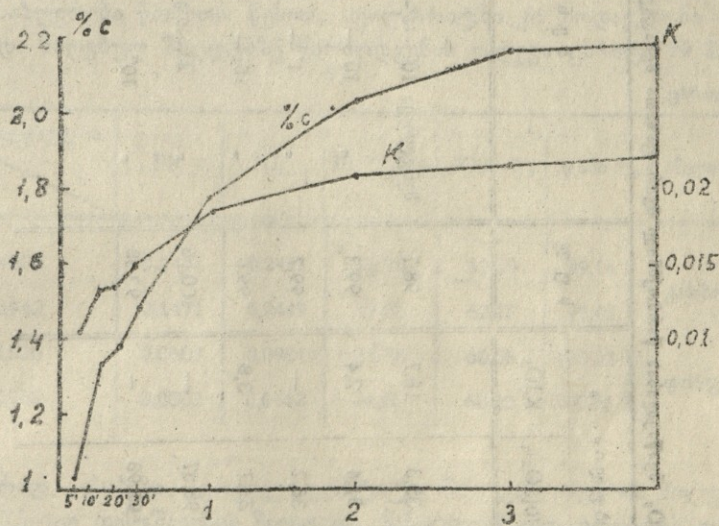
გრაფ. 3



შემდეგ ცდებში შესწავლილი იყო უკუპროცესი, რადგანაც ასეთი გზა იძლევა შესაძლებლობას შევამოწმოთ პირდაპირი პროცესის შესწავლისას მიღებული შედეგების სისწორე. წონასწორული მდგომარეობა აქ უფრო გვიან მყარდება და გამოიხატება მუდმივად სიდიდით — 0,0216, რასაც უპასუხებს 2,18%-ით რეაქციის წარმართვა (გრაფ. 4). მიღებული შედეგი საკმაოდ ეთანხმება პროცესის პირდაპირი მიმართულებით წარმართავს — 98%.

რეაქციის შემდეგ მიღებულ მყარი ფაზების (ტყვიის სულფატის და იოდატის) შემადგენლობის შესწავლის შედეგად (ცხრ. 1) გამოირკვა, რომ ზოგიერთ პირობებში ადგილი აქვს კალიუმ-იოდატის „შეკავშირებას“ ტყვიის ნალექებთან, ტყვიის სხვა ნაერთების ანალოგიურად ორმაგი მარილების წარმოქმნის უნარისა გამო. აღნიშნული გარემოებით უნდა აიხსნას, ალბათ, ზემოთ მოყვანილი რეაქციის წონასწორობის დამყარების ანომალია და საერთოდ თეორიულად მიღებულ K-ის სიდიდიდან გადახრა.

გრაფ. 4



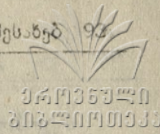
ამ წონასწორული რეაქციის შესწავლისას გამოირკვა, რომ წონასწორული მდგომარეობა 5 წუთის განმავლობაში მყარდება და პროცესი რაოდენობით ბოლომდე მიდის მარცხნიდან მარჯვნივ. თეორიული კონსტანტის სიდიდე ($K=4,24$) და წარმართვის ხარისხი (80,5%) ძალიან დაშორებულია ემპირიულად მიღებულ რიცხვებიდან. უკუპროცესს: $\text{PbCO}_3 + 2\text{JO}_3 \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{JO}_3)_2 + \text{CO}_2$ პრაქტიკულად ადგილი არა აქვს.

ჩვენ დავეყრდნით პროცესის რაოდენობით წარმართვას და დავაბუშავებთ $\text{Pb}(\text{JO}_3)_2$ -ის რაოდენობითი ანალიზის წესი, რომლის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: ტყვიის იოდატის წონაჟი მუშავდება სოდის ტიტრირებით. ხდება იოდატის სრული ჩანაცვლება კარბონატით. ცნობილი აციდიმეტრიული წესით, ფილტრატში წარმოებს იოდატის განსაზღვრა იოდომეტრიულად.

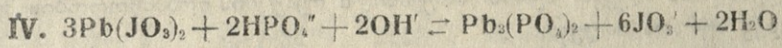
$[Pb(JO_3)_2] + SO_4^{2-} \rightleftharpoons [PbSO_4] + 2JO_3^-$ შესწავლისას წარმოქმნილ მყარ ფაზათა შემადგენლობა

№№	აღებულაა წონაკი (მყარი ფა- ზათა)	საერთო Pb	JO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	შიღებულა %			ს უ ლ	შ ე ნ ი შ ვ ე ნ ა
					PbSO ₄	Pb(JO ₃) ₂	KJO ₃		
1	0,3128	0,14.9	0,1171	0,0671	44,7	35,3	18,7	98,7	შენჯღრევა 10' — 1 — 18° C თერ. < წონაკი
2	0,3106	0,1647	0,0670	0,0754	65,5	31,4	2,4	99,3	" 10' — 70° C " V "
3	0,3780	0,2117	0,0865	0,0730	63,5	36,2	—	99,7	" 1' — 45° C " V "
4	0,3094	0,1710	0,0796	0,0607	61,1	34,7	3,8	99,6	" 10' — 18° C " V "
5	0,3014	0,1119	0,1866	0,0019	1,99	98,57	—	100,56	" 2 საათი — 18° C " " "
6	0,2877	0,1077	0,1749	0,0014	1,45	97,93	—	99,38	" 10' 45° C " V "

გ ზ ე ნ ი ა



ამავე თვალსაზრისით ჩატარებულ იქნა რამდენიმე ცდა:

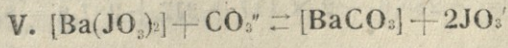


ცდებმა გვიჩვენა, რომ სათანადო პირობებში რეაქცია რაოდენობით წარიმართება მარცხნიდან მარჯვნივ. აღნიშნული რეაქციაც შეიძლება გამოყენებულ იქნას $Pb(JO_3)_2$ -ის ანალიზისათვის, რაც ჩვენ მიერ ჩატარებულ იქნა შემდეგნაირად: ტყვიის იოდატის წონას ემატება ნატრიუმ ჰიდროფოსფატის ხსნარი შენჯღრევით. მიღებული ნალექი ტყვიის ფოსფატისა, სათანადო დამუშავების შემდეგ, ისაზღვრება წონითი წესით, ფილტრატში კი იოდატ-იონი — იოდომეტრიულად. მიღებულ შედეგებზე წარმოდგენას იძლევა ცხრილი № 2.

ცხრილი № 2

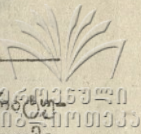
№ ცდა	მიღებულია		Pb	JO ₃ '	Pb %-ში	JO ₃ '-%	ჯამი %	ანალიზის წესი
	წონა	წონა						
1	0,4002	0,1471	0,2491	36,75	62,39	99,14	კარბონატის	
2	0,3942	0,1471	0,2449	37,31	62,12	99,43		
3	0,1526	0,0607	0,0924	39,76	60,56	100,32	ფოსფატის	
4	0,0765	0,0303	0,0462	39,67	60,38	100,81		

ამგვარად, ისახება აგრეთვე ფოსფატ-იონის განსაზღვრის მოცულობითი წესი $Pb_3(JO_3)_2$ -ით დამუშავების შედეგად; ჩანაცვლებული იოდატის იოდომეტრიულად განსაზღვრით.



ამ წონასწორული რეაქციის შესწავლისას გამოყენებული იყო 0,1N და 0,2N ნატრიუმკარბონატის ხსნარი. პირველ შემთხვევაში წონასწორული მდგომარეობა პრაქტიკულად ერთ საათში მყარდება და მუდმივა გამოიხატება სიდიდით $K=0,4$, რეაქციის წარმართვის ხარისხი — 28,6. 0,2N სოდის ხმარებისას წონასწორობა 4 საათის შემდეგ მყარდება. $K=0,965$ და წარმართვა = 48,12. 60° C-ის პირობებში აღნიშნული რეაქციის ჩატარებისას წონასწორობის დამყარებას ადგილი აქვს ორი საათის შემდეგ. $K=3,38$, რეაქციის წარმართვის ხარისხი = 77,8%.

ცდით მიღებული შედეგები, როგორც პირდაპირი ისე უკუპროცესისათვის, რომლისათვის მუდმივას მნიშვნელობა — 0,106 შეადგენს, მნიშვნელოვნად დაშორებულია თეორიულად გაანგარიშებული სიდიდეებიდან. ამის მიზეზი უთუოდ რეაქციის თანმიმდინარე პროცესებში უნდა ვეძებოთ.



თერმოდინამიკური გაანგარიშება იმ გავლენისა, რომელსაც ტემპერატურის ცვლადობა იწვევს, ზემოთ მოყვანილი რეაქციის წონასწორობის მუდმივაზე შემდეგ სურათს იძლევა:

$$\text{თეორიულად } K = \frac{LpBaCO_3}{LpBa(JO_3)_2} = \frac{1,9 \cdot 10^{-9}}{6,5 \cdot 10^{-10}} = 2,9$$

აქედან რეაქციის წარმართვის ხარისხი $C = 74,5\%$.

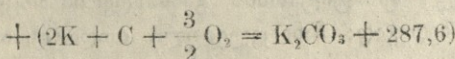
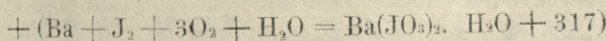
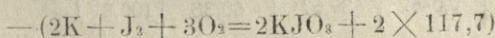
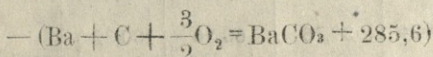
გისარგებლოთ ვანტჰოფის იზოხორის განტოლებით:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{Q(T_2 - T_1)}{RT \cdot T_2},$$

სადაც Q — რეაქციის სითბური ეფექტია, რომელიც შეიძლება გაანგარიშებულ იქნას ჰესის კანონით რეაქციაში შემავალ ნივთიერებათა სითბოს წარმოქმნით.

(KJO_3 — 117,7 კალ., K_2CO_3 — 287,6, $BaCO_3$ — 285,6, $Ba(JO_3)_2 \cdot H_2O$ — 317,0)

Q — სიდიდის გამოსაანგარიშებლად ვადგენთ განტოლებათა სისტემას:



აქედან $Q = \sum H_g = -285,6 - 2 \times 117 + 317 + 287,6 = 83$ კალ.

თუ დავუშვებთ, რომ ტემპერატურის მცირე ინტერვალში Q უცვლელია, გამოვიყენებთ თეორიული წონასწორობის მუდმივას მნიშვნელობა $100^\circ C$ ტემპერატურაზე.

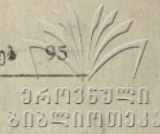
$$\lg K_{100} = \frac{83,6 \times 80}{4 \cdot 57 \cdot 293 \cdot 373} + \lg 2,9 = 0,477$$

$$K_{100} = 3,0.$$

აქედან ირკვევა, რომ ტემპერატურის გადიდებით წონასწორობის მუდმივა უმნიშვნელოდ იზრდება და სათანადოდ იცვლება რეაქციის წარმართვის ხარისხი:

$$C_{100} = \frac{100 \cdot K}{K + 1} = 75\% \text{ ნაცვლად } K - 2,9 \text{ და } C - 74,5. \text{ ასეთივე გზით}$$

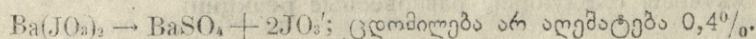
უკუპროცესისათვის ვღებულობთ: $K_{100} = 0,109$ ნაცვლად $0,106$ და $C_{100} = 10,1\%$ ნაცვლად $9,6\%$.



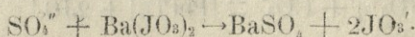
VI. $[Ba(JO_3)_2] + SO_3 \rightleftharpoons [BaSO_4] + 2JO_3'$

პროცესის წინასწარი შესწავლის შედეგად დადგინდა იქნა, რომ წონასწორულ მდგომარეობაში რეაქცია 99,3%-ით არის წარმართული. 70°-ზე წონასწორობა 10 წუთის განმავლობაში მყარდება და რეაქცია პრაქტიკულად რაოდენობით წარმართება მარცხნიდან მარჯვნივ. უკუპროცესს ადვილი არა აქვს.

ამის საფუძველზე მოწოდებულია $Ba(JO_3)_2$ -ის განსაზღვრა სქემით:



ცდებმა გვიჩვენა აგრეთვე პრინციპული შესაძლებლობა სულფატ-იონის განსაზღვრისა სქემით¹:



მუშაობაში მონაწილეობას იღებდნენ გ. სიჭინავა და თ. არეშიძე.

ლიტერატურა

1. Успехи химии Т. X, 5, 621 (1941).

იქვე 5. ტანანაევის შრომების დასახელება,

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ანალიზური ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1942. IX. 10).

¹ მუშაობის მეთოდოლოგია და მიღებული შედეგები ცალკე იქნება მოხსენიებული.

В. Л. Хухия

О равновесных реакциях с некоторыми твердыми фазами иодат соединений

Резюме

В связи с некоторыми практическими вопросами химического анализа, нами были изучены следующие равновесные реакции:

1. $[PbSO_4] + 2JO_3' = [Pb(JO_3)_2] + SO_4''$
2. $[Pb(JO_3)_2] + SO_4'' = [PbSO_4] + 2JO_3'$
3. $[Pb(JO_3)_2] + CO_3'' = [PbCO_3] + 2JO_3'$
4. $[PbCO_3] + 2JO_3' = [Pb(JO_3)_2] + CO_3''$
5. $[Ba(JO_3)_2] + CO_3'' = [BaCO_3] + 2JO_3'$
6. $[Ba(JO_3)_2] + SO_4'' = [BaSO_4] + 2JO_3'$

1. Для первой реакции равновесное состояние устанавливается через 3 часа (при $t = 15^\circ C$) и величина константы $K = 49$, что отвечает продвижению реакции на 98%. Таким образом, экспериментально полученная величина K отклоняется от теоретически рассчитанной ($7,1 \cdot 10^4$).

2. Для этого же процесса, при $70^\circ C$, после 20-минутного взаимодействия $K = 30$ а $C^0_0 = 97$.

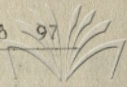
3. Для обратной реакции (2) равновесие устанавливается через 6 часов, при этом $K = 0,0216$ с продвижением процесса на 2,18%.

4. В результате анализа твердых фаз, участвующих при этой реакции, было найдено, что при некоторых условиях взаимодействия происходит „удерживание“ осадком иодата калия (см. табл. 1).

5. Константа равновесия реакции: $[Pb(JO_3)_2] + CO_3'' = [PbCO_3] + 2JO_3'$, вопреки теоретически рассчитанной величины $K = 4,24$ и $C^0_0 = 80,5$ — опытным путем было установлено, что в течении 5 мин. процесс количественно протекает слева направо. Обратный процесс практически не идет.

6. Исходя из этого разработан способ анализа иодата свинца, с замещением иодата карбонатом и с последующем иодометрическим определением иодата (табл. 2).

7. Значительное отклонение от теоретической величины дает реакция $[Ba(JO_3)_2] + CO_3'' = [BaCO_3] + 2JO_3'$, для которой равновесие устанавливается через 4 ч. при величине $K = 0,965$ и с продвижением —



48,1%. При 60° равновесие устанавливается через 2 ч., при этом $K=3,38$ и степень продвижения=77,8%.

8. Предварительным изучением реакции: $[Ba(JO_3)_2] + SO_4^{''} \rightleftharpoons [BaSO_4 + 2JO_3']$ было найдено, что при равновесном состоянии процесс сдвинут в прямом направлении на 99,3%, а при 70° равновесие устанавливается через 10 мин., практически с количественным продвижением процесса. На основании этого представляется полная возможность количественного определения иодата бария по схеме: $Ba(JO_3)_2 \rightarrow BaSO_4 + 2JO_3'$, ошибка не превышает 0,4%. Несколько опытов, проведенных с целью выяснения возможности определения сульфата иона по схеме: $SO_4^{''} + Ba(JO_3)_2 \rightarrow BaSO_4 + 2JO_3'$ указывает на принципиальную возможность таковой.

მ. შ. ციციშვილი და ი. ზ. არაგაძე

ბუნებრივი აღსორბენტების — ქართული ბენტონიტური თიხების — აღსორბციული თვისებების შესწავლა

ოკუპანულ ოკთომლთა დაჯიკა ჰაჰის ნაკადიდან

(ნ. რკვევი პირველი)

ბენტონიტური თიხების აღმოჩენა, მათი თვისებების შესწავლა და წარმოებაში დანერგვა უშუალოდ არის დაკავშირებული აკად. თვალჭრელიძის სახელთან.

1916 წელს მის მიერ ჩატარებული გეოლოგიური ძიების შედეგად აღმოჩენილ იქნა 53 საბადო, რომელთა შორისაც მარაგის მხრივ განირჩეოდა სოფ. გუმბრისა და ასკანის საბადოები [1].

გუმბრის თიხის მათეთრებელი თვისებების შესწავლისას (თვალჭრელიძე, ფილატოვი) აღმოჩნდა, რომ იგი არ ჩამოუვარდება კუნისის (ფლორიდა), ატაულგისისა და სხვა თიხებს. ამ გარემოებამ შესაძლო გახადა გუმბრის თიხის გამოყენება წარმოებაში.

გუმბრინი ეკუთვნის სუბბენტონიტური თიხების ჯგუფს, რომელიც სორბციულ თვისებებს იჩენს ბუნებრივი სახით; ასკანის თიხა კი თუმცა ამ თვისებებს ბუნებრივადაც იჩენს, მაგრამ მისი სორბციული უნარიანობა საგრძნობლად იზრდება.

მათეთრებელი თიხების აღსორბენტებად გამოყენება ხდებოდა დიდი ხნიდან მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში (ნავთის, ცხიმის, კვების და სხ.) და საწარმოებში (ფარმაცევტული, ქაღალდის, საჩაბომსხმელო და კოქსის) დიდი მასშტაბით.

ამ თიხების დიდძალი ბუნებრივი რესურსები და დიდი სიიაფე ლაპარაკობს იმის შესახებ, რომ მათი მთლიანად შეცვლა ისეთი მაღალხარისხოვანი, მაგრამ ძვირფასი აღსორბენტებით, როგორიცაა აქტიური ნახშირი, სილიკატული და სხვა, შეუძლებელია.

ნათქვამიდან ჩანს, რომ მათეთრებელი თიხების აღსორბციული თვისებების შესწავლას აქვს დიდი თეორიული და პრაქტიკული ინტერესი.

აღსორბციული თვისებების შესწავლა გაზოგანოდა ორთქლისებრი ნივთიერებების მიმართ იპყრობდა მთელ რიგ მკვლევართა ყურადღებას.

ასე მაგალითად, გურვიჩმა [2] გამოიკვლია (ექსიკატორის მეთოდით) რიგ ორგანულ ნივთიერებათა ფლორიდინით სორბცია და შესველების სიბო.



გურჯინის გამოკვლევათა შედეგები გამოისახება ასეთი ტაბულითა
 ტაბულა № 1

სორბცია და შესველების სიძობა

ნივთიერება	სორბირებული რაოდენობა წონით %-ში	შესველების სიძობა კალ-ში 1 გრამ ფლორი-დინზე
CCl ₄	100,1	4,6
CHCl ₃	92,8	—
CS ₂	78,9	4,2
H ₂ O	68,2	57,1
ძმრის თვრი	58,5	18,5
ბენზოლი	53,6	4,6
CH ₃ OH	53,0	21,8

იზომმა, ენდომ და ხუგისურემ [3] შეისწავლეს ბენზოლისა და ბენზინის ორთქლთა აღსორბცია მჟავე იაპონურ თიხაზე.

ურაზოვსკიმ და შჩერბაკმა [4] გამოიკვლიეს ბენზოლისა და წყლის ორთქლის აღსორბცია ვლადიმირის კაოლინზე და ჩასოვიარის თიხაზე.

დასახელებული მკვლევარების ნაშრომთა გარდა დიდად საყურადღებოა ალექსეევსკისა და მის თანამშრომელთა შრომები.

ალექსეევსკისა და სერებრენის [5] მიერ შესწავლილი იყო თერ-მული დამუშავების გავლენა მთელ რიგ თიხების აღსორბციულ თვისებებზე. სხვადასხვა ნივთიერებათა ორთქლისა და ქლორის მიმართ.

სითბური აქტივაციის ოპტიმალურ ტემპერატურად მიჩნეულ იქნა დაახლოებით 120°C¹. ყველაზე დიდი სტატიკური აღსორბციული აქტივობა ახასიათებთ ყირიმის კილსა და გუმბრინს.

მოგვყავს ტაბულა ალექსეევსკისა და სერებრენის ნაშრომიდან.

ტაბულა № 2

თიხების ხტარტიკური ტევადობა 20°C დროს წონით %-ში

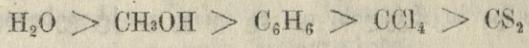
თიხების დასახელება	ბენზოლი კონცენტრაცია 86 მგ/ლ	ოთქლორ. ნაწილობრივ კონცენტრ. 44 მგ/ლ	ქლორო-ფორმი კონც. 5 მგ/ლ	გოგირდ. ნაწილობრივ კონცენტრ. 69 მგ/ლ	ეთილის სპირტი კონცენტრ. 14 მგ/ლ
ყირიმის კილი	13,7	5,0	9,0	4,7	10,5
გუმბრინი	8,07	2,6	5,3	2,5	8,16
ოკლანინის საბადო	2,83	0,5	1,1	1,3	4,2
ლატინის	2,24	0,4	1,4	1,12	2,37
ჩასოვიარის	2,07	0,2	1,6	0,50	1,4
ბობრივს	1,46	0,1	—	0,64	0,4
იზმალკოვის	1,4	0,24	0,5	0,54	0,9

ალექსეევსკისა და პლატონოვას [6] მიერ გამოკვლეულ იქნა თიხების მჟავეებით დამუშავების გავლენა მათ აღსორბციულ თვისებებზე გაზებისა და ორთქლთა მიმართ.

¹ სხვა ავტორთა გამოკვლევები (ურაზოვსკი და შჩერბაკი, ლიალინი და სხვ.) გვაძლევენ სხვანაირ ერთმანეთთან არათანხვედრულ შედეგებს, რაც უთუოდ უნდა აიხსნას სითბური დამუშავების სხვადასხვა პირობებით და ავრთვე სხვა მიზეზებით.

მათი მიხედვით ოპტიმალურ დამუშავებად მქავათი ითვლება თიხის დიდი წყლის აბაზანაში 4 საათის განმავლობაში 50% H₂SO₄ ან 20% HCl-თან. როგორც მათმა ცდებმა გვიჩვენებს, ელექტროლიზურ დამუშავებას არასდროს უპირატესობა არა აქვს.

გოგირდმქავათი გააქტივებული ყირიმის კილის, ფლორიდინის, გუმბრინისა და ლატინინის თიხების სტატიკური აქტივობა შემდეგნაირად კლებულობს:



თიხის გრავიმეტრიული სიმკვრივის შემცირებით ადსორბციული უნარობა იზრდება, გამონაკლისს შეადგენს ფლორიდინი.

ტაბულა № 3

გრავიმეტრული სიმკვრივე (ფრაქც. d = 1,5 ÷ 3 მმ)

თ ი ხ ა	გრავიმეტრული სიმკვრივე გრ/სმ ³ -ში
იზმალკოვის	1,038
ლატინინის	0,916
ჩასოვიარის	0,754
გუმბრინი	0,602
ყირიმის კილი	0,513
ფლორიდინი	0,415

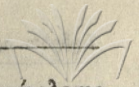
როგორც გაუაქტივებელი¹, ისე გააქტივებული თიხების გაზტევადობა უმნიშვნელოა, რასაც მქავებით დამუშავება მთელ რიგ შემთხვევებში კიდევ უფრო ამცირებს.

გარდა ამისა დასახლებულმა ავტორებმა განსახილვერეს მათი დინამიკური აქტივობა და დამკერუნარიანობა (удерживающая способность) ბენზოლის ორთქლის მიმართ. გამოიკვია, რომ ორივე ეს თვისება ბენზოლის მიმართ უმნიშვნელოა. ამ მხრივ შედარებით უკეთეს მაჩვენებლებს იძლევიან ყირიმის კილი და გუმბრინი.

სტრუქტურულ მრუდთა ანალიზით ავტორები იმ დასკვნამდის მიდიან, რომ მქავათი დამუშავება იწვევს ფორების ღიაშეტრის გადიდებას.

პოლანის თანახმად აგებული მრუდები გვიჩვენებს, რომ როგორც გააქტივებულის, ისე გაუაქტივებელი ყირიმის კილის ადსორბციული პოტენციალი უახლოვდება გელისებრ ადსორბენტთა პოტენციალს.

¹ ასეთსავე დასკვნამდე მიდის გ. ციციშვილი (გამოუქვეყნებელი შრომა)



როგორც ზოგჯერ ლიტერატურული მიმოხილვიდან ჩანს, მათეთრებელი თიხების ადსორბციული და აგრეთვე ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები შედარებით ნაკლებად არის შესწავლილი.

ჩვენ ამოცანად დავისახეთ გამოგვეკვლია ქართული მათეთრებელი თიხებისა და აგრეთვე სხვა ბუნებრივ სორბენტთა ადსორბციული და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.

ამ სამუშაოს მიზანია ქართული ბუნებრივი ბენტონიტური თიხების შესწავლა: გუმბრინის და ასკანგელის, და აგრეთვე გააქტივებული ასკანთიხის ანუ ასკანიტისა.

რადგან ადსორბენტის დინამიკური აქტივობა დაცვითი მოქმედების დროით (დრო გახტომამდე) განისაზღვრება, ამიტომ ჩვენ შევისწავლეთ დაცვითი მოქმედების დროის დამოკიდებულება ადსორბენტის შრის სიგრძისაგან.

ადსორბენტის შრის დინამიკური აქტივობა დამახასიათებელია შრის მუშაობისა, როცა ჰაეროროთქლის ან ჰაერგაზის ნარევი გადის ადსორბენტის შრეში (აირწინაღი, საარეკუპერაციო ადსორბერი). განვიხილოთ მოკლედ სორბციის დინამიკის¹ მთავარებითი სურათი: თუ d დიამეტრის ადსორბენტის მარცვლებით სავსე S განივკვეთის მქონე მილში გავატარებთ ჰაეროროთქლის ან ჰაერგაზის ნარევს V (ლიტრი, წუთში) სიჩქარითა და C_0 (მგ/ლ ან მმოლ/ლ) კონცენტრაციით მანამდის, ვიდრე ადსორბენტის შრის იქით გაჩნდებოდეს რაღაც ინდიცირებადი კონცენტრაცია C_1 , მაშინ ამ დროს, ნარევის გატარების დაწყებიდან C_1 კონცენტრაციის გაჩენამდე, დაცვითი მოქმედების დრო ანუ დრო გახტომამდე ეწოდება [время защитного действия или время до проскока]. ადვილი მისახედრია, რომ მუდმივი V, S, d და საწყის C_0 კონცენტრაციის დროს ადგილი ექნება შემდეგ თანაფარდობას:

$$C_1 = f(L, \Theta) \dots \dots (1)$$

- სადაც C_1 არის ინდიცირებადი კონცენტრაცია გახტომის მომენტში
- L „ ადსორბენტის შრის სიგრძე
- Θ „ დრო გახტომამდე

განვიხილოთ ამ თანაფარდობის კერძო შემთხვევები:

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \text{const} & \Theta &= \varphi(L) & (1, 1) \\
 L &= \text{const} & c &= \Psi(\Theta) & (1, 2) \\
 \Theta &= \text{const} & c &= \phi(L) & (1, 2)
 \end{aligned}$$

განტოლებას (1,1), რომელიც გვიჩვენებს დაცვითი მოქმედების დროის დამოკიდებულებას შრის სიგრძისაგან, ჩვეულებრივად იკვლევენ ხოლმე. მეორე განტოლება (1, 2) წარმოადგენს ე. წ. გამოსავალ მრუდს და გადმოგვცემს

¹ სორბციის დინამიკის დეტალური თეორია მოცემულია პროფ. ა. ყუხიძის შრომებში და მოყვანილი იქნება ჩვენ მიერ შემდეგში.

კონცენტრაციის ზრდას აღსორბენტის ზრის იქით დროსთან დაკავშირებით. ხოლო განტოლება (1, 3) გამოსახავს კონცენტრაციის დაცემას ზრის გასწვრივ (ფრონტული მრუდი).

შილოვის თანახმად [7] რალაც მომენტიდან დაწყებული ტლანქი მიახლოებით შეიძლება მივიღოთ, რომ ფრონტული მრუდი გადაიტანება მედნივი სიჩქარით (რომელიც განსხვავდება და ნაკლებია ჰაერორთქლის ან ჰაერგაზის ნაკადის სიჩქარეზე).

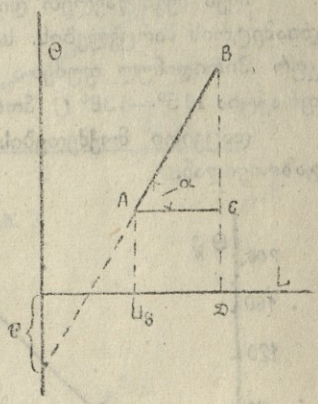
მოვლენის ამგვარი აღწერა შეესაბამება სწორბაზოვან დამოკიდებულებას $\Theta = f(L)$, მასთან შესაფერი განტოლება შემდეგი სახისაა:

$$\Theta = KL - \tau, \text{ როცა } L > L_0 \dots (2)$$

აქ

$$K = \tau g \alpha = \frac{\Delta \Theta}{\Delta L} = \frac{BC}{L_0 D}, \dots (2, 1)$$

არის ე. წ. დაცივითი მოქმედების კოეფიციენტი. სიდიდე K შეიძლება განვსაზღვროთ როგორც დრო ($\Delta \Theta$), რომელიც საჭიროა ფრონტული ხაზის წინ წასაწვეად ΔL მანძილზე; მასთან გაჯერებული იქნება აღსორბენტის $S \Delta L$ სმ³. თუ მოცულობის ერთეულის აღსორბციული ტევადობა a მგრ/სმ³-ის ტოლია, მაშინ $S \Delta L$ მოცულობის გასაჯერებლად საჭირო იქნება $S \Delta L \cdot a$ მგრ.



ნახ. 1

დროის ერთეულში ზრეში შედის $C_0 V$ მგრ/წუთ ნივთიერება და აქედან

$$\Delta \Theta = \frac{S \Delta L \cdot a}{C_0 V}, \dots (2,2)$$

ხოლო

$$K = \frac{\Delta \Theta}{\Delta L} = \frac{S a}{V \cdot C_0} = \frac{a}{\alpha C_0} \dots (2, 3)$$

აქ α არის სიჩქარე დინამიკური მილის განივკვეთის ერთეულზე. ჩვეულებრივად K სიდიდეს საზღვრავენ გრაფიკულად თანაფარდობიდან $K = \frac{CB}{AB}$; დაცივითი მოქმედების დროის განსაზღვრა ადვილია გრაფიკიდან.

* დაცივითი მოქმედების კოეფიციენტიდან გაანგარიშებული აღსორბციული ტევადობა განსხვავდება სტატიკური ტევადობისაგან. თუმცა უახლოვდება მას ზრის სიგრძის (L) გადღებისდა მიხედვით.

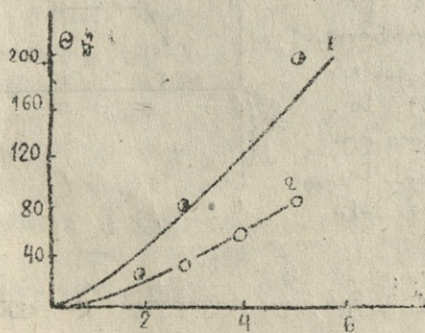
ასკანგელის დინამიკური აქტივობა პირიდინულ ფუძეთა ორთქლის მიმართ

გ. ციციშვილმა ერთ-ერთ თავის შრომაში [8] შეისწავლა პირიდინისა და ამონიაკის სორბცია წყალხსნარებიდან, სადაც ნაჩვენებია იყო, რომ ასკანიტი შედარებით კარგ სორბენტს წარმოადგენს ორივესათვის.

დიდად საინტერესო იყო აგრეთვე სორბციის შესწავლა ორთქლისებრი ფაზიდან, რაც ჩატარებულია ჩვენ მიერ ამ შრომაში.

ჩვენ შევისწავლეთ დინამიკური აქტივობა ბუნებრივი ასკანგელისა 1—2 მმ დიამეტრის მარცვლების სახით. პირიდინული ფუძეები მიღებულ იქნა ტექნიკურ პირიდინულ ფუძეთა გამოხდით, მასთან გამოსაკვლევად შერჩეულ იქნა ფრაქცია 115°—138° C შორის.

დაცვითი მოქმედების დროს ვსაზღვრავდით როგორც საშუალოს ორი გაზომვიდან.



ნახ. 2

№ 1 ნახაზზე მოყვანილია ჩვენი გაზომვების შედეგები.

№ 1 მრუდი გვიჩვენებს დაცვითი მოქმედების დროის (Θ) დამოკიდებულებას შრის სიგრძისაგან (L)¹ 7° C, 3 მგრ/ლ კონცენტრაციისა და $0,32 \frac{\text{ლ/სმ}^2}{\text{წთ}}$ სიჩქარის დროს.

№ 2 მრუდი აგებულია 20° C, 3,5 მგრ/ლ კონცენტრაციისა და $0,55 \frac{\text{ლ/სმ}^2}{\text{წთ}}$ სიჩქარის დროს.

დინამიკური აქტივობა ბენზოლის ორთქლის მიმართ

ზნიშვნელოვან ინტერესს შეადგენს ჰაერ-მშრალი და თერმულად დამუშავებული ნიმუშების დინამიკური აქტივობის შედარება.

როგორც ცდებმა გვიჩვენებს, ასკანგელის, გუმბრინისა და ასკანიტის² ჰაერ-მშრალი ნიმუშების დინამიკური აქტივობა ($d=1$ — 2 მმ; $d=2$ — 3 მმ) პრაქტიკულად ნულის ტოლია.

შემდეგში ჩვენ ნიმუშებს ვაშრობდით თერმოსტატში 100° — 120°-ზე 4 საათის განმავლობაში.

¹ აღნიშვნები შემდეგ ნახაზებშიც ასეთივეა.

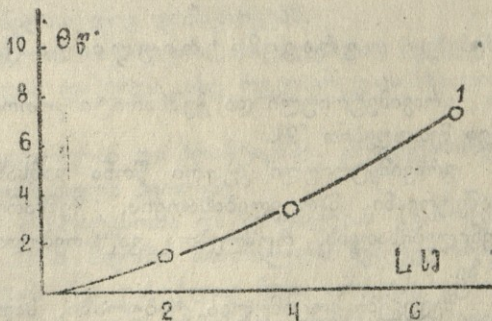
² ამჟამად ჩვენ ვაწარმოებთ ამ საკითხის უფრო დეტალურ დამუშავებას, რომლის შედეგები იქნება გამოქვეყნებული უახლოეს დროში.

ასეთი თერმული აქტივაცია საგრძობლად აღიდეგს დინამიკურ ბას ბენზოლის ორთქლის მიმართ.

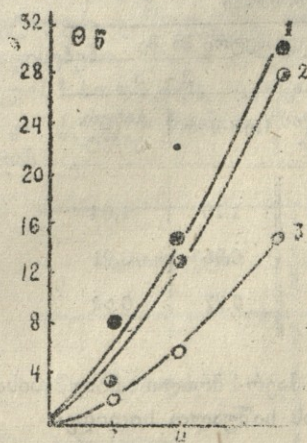
გაზომვის შედეგები მოყვანილია 2, 3 და 4 ნახაზზე.

ყველა გაზომვის დროს ჰაერ-ორთქლის სიჩქარე შეადგენდა $0,5 \frac{\text{ლ/სმ}^2}{\text{წუთში}}$.

მ რ უ დ ი 1: ბენზ. კონც. 10,8 მგ/ლ
ტემპერატურა 24°C
მარცვ. დიამ. 2-3 მმ



ნახ. 3

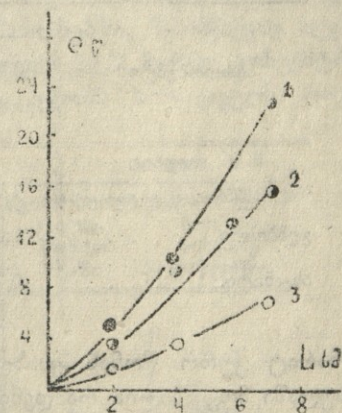


ნახ. 4

მ რ უ დ ი 1: $C = 6,9$ მგ/ლ $t = 31,5^{\circ}\text{C}$
 $d = 1 \div 2$ მმ

მ რ უ დ ი 2: $C = 6,3$ მგ/ლ $t = 27^{\circ}\text{C}$
 $d = 1 \div 2$ მმ

მ რ უ დ ი 3: $C = 12,7$ მგ/ლ $t = 29^{\circ}\text{C}$
 $d = 1 \div 2$ მმ



ნახ. 5

მ რ უ დ ი 1: $C = 5,9$ მგ/ლ $t = 28^{\circ}\text{C}$
 $d = 1 \div 2$ მმ

მ რ უ დ ი 2: $C = 9,2$ მგ/ლ $t = 25^{\circ}\text{C}$
 $d = 1 \div 2$ მმ

მ რ უ დ ი 3: $C = 12,4$ მგ/ლ $t = 30^{\circ}\text{C}$
 $d = 1 \div 2$ მმ

როგორც ჩვენი გაზომვებიდან¹ ჩანს, ბენტონიტური თიხების სხვადასხვა ნიმუშების — გუმბრინის, ასკანგელის და აგრეთვე გააქტივებული ასკანთიხის

¹ სხვა ავტორთა გაზომვებთან თანახმობით.

ანუ ასკანიტის — დინამიკური აქტივობა ბენზოლის ორთქლის მიმართ შედარებით მცირეა, ხოლო პირიქით ფუძეების ორთქლი საგრძნობლად უფრო აქტიურად ბირდება. დამჭერუნარიანობის თვისობრივმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ თინა ბენზოლს იჭერს შედარებით სუსტად. ეს საკითხი მოითხოვს უფრო დეტალურ შესწავლას, რაც ამჟამად წარმოგვს.

გრაფიმეტრიული და ქეშმარიტი წონა

გრაფიმეტრიული და ქეშმარიტი კუთრი წონები ისაზღვრებოდა ჩვეულებრივ მეთოდებით [9].

გრაფიმეტრიული კუთრი წონა განსაზღვრულ იქნა 1 — 2 და 2 — 3 მმ² დიამეტრის მარცვლებისათვის. ქეშმარიტი კუთრი წონა კი — წვრილი ფხვნილებისათვის, რომლებიც გატარებული იყო საცერში 6.400 ნახვრეტით სმ² ზე.

შედეგები მოცემულია ტაბულაში, სადაც მოყვანილია სამი გაზომვის საშუალო სიდიდენი.

ტაბულა № 4

გრაფიმეტრ. კუთრი წ. (d) გრ/სმ²-ში

ადსორბენტი	მარცვლ. დიამეტრი მმ. ში			
	1 — 2		2 — 3	
	ჰაერ-მშრ.	გაზურ. გააქტ.	ჰაერ-მშრ.	გაზურ. გააქტ.
ასკანგელი	1,08	1,05	1,10	1,04
გუმბრანი	1,00	0,90	0,95	0,91
ასკანიტი	0,75	0,67	0,77	0,62

ქეშმარიტ კუთრი წონას ვსაზღვრავდით ჰაერ-მშრალი ნიმუშებისათვის. № 5 ტაბულაში მოყვანილია რამდენიმე გაზომვის საშუალო სიდიდე:

ტაბულა № 5

ქეშმ. კუთრი წონა (d)

ადსორბენტი	კუთრი წ. გრ/სმ ² -ში
ასკანგელი . . .	1,98 ± 0,05
გუმბრანი . . .	2,15 ± 0,05
ასკანიტი . . .	2,19 ± 0,05

¹ მხედველობაში გვაქვს ჰაერ-მშრალი და გაზურებით გააქტივებული ნიმუშები,

მქროლად გამხსნელთა რეკუპერაცია

მქროლადი გამხსნელებს (ბენზოლი, სპირტი, ეთერი, CS₂ და სხ.) ფართო გამოყენება წარმოების ისეთ დარგებში, როგორიცაა ხელოვნური აბრეშუმის, თოფისწამლის, კაუჩუკისა და სხ. წარმოება, და მათ გამოყენებასთან დაკავშირებული პროცესები იწვევენ ამ გამხსნელთა დიდ დანაკარგებს.

დასახელებულ ძვირფას გამხსნელთა დაკარგვის ასაცილებლად იყენებენ მქროლად გამხსნელთა ჰაერის ნაკადიდან დაქერის ანუ რეკუპერაციის სხვადასხვა ხერხს [10].

რეკუპერაციის ერთ-ერთ რენტაბელურსა და პრაქტიკაში საყოველთაოდ მიღებულ მეთოდს წარმოადგენს ადსორბციული მეთოდი.

ამ მეთოდს აქვს მთელი რიგი უპირატესობა და საშუალებას გვაძლევს დავიჭიროთ მქროლადი გამხსნელები მათი ჰაერში მინიმალური შემცველობის დროსაც კი. ამა თუ იმ ადსორბენტის შესაფასებლად მისი სარეკუპერაციო საქმეში გამოყენების თვალსაზრისით საჭიროა ადსორბენტის სორბციული თვისებების შესწავლა დინამიკურ პირობებში.

ჩვენ არ შევდივართ აქტიური ნახშირისა [11] და სილიკაგელის¹ თვისებების დეტალურ განხილვაში, აღენიშნავთ მხოლოდ, რომ ნახშირის ადსორბციულ თვისებები, მცირე კონცენტრაციის პირობებში, შესამჩნევად აღემატება სილიკაგელის² სორბციულ თვისებებს [11]. თვით 21,2 მგრ/ლ კონცენტრაციის დროსაც კი აქტიური ნახშირი საგრძნობლად სჯობს სილიკაგელს, რაც ჩანს ტაბულურიდან³.

ტაბულა № 6

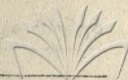
ადსორბენტი	ბენზოლის კონცენტრ. მგრ/ლ-ში	ადსორბირებ. რაოდ. წონით %-ში	ჰაერ-ორქლის ნარევის სიჩქარე ლ/წუთში
აქტ. ნახშირი	21,2	27,3	0,45
სილიკაგელი	21,2	5,6	0,45

ჩვენი გაზომვებიდან მიღებული მონაცემები საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ საორიენტაციო შედარება ჩვენი ნიმუშების ადსორბციული თვისებებისა სილიკაგელთან (ტაბულაში № 7) ბენზოლის ორთქლის მიმართ.

¹ რეკუპერაციის საქმეში გამოსადეგ ძირითად ადსორბენტებს წარმოადგენენ აქტიური ნახშირი და სილიკაგელი.

² სილიკაგელს იყენებენ მაშინ, როცა დანაკარგის კონცენტრაცია 20—30 მგრ/ლ-ზე ნაკლები არ არის. აქტიური ნახშირის გამოყენება კი რენტაბელურია 2—3 მგრ/ლ კონცენტრაციის დროსაც კი.

³ ამოღებულია ალექსანდრის სტატიიდან [11].



აღსორბენტი	ბენზ. კონც. მგ/ლ-ში	ტემპ-რა	მარცვლების დიამ. მმ-ში	ჰაერ-ორთ- ქლის ნარევის სიჩქარე ლ/სმ ² წუთ	აღსორბირებ. რაოდ-ბა წონით %-ში
ასკანგელი 120	10,8	24°	2-3	0,5	0,3
ფუშბორნი 120	12,7	29°	1-2	0,5	0,5
ასკანიტი 120	12,3	30,5°	2-3	0,5	1,3
" 120	9,2	25°	1-2	0,5	2,3

სილაკაგელისა და ჩვენი ნიმუშებისათვის შესადარ მონაცემთა უქონლობის მიუხედავად შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ქართული ბენტონიტური თიხების ზემოხსენებული ნიმუშები თავიანთი აღსორბიკული თვისებებით ძალიან არ განირჩევიან სილაკაგელისაგან (ჩვენ ხელთ არსებული მონაცემების მიხედვით). ნიმუშების ერთმანეთთან და სილაკაგელთან შესადარებლად საჭიროა გვექონდეს თანაბარ პირობებში ჩატარებულ გაზომვათა შედეგები.

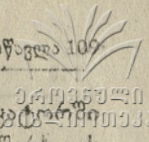
ექსპერიმენტული ნაწილი

პირიდინული ფუძეებისა და ბენზოლის ორთქლთა დინამიკური აქტივობის შესწავლა წარმოებდა დუბინინის, ტოროპოვისა და ჩმუტოვის ხელსაწყით. გასუფთავებული (აქტიური ნახშირით) და სინესტისგან განთავისუფლებული — CaCl₂ და H₂SO₄-ით — ჰაერი ერეოდა სარევი გამოსაკვლევ ორთქლს. განსაზღვრული კონცენტრაციის ჰაერ-ორთქლის ნარევი მიდიოდა თიხის შემცველ დინამიკურ მილში, საიდანაც ნაკადი მიემართებოდა ინდიკატორში ე. წ. ვახტომის სარევისტრაციოდ.

პირიდინის ფუძეებისათვის გამოსადეგი ინდიკატორის მოსამზადებლად ვიქცეოდით შემდეგნაირად: ვიღებდით 2—3 მილ-ლიტრ 0,1% მეთილორანჯის ხსნარს და ვურევდით 0,5 ლ წყალს, შემდეგ ვუმატებდით 1—2 მილი-ლიტრ FeCl₃-ის 0,04% ხსნარს; მიღებული ხსნარი უნდა იყოს ნარინჯისფერი. ინდიკატორის მგრძობიარობა შეიძლება იცვლებოდეს კომპონენტთა თანაფარდობის მიხედვით.

ბენზოლის ორთქლისათვის გამოცდილ იქნა ორი ინდიკატორი: ერთი ალ-წერილი აქვს ალექსეევსკის [9], ხოლო მეორეს იყენებდნენ ალექსეევსკი და კრასაინი [12]. ჩვენ ავიღეთ მეორე — მეტი მგრძობიარობის გამო. ფხვნილისებრ ნიმუშებს ვწინებდით ტაბლეტებად ხელის წნეხით. ტაბლეტებს ვაწვრილ-მანებდით და გამოსაკვლევად ვიღებდით 1 ÷ 2 და 2 ÷ 3 მმ მარცვლებს.

თიხების დინამიკური აქტივობის გამოსაკვლევად ბენზოლის ორთქლის მიმართ, მარცვლოვანი თიხის ნიმუშებს ვახურებდით თერმოსტატში 110°—120°-ზე 4 საათის განმავლობაში.



ნიმუშებს ჰერმეტიულად დახურული ჟურკლით ვინახავდით ექსიკატორში $CaCl_2$ -ზე. დინამიკურ მილში თიხის მარცვლებს ვათავსებდით სწორი შერხევის პირობებში.

დსასრულ, მადლობას ვუძღვნით აკად. ა. თვალჭრელიძეს და პროფ. ს. ფილატოვს გამოსაკვლევი ობიექტების მოწოდებისათვის.

ლიტერატურა

1. Бентонитовые глины Грузинской ССР, Тбилиси 1941. Неметаллические ископаемые: т. 4. Москва, Ленинград 1941.
2. Гурвич: Журн. Русск. Х. О. 47, 805, 1915.
3. Isobe, Endo и Нибисуге: Chem. Z. VI, 3, 1669, 1929.
4. Уразовский и Щербак: Укр. Хим. Ж. 3, 1933.
5. Алексеевский и Серебряный: Ж. Прикл. Х. 10, 787, 1937.
6. Алексеевский и Платонова: Ж. Прикл. Х. 12, 1357, 1939.
7. Шилов, Вознесенский, Ленин: Ж. Р. Ф. Х. О. 61, 1107, 1929.
8. Цицишвили: Труды Тбилиси. Х. Инст-та т. IV, 181, 1941.
9. Кржиль, Исследование и оценка технич. адсорбционных веществ. Кокс и Химия-1933.
Алексеевский, Белоцерковский и Плачевов, Практические работы по химии защиты, стр. 79, 1940.
10. Пиатти, Рекуперация летучих растворителей.
Дубинин, Физико-химич. основы сорбционной техники, Химиздат 1935.
Алексеевский, Курс химии защиты, т. I, 1935.
Пужай: Жур. Хим. пром. 20, 21, 23, 1931; 8, 1932.
11. Кауш, Активные угли. Госхимиздат 1933.
Кауш, Отбеливающие вещества. Нефт. изд-во, 1929.
Алексеевский, Белоцерковский и Плачевов: Ж. Х. Пром. 2, 56-1934.
12. Алексеевский и Красавин: Ж. Хим. Пром, 12, 838, 1935.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ფიზიკური ქიმიის კათედრა



Г. В. Цицишвили и И. З. Аревадзе

Исследование природных адсорбентов — грузинских бентонитовых глин

I Извлечение органических паров из потока воздуха

Резюме

Предыдущее исследование адсорбции пиридина и аммиака из водных растворов [8] асканитом (асканская глина, активированная серной кислотой) показало, что последний является хорошим адсорбентом для пиридина и аммиака.

В данной работе была исследована динамическая активность природного аскангеля по парам пиридиновых оснований (фракция 115—138°), а также природных и термически активированных (нагревание в течение 4-х часов при 110°—120°) образцов асканита, аскангеля и гумбрина по парам бензола.

Как показали опыты, динамическая активность природного аскангеля по парам пиридиновых оснований значительна. Динамическая активность по парам бензола термически активированных аскангеля, гумбрина и асканита мала, а природных образцов практически равна нулю.

Обсуждён вопрос рекуперации паров пиридиновых оснований и бензола бентонитовыми глинами.

გ. ვ. ტიციშვილი და ი. ზ. არევაძე

ბუნებრივი ადსორბენტების — ქართული ბენტონიტური თიხების — გამოკვლევა

ორგანულ ორთქლთა დაბარა ჰაერის ნაკადიდან

(ნარკვევი მეორე)

წინა შრომაში [1] ჩვენ გამოვიკვლიეთ ქართული ბენტონიტური თიხების დინამიკური აქტივობა ბენზოლისა და პირიდინულ ფუძეთა ორთქლის მიმართ. პირიდინული ფუძეების მიმართ გამოკვლეულ იქნა მხოლოდ ბუნებრივი (ჰაერ-მშრალი) ასკანგელი.

ამ შრომაში ჩვენ ამოცანად დავისახეთ შეგვესწავლა ასკანგელის, გუმბრინისა და ასკანიტის როგორც ჰაერ-მშრალი, ისე თერმულად გააქტივებული ნიმუშების ადსორბციული თვისებები პირიდინული ფუძეებისა და ბენზოლის ორთქლის მიმართ.

როგორც წინა შრომაში იყო ნაჩვენები (სხვა მკვლევართა მონაცემების თანახმად), ჰაერ-მშრალი ნიმუშების გახურება 4 საათის განმავლობაში 110° — 120° დროს აღიღებს მათ დინამიკურ აქტივობას ბენზოლის ორთქლის მიმართ.

აღნიშნულ პირობებში გახურება იწვევს წყლის დაკარგვას, რაც ჩანს № 1 ტაბულიდან.

როგორც ცნობილია მოცემულ პირობებში აღგილი აქვს უმთავრესად სორბირებული წყლის დაკარგვას [2].

ტაბულა № 1

ადსორბენტი	ასკანგელი	გუმბრინი	ასკანიტი
წყლის დაკარგვა წონით % -ში	8,95	11,08	19,15

1. გამოკვლევა პირიდინული ფუძეების მიმართ

ა) დინამიკური აქტივობა

ბენტონიტური თიხების ჰაერმშრალი და გააქტივებული ნიმუშების დინამიკური აქტივობა პირიდინული ფუძეების მიმართ (ფრაქცია 115° — 138°) ჩვენ შევისწავლეთ წინა შრომაში აღწერილ დანადგარზე [1].



კდის შედეგები მოცემულია № 2 ტაბულაში, სადაც სორბციენტის მნიშვნელობა მიიღება დინამიკური მილის ნამატის გაყოფით სორბენტის წონაზე.

ტაბულა № 2

დინამიკური აქტ-ბა პერიდინულ ფუძეთა მიმართ

$$t^{\circ} = 12^{\circ}, d = 1 - 2 \text{ მმ}, L = 40 \text{ მმ}, c = 18 \text{ მგრ/ლ}, v = 0,5 \text{ ლ/მ}^2 \text{ წუთ.}^1$$

ა დ ს ო რ ბ ე ნ ტ ი	აღსორბ. წონა	დაცვ. მოქმ. დრო	დინამ. მილის ნამატი შგარ-ში	სორბირებ. ნივთ-ბის რაოდ-ბა წონით %-ში
ასკანგელი ბუნ.	10,39	17'	227	2,17
„ გააქტ. თერმ.	9,76	8'20"	212	2,07
გუმბრინი ბუნ.	9,00	23'	320	3,56
„ გააქტ. თერმ.	8,43	17'	361	4,28
ასკანიტი.	6,55	45'	610	9,3
„ გააქტ. თერმ.	6,23	51'	1,275	20,4

№ 2 ტაბულა გვიჩვენებს, რომ გუმბრინისა და ასკანგელის თერმული დამუშავება იწვევს მათი დინამიკური აქტივობის შემცირებას, ხოლო ასკანიტის შემთხვევაში კი ელემენტობით ასეთის გადიდებას.

ამგვარი მოვლენის მიზეზთა გარკვევა მოითხოვს უფრო დეტალურ შესწავლას.

საერთოდ უნდა აღინიშნოს ასკანიტის სხვა თიხებთან შედარებით დიდი დინამიკური აქტივობა. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ასკანიტის დინამიკური აქტივობა პერიდინულ ფუძეთა მიმართ საგრძნობლად არ ჩამორჩება აქტიური ნახშირის დინამიკურ აქტივობას.

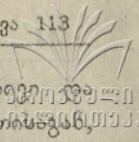
ბ) შესველების სითბო

შესველების სითბო ჩვენ განვსაზღვრეთ ბერლ-ანდრესის მიახლოებითი მეთოდით [3]; № 3 ტაბულაში მოგვყავს ორი გაზომვის საშუალო სიდიდენი.

ტაბულა № 3

ა დ ს ო რ ბ ე ნ ტ ი	ტემპერატ. აწვევა ცელს. გრადუსებში	
	ბუნებრ.	გააქტ.
ასკანგელი	1,00	0,80
გუმბრინი.	1,00	0,95
ასკანიტი.	1,30	1,75
აქტ. ნახშირი	—	1,80

¹ აქ L — არის შრის სიგრძე, d — მარცვლის დიამეტრი, v — სიჩქარე, c — კონცენტრაცია.



როგორც ტაბულიდან ჩანს, ასკანგელისა და გუმბრინის ბუნებრივი თერმულად დამუშავებული ნიმუშები მცირედ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, ხოლო ასკანიტის თერმულად გააქტივებული ნიმუში გვაძლევს შესველების უფრო დიდ სითბოს, ვიდრე მისივე ჰაერმშრალი ნიმუში. ყველა ეს ციფრი საორიენტაციოა, მაგრამ შინც საშუალებას გვაძლევს ვთქვათ, რომ პირიდინული ფუძეებით შესველების სითბოს მხრივ ბენტონიტური თიხები და განსაკუთრებით ასკანიტი უახლოვდებიან აქტიურ ნახშირს (ნახშირი თიხების მსგავსად აგრეთვე იყო გახურებული 4 ს. ვანმ-ში 110° — 120° დროს).

2. გამოკვლევა ბენზოლის ორთქლის მიმართ

ა) დინამიკური აქტივობა ჰაერმშრალი და თერმულად დამუშავებული ნიმუშებისა

წინა შრომაში ნაჩვენებია იყო, რომ ჩვენ მიერ შესწავლილი ბენტონიტური თიხების ჰაერმშრალი ნიმუშების დინამიკური აქტივობა ბენზოლის ორთქლის მიმართ პრაქტიკულად ნულის ტოლია. ამ საკითხის დასაზუსტებლად ჩვენ შევისწავლეთ ჰაერმშრალი ნიმუშების დინამიკური აქტივობა თანაბარ პირობებში; ამას გარდა ვწონიდით დინამიკურ მილს ცუდის დასაწყისში და სორბენტის დინამიკურ პირობებში გაჯერების შემდეგ. შედეგები მოცემულია № 4 ტაბულაში.

ტაბულა № 4

$L = 50$ მმ, $d = 2 + 3$ მმ, $v = 0,62$, $t = 19^\circ$, $c = 19$ მგ/ლ

აღსორბენტი	დაცვ. მოქმედ. დრო წამებში	დინამ. მილის წონის ნაბატი მგ-ში
ასკანგელი	15"	— 8
გუმბრინი	20"	— 3
ასკანიტი	45"	— 16

როგორც ჩანს, დინამიკური აქტივობა უმნიშვნელოა და დინამიკური მილის წონის მომატების მაგიერ ადგილი აქვს მის დაკლებას, ალბათ, მშრალი ჰაერის ნაკადის მიერ წყლის წარტაცების გამო.

ამგვარადვე იქნა გამოკვლეული თერმულად დამუშავებული გააქტივებული ნიმუშები. აღსორბენტის შრის დინამიკურ პირობებში გაჯერების შემდეგ მილში ვატარებდით ჰაერს იმავე სიჩქარით; გამოსულ ჰაერს ვუშვებდით ინდიკატორში და 10 წუთის განმავლობაში ჰაერის ვატარების შემდეგ მილს ვწონიდით. ინდიკატორის შეფერვას ვამჩნევდით 2 — 3 წუთში.

შედეგები მოცემულია № 5 ტაბულაში.



ტაბულა № 5
სტატისტიკა

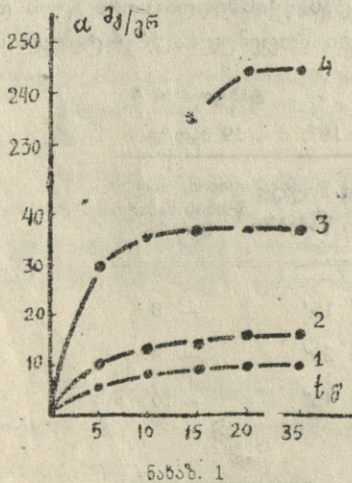
$L=50$ მმ. $d=2-3$ მმ. $v=0,62$ ლ/წ სმ³-ზე. $t=21^{\circ}$. $c=23$ მგრ/ლ

ა დ ს ო რ ბ ე ნ ტ ი	დაცვიით მოქმედ. დრო	დინამ. მილის წ. ნაბატი	სორბ. ნივთ. რაოდენობა წონით %-ში	დესორბცია მგრ-ში 10 წუთ. განმ-ში
ასკანგელი გააქტივებული	2'	45	0,32	5
გუმბრინი „	2' 10"	43	0,41	5
ასკანიტი	4' 43"	111	1,37	3

დესორბციის დროს წონის დაკლება 10 წუთის განმავლობაში შეადგენს 3-5 მგრ.

ბ) შესველების სითბო

ჩვენ განსაზღვრეთ თერმულად დამუშავებული ნიმუშების ბენზოლით შესველების სითბო; ცდის შედეგები მოცემულია № 6 ტაბულაში.



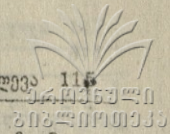
ნახაზ. 1

ტაბულა № 6 შესველების სითბო	
ა დ ს ო რ ბ ე ნ ტ ი	ტემპერატ. აწვეა ცელს. გრად-ში
ასკანგელი	0,28
გუმბრინი	0,40
ასკანიტი	0,88
აქტ. ნახშირი	1,60

როგორც № 6 ტაბულიდან ჩანს, ასკანგელისა და გუმბრინის ბენზოლით შესველების სითბო ნაკლებია ასკანიტისაზე. საერთოდ კი ბენტონიტური თიხების შესველების სითბო მნიშვნელოვნად ჩამორჩება აქტიური ნახშირის შესველების სითბოს.

გ) ადსორბციისა და დესორბციის კინეტიკა და სტატიკური აქტივობა

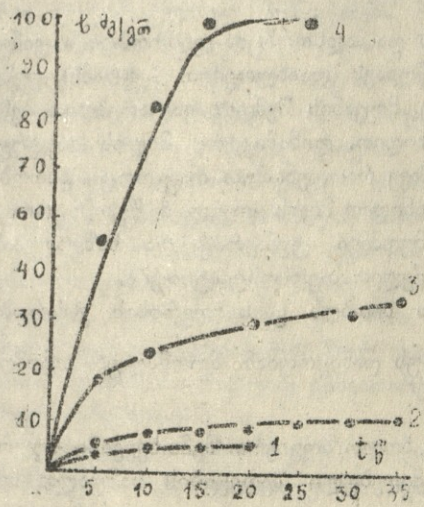
შესწავლილ იქნა ადსორბცია-დესორბციის კინეტიკა და სტატიკური აქტივობა ასკანგელის, გუმბრინისა და ასკანიტის თერმულად დამუშავებულ ნიმუშებზე ბენზოლის ორთქლის მიმართ. ცდის შედეგები წარმოდგენილია მრუდე-



შით, სადაც ადსორბციის შემთხვევაში ორდინატის ღერძზე გადაზომილია სორბირებული ნივთიერების რაოდენობა — a მგრ/გრ-ზე, ხოლო დესორბციის შემთხვევაში, დესორბირებული ნივთიერების რაოდენობა — b მგრ-ში/გრ-ზე.

როგორც ადსორბციის მრუდებიდან ჩანს, ძირითადი პროცესი სორბციისა მიმდინარეობს 15—20 წუთს, ასე რომ არსებობს ანალოგია აქტიურ ნახშირთან¹, რომელიც გამოკვლეულ იქნა შედარების მიზნით.

ადსორბირებული ნივთიერების ძირითადი მასა თიხების შემთხვევაში დესორბირდება 10—15 წუთის განმავლობაში. როგორც მრუდებიდან ჩანს, აქ მფლავნდება არსებითი განსხვავება აქტიურ ნახშირსა და თიხებს შორის. მაშინ როდესაც ნახშირისაგან ზენს შემთხვევაში დესორბირდება შთანთქმული ნივთიერების დაახლოებით 40%, ხოლო დანარჩენ რაოდენობას ძლიერ მტკიცედ იჭერს, თიხებისაგან ბენზოლი დესორბირდება თითქმის მთლიანად.



ნახაზ. 2

ამ ცდების საფუძველზე მიღებული შედეგები მოცემულია № 7 ტაბულაში.

ტაბულა № 7

$c = 18,5$ მგრ/ლ $t = 21^{\circ}C$

ადსორბენტი	ასკანგელი გუმბრინი	ასკანიტი	აქტ. ნახშ.	
სტატიკ. აქტივობა მგრ-ში ადსორბენტის გრ-ზე	10	15	37	244
15 წუთის განმ-ში დესორბირდ. ნივთიერების რაოდენობა მგრ-ში 1 გრ-ზე . . .	6	10	27	100

ექსპერიმენტული ნაწილი

დინამიკური აქტივობისა და ადსორბენტის წონითს ერთეულზე სორბირებული ნივთიერების რაოდენობის განსაზღვრას ვაწარმოებდით შემდეგნაირად:

¹ აღებული იყო აბ მარკის აქტიური გრანულირებული ნახშირი.



დინამიკურ მილში ხშირი შერხვევის პირობებში ვათავსებდით მარცვლებს სორბენტს; შრის სიგრძე ჩვეულებრივ 50 მმ (ან 40 მმ) შეადგენდა.

ადსორბენტის შემცველ მილში ვუშვებდით მშრალ ჰაერს¹ მტვერის მოსაშორებლად და ვწონილდით, რის შემდეგაც ვატარებდით ჰაერ-ორთქლის ნარევის მუდმივი სიჩქარით. გახტომის რეგისტრირებას ვაწარმოებდით წინა შრომაში აღწერილი ინდიკატორებით.

სტატიკური აქტივობის განსაზღვრისა და ადსორბცია-დესორბციის კინეტიკის გამოკვლევისას ვიღებდით მცირე წონაქს (დაახლოებით 1 გრამს), ვუშვებდით მშრალ ჰაერს და მუდმივ წონამდე მიყვანის შემდეგ ვატარებდით ბენზოლ-ჰაერის ნარევის ყოველ 5 წუთში ვწონილდით. დინამიკური მილის გაჯერების შემდეგ ვატარებდით მშრალ ჰაერს (იმავე რაოდენობით როგორც ადსორბციაზე ცდის შემთხვევაში) და აგრეთვე ვწონილდით მილს ყოველ 5 წუთში. ორთქლის მცირე კონცენტრაცია და ოთახის მუდმივი ტემპერატურა საშუალებას გვაძლევდა თავიდან აგვეცილებინა მილის წყლით თერმოსტატირება.

ბერლ-ანდრესის მეთოდით შევსლების სითბოს განსაზღვრისას ვხმარობდით უბრალო კალორიმეტრს და $\frac{1}{10}$ გრადუს დანაყოფიან ნორმალურ თერმომეტრს.

ყველა გაზომვას ვიმეორებდით 2—3, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში 4-ჯერ. მრუდებზე და ტაბულებში მოყვანილია მიღებული შედეგების საშუალო სიდიდენი.

შედეგების განხილვა

ქართული ბენტონიტური თიხების (გუმბრინი, ასკანგელი) პირიდინულ ფუძეთა მიმართ დინამიკური აქტივობის გამოკვლევის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ ისინი ბუნებრივ (ჰაერმშრალ) მდგომარეობაში შედარებით კარგად სორბირებენ პირიდინული ფუძეების ორთქლს (იხ. ტაბ. № 2).

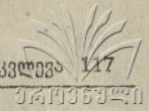
როგორც № 2 ტაბულიდან ჩანს, ჰაერმშრალი ასკანგელისა და გუმბრინის ადსორბციული უნარიანობა მეტია თერმულად დამუშავებულ ნიმუშებისაზე. სხვაგვარი ეფექტი ემჩნევა ასკანიტს, რომლის გახურებითაც ვღებულობთ დინამიკური აქტივობის გადიდებას პირიდინულ ფუძეთა მიმართ.

ასკანის თიხის გააქტივებული ნიმუში გვიჩვენებს მაღალ ადსორბციულ უნარიანობას (14—17 წონითი %), რაც, ალბათ, ნაწილობრივ შეიძლება მივაწეროთ მარილგვარი ნაერთების წარმოქმნას².

ასკანიტის მაღალი ადსორბციული უნარიანობა პირიდინულ ფუძეთა მიმართ დინამიკურ პირობებში საშუალებას გვაძლევს ვივარაუდოთ მისი გამოყენების მიზანშეწონილობა პირიდინული ფუძეებისა და მათი მსგავსი ქიმიური ბუნების ნივთიერებათა ორთქლის რეკუპერაციის საქმეში.

¹ როგორც წინათ გვქონდა ნახსენები, ჰაერს ვაშრობდით CaCl_2 და კონც. H_2SO_4 -ით; სინესტე მერყობდა 0,3—0,8 მგრ/ლ შორის.

² როგორც ცნობილია, მზავთი გააქტივებული თიხა აციდოიდური ნასიათისაა.



№ 4 ტაბულიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჰაერმშრალი თიხები უკვე უტიკულად არ სორბირებენ ბენზოლის ორთქლს დინამიკურ პირობებში. ეს თვისება შეიძლება გამოვიყენოთ პირიქით უფუძეებისა და არომატულ ნაერთთა ორთქლის ნარევის ერთმანეთისაგან დასაცილებლად.

ბენტონიტური თიხების დინამიკური აქტივობის საგრძნობი გადიდება ბენზოლის ორთქლის მიმართ თერმული დამუშავების შედეგად ეთანხმება მთელ რიგ ლიტერატურულ მონაცემებს მშრალი და ნედლი თიხების ადსორბციული უნარიანობის შესახებ [4] როგორც მოყვანილი ცნობებიდან ჩანს, თერმული გააქტივება იწვევს წყლის საგრძნობ დაკარგვას ($9 \pm 19\%$ -მდე); ამ დაკარგული წყლის მთავარი ნაწილი უნდა მივაკუთვნოთ სორბირებულ წყალს [2]¹, ხოლო უფრო მცირე — კონსტიტუციურს.

წყლის ადსორბირებული აპკის მოშორებამ უნდა გამოიწვიოს თიხის გააქტივება ბენზოლის ორთქლის მიმართ.

ბენზოლის ორთქლის დესორბციის კინეტიკის შესწავლითა და აგრეთვე დაბალი დინამიკური და სტატიკური აქტივობის მხედველობაში მიღებით ჩვენ ვხედავთ, რომ ყოველივე ეს არის შედეგი ბენზოლის მოლეკულთა სუსტი მიზიდვისა თიხის ზედაპირის მიერ და შესაძლოა ნაწილობრივ (აქტიურ ნახშირთან) შედარებით სუსტად განვითარებული ზედაპირისა, განსაკუთრებით ბუნებრივი თიხებისთვის.

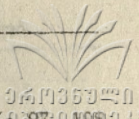
როგორც აღექსევესკი და პლატონოვა [5] სამართლიანად შენიშნავენ, თიხები ხასიათდებიან სუსტი დამჭერუნარიანობით ბენზოლის ორთქლის მიმართ.

სორბციული უნარიანობის გამოკვლევა პირიქით უფუძეებისა (დინამიკური აქტივობა) და ბენზოლის ორთქლის (დინამიკური და სტატიკური აქტივობა) მიმართ გვიჩვენებს, რომ სორბციული თვისებები იზრდება შემდეგნაირად:

$$\text{ასკანგელი} < \text{გუმბრინი} < \text{ასკანიტი.}$$

შესველების სიზბოს გაზომვა გვეუბნება, რომ შესველების სიზბოს გადიდებათ ადსორბციული უნარიანობა იზრდება, რაც ეთანხმება გურეიჩის წესს.

¹ ამ ტერმინით ჩვენ უნდა გვესმოდეს თიხის მიერ ფიზიკური (და შესაძლოა რამდენადაც ნახვერაქციმიური) ძალებით ბმული წყალი.



ლიტერატურა

1. გ. ვ. ციციშვილი და ი. ზ. არევადე: თ. ს. უნივერსიტეტის შრომები XXXI, 1937.
2. Белянкин и Иванова: ДАН, XVIII, 279, 1938.
3. Кржижль, Исследование и оценка технических адсорбционных веществ. Кока и Химия, стр. 141 — 154 — 1933.
Алексеевский, Белоцерковский и Плаченев, Практические работы по химии защиты. Оборонгиз 1940 г. стр. 106.
4. Кауш, Отбеливающие вещества. Нефтяное издательство 1929 стр. 170.
5. Алексеевский и Платонова: Ж. Пр. X, 10, 787, 1937.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ფიზიკური ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1946. V. 4).

Г. В. Цицишвили и И. З. Аревадзе

Исследование природных адсорбентов — грузинских бентонитовых глин

II Извлечение органических паров из потока воздуха

Резюме

Исследование динамической активности грузинских бентонитовых глин (аскангель, гумбрин, активированная асканская глина — асканит) по парам пиридиновых оснований показывает, что они в воздушно-сухом состоянии хорошо сорбируют пары пиридиновых оснований.

Последнее даёт возможность допустить применение бентонитовых глин для рекуперации паров пиридиновых оснований и веществ схожего химического характера.

Изучение адсорбции паров бензола показывает, что последние практически не сорбируются воздушно-сухими бентонитовыми глинами. Термически обработанные образцы (сушка при 110° — 120° в течение 4-х часов) этих глин сорбируют пары бензола по сравнению с активным углём слабо.

Исследование кинетики десорбции показывает, что пары бензола слабо удерживаются бентонитовыми глинами.

Узучение теплоты смачивания (пиридоновых оснований и бензола) показывает, что последняя увеличивается параллельно адсорбционной способности в ряду:

Аскангель < гумбрин < асканит

3. კოკოჩაშვილი და ვ. კობიძე

დაშინგავთა გავლენა ტყვიის მექანიკურ დისპერგირებაზე

შესავალი

ტყვიის მექანიკური დისპერგირებით მიღებული კოლოიდური სისტემების შესწავლით დადგენილია, რომ ტილის ალკოპოლში მექანიკური დისპერგირებით მიიღება არა მეტალის კოლოიდური ხსნარი, არამედ მეტალის ქანგეულისა, რომელიც მომზადების პირობების მიხედვით დიდ მდგრადობას იჩენს. ამასთანავე, როგორც ჩვენ შევნიშნეთ, დამახასიათებელია ის გარემოება, რომ ამ გზით არ ხერხდება ყველა მეტალის დისპერგირება. ჩვენ მიერ ჩატარებულმა ცდებმა გერცხლის, კალისა და სხვა ძნელადფანგადი მეტალების დისპერგირებისა უარყოფითი შედეგი მოგცა. უკვე აქედან გამოიმდინარეობს, რომ მეტალის ქანგვის უნარს დიდი მნიშვნელობა აქვს მისი მექანიკური დისპერგირებისათვის. აქვე ხაზგასმით აღვნიშნავთ, რომ მეტალების მექანიკური დისპერგირებისას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს დაქანგვისათვის საჭირო პირობებს, ე. ი. დაქანგვის უნარს მეტალის მხრივ და, ამას გარდა, ქანგბადის ან დამქანგავი ნივთიერების მონაწილეობა დისპერგირების პროცესში.

აქედან გამოიმდინარეობს, რომ მეტალის მექანიკური დისპერგირების პროდუქტი დისპერსიულ თაზაში ძირითადად ქანგის ან ჰიდროქანგის სახით უნდა იყოს, ე. ი. დისპერგირების პროცესი დაკავშირებული უნდა იყოს დაქანგვასთან, მაშასადამე, ქანგბადის შთანთქმასთან. ამრიგად, დამქანგავმა ნივთიერებამ ხელი უნდა შეუწყოს დისპერგირების პროცესს და მისი მონაწილეობისას მიღებული კოლოიდური ხსნარის კონცენტრაცია მეტი უნდა იყოს, ვიდრე დამქანგავი აგენტის გარეშე.

იმ საკითხების შესწავლისათვის, რომლებსადმი მიძღვნილია ეს გამოკვლევა, საჭიროა, პირველად უოვლისა, დისპერგირების თანმხლები ქიმიური პროცესების მექანიზმის დადგენა, რაც უნდა აპირობებდეს დისპერსიული თაზის წარმოშობასა და მის შემადგენლობას.

მეთოდისა

დისპერგირების მეთოდისა საკმაოდ დაწვრილებითაა აღწერილი ანდრონიკაშვილისა და ცაბაძის¹ და აგრეთვე ანდრონიკაშვილისა

¹ Журнал коллоидной химии, вып. 4 (1941); Acta Physicoch. XIII, 3, 369 (1940).



ქართული

და კოკოჩაშვილის¹ შრომებში. დისპერგირება წარმოებდა ჰერმეტიკულში, რომლის ტევადობა ტოლია 305,7 კ. სმ. რეზინის საცობში გამაგრებული იყო თერმომეტრი და მილი, რომელიც უკავშირდებოდა ვერცხლიწყლის ღია მანომეტრს. როდესაც რეზინის საცობით დაიცობოდა ჭურჭელი, მაშინ საცობში გამაგრებული თერმომეტრის ბოლო სცილდებოდა სითხის ზედაპირს 2—3 სმ-ით. მილის სიგრძე იყო 176 სმ, ვანიტკვეთი კი — 0,5 სმ.

ჭურჭელში წინასწარ მოთავსებული იყო ტყვიის ვაცრილი, ერთნაირი ზომის ნახევრის მარცვლები 40 გ. რაოდენობით და 95° ეთილის სპირტი 60 მლ-ის მოცულობით.

ჭურჭელი რეზინის საცობით ჰერმეტიკულად დაცობის შემდეგ იდგმებოდა როტატორში, რომელიც მოძრაობაში მოჰყავდა 0,5 KW-იან ელექტრომოდტორს. მისი ბრუნვის სიხშირე იყო 1420 წუთში. რყევის ამპლიტუდი ყველა ცდებში უცვლელი იყო და 15 მმ-ს უდრიდა.

გარკვეული ხანგრძლივობის ნჯღრევის შემდეგ მიღებული კოლოიდი თითქმის მთლიანად გადაგვქონდა კოლბაში, საიდანაც დაუყოვნებლივ ვიღებდით სინჯებს საანალიზოდ. საანალიზოდ ჩვეულებრივად აიღებოდა სინჯის 5-მლ და თავსდებოდა ბიუქსში. სპირტის თერმოსტატში აორთქლების შემდეგ მას ვამუშავებდით აზოტის მჟავათი ტყვიის მთლიანად გახსნამდე და აზოტმჟავას ჰარბი რაოდენობის აორთქლების შემდეგ მიღებული ნიტრატი წყალხსნარის სახით გადაგვქონდა ჭიქაში, სადაც ბერლ-ლუნგეს ხსნარით დამუშავების გზით იგი გადაგვყავდა აცეტატში. უკანასკნელს ემატებოდა ბიქრომატის ტიტრიანი ხსნარი ტყვიის სრულ გამოლექვამდე. მიღებული ნალექების გაფილტვრის შემდეგ ტყვის რაოდენობა იოდომეტრიულად ისაზღვრებოდა.

ჟანგბადის შთანთქმის გაზომვისას (გარკვეული ხანგრძლივობით ნჯღრევის შემდეგ) წარმოებდა ჭურჭლის ტემპერატურის დაყვანა საწყის ტემპერატურამდე, მასთან ჩაინიშნებოდა მანომეტრის ჩვენებაც. ამავე დროს აღირიცხებოდა ბარომეტრის წნევა. დისპერგირების დროს შთანთქმული ჟანგბადის მოცულობის გაანგარიშება წარმოებდა ცნობილი წესებით.

ექსპერიმენტული ნაწილი

ვინაიდან ჩვენი გამოკვლევები ჰაერის გარემოში იყო ჩატარებული, სადაც დისპერსიული არის როლს ასრულებდა წყლიანი სპირტი (95°), ამიტომ პირველ რიგში საინტერესო იყო ცალკე იმის გამოკვლევა, თუ რა როლი ეკუთვნის წყალს და აგრეთვე ჟანგბადს ტყვიის მექანიკური დისპერგირების აღწერალ პროცესში. ამიტომ საჭირო გახდა თითოეული ფაქტორის ელიმინირება და დისპერგირების ჩატარება როგორც უჟანგბადო, აგრეთვე უწყლო არეში. ჟანგბადის უდიდესი როლი ტყვიის დისპერგირების პროცესში ჩანს შემდეგი ცდებიდან. ჰაერის არეში ტყვიის დისპერგირება და დისპერგირება ჟანგბადის არეში იძლევა უკვე განსხვავებული კონცენტრაციის მქონე ზოლს.

¹ საქ. სსრ მეცნიერ. აკად. შიკამე, IV, 10, 959 (1943); IV, 9, 861 (1943).

ტაბულა № 1

40 გრ ტყვიის ნახერხი და 60 მლ 95° ეთილის ალკოჰოლი ნჯღრევის ხანგრძლივობა 30 წუთი

ა რ ე	ტყვიის რაოდენობა 1 მლ-ში
ჭ ა ე რ ი	0,00564 გრ
გატარებულია 1,5 ლ O_2	0,01289 "
" 3 ლ O_2	0,02867 "
" 1,5 ლ O_2	0,02573 "

ამ ცდების დაყენებისას შემჩნეული იყო, რომ ჟანგბადის ან ოზონის გატარება სპირტში, რომელშიაც ტყვიის ნახერხია მოთავსებული, იწვევს ტყვიის დისპერგირებას. ამ დროს სპირტი იმღვრევა კოლოიდური ფაზის წარმოქმნის გამო და მიღებული კოლოიდის კონცენტრაცია იზრდება გატარებული ჟანგბადის რაოდენობის შესაბამისად. როგორც მოყვანილი ტაბულიდან ჩანს, ტყვიის დისპერგირება ჟანგბადის არეში გაცილებით უფრო კონცენტრირებულ ზოლს წარმოქმნის, ვიდრე ჰაერის არეში დისპერგირება. კოლოიდის კონცენტრაცია თვალსაჩინოდ არის დამოკიდებული გატარებული ჟანგბადის რაოდენობაზე.

მიღებული კოლოიდები, ჩვენი დაკვირვების თანახმად, იჩენენ საკმაოდ დიდ მდგრადობას, რაც წინასწარი ცდების მიხედვით თვალსაჩინოდაა დამოკიდებული წყლის შემცველობაზე სპირტში.

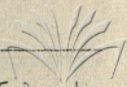
დამუშავების როლი ტყვიის დისპერგირების პროცესში კიდევ უფრო მკვეთრად ჩანს წყალბადის ზეჟანგის მონაწილეობისას: წყალბადის ზეჟანგი დიდ გავლენას ახდენს მიღებული კოლოიდის კონცენტრაციაზე. ქვემოთ მოყვანილი ცდები დაყენებული იყო შემდეგნაირად: მომზადებულ იქნა წყალბადზეჟანგის სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარები, რომლებიც ემატებოდა სადისპერგაციო სისტემას თანაბარი მოცულობით, რათა მიღებული სპირტის ერთნაირი განზავება ყოფილიყო. დისპერგირების ხანგრძლივობა ყველა ცდებში ერთნაირი იყო და უდრიდა 30 წუთს. ტყვიისა და სპირტის რაოდენობა, რომელიც სადისპერგაციო სისტემას წარმოადგენდა, მზადდებოდა წინა ცდების მიხედვით.

მიღებული შედეგები მოთავსებულია № 2 ტაბულაში.

ტაბულა № 2

წყალბადზეჟანგის ვავლენა ტყვიის დისპერგირებით მიღებულ კოლოიდის კონცენტრაციაზე

% H_2O_2	H_2O_2 -ის მიმატებ. რაოდენობა მლ-ში	მიღებული კოლოიდის რაოდენობა გრამებში 1 მლ-ში
3	0,1	0,0085
6	0,1	0,0154
9	0,1	0,0231
15	0,1	0,0365



წყალბადზექანგის გავლენა არსებითად ისეთივეა, როგორც ქანგბადზექანგის და ამიტომაც კოლოიდური ფაზის კონცენტრაცია წყალბადზექანგის მიმსტეპული რაოდენობის პროპორციულია. მართლაც, თუ მიღებულ შედეგებს გამოესახავთ მრუდით, სადაც აბსცისზე მოზომილია წყალბადზექანგის კონცენტრაცია, ხოლო ორდინატზე ტყვიისა, მივიღებთ სწორ ხაზს.

ასეთი დამოკიდებულება იმით აიხსნება, რომ წყალბადზექანგიდან გამოყოფილი ქანგბადი მთლიანად რჩება საღისპერგაციო სისტემაში, სადაც იგი სრულიად გარკვეულ გავლენას ახდენს დისპერგირების პროცესზე.

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ დისპერსიულ ფაზაში გადასული ტყვიის რაოდენობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული სარეაქციო არეში მყოფი ქანგბადის რაოდენობაზე. ამიტომ ბუნებრივი იქნებოდა გვეფიქრა, რომ ამ მონაცემების მეშვეობით შეიძლება მიეუხალოდეთ ტყვიის დისპერგირების მექანიზმს. ბუნებრივია, რომ ტყვიის დისპერგირების სურათი შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად:

1) ტყვიის მექანიკური დისპერგირების დროს ადგილი აქვს ტყვიის მარცვლების ძლიერ დაჯახებას ჭურჭლის კედელთან და აგრეთვე მარცვლების ინტენსიურ ურთიერთსახუნს, რის შედეგადაც ტყვია იფხვნება, იმსხვრევა და დისპერგირდება. რადგან დისპერგირებული ტყვიის ხვედრითი ზედაპირი ძლიერ დიდია, ამიტომ იგი ადვილად უნდა შედიოდეს რეაქციაში ქანგბადთან და, ამრიგად, კოლოიდური ფაზა უნდა შედგებოდეს ტყვიის ქანგის ან ჰიდროქსანგისგან.

2) შეიძლება აგრეთვე ვიფიქროთ, რომ პირველადი პროცესი არის ტყვიის მარცვლების დაქანგვა და მექანიკური დისპერგირებისას ქანგის ფენა კოლოიდურ ფაზაში გადადის.

თუ რომელი სურათი უფრო ახლოსაა სინამდვილესთან, ეს შემდგენიარად შეიძლება დავადგინოთ. უკეთეს პირველადი პროცესი ტყვიის დისპერგირებაში მდგომარეობს, რომლის შედეგად მეტალის კოლოიდი მიიღება და დაქანგვას ტყვიის კოლოიდური ნაწილები განიცდიან, მაშინ დისპერგირება უნდა მიმდინარეობდეს არა მარტო ქანგბადის არეში, არამედ უქანგბადო არეშიც, მაგალითად, აზოტის ან წყალბადის ატმოსფეროში ან კიდევ ვაკუუმში.

რადგან ტყვია შედარებით დიდ სიბლანტეს იჩენს და მისი მსხვრევადობა მცირეა, ამიტომ ძნელია ვიფიქროთ, რომ ტყვიის ნახერხის ნჯღრევისას ნახერხის მარცვლების დარტყმა-დაჯახება აუცილებელი და მასთან საკმარისი იყოს მეტალის კოლოიდური ფაზის მისაღებად. ასეთი პროცესი არ იქნებოდა გამორიცხული დიდი სიმძლავრის როტატორის შემთხვევაში. უფრო მართებული უნდა იყოს მეორე აზრი, რომლის თანახმად პირველადი პროცესი ტყვიის მარცვლების დაქანგვაში მდგომარეობს და ნჯღრევისას ხახუნისა და დაჯახების შედეგად ტყვიის ნახერხის მარცვლების ზედაპირიდან ქანგის ფენა იფხიკება, დისპერგირდება და კოლოიდურ ფაზაში გადადის. ამ შემთხვევაში ტყვიის ნჯღრევა აზოტის ან წყალბადის არეში ან კიდევ ვაკუუმში არ უნდა იჩენდეს დისპერგირების ნიშნებს. ამიტომ ჩვენ დავაყენეთ სათანადო ცდები, სადაც გამორკვეულ იქნა ტყვიის დისპერგირების უნარი სხვადასხვა პირობებში.

თავდაპირველად გამოკვლეულ იქნა ტყვიის დისპერგირება წყალბადის არეში. ამ მიზნით წყალბადს ვლებულობდით კიპის აპარატით, რომელსაც სუფთავების მიზნით ვატარებდით კალიუმის ტუტის 10%-იან ხსნარში, შემდეგ სულემის 2%-იან ხსნარში და ბოლოს პერმანგანტის 5%-იან ხსნარში, რის შემდეგ ვაგროვებდით გაზომეტრში.

სადისპერგაციო ჭურჭელში ვათავსებდით 40 გრ. ტყვიის ნახერხს და 60 მლ. 95° ეთილის ალკოჰოლს. ვაკუმის ტუმბოთი ჰაერის გამოთიშვის შემდეგ ვუშვებდით გაზომეტრიდან წყალბადს, რომელსაც ვაშრობდით კონცენტრირებული გოგირდმჟავათი. როტატორში ჩადგმის შემდეგ მას ვანჯღრევდით 40 წუთის განმავლობაში, რის შემდეგ ვიკვლევდით დისპერსიულ ფაზაში გადასული ტყვიის რაოდენობას; აღმოჩნდა, რომ იგი შეადგენს 0,00069 გრ. ტყვიას ზოლის 1 მლ-ში. ანალოგიურმა ცდამ უჰაერო არეში მოგვცა 0,000046 გრ. ტყვია 1 მლ-ში. კოლოიდური ფაზის ამ რაოდენობით წარმოქმნა გვაფიქრებინებს, რომ იგი დაპირობებულია ტყვიის ნახერხის ზედაპირზე არსებული ჟანგის ფენის დისპერგირებით. ამიტომ ამ ცდების შემდეგ გასუფთავებული ზედაპირის მქონე ტყვიის ნახერხზე ჩატარებულ იქნა განმეორებითი ცდები, რისი შედეგიც მოყვანილია № 3 ტაბულაში.

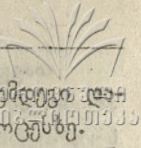
ტაბულა № 3

40 გრ. 60 მლ. ეთილის სპირტი, ნჯღრევას ხანგრძლივობა 40 წუთი

ა რ ე	კოლოიდური ფაზის რაოდენობა
	არ დისპერგირდება
	" "
ვაკუმი.	" "

ასეთივე უარყოფითი შედეგი მივიღეთ ვაკუუმში ნჯღრევისას, სადაც სპირტის ნაცვლად აღებული იყო წყალი. ეს შედეგები ჩვენთვის მეტად საჭირო და მნიშვნელოვანია, რადგან აქედან გამომდინარეობს, რომ ჟანგბადის შონაწილეობა ტყვიის ეთილის ალკოჰოლში დისპერგირების დროს აუცილებელია. მაშასადამე, ჟანგბადი ამ პროცესში მეტად დიდ როლს თამაშობს. უკანასკნელი დაკვირვებიდან კი ჩანს, რომ წყალი არ წარმოადგენს აუცილებელ ფაქტორს, რომ ტყვია მექანიკური ნჯღრევას შემდეგად გადავიდეს დისპერსიულ ფაზაში.

მსგავსმა ცდებმა აბსოლუტური ალკოჰოლით იგივე შედეგი მოგვცა, ე. ი. ტყვიის დისპერგირებას არც აქ ჰქონია ადგილი, მაშინ როდესაც აბსოლუტური ალკოჰოლში ჰაერის ან ჟანგბადის არეში ტყვიის დისპერგირება ინტენსიურად მიმდინარეობს, და ამ დროს მიიღება მაღალი დისპერსიობის ხარისხის ზოლი.



მიღებული ექსპერიმენტული მასალის საფუძველზე შეიძლება შემდეგად დასკვნათ ჟანგბადისა და წყლის როლის შესახებ დისპერგირების პროცესზე.

1. ტყვიის დისპერგირების დროს ეთილის ალკოჰოლში ჟანგბადის შთანთქმა დაკავშირებულია ტყვიის ნახერხის მარცვლების ზედაპირზე ჟანგის წარმოქმნასთან; ეს ჟანგი ნჯღრევის პროცესში მარცვლების ხახუნისა და ხეხვის შედეგად დისპერგირდება. მეტალის განახლებული ზედაპირი კვლავ იქნება, ჟანგი დისპერგირდება და ა. შ., ვიდრე სარეაქციო არეში ჟანგბადი არ გამოილევა.

2. წყალში ნჯღრევისას ჰაერისა და ჟანგბადის არეში ტყვიის დისპერგირება შედარებით ადვილად მიმდინარეობს, ხოლო უჰაერო ან უჟანგბადო არეში, როგორც დავინახეთ, ტყვიის დისპერგირება არ ხდება. უდავოა, რომ წყალი არ წარმოადგენს აუცილებელ ფაქტორს დისპერგირებისათვის. თუ რა გავლენას ახდენს წყალი დისპერგირებაზე, ამის გამოჩვენება ამჟამად მიმდინარეობს. ამასთანავე მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ შემდეგი გარემოება: აბსოლუტურ ალკოჰოლში ტყვიის დისპერგირებით მიღებული კოლოიდი თითქმის შავი ფერისაა, მაშინ როდესაც 95° ან უფრო განზავებულ სპირტში მიღებული კოლოიდი რუხია. ბუნებრივი აქნებოდა, რომ ეს სხვაობა მიგვეწერა დისპერსობის ხარისხის სხვადასხვაობისათვის. მართლაც, მათი შედარების დროს აღმოჩნდა, რომ აბსოლუტურ ალკოჰოლში მიღებული კოლოიდის დისპერსობის ხარისხი სხვა სისტემებთან შედარებით, რომლებიც ამავე გზით მიიღება, საკმაოდ მაღალია.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
ფიზიკური ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1946. VI. 20).

В. Кокочашвили и В. Кобидзе

Влияние окислителей на механическое диспергирование свинца

Выводы

1. В атмосфере водорода, азота и в вакууме диспергирование свинца в спирту не происходит.
2. Для механического диспергирования свинца в спирту необходимо участие окислителей.
3. Количество дисперсной фазы пропорционально количеству окислителя, участвующего в процессе диспергирования.
4. Первичным процессом при механическом диспергировании свинца в спирту является появление оксидной пленки на поверхности частиц свинца, которая при тряске в результате соударений со стенками сосуда и столкновений друг с другом разрушается и переходит в дисперсную фазу.

ა. ი. ვაზლუჟაძე და ნ. ჯალაღანიძე

ასპანიტისა და გუმბრინის დინამიკური აქტივობის ბანსაზღვრა აირადი ქლორის მიმართ

ბუნებრივ თიხებს აქვთ საკმაოდ განვითარებული ზედაპირი; ამიტომ მათი ადსორბციული თვისებები ჩვეულებრივ პირობებშიაც კი მნიშვნელოვანი სიდიდისაა. თიხების ადსორბციული თვისებების გაზრდისათვის მიმართავენ მათ ზელოვანურ დამუშავებას, გააქტივებას. გააქტივების შემდეგ ადსორბციული ანუ გამათეთრებელი თვისებები რამდენჯერმე იზრდება, რაც მათი საერთო ზედაპირის გაზრდითა და სტრუქტურის ცვლილებებით აიხსნება.

P. Welde და Eckart-ის შეხედულებით [1] თიხების აქტივობას უნდა იწვევდეს სილიციუმის მჟავა, ამიტომ თიხების მინერალური მჟავებით გააქტივებისას არ უნდა მოხდეს სილიციუმის მჟავას ზედმეტი გახსნა. A. P. Putland-ის აზრით [2] თიხების გამათეთრებელი თვისება ტემპერატურის მომატებით სწრაფად მცირდება. ტემპერატურის გაზრდით გამათეთრებელი თვისების სწრაფი შემცირება Putland-ის მიხედვით სილიციუმის ანჰიდრიდის წარმოქმნით აიხსნება, რაც თავის მხრივ თიხის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შეცვლასთანაა დაკავშირებული. სხვადასხვა ორგანული გამხსნელების ორთქლის სორბციული უნარიანობის შემცირება მზარდი ტემპერატურით დამუშავებული თიხების ზედაპირზე დადგენილი იყო E. B. Алексеевский და B. П. Платонова-ს მიერ [3]. ორგანული გამხსნელების ორთქლის მაქსიმალური სორბცია ხდება 110° -ზე გაზურებული თიხის ზედაპირზე, 110° -ზე ზევით გაზურებული (230° — 530° -დე) თიხებს სორბციული უნარიანობა მცირდება, ე. ი. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ადგილი აქვს თიხის სორბციული უნარიანობის ანტიბატურ ცვლილებას. თიხების 150° — 450° -დე გაზურებისას შემჩნეულია წონის შემცირება. წონის დანაკლისი Kennler-ის აზრით [4] უმთავრესად უფრო თიხაში არსებული კოლოიდების დაშლით აიხსნება, ვიდრე ადსორბციულად დაკავშირებული წყლის მოშორებით. ამრიგად, Kennler-ი ემხრობა იმ შეხედულებას, რომ ტემპერატურის მომატებით ადგილი აქვს კოლოიდების დაშლას, რომელიც თავის მხრივ თიხის გააქტივებას იწვევს.

Алексеевский და Серебрянный-ს [5] ექსპერიმენტულ მონაცემებით საბჭოთა კავშირის ზოგიერთი თიხები ტემპერატურის გავლენით იჩენენ მაქსიმალურ ადსორბციულ თვისებებს 120° -ზე.



E. K. Rideal და W. Thomas [6] შეხედულებებით თიხების აქტივობა იზრდება, თუ მათში მინარევების სახით რომელიმე კატალიზატორი დადასტურებულია, რომ თიხების აქტივობა მათში არსებული რკინის პროპორციულად იზრდება.

J. Davidsohn-მა [7] ექსპერიმენტულად დაამტკიცა, რომ სხვადასხვა ტემპერატურაზე (130° — 310°) გახურებული გამათეთრებელი მიწების თვისებები ცვლებადაა. კერძოდ, მზარდი ტემპერატურის დროს გამათეთრებელი მიწების აღსორბციის უნარი სხვადასხვა ზეთების მიმართ მცირდება.

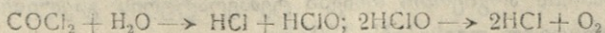
გამათეთრებელი თიხების აღსორბციის უნარიანობაზე გავლენას ახდენს სინესტე. E. Davidsohn-ის [8] მონაცემებით გამათეთრებელი მიწების აღსორბციული თვისებები მაშინაა მაქსიმალური, როცა მათი ზედაპირი დიდია და მინიმალურ ჰიგროსკოპიულ წყალს შეიცავენ.

რუფისა და მაუნერის უკანასკნელი შრომები [9] ადასტურებენ Davidsohn-ის შეხედულებას სილიკა-გელის აღსორბციული თვისებების შესახებ. ამ ავტორების მონაცემებით სილიკა-გელი მაშინ იჩენს აღსორბციის დიდ უნარს, როცა მისი კაპილარები წყლისაგან თავისუფალია. ამრიგად, სინესტე ხელს უწყობს თიხების გაასივებას. ამავე მიმართულებით მოქმედებს მაღალი ტემპერატურა (300° — 400° ზე მეტი), რომლის დროსაც ქიმიური პროცესები მიმდინარეობენ და ადგილი აქვს თიხის ნაწილაკების შეწყვეტასა და ნივთიერებების შემჭიდროვებას, ხოლო ეს უკანასკნელი ფაქტორები თიხის საერთო ზედაპირის შემცირებას იწვევს [10].

Bohardt-მა და Adams-მა [11] შეისწავლეს ქლორ-წყალბადისა და ქლორის აღსორბციის დინამიკური წონასწორობა აქტიურ ნახშირზე სხვადასხვა სინესტის პირობებში. ნახშირის დაცვითი უნარიანობა ქლორ-წყალბადის მიმართ განსხვავებულია ასეთივესაგან ქლორის მიმართ, რაც ჩანს შესაფერი მრუდების შედარებიდან. ქლორის დაცვითი უნარიანობის მრუდს უწყვეტი აღმავალი სახე აქვს, ხოლო ქლორ-წყალბადის დაცვითი უნარიანობის მრუდი ჯერ აღმავალია, აღწევს რაღაც მაქსიმუმს და შემდეგ მცირდება. მრუდის მსვლელობის შემცირებას ბოჰარტი და ადამსი ხსნიან ნახშირში არსებული წყლის ქლორ-წყალბადთან სრული შეერთებით¹.

Lamb-მა, Wilson-მა და Chaney-მ [12] შეისწავლეს ფოსგენის სორბცია ნესტიან ნახშირზე. ცდებით გამოირკვა, რომ ნახშირის ფენის დაცვითი უნარიანობა ქლორ-წყალბადის მიმართ მატულობს, როცა ნახშირში წყლის პროცენტული შემადგენლობა 16% -მდე იზრდება. წყლის პროცენტული შემადგენლობის შემდგომი მომატებით ნახშირის დაცვითი უნარი სწრაფად მცირდება, რაც დინამიკურ მილში ნახშირის უკანასკნელ ფენაში ფოსგენის გასვლით აიხსნება. ამრიგად, აღნიშნული ავტორების მიერ დადგენილი იყო, რომ ნახშირის სინესტე ხელს უწყობს ქლორ-წყალბადის სორბციას და უარყოფითად მოქმედებს დაუშლელი ფოსგენის სორბციაზე.

¹ ქლორ-წყალბადი მიიღება ფოსგენისა და წყლის ურთიერთქმედებით:

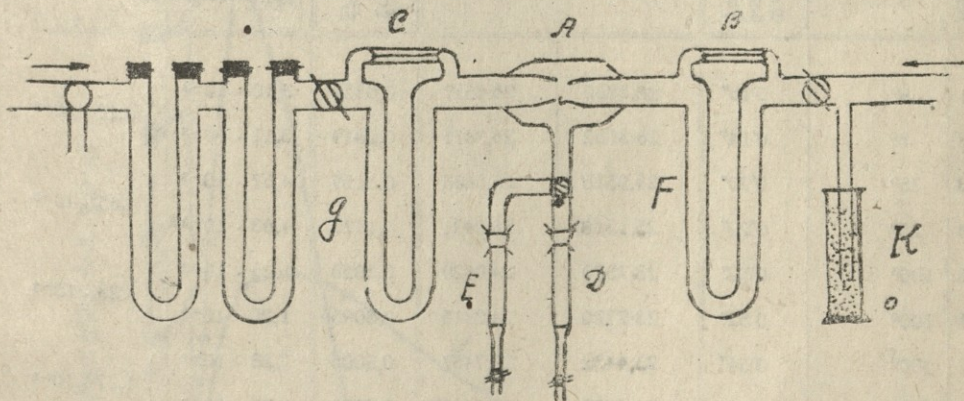


ექსპერიმენტული ნაწილი

ექსპერიმენტულად შესწავლილი იყო 0,1 მმ დიამეტრის მქონე ორი თიხის დინამიკური აქტივობა აირადი ქლორის მიმართ. აღნიშნული თიხების დინამიკური აქტივობა დადგენილი იყო გაუაქტივებელ და გააქტივებულ მდგომარეობაში. თიხების გააქტივება წარმოებული იყო ო. კუშის მიერ ციტირებულ კოლდორფის მეთოდით. წვრილად დაფხვნილი თიხა შერეული იყო 10%-იან გოგირდის მქავესთან და ზუღმძვი მორევიტ ერთი საათის განმავლობაში ვახურებდით 80° — 100°-მდე. ნაუვის გაცივების შემდეგ ვახდენდით მის განეიტრალებას ამონიაკით და ბიუნერის ძაბრში წყლის ტუმბოს საშუალებით ვაცალკავებდით მყარ მასას თხევადიდან. მყარი მასის გამოშრობა წარმოებდა 80° — 100°-მდე, რის შემდეგაც წვრილად დაფხვიერებულ მასას ვწვნებდით ტაბლეტებად და ამ უკანასკნელიდან ვამზადებდით 0,1 მმ დიამეტრიან მარცვლებს.

როგორც გააქტივებული ისე გაუაქტივებელი ასკანიტისა და გუმბრინის დინამიკური აქტივობა აირადი ქლორის მიმართ შესწავლილი იყო თიხაში წყლის სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობის პირობებში, რომლებიც სხვადასხვა ტემპერატურაზე (8°, 25°, 100°, 20°, 300° და 800 — 900°)¹ ვახურებული თიხის შემადგენლობით განისაზღვრებოდნენ.

საერთო დადგმულობის სქემა ნაჩვენებია № 1 ნახაზზე.



ნახაზი № 1

A მილში F რეომეტრის B კაპილარიდან შედიოდა გამშრალი აირადი ქლორი ზუღმძვი წნევის (120 მმ კონც. H₂ SO₄) პირობებში. ამავე A მილიდან აირადი ქლორისა და აირის რევენარი გადიოდა აღსორბენტიტ სავსე D დინამიკურ მილში, რომლის სიგრძე 10 სანტიმეტრს და დიამეტრი 2 სანტიმეტრს

¹ 100°-ზე და მაღალ ტემპერატურაზე ვახურებული თიხების გაცივებას ვახდენდით ექსიკატორში.

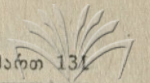


ურდიდა. E დინამიკური მილისა და K რეგულატორის საშუალებით ვეგეტაციის დროით სასურველ წნევას. აირადი ქლორის ადსორბენტის ფენიდან გასვლის მომენტი მოწმდებოდა — K.J-ის 0,05 n ხსნარით, რომელსაც სახამებელი ჰქონდა მიმატებული. აირად ქლორს ვეგეტაციის კალიუმის პერმანგანატზე კონცენტრული მარილმჟავას მოქმედებით და ვაგროვებით სუფრის მარილის-ნაჯერი ხსნარით სავსე გაზომეტრში. სხვადასხვა ტემპერატურაზე გახურებული თიხების დაცვითი უნარიანობის ცდები მათი გაცივების შემდეგ ტარდებოდა 25°-ზე. № 1 და № 2 ცხრილებში მოცემულია სხვადასხვა ტემპერატურაზე გახურებული გაუაქტივებული და გააქტივებული ასკანიტის დაცვითი უნარიანობა წამებში და წუთებში, ხოლო იგივე რიცხობრივი მონაცემები გრაფიკულად გამოსახულია № 2 ნახაზზე.

ცხრილი № 1

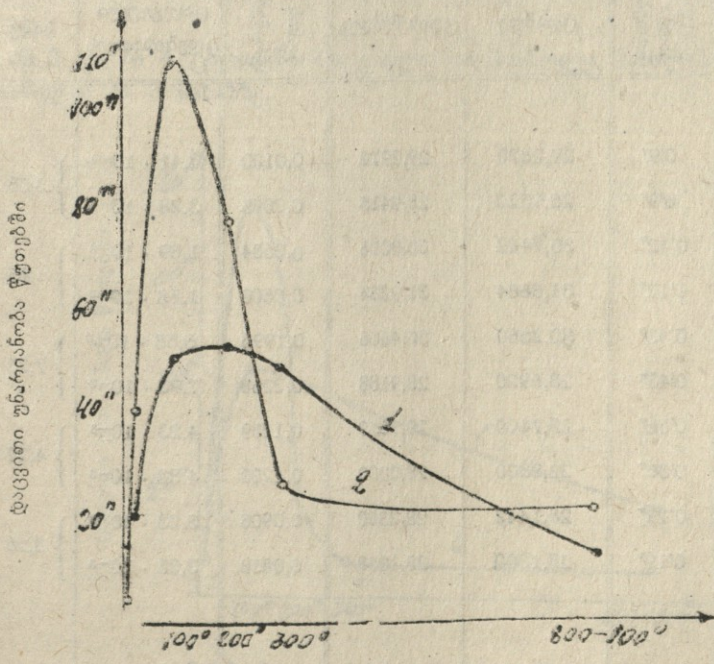
სხვადასხვა ტემპერატურაზე გახურებული გაუაქტივებული ასკანიტის დაცვითი უნარიანობა აირადი ქლორის მიმართ 25°-ზე

№ რიგზე	თიხის გახურების ტემპერატურა	დაცვითი უნარიანობა წუთებში და წამებში	თიხის წონა გრამებში		წონის ნაშთი გრამებში	1 გრ. თიხის მიერ ადსორბირებული ქლორის რაოდენობა	
			ცდამდე	ცდის შემდეგ		ცალკეული ცდებისათვის	საშუალო
1	8°	0'15"	26,5832	26,6657	0,0825	$3,10 \cdot 10^{-3}$	} $3,10 \cdot 10^{-3}$
2	8°	0'14"	26,3052	26,3871	0,0819	$3,11 \cdot 10^{-3}$	
3	25°	0'20"	24,9516	25,0685	0,1159	$4,67 \cdot 10^{-3}$	} $4,65 \cdot 10^{-3}$
4	25°	0'20"	25,1318	25,2491	0,1173	$4,63 \cdot 10^{-3}$	
5	100°	0'52"	23,7570	24,0620	0,3050	$1,25 \cdot 10^{-2}$	} $1,23 \cdot 10^{-2}$
6	100°	0'52"	23,7720	24,0815	0,3095	$1,30 \cdot 10^{-2}$	
7	200°	0'54"	23,4452	23,7457	0,3005	$1,28 \cdot 10^{-2}$	} $1,27 \cdot 10^{-2}$
8	200°	0'54"	23,6198	23,9207	0,3009	$1,27 \cdot 10^{-2}$	
9	300°	0'50"	23,5158	23,8033	0,2875	$1,22 \cdot 10^{-2}$	} $1,21 \cdot 10^{-2}$
10	300°	0'49"	24,4600	24,7538	0,2938	$1,21 \cdot 10^{-2}$	
11	800° — 900°	0'13"	29,9808	29,9900	0,0092	$3,10 \cdot 10^{-3}$	} $3,15 \cdot 10^{-3}$
12	800° — 900°	0'12"	27,1142	27,1231	0,0089	$3,20 \cdot 10^{-3}$	



სხვადასხვა ტემპერატურაზე გაზურებული გააქტივებული ასკანიტის დაცვითი უნარიანობა
აირადი ქლორის მიმართ. ცდის ტემპერატურა 25°

№ რიგზე	თიხის გაზურების ტემპერატურა	დაცვითი უნარიანობა წამში და წუთებში	თიხის წონა გრამებში		წონის ნაშთი გრამებში	1 გრ. თიხის მიერ აღ- სორბირებული ქლორის რაოდენობა	
			ცდამდე	ცდის შემდეგ		ერთეული ცდებისათვის	საშუალო
1	8°	0'5"	28,4900	28,4997	0,0097	$3,40 \cdot 10^{-4}$	$3,45 \cdot 10^{-4}$
2	8°	0'5"	28,6400	28,5500	0,0100	$3,49 \cdot 10^{-4}$	
3	25°	0'43"	26,8992	27,7520	0,1758	$6,53 \cdot 10^{-3}$	$6,65 \cdot 10^{-3}$
4	25°	0'43"	26,7288	26,9100	0,1812	$6,78 \cdot 10^{-3}$	
5	100°	1'50"	25,4782	25,9761	0,4979	$1,95 \cdot 10^{-2}$	$1,95 \cdot 10^{-2}$
6	100°	1'49"	25,0700	25,5600	0,4900	$1,95 \cdot 10^{-2}$	
7	200°	1'18"	24,1840	24,5940	0,4100	$1,69 \cdot 10^{-2}$	$1,68 \cdot 10^{-2}$
8	200°	1'17"	24,1802	24,5882	0,4080	$1,68 \cdot 10^{-2}$	
9	300°	0'26"	21,5020	21,6302	0,1300	$6,51 \cdot 10^{-3}$	$6,25 \cdot 10^{-3}$
10	300°	0'25"	21,2180	21,3450	0,1270	$5,98 \cdot 10^{-3}$	
11	800° - 900°	0'21"	21,3602	21,4452	0,0850	$3,97 \cdot 10^{-3}$	$4,26 \cdot 10^{-3}$
12	800° - 900°	0'21"	21,3598	21,4516	0,0918	$4,29 \cdot 10^{-3}$	



ნახ. № 2. თიხის გაზურების ტემპერატურა

ასკანიტის დაცვითი უნარიანობის მრუდები აირადი ქლორის მიმართ.

- 1 — გააქტივებული ასკანიტი
- 2 — გააქტივებული ასკანიტი



როგორც ნახაზიდან ჩანს, ასკანიტის დაცვითი უნარიანობის მრუდი (1-ლი მრუდი) აირადი ქლორის მიმართ 100° -ზე გაცილებით უფრო მეტია, ვიდრე გაუაქტივებელი ასკანიტისა. თიხის გახურების ტემპერატურის გაზრდით (100° -ზე ზევით) ასკანიტის დაცვითი უნარიანობის მრუდი სწრაფად ეცემა და 250° -ს ზევით ჩვეულებრივი ასკანიტის დაცვითი უნარიანობის მრუდზე ქვევით მდებარეობს. აქედან შეიძლება ასეთი დასკვნა გავაკეთოთ: როგორც გაუაქტივებელი ისე გააქტივებელი ასკანიტის დაცვითი უნარიანობის მრუდი აირადი ქლორის მიმართ თიხის გახურების ტემპერატურის გაზრდით მცირდება.

№ 3 ცხრილში მოცემულია გაუაქტივებელი გუმბრინის მრუდი აირადი ქლორის მიმართ, № 4-ში — იგივე გააქტივებული გუმბრინისათვის.

ცხრილი № 3

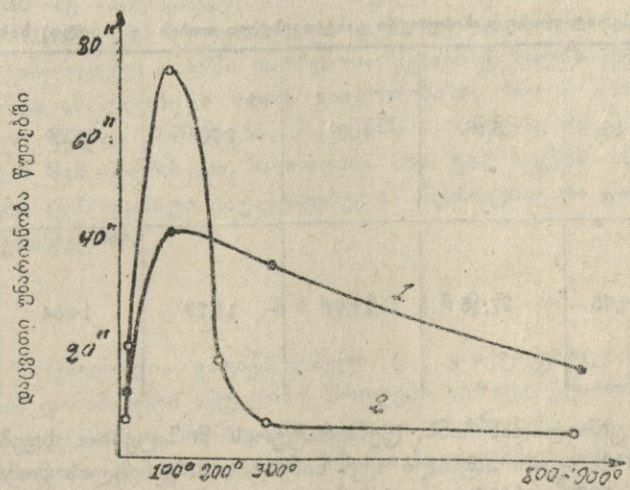
სხვადასხვა ტემპერატურაზე გახურებული გააქტივებული გუმბრინის დაცვითი უნარიანობა აირადი ქლორის მიმართ. ცდის ტემპერატურა 25°

№ რიცხვზე	თიხის გახურების ტემპერატურა	დაცვითი უნარიანობა წამებში და წუთებში	თიხის წონა გრამებში		წონის ნამბი გრამებში	I გრ. თიხის მიერ აღსორბირებული ქლორის რაოდენობაზე	
			ცდამდე	ცდის შემდეგ		ცალკეული ცდებისათვის	საშუალო
1	8°	0'9"	29,2870	29,2970	0,0100	$3,41 \cdot 10^{-1}$	} $3,35 \cdot 10^{-1}$
2	8°	0'9"	28,9320	28,9415	0,0095	$3,28 \cdot 10^{-1}$	
3	25°	0'12"	30,7442	30,8026	0,0584	$1,89 \cdot 10^{-2}$	} $1,88 \cdot 10^{-2}$
4	25°	0'12"	31,8684	31,9284	0,0600	$1,88 \cdot 10^{-2}$	
5	100°	0'43"	30,2660	30,4656	0,1996	$6,58 \cdot 10^{-3}$	} $7,25 \cdot 10^{-3}$
6	100°	0'43"	28,6920	28,9188	0,2268	$7,93 \cdot 10^{-3}$	
7	300°	0'36"	29,7400	29,8659	0,1259	$4,23 \cdot 10^{-3}$	} $4,27 \cdot 10^{-3}$
8	300°	0'36"	27,8800	28,0000	0,1200	$4,32 \cdot 10^{-3}$	
9	$800^{\circ}-900^{\circ}$	0'19"	28,1442	28,2350	0,0908	$3,23 \cdot 10^{-3}$	} $3,26 \cdot 10^{-3}$
10	$800^{\circ}-900^{\circ}$	0'19"	28,1000	28,1858	0,0858	$3,05 \cdot 10^{-3}$	

სხვადასხვა ტემპერატურაზე გახურებული გააქტივებული გუმბრინის დაცვითი უნარიანობა აირადი ქლორის მიმართ. ცდის ტემპერატურა 25°

№/წიგნე	თიხის გახურების ტემპერატურა	დაცვითი უნარიანობა წამებში და წუთებში	თიხის წონა გრამებში		წონის ნაშთი გრამებში	1 გრ. თიხის მიერ აღსორბირებული ქლორის რაოდენობა	
			ცდამდე	ცდის შემდეგ		ცალკეული ცდებისათვის	საშუალო
1	8°	0'7"	29,9819	29,9865	0,0050	$1,66 \cdot 10^{-4}$	$1,63 \cdot 10^{-4}$
2	8°	0'7"	29,0532	29,1541	0,0049	$1,61 \cdot 10^{-4}$	
3	25°	0'21"	30,7830	30,8530	0,0700	$2,27 \cdot 10^{-3}$	$2,48 \cdot 10^{-3}$
4	25°	0'20"	30,3500	30,4350	0,0850	$2,60 \cdot 10^{-3}$	
5	100°	1'14"	27,2488	27,5371	0,2883	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$1,05 \cdot 10^{-2}$
6	100°	1'14"	27,5436	27,8348	0,2912	$1,04 \cdot 10^{-2}$	
7	200°	0'19"	29,7130	29,7740	0,0610	$2,05 \cdot 10^{-3}$	$2,05 \cdot 10^{-3}$
8	200°	0'19"	29,3859	29,4449	0,0590	$2,04 \cdot 10^{-3}$	
9	300°	0'7"	26,1862	26,2162	0,0280	$1,06 \cdot 10^{-3}$	$1,06 \cdot 10^{-3}$
10	300°	0'7"	24,4420	24,4680	0,0260	$1,06 \cdot 10^{-3}$	
11	800° — 900°	0'5"	26,1800	26,1992	0,0192	$7,33 \cdot 10^{-4}$	$7,44 \cdot 10^{-4}$
12	800° — 900°	0'5"	26,2180	26,2378	0,0198	$7,55 \cdot 10^{-4}$	

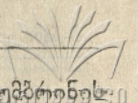
№ 3 და № 4 ცხრილში მოცემული რიცხობრივი მასალები გრაფიკულად გამოსახულია № 3 ნახაზზე.



ნახაზი № 3. თიხის გახურების ტემპერატურა

გუმბრინის დაცვითი უნარიანობის მრუდები აირადი ქლორის მიმართ:

- 1 — გაუაქტივებელი გუმბრინი
- 2 — გააქტივებული გუმბრინი.



№ 3 ნახაზზე მოცემული გააქტივებული და გაუაქტივებელი გუმბრინის დაცვითი უნარიანობის მრუდები აირადი ქლორის მიმართ ანალოგიურად სახის გააქტივებული და გაუაქტივებელი ასკანიტის მრუდებისა. ორივე შემთხვევაში დაცვითი უნარიანობის მაქსიმუმი 100°-ზე გახურებული თიხების ტემპერატურას შეესაბამება და გახურების ტემპერატურის ზრდასთან ერთად დაღმავალ სახეს ღებულობს. გააქტივებული და გაუაქტივებელი ასკანიტის მრუდების აღმავლობა უფრო დამახასიათებელია ამავე სახის გუმბრინის მრუდებთან შედარებით, ხოლო ეს უკანასკნელი ადასტურებს ასკანიტის კარგ ადსორბციულ თვისებებს გუმბრინთან შედარებით.

აღსანიშნავია, რომ გააქტივებული და გაუაქტივებელი ასკანიტი და გუმბრინი მაღალი სინესტის პირობებში იჩენენ სუსტ ადსორბციულ თვისებებს. სინესტის თანდათანობით შემცირებით (რაც თიხის გახურების ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად უნდა ხდებოდეს) ორივე თიხის ადსორბციული თვისებები და, მათთან ერთად, მათი დაცვითი უნარიანობა აირადი ქლორის მიმართ იზრდება. სინესტის შემცირებით ასკანიტისა და გუმბრინის ადსორბციული თვისებების მაქსიმუმი 100°-ზე გახურებული თიხის სინესტეს შეესაბამება. თიხის უფრო მაღალ ტემპერატურაზე გახურებით ხდება მასთან დაკავშირებული კრისტალური წყლის თანდათანობითი მოშორება და 500°—600°-ზე მისი მთლიანად დაკარგვა. 100°-ზე ზევით და კრისტალური წყლის თანდათანობით მოშორებით ხდება თიხის ადსორბციული თვისებების მკვეთრი შემცირება.

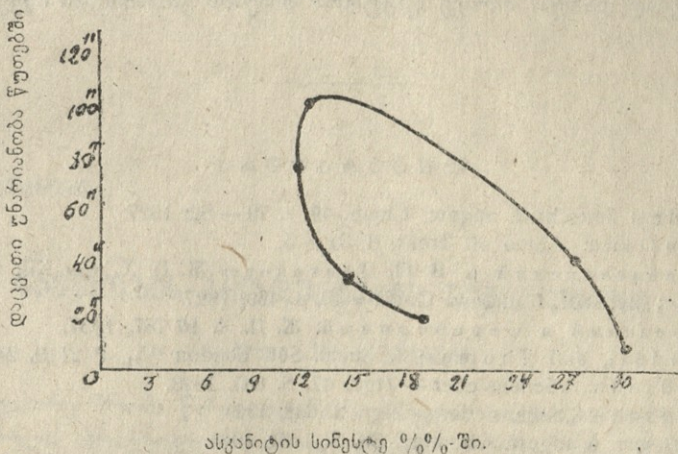
№ 5 ცხრილში მოცემულია სხვადასხვა ტემპერატურაზე განახურები ასკანიტის სინესტე პროცენტებში.

ცხრილი № 5

სხვადასხვა ტემპერატურაზე განახურები გააქტივებული თიხის (ასკანიტი) სინესტე %-ში

თიხის გახურების ტემპერატურა	80°	25,5°	100°	200°	300°	800°—900°
სინესტე %-ში	29,95	27,15	11,97	11,29	14,54	18,53

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ტემპერატურის მომატებით ხდება სინესტის შემცირება. 200°-ს ზევით აღვილი აქვს სინესტის მაჩვენებლის მომატებას, რაც ნაწილობრივ თიხაში არსებული მკროლადი მინარევებისა და ნაწილობრივ მასში არსებული წყლის მოშორებით აიხსნება. თუ თიხის გახურებით გამოწვეულ სინესტის ცვლილებას მისი დაცვითი უნარიანობის ცვლილებასთან დაკავშირებით გრაფიკულად გამოვსახავთ (ცხრილი № 5), მივიღებთ შემდეგი სახის მრუდს.



ნახაზი № 4 გააქტივებული ასკანიტის დაცვითი უნარიანობის მრუდის ცვლილება მის სინესტის ცვლილებასთან დაკავშირებით

როგორც ნახაზიდან ჩანს, გააქტივებული ასკანიტის დაცვითი უნარიანობის მრუდი სინესტის შემცირებასთან ერთად იზრდება, აღწევს მაქსიმუმს, რომელიც 100°-ზე გახურებული თიხის სინესტეს შეესაბამება. თიხის შემდგომი გახურებით ასკანიტის აქტივობა მცირდება და ბოლოს უმნიშვნელო ხდება. 100°-ზე გახურებულ თიხაში დარჩენილი წყალი კატალიზატორული აქტივობის როლს უნდა ასრულებდეს თიხის გააქტივებაში, ხოლო კრისტალურად დაკავშირებული წყლის მოშორება, რაც 500° — 600°-ზე ხდება, თიხის აქტიური ცენტრების შემცირებას და, მაშასადამე, მის გაპასივებას იწვევს. ანალოგიურ მოვლენებს აქვს ადგილი გაუაქტივებელი ასკანიტისა და გააქტივებული გუმბრინის შემთხვევაში.

დასკვნები

1. შესწავლილია გაუაქტივებელი და გააქტივებული თიხების (ასკანიტი, გუმბრინი) დინამიკური აქტივობის მრუდები აირადი ქლორის მიმართ.
2. დადგენილია, რომ გააქტივებული ასკანიტისა და გუმბრინის დინამიკური აქტივობა აირადი ქლორის მიმართ ჩვეულებრივ-ბუნებრივ ასკანიტისა და გუმბრინის დინამიკურ აქტივობასთან შედარებით დაახლოვებით ორჯერ უფრო იზრდება.
3. დადგენილია, რომ ჰიგროსკოპიულად დაკავშირებული წყალი იწვევს როგორც გააქტივებულ, ისე გაუაქტივებელ ასკანიტისა და გუმბრინის აქტივობის შემცირებას.



4. თიხების 100°-ზე მეტი ვახურებით უნდა მოხდეს, ერთი მხრით ტალურად დაკავშირებული წყლის მოშორება, მეორე მხრით, თიხის შემადგენელ ნაწილებად დაშლა. ორივე ფაქტორი თიხების გაპასივებას იწვევს.

ლიტერატურა

1. F. Welde: Zeitschr. f. angew. Chem. 40, s. 79—82; 1927.
2. A. P. Putland: Cotton oil Tress, 6, 34—5.
3. Е. В. Алексеевский и В. П. Платонова: Ж. П. Х. том XII, вып. 9, 1939
4. Kennler: Zeitschr. f. angew. Chemie 40, s. 409, 1927.
5. Алексеевский и Сереберный: Ж. П. Х. 10 787, 1937.
6. E. K. Rideal, and Thomas: J. Chem. Soc. London 11/21, P 2119, 23, 1922.
7. I. Davidsohn: „Seifensieder—Ztg“ 47, S. 665, 1823.
8. E. Davidsohn: „Seifensieder—Ztg“ S. 648, 1923.
9. Ruff: Zeitschr. f. angew. Chemie. 38, S. 1164, 1925.
10. Дубинин, Физико-химические основы сорбционной техники. Госхимтехиздат. 1932 г. ст. 337.
11. Bohard and Adams: J. Am. Ch. Soc, 42, 523, 1920.
12. Ж. П. Х. том XII, вып. 9, 1939.
13. Д-р О. Каум, Отбеливающие вещества; перевод с немец. 1929 г.

სტალინის სახელობის
ბათუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ფიზიკური ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1946. VI. 5).

მ. ს. შარაშენიძე

ნავთობის პროდუქტების წამსვლელი

(ავტოლი „18“-ის ერზაცი)

წინამდებარე შრომა წარმოადგენს სამამულო ომში უშუალო მონაწილეობით მიღებული პრაქტიკული გამოცდილების შედეგთა ერთ მცირე ნაწილს, რომლის შესრულება მე მომიხდა N—არმიის ქიმიურ ლაბორატორიაში.

სამამულო ომის ოთხი წელი საბჭოთა ხალხის შეუპოვარი ბრძოლისა, ჯერ ისტორიაში არ-ნახულ გამარჯვებებსა და მიღწევებთან ერთად, წარმოადგენდა სკოლას, სადაც მრავალი რამის შესწავლა და გაკეთება გვხვდა წილად ჩვენი ქვეყნის საკეთილდღეოდ.

ამხ. მოლოტოვი XVIII პარტყრილობაზე III ხუთწლედის გრანდიოზული ამოცანების დასახვასთან ერთად აღნიშნავს: „ამოცანა მდგომარეობს მასში, რომ აჩქარებით წაეწიოთ წინ ქიმიური მრეწველობა, სახალხო ნეურნეობის ქიმიზაცია, რომლისთვისაც ჩვენ გვაქვს ყოველგვარი შესაძლებლობა და საუკეთესო პერსპექტივები. აქ აუცილებელია კადრის შეკრება და კარგი ორგანიზაცია ქიმიკოსებისა, ინჟინერებისა, ტექნიკოსებისა და მუშებისა, ფართოდ უნდა იქნას მეცნიერების ხალხი ჩამბული ქიმიურ მრეწველობაში და უნდა შევასრულოთ ლოზუნგი „მესამე ხუთწლედი ქიმიის ხუთწლედია“.

ეხლა კი, როდესაც საბჭოთა ხალხი სამამულო ომში გერმანელ არამზადა ფაშისტთა წინააღმდეგ ბრძოლაში დიდი სტალინის ხელმძღვანელობით გამარჯვებული გამოვიდა, ქვეყნის აღდგენისა და შენების საქმეში ქიმიის მთავარ როლს თამაშობს. ჩვენ წინაშე დასმულია ფრიად სერიოზული პრობლემები ქიმიის დარგიდან: 1) „ნავთობის პროდუქტთა შემცვლელნი“, 2) „ნავთობის პროდუქტთა ეკონომია მსუბუქი ფრაქციების დაკარგვის შემცირებით“ და 3) „სხვადასხვა ნავთობის პროდუქტთა შემცვლელების მისაღებად კატალიზატორის გამოყენება“. ამ პრობლემებიდან ჩვენ მიერ ნაწილი საკითხებისა გადაწყვეტილია და ექსპერიმენტულად შესრულებული N.—ნაწილის ქიმიურ ლაბორატორიაში; ამ მუშაობის შედეგები სამამულო ომის პერიოდში გამოყენებულ იქნა პრაქტიკაში. ნაწილი საკითხებისა, და უფრო დეტალურად, ამჟამად მუშავდება სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტის ფიზიკური ქიმიის კათედრაზე.



1941 წლის 30/IX-ის გაზეთი „პრაედა“ აღნიშნავს: „ახლა ჩვენს ქვეყანაში ბული ვართ მედვრად ვიმუშაოთ ნავთობის ძიებისა და გადამამუშავების სფეროში ზრდისათვის. მასთან ვაუფეროთხილდეთ ნავთობის პროდუქტებს, გავსწიოთ ეკონომია, ვიხმაროთ წესისამებრ და ვწვათ მომჭირნედ. ასეთია ამოცანა დასმული პარტიისა და მთავრობის მიერ მთელი საბჭოთა ხალხის წინაშე“.

მინერალური ზეთები წარმოადგენენ ნავთობის პროდუქტების ყველაზე უფრო დიდ ჯგუფს. თითქმის გასული საუკუნის 70-ან წლებამდე წარმოებამ არ იცოდა სხვა საცხები მსალა მანქანებისათვის, გარდა მცენარეული ზეთებისა და ქონისა, რაც ძლიერ ძვირი იყო და მცირე რაოდენობითაც მოაოფბოდა. პირველად ვ. ი. რაგოზინმა შესძლო მიეღო ნავთობის ნარჩენიდან (მაზუთი) ე.წ. მინერალური ზეთები, რომლებიც კარგი ხარისხის საცხებ მასალას წარმოადგენენ მანქანებისა და ძრავებისათვის. ამჟამად ნავთობის პროდუქტებიდან ლებულობენ ასობით სხვადასხვა ტიპისა და ხარისხის მინერალურ ზეთებს, რომლებიც საცხებ მასალად გამოიყენება, როგორც მანქანის აგრეგატებს შორის ხახუნის შემამცირებელი საშუალება.

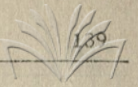
აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ მანქანებისა და აგრეგატების წყობიდან გამოსვლა ხშირად ხდება პრაქტიკულად მომუშავეთა ტექნიკური უკულტურობით; პრაქტიკაში არაიშვიათია ისეთი მინერალური ზეთების გამოყენება, რომლებიც ოდნაუადაც არ აკმაყოფილებენ სტანდარტის ნორმებს, და ამიტომ თავის შედეგად ხშირად იწვევენ ტექნიკის განადგურებას. მასთან დაკავშირებულია აგრეთვე ნავთობის პროდუქტების ტრანსპორტირების, შენახვისა და ხარისხის საკითხი.

დიდი ხანია ლიტერატურაში ცნობილია, რომ ნავთობის პროდუქტები შეიძლება შეცვლილ იქნან ერთი მეორეთი, მხოლოდ იმ პირობით, რომ შემცვლელის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები უნდა აკმაყოფილებდეს სტანდარტულ ნორმებს და არ დაუშვათ ტექნიკური უკულტურობით თუ ხელოვნურად მანქანის, ძრავის ან მათი აგრეგატების გაუჭეება და წყობიდან გამოსვლა. ასე, მაგალითად, ცნობილია, რომ თუ არ გვაქვს ავტოლი — 6, ის შეიძლება შეცვლილ იქნას მანქანის A ზეთით; ავტოლი — 10 — ცილინდრის — 2; ავტოლი — 18 კომპრესორის — JT და ავტოლი — 10-ით.

ეს ყველაფერი კარგი და გამოსადეგია, თუ ჩვენს განკარგულებაში იმყოფება ასეთი შემცვლელები. მაგრამ საკითხი რთულდება მაშინ, როცა მოკლებული ვართ როგორც სტანდარტულ-ნორმალურ ზეთებს, ისე მათ ცნობილ შემცვლელებს, განსაკუთრებით კი საველე პირობებში — ომის მდგომარეობაში ყოფნის დროს.

ასეთი იყო ჩვენი მდგომარეობა 1943 წლის მარტში, როდესაც ჩვენ განკარგულებაში საჭირო რაოდენობით იყო ბენზინი, ხოლო არ იყო რკინისგზის ტრანსპორტის უქონლობის გამო (რადგან რკინისგზა გერმანელთა ფაშისტური ჯარის მიერ იყო დანგრეული) არც ერთი კილოგრამი ზეთი, რომლის გარეშე რაიმე ოპერაციის შესრულება შეუძლებელი იყო.

ამის გამო ჩვენ წინაშე, როგორც ქიმიკოსისა, დაისვა საკითხი ამ მიმე მდგომარეობიდან სასწრაფოდ გამოსვლის შესახებ.



მდგომარეობა გვაიძულებდა მოკლე დროში შესრულებული პროდუქტების შემდეგი მუშაობა:

1. გამოგვერკვია და დაგვედგინა, თუ როგორი ნავთობის პროდუქტების ან სუროგატების შოვნა შეიძლებოდა ქ. კრასნოდარში და რა რაოდენობით.

2. შეგვესწავლა არსებული და ნაშოვნი ნავთობის პროდუქტების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.

3. აგვეჩინა შესაფერი ნავთობის პროდუქტები ავტოლ — „18“-ის შემცველელის მისაღებად.

4. შეგვედგინა და მიგველო არჩეული ნავთობის პროდუქტებიდან ავტოლი — „18“-ის შემცველნი.

5. მოგვენახა შემცველში შემავალ კომპონენტთა პროცენტული შენადგენლობა.

6. მოგვენახა შემცველელის მომზადების მეთოდი, რაც საველე პირობებში დასაშვები და მარტივი უნდა ყოფილიყო.

7. გამოგვეკვლია და შეგვესწავლა ახალი მიღებული პროდუქტის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და შეგვედარებინა ოსტი — 7869 მიხედვით ავტოლ — „18“-ს.

8. შეგვესწავლა ლაბორატორიული წესით ავტოლ — „18“ და მისი შემცველელი ძრავაში 20 საათის მუშაობის შემდეგ.

9. მიღებული ახალი პროდუქტი ავტოლ — „18“-ის შემცველი პრაქტიკულად გამოგვეცადა ავტომანქანებზე.

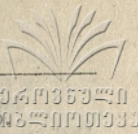
ნავთობის პროდუქტებიდან ქ. კრასნოდარში შესაძლებელი შეიქმნა გვეშოვა რამდენიმე ტონა მხოლოდ ცილინდრული კომპანდის, და სამანქანო 2B — ზეთები.

უშუალოდ ამ ზეთების გამოყენება, როგორც საცხები მასალისა ჩვენი მიზნისათვის, თანახმად მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებისა შეუძლებელი იყო. საჭირო გახდა ნავთობის ამ პროდუქტებიდან მესამე კომპონენტის დამატებით მიღებული ყოფილიყო ახალი პროდუქტი, რაც ჩვენს მიზანს დააკმაყოფილებდა.

მრავალრიცხოვანმა ექსპერიმენტულმა ცდებმა მოგვეცეს ფრიად დამაკმაყოფილებელი შედეგები: 65% ცილინდრული ზეთი + 25% სამანქანო ზეთი + 10% დიზელის სათბობი გამოვიდა თავისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით საუკეთესო საშუალება, და თავისი მდებარეობის უნარიანობით უფრო კარგი ვიდრე ავტოლი „18“.

მუშაობის მეთოდი

1. ხვედრი წონა ისაზღვრებოდა მორ - ვესტფალის სასწორით.
2. აფეთქების ტემპერატურა — ბრენკენის მიხედვით.
3. სიბლანტე — ოტვალდის მეთოდით.
4. კოროზიის თვისება — სპილენძის ფირფიტებით.
5. კოკსი — ვონრადსონის მეთოდით.
6. ნაცრიანობა — წონითი მეთოდით.



7. მეფეინობა — $1/20$ N ნატრიუმის ტუტის სპირტიანი ხსნარით
8. წყალი — თვისებითად და დინა-სტარკის აპარატით.
9. მექანიკური მინარევები — ჩვეულებრივი მეთოდით.
10. მასის ერთგვარობა 400—500°-ზე გახურებისას და ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე.

ყველა ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლამ, როგორც ავტოლ — „18“-ის შემცვლელში შემავალი კომპონენტებისა ისე შემცვლელებისამ, მოგვცა საშუალება შეგვეფასებინა შემცვლელთა ვარგისიანობა.

გამოკვლევების მონაცემები

ცხრილი № 1

№ რიგ.	ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები	ცილინდრული კომპაუნდის ხეთი	სამანქანო ხეთი 2B	დიზელის სათბობი	ავტოლი „18“-ისტი—7869 მიხედვით
1	ხვედრი წონა d_{4}^{20}	0,933	0,908	0,873	არაუმეტეს 0,926
2	300°-ზე ვადმონადენი.	—	—	42%	—
3	350°-ზე „	—	—	85%	—
4	სიბლანტე ენგლერის მიხედვით 50°-დროს.	არ განისაზღვრება	5,9	1,3	არაუმეტეს 18
5	სიბლანტე ენგლერის მიხედვით 100°-დროს.	6,29	—	—	არაუმეტეს 2,3
6	აფეთქების 1°-რა ბრენკენით.	310°	188°	118°	არანაკლები 2,5°
7	ნაცრიანობა.	0,05%	0,02%	—	არაუმეტეს 0,04%
8	კოქსი კონრადსონით.	0,98%	0,4%	—	არაუმეტეს 0,7%
9	კოროზია სპილენძის ფირფიტაზე.	არ არის	არ არის	არ არის	არ არის
10	მეფეინობა მილგრ. KOH.	0,029	0,02	—	არაუმეტეს 0,039
11	წყალი	არ არის	არ არის	არ არის	არ არის
12	მექანიკური მიწერავები.	„	„	„	„

ცხრილი № 1 გვიჩვენებს, თუ რა ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით ხასიათდება ის კომპონენტები, რომლებიც ჩვენ მიერ გამოყენებული იყო, როგორც ავტოლი — „18“-ის შემცვლელის შემადგენელი.

თითოეული კომპონენტის შესწავლის შემდეგ ამოცანა იმაში მდგომარეობდა, რომ მათგან მიგვეღო ერთგვაროვანი პროდუქტი ოსტის 7869 მიხედვით და დაგვედგინა კომპონენტთა პროპორცია.

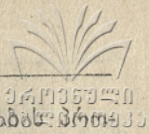
აგრეთვე, ვინაიდან ჩვენს განკარგულებაში იყო სამანქანო ზეთი, წყნარად მცირე რაოდენობით, მოგვიხდა სხვა გზების ძებნა რათა სასწრაფოდ გვექონოდა მდგომარეობიდან გამოსვლისა.

ამგვარად შედგენილ იქნა ორი სხვადასხვა შემადგენლობის ნავთობის პროდუქტები, რაც ცხრილში აღინიშნება № 1 და № 2 შემცველებით. მათი შესწავლისა და კვლევის შედეგები მოცემულია № 2 ცხრილში, სადაც შესაძარებლად მოყვანილია ოსტი 7869 მიხედვით ნორმები.

ცხრილი № 2.

№№ რიგზე	ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები	შემცველი № 1 65% ცილ. ზეთი + 25% სამანქანო + 10% დიზე- ლის სათბობი	შემცველი № 2 82% — ცილ. + 18% დიზ. სათბობი	ავტოლი „18“ ოსტი — 7869 მი- ხედვით
1	ხვედრი წონა d_4^{20}	0,924	0,922	არაუმეტეს 0,926
2	აფეთქების t° -რა ბრენკენის მიხედვით.	190°	200°	არანაკლები 215°
3	სიბლანტე ენგლერის მიხედვით 50° — დროს	16,3	17,85	არაუმეტეს 18,0
4	„ „ „ 100° „	2,77	2,8	არანაკლები 2,3
5	ნაცრიანობა.	0,03%	0,03%	არაუმეტეს 0,04%
6	კოკსი კონრადსონით	0,7%	0,7%	0,7%
7	კოროზია სპილენძის ფირფიტაზე.	არ არის	არ არის	არ არის
8	მჟავიანობა მილგრ. KOH.	0,028	0,027	არა უმეტეს 0,03
9	წყალი.	არ არის	არ არის	არ არის
10	მექანიკური მინარევები	„	„	„
11	მასის ერთგვარობა ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე	არ იცვლება	არ იცვლება	არ იცვლება
12	მასის ერთგვარობა 400 — 500°-ს დროს.	„	„	„

ამგვარად, № 2 ცხრილიდან ცხადად ჩანს, რომ № 1 და № 2 ავტოლი „18“-ის შემცველთა ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები ზუსტად და სავსებით ეთანხმება ოსტის მიერ მოცემულ სტანდარტულ ნორმებს, გამოჩაქისის შეადგენს მხოლოდ აფეთქების ტემპერატურა. ეს მდგომარეობა არ შეიძლება ჩაითვალოს დიდ ნაკლად, ვინაიდან ცნობილია, რომ მანქანებისათვის ზეთი შეიძლება გამოყენებულ იქნას, თუ მისი აფეთქების ტემპერატურა 170°-ის ზევითაა.



რომ დავრწმუნებულიყავით მიღებულ № 1 და № 2 ნავთბარბარული
 დუქტთა ჩვენი მიზნისათვის ვარგისიანობაში, მოვახდინეთ შემდეგი კვლევა;
 შესწავლილ და ანალიზირებულ იქნა როგორც ნორმალური ავტოლი „18“-ის,
 ისე № 1 და № 2 შემცვლელთა ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები მანქანის კარ-
 ტერში 20 საათის გამუდმებით მუშაობის შედეგად. ამით გამოვარკვეეთ მდეგ-
 რობის უნარიანობა როგორც ნორმალური ავტოლი „18“-ისა, ისე ჩვენ მიერ
 მიღებული № 1 და № 2 შემცვლელებისა. შედეგები მოცემულია № 3 ცხრილში.

20 საათის მუშაობის შემდეგ

ცხრილი № 3

№1 რიცხვითი	ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები	შემცვლელი № 1	შემცვლელი № 2	ავტოლი „18“
1	ხვედრი წონა. d_4^{20}	0,922	0,920	0,923
2	აფეთქების t° -რა ბრენკ. მიხედვით	150°	160°	140°
3	სიბლანტე ენგლერით 50°—დროს.	11,4	14,98	11,24
4	„ „ 100° „	2,2	2,3	2,18
5	ნაცრიანობა	0,04%	0,04%	0,05%
6	კოროზია-სპილენძის ფირფიტაზე.	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
7	მჟავიანობა მიღვრ. KOH	0,03	0,03	0,03
8	წყალი.	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
9	მექანიკური მინარევი	კვალი	კვალი	კვალი
10	მასის ერთგვარობა ჩვეულბრივ t° -ზე.	არ იცვლება	არ იცვლება	არ იცვლება
11	მასის ერთგვარობა 400 — 500° — დროს.	„	„	„

№ 3 ცხრილში მოცემული შედეგები ცხადად ამტკიცებს, რომ მიღებული შემცვლელები № 1 და № 2 წარმოადგენენ ნავთობის პროდუქტებს, რომლებსაც ხოვ შემთხვევაში უფრო მეტი მდებრობის უნარი აქვთ, ვიდრე ნორმალურ ავტოლ „18“-ს.

ყველა ჩატარებულმა მუშაობამ და კვლევის შედეგებმა იმ დასკვნამდე მიგვიყვანა, რომ მიღებული შემცვლელები № 1 და № 2 შეიძლება გამოყენებულ იქნას ყველა მარკის მანქანისათვის, ისევე როგორც ავტოლი „18“.

რადგან ვგრძნობდით სერიოზულ პასუხისმგებლობას ამ პროდუქტების პრაქტიკაში გამოყენების შემთხვევაში, ჩვენ მიერ პრაქტიკულად სათანადო სპეციალისტებთან ერთად წინასწარ შემოწმებული და პირველად გამოყენებული იყო N — სამხედრო ნაწილში, სადაც მუშაობა გვიხდებოდა. შედეგი ურთადად დააკმაყოფილებელი მივიღეთ.

მომზადების მეთოდი

მას შემდეგ, რაც მიზანი მიღწეული იყო და პრობლემა გადაწყვეტილი ჩანდა, ჩვენ წინაშე დაისვა საკითხი № 1 და № 2 შემცვლელთა ნახევრად-ქარხნული წესით მომზადებისა. მეთოდი გვეჩვენებოდა მარტივი და სწრაფი, რომ მომზადება მისაწვდომი და ადვილი ყოფილიყო საველე პირობებში.

ამ მიზნით აღებული იყო 1000—1500 ლიტრის ტევადობის მეტალის ქურჭელი, რომლის ზევითა თავი იყო ღია. იდგმებოდა აგურის სადგარებზე იმგვარად, რომ შესაძლებელი ყოფილ-ყო ცეცხლის შენთება. ამგვარ ქურ-ჭელში ერთდროულად გადავიტანდით ზემოხსენებული ნავთობის პროდუქტებს, ზუსტი დაცვით აღნიშნული პროპორციებისა 150—200°-დე გახურებით და 25—30 წუთის ხანგრძლივობაში მექანიკური რევის საშუალებით ვღებულობდით ერთგვაროვანი მასის სასურველ პროდუქტს. იმ შემთხვევაში, როცა გახურება არ იყო შესაძლებელი, საჭირო იყო 1—1,2 საათის განმავლობაში მაგარი მექანიკური რევა.

ამ წესით მიღებული იყო ათეული ტონა ავტოლი „18“-ის № 1 და № 2 შემცვლელებისა, რომელთა პრაქტიკულმა გამოყენებამ უდიდესი როლი შეასრულა. დავძენთ, რომ არავითარი პროტენზია მომხმარებლისაგან არ ყოფილა, არამედ, პირიქით, მოითხოვდნენ ერზაცის მიღებას, მაშინაც კი, როცა ავტოლი „18“ საკმარისად მოეპოვებოდათ.

დასკვნა

1. მონახულ იქნა ახალი კომპონენტები ავტოლი „18“-ის შემცვლელთა მისაღებად.
2. შესწავლილ იქნა ნახული კომპონენტების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მაჩვენებლები.
3. შედგენილ და მიღებულ იქნა ავტოლის „18“-ის შემცვლელი № 1: 65%—ცილინდრული ზეთი კომპაუნდი + 25% სამანქანო ზეთი 2B + 10% დიზელის სათბობი.
4. შედგენილი და მიღებულ იქნა ავტოლი „18“ შემცვლელი № 2: 82%—ცილინდრული ზეთი კომპაუნდი + 18% სამანქანო ზეთი 2B.
5. შესწავლილ იქნა ავტოლი „18“-ის № 1 და № 2 შემცვლელთა ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.
6. მიღებული შედეგები შედარებულა ოსტის — 7269, ე. ი. ავტოლი „18“ სტანდარტულ ნორმასთან.
7. შესწავლილ იქნა, თუ როგორ იცვლებიან ავტოლი „18“ და მისი შემცვლელები № 1 და № 2 ავტომანქანის კარტერში 20 საათის მუშაობის შემდეგ.
8. რეზულტატთა საფუძველზე მოცემულია დასკვნა, რომ ჩვენ მიერ მიღებული ავტოლის შემცვლელების № 1 და № 2 შეიძლება გამოყენებულ იქნან ყველა მარკის მანქანისათვის, როგორც ავტოლი „18“.



9. მოცემულია მარტივი და სწრაფი მეთოდი ავტოლის № 1 შემცველთა მომზადებისა.

10. ჩვენი მეთოდით მომზადებულ იქნა ათეული ტონა № 1 და № 2 შემცველებისა, რომელთა პრაქტიკულმა გამოყენებამ უდიდესი როლი შეასრულა.

11. ავტოლი „18“-ის № 1 და № 2 შემცველთა თვისებები შესწავლილ იქნა პირველად N — სამხედრო ნაწილში, რამაც ფრიად დადებითი შედეგი მოგვცა.

12. ავტოლი „18“-ის № 1 და № 2 შემცველთა პრაქტიკაში გამოყენებას მომხმარებელთა მიერ არაავითარი პრეტენზია ან განცხადება არ გამოუყვევია — უფარვისობის შესახებ; არამედ პირიქით, მოითხოვნენ ამ შემცველთა მიღებას მაშინაც კი, როცა ნორმალური ავტოლი „18“ საკმარისად მოიპოებოდა.

ლიტერატურა

1. „Технические нормы на нефтепродукты, Гостехиздат 1942 г.
2. „Методы испытания нефтепродуктов“, Стандаргиз 1941 г.
3. А. Г. Попич, Нефтяное товароведение 1937.
4. ОСТ/ВКС 7872, Нефтепродукты. Методы испытаний, 1936 г.
5. Краткое пособие по горюче-смазочным материалам для РККА, Акчурин, 1939 г.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის

ფიზიკური ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1946. VI. 5).

Ш. С. Шарашенидзе

Заменители нефтепродуктов

(Ерვაჟ ავტოლა „18“).

Выводы

1. Найдены новые компоненты для приготовления заменителей автола „18“.
2. Изучены физико-химические показатели найденных компонентов.
3. Составлен и получен заменитель № 1 автола „18“: 65% — цилиндрическое масло компаунд + 25% машинное масло 2В + 10% дизельное топливо.
4. Составлен и получен заменитель № 2 автола „18“: 82% — цилиндрическое масло компаунд + 18% дизельное топливо.
5. Изучены физико-химические свойства (показатели) заменителей № 1 и № 2 автола.
6. Полученные результаты сопоставлены с ОСТ 7869, т. е. со стандартными нормами автола „18“.
7. Изучено, как изменяется автол „18“ и заменители автола № 1 и № 2 после 20-ти часовой работы в картере автомашины.
8. На основе результатов дается заключение, что полученные нами заменители автола № 1 и № 2 можно применять как автол „18“ для машин всех марок.
9. Дается простой и быстрый метод приготовления заменителей автола № 1 и № 2.
10. Было приготовлено по нашему методу по десяти тонн № 1 и № 2 заменителей, использование которых практически сыграло большую роль.
11. Качество заменителей автола № 1 и № 2 испытано практически на автомашинах N — соединения, что дало весьма положительные результаты.
12. Использование на практике заменителей № 1 и № 2 со стороны потребителей никаких претензий и заявлений о негодности не вызвало, наоборот, клиенты требовали заменители даже в том случае, когда нормального автола „18“ было в достаточном количестве.