

1966



საქართველოს სსრ
ეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა ე ბ ე

*

524

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР

*

86

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR

*

XLIV, № 1

თბილისი 1966 ОКТЯБРЬ

საქართველოს სსრ
ეცნიერებათა აკადემიის

ბ ი უ ლ ე ტ ე ნ ი



СООБЩЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР



BULLETIN
OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR



XLIV

1966

თბილისი * ТБИЛИСИ * TBILISI



10.039

ს ა რ ე ლ ა ჭ ვ ი ო კ ო ლ ე გ ი ა

- ვ. ანდრონიკაშვილი, ა. ბოკორიშვილი, ი. გიგინეიშვილი (მთ. რედაქტორის მოადგილე), ლ. დავითაშვილი, რ. დვალი (მთავარი რედაქტორი), ნ. კეცხოველი, ვ. მახალდიანი, ნ. მუსხელიშვილი, რ. შადური (მთ. რედაქტორის მოადგილე), გ. ციციშვილი, ვ. წერეთელი, ა. წულუკიძე, ა. ჟანელიძე

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Э. Л. Андроникашвили, А. Т. Бочоришвили, И. М. Гигинейшвили (заместитель главного редактора), Л. Ш. Давиташвили, Р. Р. Дვალი (главный редактор), А. И. Джanelidze, Н. Н. Кеcховели, В. В. Махалдиани, Н. И. Мусхелишвили, Г. В. Церетели, Г. В. Цицишвили, А. П. Цулукидзе, Р. С. Шадури (заместитель главного редактора)



МАТЕМАТИКА

Г. С. ДАДУНАШВИЛИ

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА НЕРЕФЛЕКСИВНЫХ БАНАХОВЫХ
 И ЛОКАЛЬНО ВЫПУКЛЫХ ПРОСТРАНСТВ

(Представлено академиком Н. П. Векуа 20.1.1966)

Пусть E — банахово пространство, E' — сопряженное пространство. Если через M' обозначим подпространство пространства E' , всюду плотное в слабой топологии $\sigma(E, E')$, а через $\|x\|^*$ — норму, порожденную функционалами из пространства E' :

$$\|x\|^* = \sup_{x \neq 0, x \in M} \frac{|\langle x, x' \rangle|}{\|x'\|},$$

то подпространство M называется подпространством с нулевой характеристикой, если норма $\|x\|^*$ неэквивалентна исходной норме $\|x\|$, определенной в пространстве E [1].

В работе [2] была доказана следующая теорема: если нерелексивное банахово пространство изоморфно своему декартову квадрату $E \times E$, то сопряженное пространство E' содержит всюду плотное в топологии $\sigma(E, E')$ подпространство характеристики нуль. В той же работе введены понятия квазирелексивности пространств и класса пространств, обладающих свойством R .

В настоящей работе приведены дальнейшие исследования нерелексивных банаховых пространств в указанном направлении.

Теорема 1. Если E — сепарабельное нерелексивное и не обладающее свойством R банахово пространство, то сопряженное пространство E' содержит подпространство M' , всюду плотное в слабой топологии $\sigma(E, E')$, характеристика которого равна нулю.

Доказательство. Пусть F_1 — нерелексивное подпространство пространства E . Такое подпространство существует, так как в противном случае существует возрастающая последовательность рефлексивных пространств $E_1 \subset E_2 \subset \dots$, индуктивным пределом которой является пространство E , и, таким образом, E должно быть рефлексивным, что противоречит условию теоремы. Подпространство F_1 можно считать достаточно узким [3].

Из пространства E выделим достаточно узкое нерелексивное подпространство F_2 [4] такое, что $F_2 \cap F_1 = \emptyset$. Оно существует,

так как в противном случае мы выделим такую же возрастающую последовательность рефлексивных подпространств $E'_1 \subset E'_2 \subset \dots \subset E'_n \subset \dots$,

где $E'_n = \bigcap_1^n F_1 = \emptyset$, индуктивным пределом которой является пространство E_μ , где E_μ — наименьшее нерефлексивное подпространство. Такое подпространство существует, так, например, подпространство, которое пересекается с F_1 на нерефлексивном пространстве. Из множества $E/F_1 \cup F_2$ выделим достаточно узкое нерефлексивное подпространство. Ссылаясь на вышеприведенное суждение, находим, что такое подпространство существует и т. д. Таким образом, из пространства E выделим последовательность нерефлексивных подпространств $F_1, F_2, \dots, F_n, \dots$, где $F_i \cap F_j = \emptyset$, $i \neq j$, $i, j = 1, \dots, n, \dots$. В силу работы [4] каждое подпространство F_n , не ограничиваясь общностью, можно считать сепарабельным.

Ссылаясь на работу [1], в каждое подпространство F_n введем новую нормированную топологию $T_{(n)}$, более слабую, чем исходная топология пространства F_n , так, чтобы замыкание единичного шара $S_1^{(n)}$ пространства F_n в топологии $T_{(n)}$ содержало элемент x , нормы $\|x\|$ которого превосходят число n .

Исследуем прямую сумму $E_n = F_1 + F_2 + \dots + F_n$ для любого n . Рассмотрим замыкания $\overline{E_n}$ и на подпространствах $\overline{F_n} = \overline{F_1 + \dots + F_n}$ прямую сумму P_n топологий $T_{(2)}, \dots, T_{(n)}$, обозначив через $\widetilde{E_n}$ объединение всех подпространств $\overline{E_n}$. Очевидно, что при любом n топология, которую индуцирует на E_n топология P_{n+1} , совпадает с топологией P_n .

Определим на векторном пространстве E строгий индуктивный предел Γ нормированных топологий P_n . Через T_1 обозначим нижнюю грань топологии Γ_1, Γ , где Γ_1 — индуцированная топология на \widetilde{E} исходной топологией пространства E в множестве всех локально выпуклых топологий. Очевидно, что T_1 — отделимая локально выпуклая топология на пространстве \widetilde{E} .

Пусть U и U_1 — две окрестности из фундаментальной системы окрестностей нуля в топологиях Γ, Γ_1 , тогда выпуклая оболочка K множества $U \cup U_1$ образует фундаментальную систему окрестностей нуля топологии T_1 , когда U, U_1 пробегает множество всех окрестностей из фундаментальной системы окрестностей нуля топологии Γ, Γ_1 .

Топология T_1 является верхней гранью для множества всех локально выпуклых топологий, которые слабее топологии Γ_1 пространства \widetilde{E} , и индуцирует на каждом из пространств $\overline{E_n}$ топологию P_n .

Замыкание единичного шара $\widetilde{S} = \widetilde{E} \cap S$, где S —единичный шар пространства E , в топологии T_1 является неограниченным множеством в норме пространства E .

Рассмотрим нижнюю грань T топологии Γ , Γ_1 в множестве всех топологий, согласующихся со структурой векторного пространства \widetilde{E} .

Покажем, что пополнение \widetilde{E} , наделенного топологией T , содержит замыкание \widetilde{E}_1 подпространства \widetilde{E} в банаховом пространстве E . Последнее условие эквивалентно следующему утверждению: всякая фундаментальная по норме Γ_1 последовательность (x_n) , которая сходится к нулю в топологии T , стремится к нулю в топологии Γ_1 . Так как каждая сходящаяся к нулю в топологии T сеть (Z_n) имеет вид $Z_n = X_n + Y_n$, то X_n и Y_n —сети, сходящиеся к нулю в топологиях Γ , Γ_1 .

Если последовательность (X_n) сходится к нулю в топологии Γ , то она принадлежит одному из подпространств \overline{E}_n .

Так как каждое подпространство E_n замкнуто в \overline{E}_{n+1} в топологии P_{n+2} , то \overline{E}_n замкнуто и в топологии Γ (см. [4], замеч. 2, стр. 88). Последовательность (X_n) является ограниченным множеством в топологии Γ , ибо (X_n) —фундаментальная последовательность.

Ссылаясь на теорему об ограниченных множествах в строгом индуктивном пределе (см. [3], предл. 6, стр. 151), мы можем утверждать, что последовательность (X_n) содержится в одном из подпространств \overline{E}_n . Пространство \overline{E}_n , наделенное индуцированной топологией Γ_1 , является банаховым пространством, поэтому последовательность (X_n) сходится к нулю по норме Γ_1 . Таким образом, получаем, что последовательность $Z_n = X_n + Y_n$ сходится к нулю в топологии Γ_1 , так что пополнение пространства \widetilde{E} в топологии Γ содержит банахово пространство \widetilde{E}_1 .

В [силу леммы 2 [2] следует, что топологии T , T_1 эквивалентны.

Таким образом, пополнение векторного пространства \widetilde{E} в топологии T_1 содержит замыкание \widetilde{E}_1 подпространства \widetilde{E} в банаховом пространстве E , т. е. на пространстве \widetilde{E}_1 определена отделимая локально выпуклая топология T_1 , которая слабее исходной топологии пространства \widetilde{E}_1 и замыкание единичного шара \widetilde{S}_1 пространства \widetilde{E}_1 в топологии T_1 не ограничено по норме \widetilde{E}_1 .

Следовательно, сопряженное \widetilde{E}_1 обладает всюду плотным в слабой топологии подпространством характеристики нуль и в силу леммы 1 [2] сопряженное пространство E' содержит аналогичное подпространство. Теорема доказана.

Определение 1. Локально выпуклое топологическое пространство E будем называть квазирефлексивным, если фактор-пространство \overline{E}/E такое, что $\Gamma^{**} = \Gamma$, т. е. соответственные топологии совпадают и \overline{E} — второе сопряженное конечномерное пространство.

Теорема 2. Пусть имеется возрастающая последовательность локально выпуклых квазирефлексивных пространств $E_1 \subset E_2 \subset E_3 \subset \dots \supset E_n \supset \dots$

Пусть последовательность вторых сопряженных пространств $\{\overline{E}_n\}$ является возрастающей последовательностью $\overline{E}_1 \subset \overline{E}_2 \subset \dots \subset \overline{E}_n \dots$

Если каждые пространства E_n, \overline{E}_n являются подпространствами $E_{n+1}, \overline{E}_{n+1}$ и индуктивный предел последовательности $\overline{E}_1 \subset \overline{E}_2 \subset \dots \subset \overline{E}_n \subset \dots$ является вторым сопряженным индуктивного предела последовательности $E_1 \subset E_2 \subset \dots \subset E_n \subset \dots$, если начиная от некоторого n_0 для $n > n_0$ \overline{E}_n/E_n изоморфно $\overline{E}_{n+1}/E_{n+1}$ и т. д., то $E = \text{limind } E_n$, индуктивный предел квазирефлексивен.

Доказательство. Пусть E, \overline{E} есть индуктивные пределы последовательностей $E_1 \subset E_2 \subset \dots \subset E_n \subset \dots, \overline{E}_1 \subset \overline{E}_2 \subset \dots \subset \overline{E}_n \subset \dots$ соответственно.

Очевидно, топологии, индуцированные топологиями E и \overline{E} на E_n, \overline{E}_n $n = 1, 2, \dots$, совпадают с топологиями E_n, \overline{E}_n $n = 1, 2, \dots$

Последовательность соответствующих фактор-пространств $\overline{E}_1/E_1, \overline{E}_2/E_2, \dots, \overline{E}_n/E_n, \dots$ также будет возрастающей в обобщенном смысле, так как $E_n \subset E_{n+1}, \overline{E}_n \subset \overline{E}_{n+1}$ $n = 1, 2, \dots$ и операция u_n переводит $E_n^* = \overline{E}_n/E_n$ в $E_{n+1}^* = \overline{E}_{n+1}/E_{n+1}$ следующим способом: $(\overline{E}_{n+1}^* \supset \overline{x}_{n+1} = x + \overline{E}_{n+1}, E_n^* \supset \overline{x}_n = x + E_n)$, все $\overline{x}_n \rightarrow \overline{x}_{n+1}$ для $x \in \overline{E}_{n+1}, x \in \overline{E}_n$ и $\overline{x}_n \rightarrow \emptyset \in E_{n+1}^*$, где $x \in E_{n+1}$. Таким образом, операция U_n линейна, непрерывна и переводит \overline{E}_n/E_n в $\overline{E}_{n+1}/E_{n+1}$ для любого $n = 1, 2, \dots, m, \dots$ Определим операции U_n вышеприведенным образом из \overline{E}_n/F_n в \overline{E}/E . Очевидно, что U_n будет линейной и $U_{n+1} u_n = U_n$; не вызывает сомнения равенство $\overline{E}/E = \bigcup_n U_n \overline{E}_n/E_n$. Очевидно, что если при некотором \overline{x}_n $U_n \overline{x}_n = \emptyset$, то существует $m \geq n$, что $u_m \dots u_n \overline{x}_n = \emptyset$.



Если введем в $\overline{\overline{E}}/E$ индуктивную топологию, то она совпадет с топологией $\overline{\overline{E}}/E$.

Таким образом, $\overline{\overline{E}}/E$ есть индуктивный предел последовательности $\{\overline{\overline{E}}_n/E_n\}$ $n = 1, 2, \dots, m, \dots$

Так как начиная с некоторого n_0 $\overline{\overline{E}}_n/E_n$ изоморфен $\overline{\overline{E}}_{n+1}/E_{n+1}$ и т. д., начиная с n_0 $\overline{\overline{E}}/E_n \sim \overline{\overline{E}}/E$, т. е. пространство E квазирефлексивно.

Академия наук Грузинской ССР
Тбилисский математический институт
им. А. М. Размадзе

(Поступило в редакцию 25.1.1966)

მათემატიკა

ბ. დავუნაშვილი

არარეფლექსიური ბანახის ლოკალურად ამოწმებელი სიმრცეების თვისებების შესახებ

რეზიუმე

ვთქვათ E სეპარაბელური არარეფლექსური სივრცეა, რომელსაც არ ახასიათებს R თვისება. ამ შრომაში დადგენილია, რომ მაშინ E' შეუღლებულ სივრცეში არსებობს ყველგან მკვრივი ტოპოლოგიით $\sigma(E, E')$ ქვესივრცე, რომლის მახასიათებელი ნულია.

შრომის მეორე ნაწილში გამოყვანილია საკმარისი პირობები, რომლებიც აპირობებენ კვაზირეფლექსური სივრცეების ზრდადი მიმდევრობის $E_1 \subset E_2 \subset \dots \subset E_n \subset \dots$ ინდუქციური ზღვარის $E = \text{limind}(E_n, U_n)$ სივრცის კვაზირეფლექსურობას.

ამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. И. Петуни н. Критерий рефлексивности банахова пространства. ДАН СССР, т. 140, № 1, 1961.
2. Ю. И. Петуни н. Сопряженные банаховы пространства, содержащие подпространства характеристики нуль. ДАН СССР, т. 154, № 3, 1961.
3. Р. С. Джеймс. Bull. Amer. Math. Soc., 62, 1956, 387.
4. Н. Бурбаки. Топологические векторные пространства, пер. с франц. ИЛ, М., 1959.

Г. С. ДАТУАШВИЛИ

О СПЕКТРЕ ОБОБЩЕННОГО МАТРИЧНОГО ПОЛИНОМА

(Представлено академиком Ш. Е. Микеладзе 20.1.1966)

Если числа $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ представляют спектр матрицы H и

$$P(t) = \sum_{k=0}^m a_k t^k$$

есть скалярный полином m -го порядка, то, как известно, (см., напр., [1]), величины $P(\lambda_1), P(\lambda_2), \dots, P(\lambda_n)$ дают спектр матричного полинома

$$P(H) = \sum_{k=0}^m a_k H^k.$$

Теперь вместо скалярного полинома $P(t)$ рассмотрим полиномиальную матрицу

$$Q(t) = \sum_{k=0}^m A_k t^k,$$

где A_0, A_1, \dots, A_m — квадратные матрицы p -го порядка, а за матричный полином примем полином вида

$$Q(H) = \sum_{k=0}^m A_k \times H^k, \quad (1)$$

где под символом $A_k \times H^k$ подразумевается произведение Кронекера матриц A_k и H^k (см., напр., [2]).

Выражение (1) мы будем называть обобщенным матричным полиномом.

Справедлива следующая

Теорема. Если числа $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ представляют спектр матрицы H , а

$$Q(t) = \sum_{k=0}^m A_k t^k$$

есть полиномиальная матрица p -го порядка, то обобщенный матричный полином

$$Q(H) = \sum_{k=0}^m A_k \times H^k$$

и матрица $Q(t)$ имеют одинаковый спектр, когда t меняется на спектре матрицы H .

Доказательство. Рассмотрим сперва тот случай, когда H представляет треугольную матрицу. Тогда для каждой треугольной матрицы имеем

$$Q(H) = \sum_{k=0}^m A_k \times H^k = \begin{vmatrix} \sum_{k=0}^m A_k h_{11}^k & \sum_{k=0}^m A_k h_{12}^k & \dots & \sum_{k=0}^m A_k h_{1n}^k \\ 0 & \sum_{k=0}^m A_k h_{22}^k & \dots & \sum_{k=0}^m A_k h_{2n}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \sum_{k=0}^m A_k h_{nn}^k \end{vmatrix}$$

где $A_k \times H^k$ — левое произведение Кронекера, а $h_{ij, k}$ — элемент i -й строки и j -го столбца матрицы H^k . Таким образом, для треугольной матрицы H $Q(H)$ представляет клеточную треугольную матрицу, при этом числа $h_{11}, h_{22}, \dots, h_{nn}$ представляют спектр матрицы H . Из последнего равенства вытекает справедливость теоремы.

Рассмотрим теперь произвольную матрицу H . Как известно (см., напр., [2]), ее всегда можно представить в виде

$$H = C^{-1} B C,$$

где C — невырожденная матрица, а B — треугольная.

Пользуясь известным свойством произведения Кронекера матриц (см., напр., [2]), можем написать

$$A_k \times (C^{-1} B^k C) = (E \times C^{-1}) (A_k \times B^k) (E \times C) = (E \times C)^{-1} (A_k \times B^k) (E \times C).$$

Отсюда, в силу (1), имеем

$$Q(H) = \sum_{k=0}^m (E \times C)^{-1} (A_k \times B^k) (E \times C)$$

или

$$Q(H) = (E \times C)^{-1} Q(B) (E \times C).$$

Последнее равенство доказывает нашу теорему для произвольной матрицы H .

Теорема, доказанная в нашей работе, находит широкое применение при исследовании некоторых краевых задач. Об этом мы будем говорить в последующих статьях.

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 25.1.1966)

განმარტყვება

გ. ღატყაშვილი

განზოგადებული მატრიცული მრავალწევრის სპექტრის
შისახიბ

რეზიუმე

შრომაში დამტყიცებულია შემდეგი

თეორემა. თუ $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ სიდიდეები H მატრიცის საკუთ-
რები რიცხვებია, ხოლო

$$Q(t) = \sum_{k=0}^m A_k t^k,$$

p -ური რიცხის პოლინომიალური მატრიცია, მაშინ

$$Q(H) = \sum_{k=0}^m A_k \times H^k,$$

განზოგადებულ მატრიცულ მრავალწევრს და $Q(t)$ მატრიცის
აქვთ ერთი და იგივე სპექტრი, როცა t იცვლება H მატრიცის
სპექტრზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Курант, Д. Гильберт. Методы математической физики, т. 1, М.—Л., 1951.
2. И. В. Проскуряков, А. П. Мишина. Высшая алгебра, СМБ, Физматгиз
М., 1962.



МАТЕМАТИКА

М. Р. ТЕТРУАШВИЛИ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ИНВАРИАНТНОЙ МЕРЫ В
ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ГРУППАХ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 31.3.1966)

Всюду мы предполагаем, что G —недискретная локально компактная топологическая группа; B — σ -кольцо всех борелевских множеств группы G ; C_0 —некоторая фиксированная компактная окрестность единичного элемента e группы G ; Z_0 —некоторая фиксированная σ -компактная открытая (следовательно, и замкнутая) подгруппа группы G , содержащая множество C_0 (см. [1]); h —мера Хаара в G .

Заметим, что дискретные топологические группы не представляют интереса с точки зрения теории инвариантной меры.

Обозначим через $\theta(G)$ наименьшую мощность системы открытых множеств группы G , пересечение которых состоит из единственной точки. Очевидно, $\theta(G)$ —наименьшая мощность системы (открытых) окрестностей единичного элемента $e \in G$, пересечение которых совпадает с множеством $\{e\}$; какова бы ни была открытая подгруппа Z группы G $\theta(Z) = \theta(G)$. Хуланецкий (см. [2]) доказал, что мощность группы G удовлетворяет соотношению $\overline{G} \geq 2^{\theta(G)}$, а если группа G σ -компактна, то $\overline{G} = 2^{\theta(G)}$. Следовательно, если Z —произвольная σ -компактная открытая подгруппа группы G , то $\overline{Z} = 2^{\theta(Z)} = 2^{\theta(G)}$.

Пусть Γ_0 —любая плотная в G подгруппа группы G (очевидно, $\overline{C_0 \cap \Gamma_0} \geq \aleph_0$); Γ_1 —любая плотная в G подгруппа группы G такая, что $\overline{Z_0 \cap \Gamma_1} = \overline{Z_0} = 2^{\theta(G)}$; Γ —алгебраическая группа G . Можно предположить, что $\Gamma_0 \subset \Gamma_1 \subset \Gamma$. Очевидно, группы $\Gamma_0, \Gamma_1, \Gamma$ можно рассматривать как группы левых [правых] переносов группы G .

Определение 1. Пусть F —произвольная группа взаимно-однозначных преобразований группы G . Мы будем говорить, что класс M множеств $M \subset G$ является F -допустимым, если

1^o. M является σ -кольцом и каждое $M \in M$ σ -ограничено.

2^o. $B \subset M$.

3^o. Если $f \in F$ и $M \in M$, то $f(M) \in M$.

Определение 2. Пусть F —заданная группа взаимно-однозначных преобразований группы G ; M — F -допустимый класс множеств $M \subset G$. Мы будем говорить, что неотрицательная функция множества μ , определенная на F -допустимом классе M , является F -мерой, если она F -инвариантна, счетно-аддитивна, конечна для компактных множеств и не равна нулю тождественно.

В дальнейшем мы будем считать известным смысл аналогов тех терминов и обозначений, введенных в работе [3], которые обобщаются тривиально.

Можно доказать, что мера Хаара h в группе G не является полной мерой. Пополнение меры h назовем мерой Хаара—Лебега.

Обозначим через T_0, T_1, T произвольные группы взаимно-однозначных преобразований группы G , содержащие группы $\Gamma_0, \Gamma_1, \Gamma$ соответственно (как группы левых или правых переносов).

Теорема 1. Пусть M есть T_0 -разрешимый класс множеств группы G с T_0 -мерой μ . Тогда каждое множество $M \in M$ положительной μ -меры содержит μ -неизмеримое множество.

Доказательство. Теорему докажем в случае, когда Γ_0 —группа левых переносов. Аналогично доказывается теорема в случае, когда Γ_0 —группа правых переносов. Пусть $M \in M$ и $\mu(M) > 0$, а Γ^0 —счетная подгруппа группы Γ_0 такая, что $C_0 \cap \Gamma^0 = \aleph_0$ и $\Gamma^0 \subset Z_0$. Обозначим через A_M класс непустых пересечений множества M с правыми смежными классами группы G по подгруппе Γ^0 . Если множество $A \subset G$ пересекается с каждым множеством класса A_M в точности в одной точке, то A является μ -неизмеримым множеством.

В самом деле, допустим противное, т. е. $A \in M$. Так как множество M σ -ограничено, то существует последовательность $\{C_n\}$ -компактных множеств такая, что $M = \bigcup_n C_n$.

Обозначим $A_k = A \cap C_k$ ($k=1, 2, \dots$). Очевидно, $A_k \in M$ ($k=1, 2, \dots$). Далее, легко видеть, что $M = \bigcup_{g \in \Gamma^0} gA$, $gA \in M$ ($g \in \Gamma^0$). Поэтому так как $\overline{\Gamma^0} = \aleph_0$ и $\mu(M) > 0$, то $\mu(A) > 0$. Но $A \subset M = \bigcup_n C_n$ и $A = \bigcup_n A_n$. Следовательно, существует натуральное число k такое, что $\mu(A_k) > 0$. Имеем $A_k \subset C_k$, $\bigcup_{g \in C_0 \cap \Gamma^0} gA_k \subset C_0 C_k$. В сумме $\bigcup_{g \in C_0 \cap \Gamma^0} gA_k$ слагаемые попарно не пересекаются. Поэтому так как $\overline{C_0 \cap \Gamma^0} = \aleph_0$, то $\mu(\bigcup_{g \in C_0 \cap \Gamma^0} gA_k) = \sum_{g \in C_0 \cap \Gamma^0} \mu(gA_k) = \infty$. Это невозможно, ибо множество $\bigcup_{g \in C_0 \cap \Gamma^0} gA_k$ ограничено. Теорема доказана.

Замечание. Теорема 1 является обобщением известной теоремы Витали (для случая евклидова пространства см. также [3], гл. II, § 1).



Теорема 2. *Существует абсолютно T_0 -неизмеримое σ -ограниченное множество $A \subset G$, т. е. существует такое множество $A \subset G$, каков бы ни был T_0 -разрешимый класс M , $A \notin M$.*

Доказательство. Пусть M есть T_0 -разрешимый класс с T_0 -мерой μ . Очевидно, $Z_0 \in M$ и $\mu(Z_0) > 0$, ибо в противном случае, так как каждое множество $M \in M$ удовлетворяет условию $M \subset \bigcup_n g_n Z_0$, где $g_n \in \Gamma_0$

($n = 1, 2, \dots$), следовало бы, что T_0 -мера μ равна нулю тождественно.

Пусть, теперь, $\Gamma^0 \subset \Gamma_0$ — счетная подгруппа группы Z_0 такая, что $\overline{\Gamma^0 \cap C_0} = \aleph_0$; Γ_0 рассматривается как группа левых [правых] переносов. Тогда если множество A пересекается с каждым правым [левым] смежным классом группы Z_0 по подгруппе Γ^0 в точности в одной точке, то из доказательства теоремы 1 следует, что множество A μ -неизмеримо.

Следствие. Класс всех подмножеств группы G не является T_0 -разрешимым.

Следующая теорема является обобщением аналогичного результата для евклидова пространства (см. [3], гл. II, § 2).

Теорема 3. *Пусть M есть T_1 -разрешимый класс множеств $M \subset G$ с T_1 -мерой μ . Тогда $\mu(M) = 0$ для любого множества $M \in M$ мощности $\overline{M} < 2^{0(G)}$.*

Доказательство. Допустим, что существует множество $M \in M$ такое, что $\overline{M} < 2^{0(G)}$ и $\mu(M) > 0$. Так как множество M σ -ограничено, то существует σ -компактная открытая подгруппа Z группы G , содержащая множества M и Z_0 . Очевидно, $Z \in M$ и можно предположить, что множество M ограничено.

Легко видеть, что начальное порядковое число мощности $2^{0(G)}$ не конфинально порядковому числу ω_0 (см. [4], гл. II, § 7). Поэтому так как $2^{0(G)} \geq \overline{Z \cap \Gamma_1} \geq \overline{Z_0 \cap \Gamma_1} = \overline{Z_0} = 2^{0(G)}$, то существует компактное множество $C_1 \subset Z$ такое, что $e \in C_1$, $M \subset C_1$ и $\overline{C_1 \cap \Gamma_1} = 2^{0(G)}$. Очевидно, множество $C_1 C_1$ компактно и $C_1 C_1 \subset Z$. Положим $a = \sup \{\mu(M')\}$, где \sup распространяется на все μ -измеримые множества M' вида $M' = \bigcup_n c_n M$, где $c_n \in C_1 \cap \Gamma_1$ ($n = 1, 2, \dots$). Так как (каждое) $M' \subset C_1 C_1$, то $0 < \mu(M) \leq a < \infty$. Поэтому существует последовательность $\{c_n^0\}$ элементов множества $C_1 \cap \Gamma_1$ такая, что множество $M'_0 = \bigcup_{n=1}^{\infty} c_n^0 M$ удовлетворяет условию $\mu(M'_0) > a - \mu(M)$, причем

$$\begin{aligned} \overline{M'_0 \cup M} &\leq \overline{M'_0} + \overline{M} \leq \aleph_0 \cdot \overline{M} + \\ &+ \overline{M} \leq \max(\aleph_0; \overline{M}) < \overline{C_1 \cap \Gamma_1} = 2^{0(G)}. \end{aligned}$$

Следовательно, найдется такой перенос $g \in C_1 \cap \Gamma_1$, что

$$gM \subset g(M'_0UM) \subset C_Z(M'_0UM).$$

Поэтому

$$\mu(M'_0UMUgM) = \mu(M'_0UM) + \mu(gM) \geq \mu(M'_0) + \mu(M) > a,$$

что противоречит определению числа a . Теорема доказана.

Следствие 1. Любое борелевское множество группы G положительной меры Хаара имеет мощность $2^{q(G)}$.

Следствие 2. Пусть группа G σ -компактна, \mathbb{M} есть T_1 -разрешимый класс с T_1 -мерой μ . Тогда $\mu(M) = 0$ для любого множества $M \in \mathbb{M}$ мощности $\overline{M} < \overline{G}$.

Введем определение, которое согласуется с аналогичным определением, данным в случае евклидова пространства (см. [3], гл. I, § 1).

Определение 3. Пусть \mathbb{N} —какой-нибудь класс множеств группы G ; η —начальное порядковое число. Мы будем говорить, что множество $E \subset G$ является (η, T_0) -исчерпывающим [(η, T_0)-неисчерпывающим] в G с точностью до множеств класса \mathbb{N} , если для каждой [не для каждой] σ -компактной открытой подгруппы $Z \subset G$ существует (η, T_0) -конфигурация E' множества E , удовлетворяющая условию $C_Z E' \in \mathbb{N}$.

С помощью теоремы 3 нетрудно доказать следующую теорему, которая является обобщением аналогичной теоремы в случае евклидова пространства (см. [3], гл. II, § 2).

Теорема 4. Пусть \mathbb{M} есть T_1 -разрешимый класс множеств $M \subset G$ с T_1 -мерой μ ; \mathbb{M}^* —класс множеств $N \subset G$ мощности $\overline{N} < 2^{q(G)}$. Тогда класс \mathbb{M}^* множеств вида $(M \cup N_1) - N_2$, где $M \in \mathbb{M}$, $N_1, N_2 \in \mathbb{M}^*$, является T_1 -допустимым, а функция множества μ^* , определенная на \mathbb{M}^* с помощью формулы $\mu^*[(M \cup N_1) - N_2] = \mu(M)$, является T_1 -мерой на \mathbb{M}^* . При этом если \mathbb{M} —полный класс по отношению к μ , то \mathbb{M}^* —также полный класс по отношению к μ^* ; если μ является T_1 -мерой типа (B), то μ^* также является T_1 -мерой типа (B).

Легко доказать следующую лемму (см. также [3], гл. III, § 6).

Лемма. Пусть G —локально компактная и σ -компактная группа, \mathbb{M} есть T_0 -разрешимый класс, а μ есть T_0 -мера на \mathbb{M} , удовлетворяющая условию единственности с точностью до постоянного множителя, тогда μ является T_0 -мерой типа (B).

Теорема 5. Пусть G —произвольная локально компактная группа; \mathbb{M} есть Γ_0 -разрешимый класс множеств $M \subset G$, а μ есть Γ_0 -мера на \mathbb{M} , удовлетворяющая условию единственности с точностью до постоянного множителя. Тогда μ является Γ_0 -мерой типа (B).

Доказательство. Пусть некоторое множество $M \in \mathcal{M}$ удовлетворяет условию $\mu(M) > 0$, но не является (ω_0, Γ_0) -исчерпывающим множеством в G с точностью до множеств μ -меры нуль. Следовательно, существует σ -компактная открытая подгруппа Z группы G такая, что $M \subset Z$ и множество M является $(\omega_0, \Gamma_0 \cap Z)$ -неисчерпывающим в Z с точностью до множеств μ_Z -меры нуль, где μ_Z есть след функции μ на $\Gamma_0 \cap Z$ -допустимом классе $M \cap Z$ и является, очевидно, $\Gamma_0 \cap Z$ -мерой на нем. Для завершения доказательства достаточно показать, что $\Gamma_0 \cap Z$ -мера μ_Z удовлетворяет условию единственности с точностью до постоянного множителя. Последнее следует из следующей общей теоремы.

Теорема 6. Пусть G — произвольная локально компактная группа, Z есть σ -компактная открытая подгруппа группы G . Тогда если на $\Gamma_0 \cap Z$ -допустимом классе M_Z множеств $M_Z \subset Z$ задана $\Gamma_0 \cap Z$ -мера μ_Z , то существует Γ_0 -разрешимый класс \mathcal{M} множеств $M \subset G$ с Γ_0 -мерой μ такой, что $M_Z = M \cap Z = \mathcal{M}$ и $\mu = \mu_Z$ на M_Z .

Доказательство. Рассмотрим класс $E = \{gM_Z : g \in \Gamma_0, M_Z \in M_Z\}$. Докажем, что класс E_σ всевозможных счетных соединений множеств класса E является Γ_0 -допустимым. Для этого достаточно показать, что класс E_σ замкнут относительно образования вычитаний. Пусть $E_1 = \bigcup_n g_{n1} M_{Z1}^{(n)} \in E_\sigma$ и

$$E_2 = \bigcup_n g_{n2} M_{Z2}^{(n)} \in E_\sigma, \text{ где } g_{n1}, g_{n2} \in \Gamma_0 \ (n=1, 2, \dots), M_{Z1}^{(n)}, M_{Z2}^{(n)} \in M_Z \ (n=1, 2, \dots).$$

Не нарушая общности, можно предположить, что элементы g_{n1}, g_{n2} ($n=1, 2, \dots$) принадлежат к одному и тому же смежному классу $g_n Z$ ($n=1, 2, \dots$), причем смежные классы $g_n Z$ ($n=1, 2, \dots$) попарно различны. Поэтому справедливо равенство

$$E_1 - E_2 = \bigcup_n (g_{n1} M_{Z1}^{(n)} - g_{n2} M_{Z2}^{(n)}) = \bigcup_n g_{n1} (M_{Z1}^{(n)} - g_{n1}^{-1} g_{n2} M_{Z2}^{(n)}).$$

Но $g_{n1}^{-1} g_{n2} \in \Gamma_0 \cap Z$ и, очевидно, $M_{Z1}^{(n)} - g_{n1}^{-1} g_{n2} M_{Z2}^{(n)} \in M_Z$ ($n=1, 2, \dots$). Следовательно, $E_1 - E_2 \in E_\sigma$.

Пусть, теперь, $M \in \mathcal{M} = E_\sigma$. Тогда существует последовательность $\{M_n\}$ множеств класса E такая, что $M = \bigcup_n M_n$, причем смежные классы $g_n Z$ ($n=1, 2, \dots$), содержащие множества M_n ($n=1, 2, \dots$) соответственно, попарно различны. Положим $\mu(M) = \sum_n \mu_Z(g_n^{-1} M_n)$. Функция μ является однозначной на \mathcal{M} . Действительно, достаточно заметить, что если $g_1 M' = M = g_2 M''$, где $g_1, g_2 \in \Gamma_0$ и $M', M'' \in M_Z$, то $M' = g_1^{-1} g_2 M''$ и $g_1^{-1} g_2 \in \Gamma_0 \cap Z$. Следовательно, $\mu_Z(M') = \mu_Z(M'')$. Легко показать также, что μ счетно-аддитивна и Γ_0 -инвариантна. Поэтому μ является Γ_0 -мерой на \mathcal{M} .

Наконец, заметим, что равенства $\mathbf{M} \cap Z = \mathbf{M}_Z$ и $\mu = \mu_Z$ на \mathbf{M}_Z про-
 веряются непосредственно. Теорема доказана.

Следствие теоремы 5. Мера Хаара в локально компактной
 группе G является Γ -мерой типа (B).

С помощью доказательства теоремы 6 нетрудно показать, что спра-
 ведлива

Теорема 7. Пусть \mathbf{M} есть Γ_0 -разрешимый класс множеств
 $M \subset G$ с Γ_0 -мерой μ на нем; Z — σ -компактная открытая подгруппа
 группы G . Тогда

1°. Для того чтобы Γ_0 -разрешимый класс \mathbf{M} был расширяемым, необ-
 ходимо и достаточно, чтобы $\Gamma_0 \cap Z$ -разрешимый класс $\mathbf{M} \cap Z$ множеств
 $M_Z \subset Z$ был расширяемым.

2°. Для того чтобы Γ_0 -мера μ была продолжимой, необходимо и
 достаточно, чтобы $\Gamma_0 \cap Z$ -мера μ_Z (μ_Z —след функции μ на $\mathbf{M} \cap Z$) была
 продолжимой.

Замечание. Теорема 7 позволяет при решении задачи расшири-
 мости Γ_0 -разрешимого класса \mathbf{M} множеств $M \subset G$ и продолжимости Γ_0 -ме-
 ры ограничиться случаем, когда данная топологическая группа G σ -ком-
 пактна.

Теорема 8. Пусть Z есть σ -компактная открытая подгруп-
 па группы G . Если множество $A \subset Z$ является $\Gamma_0 \cap Z$ -абсолютно
 нульмерным в Z , то A является также и Γ_0 -абсолютно нульмер-
 ным множеством в G .

Доказательство. Пусть \mathbf{M}_Z есть $\Gamma_0 \cap Z$ -разрешимый класс
 множеств $M_Z \subset Z$ с $\Gamma_0 \cap Z$ -мерой μ_Z на нем и $A \in \mathbf{M}_Z$, $\mu_Z(A) = 0$. Попол-
 няя класс \mathbf{M}_Z по отношению к μ_Z и затем применяя теорему 6, имеем:
 для каждой счетной Γ_0 -конфигурации A' множества A существует Γ_0 -
 разрешимый класс \mathbf{M} с Γ_0 -мерой μ на нем такой, что $A' \in \mathbf{M}$ и $\mu(A') = 0$.
 Аналогично покажем, что если \mathbf{M} —произвольный Γ_0 -разрешимый класс,
 содержащий множество A' , а μ —любая Γ_0 -мера на нем, то $\mu(A') = 0$.
 Теорема доказана.

Обозначим через ψ_G начальное порядковое число мощности $2^{\psi_G}(G)$.
 Можно доказать следующие теоремы:

Теорема I. Пусть \bar{h} —мера Хаара—Лебега в σ -компактной
 группе G . Тогда существует \bar{h} -неизмеримое множество $A \subset G$, удов-
 летворяющее условиям:

1°. Множество A является Γ -абсолютно нульмерным в G .

2°. Множество A представимо в виде $A = \bigcup_{0 \leq \alpha < \psi_G} A_\alpha$, где слагае-

мые не пересекаются и для любого множества B мощности



$\overline{B} < \overline{G}$ множества $A_\alpha - B$ ($0 \leq \alpha < \psi_G$) являются \bar{h} -массивными.

Теорема II. Существует \bar{h} -неизмеримое Γ -неисчезающее и Γ -неисчерпывающее в G множество E σ -компактной группы G , которое представимо в виде $E = \bigcup_{k=0}^{\infty} A_k$, где слагаемые попарно не пересекаются и удовлетворяют условиям 1⁰ и 2⁰ теоремы I.

Следствие. Сумма счетного числа множеств, Γ -абсолютно нульмерных в G , может не быть множеством, Γ -абсолютно нульмерным в G .

Теорема III. Пусть G есть σ -компактная группа; F —произвольная группа взаимно-однозначных преобразований группы G мощности $\overline{F} \leq 2^{\psi(G)}$. Тогда существуют ψ_G -последовательности $\{R_\alpha\}_{\alpha < \psi_G}$, $\{K_\alpha\}_{\alpha < \psi_G}$, $\{M_\alpha\}_{\alpha < \psi_G}$, удовлетворяющие следующим условиям:

1⁰. K_α ($0 \leq \alpha < \psi_G$) являются попарно непересекающимися подмножествами множества $W(\psi_G)$ мощности $2^{\psi(G)}$ и

$$W(\psi_G) = \bigcup_{0 \leq \alpha < \psi_G} K_\alpha.$$

2⁰. R_α ($0 \leq \alpha < \psi_G$) являются попарно непересекающимися подмножествами группы G и

$$G = \bigcup_{0 \leq \alpha < \psi_G} R_\alpha; \quad M_\alpha = \bigcup_{\sigma \in K_\alpha} R_\sigma \quad (0 \leq \alpha < \psi_G).$$

3⁰. $\{\overline{R}_\alpha\}_{\alpha < \psi_G}$ является неубывающей ψ_G -последовательностью кардинальных чисел, удовлетворяющей условию

$$\overline{R}_0 = 2 \text{ и } \overline{R}_\alpha = \max(\aleph_0; \overline{\alpha}) \quad (0 < \alpha < \psi_G).$$

4⁰. Пусть Φ —любое подмножество множества $W(\psi_G)$. Если $W(\psi_G)$ конфинально множеству Φ , то сумма $\bigcup_{\alpha \in \Phi} R_\alpha$ является в абстрактном смысле почти F -инвариантным множеством. Если же $W(\psi_G)$ неконфинально множеству Φ , то $\overline{\bigcup_{\alpha \in \Phi} R_\alpha} < 2^{\psi(G)}$.

5⁰. Если Φ —любое непустое подмножество $W(\psi_G)$, отличное от $W(\psi_G)$, то сумма $\bigcup_{\alpha \in \Phi} M_\alpha$, в частности каждое M_α ($0 \leq \alpha < \psi_G$), является собственно почти F -инвариантным множеством.

Замечание 1⁰. Определение [собственно] почти F -инвариантного множества получается из определения (3.1) гл. III, работы [3] путем замены символа \mathbf{R}^n на G , l на \bar{h} , \aleph на $2^{\psi(G)}$.

10.039



Замечание 2⁰. Для случая [Эвклидова пространства теоремы I, II, III доказаны Ш. С. Пхакадзе (см. [3], гл. V).

Академия наук Грузинской ССР
 Тбилисский математический
 институт
 им. А. М. Размадзе

(Поступило в редакцию 1.4.1966)

მათემატიკა

ა. თეთრაშვილი

ტოპოლოგიურ ჯგუფებში ინვარიანტული ზომის თეორიის ზოგიერთი საკითხი

რ ე ზ ი მ ე

შეისწავლება ინვარიანტული ზომის თვისებები არადისკრეტულ-ლოკალურად კომპაქტურ ტოპოლოგიურ ჯგუფებში. განზოგადებულია რიგი ცნებებისა და შედეგებისა, რომლებიც მიღებულია ლებეგის ტიპის ზომებისათვის [3]. დადგენილია, რომ ჰაარის ზომა ნებისმიერ არადისკრეტულ-ლოკალურად კომპაქტურ G ჯგუფში არის (B) ტიპის ზომა. მიღებულია რიგი ახალი შედეგებისა. სახელდობრ, მოძებნილია აუცილებელი და საკმარისი პირობა იმისა, რომ ჯგუფის ქვესიმრავლეთა Γ_0 -ამოხსნადი კლასი იყოს გაფართოებადი, აგრეთვე იმისა, რომ Γ_0 -ამოხსნად კლასზე განსაზღვრული Γ_0 -ზომა იყოს გაგრძელებადი. მიღებული შედეგები საშუალებას იძლევა, Γ_0 -ამოხსნადი კლასის გაფართოებადობისა და Γ_0 -ზომის გაგრძელებადობის საკითხის შესწავლისას განვიხილოთ მხოლოდ σ -კომპაქტური ტოპოლოგიური ჯგუფები.

დავოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. Халмош. Теория меры. М., 1953.
2. A. Hulanicki. On cardinal numbers related with locally compact groups. Bull. Acad. Polon. sci. sér. sci. math., astron. et phys., 6. № 2, 1958, 67 — 70.
3. Ш. С. Пхакадзе. К теории лебеговской меры. Труды Тбилисск. математ. ин-та АН ГССР, т. XXV, 1958, 3 — 271.
4. Ф. Хаусдорф. Теория множеств. М. — Л., 1937.

В. В. ЧАВЧАНИДЗЕ

К ВОПРОСУ О РАСШИФРОВКЕ КОДА ДНК (РНК) И БИОЛОГИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ ВКЛЮЧЕНИЯ

(Представлено академиком П. А. Кометнани 6.6.1966)

На основании понятий о соединениях включения вводится новый теоретический код (код 1961 г.)⁽¹⁾. Обсуждаются биохимические основы нового кода. Коды 1958 и 1961 гг. сравниваются с экспериментальными данными. Код 1958 г., предложенный в работе [1], основывался на двухнитевой модели ДНК Уотсона и Крика [3], тогда как биохимические исследования последних лет показали, что ДНК играет роль матрицы для синтеза *m*-РНК, которая, в свою очередь, определяет последовательность аминокислот в полипептидной цепи. С другой стороны, активированные аминокислоты к полисоме (место, где осуществляется синтез белка) доставляются *s*-РНК, причем только три неспаренных основания каждой *s*-РНК играют роль „кода“ для присоединения к ним данной активированной аминокислоты.

В связи с этим смысл постулата 1 должен быть несколько расширен и должен объяснять не только двухнитевую структуру ДНК, но и правило синтеза на одной из ветвей ДНК комплементарной ей ветви *m*-РНК, а также эквивалентность триплетов *s* и *m*-РНК, определяющих место присоединения данной аминокислоты.

Представление о присоединении аминокислоты к неспаренному триплету *s*-РНК позволяет сформулировать новый код, отличный от кода, предложенного нами в 1958 г.

Постулат К (об уровневой независимости кода). Свойства материальных оснований в триплетях, образующих в совокупности с соседними сахарными и фосфатными группами соединения включения (клатратные соединения), не зависят от порядка расположения оснований внутри „полости“, образуемой триплетом. Понятие „полости“ соединения включения соответствует общепринятому.

⁽¹⁾ Доклад об этом новом коде был прочитан автором на I Всесоюзном симпозиуме по кибернетике в г. Тбилиси в 1961 г. и на Объединенной сессии Отделения биологических наук АН СССР и Научного совета по комплексной проблеме „Кибернетика“ при Президиуме АН СССР в г. Москве в апреле 1962 г. [2]. На основе предложенного кода было указано, что пролин кодируется триплетом {ccc} и в сообщениях об экспериментальных работах содержится явная неточность, поскольку в коде для всех аминокислот присутствует урацил, что недопустимо как с точки зрения кода 1958 г. (не более чем в 17 триплетях), так и с точки зрения последнего кода (не более чем в 10 триплетях).



В таком случае легко показать, что мы будем иметь всего три плевов, несущих существенно различную генетическую информацию как в случае одонитевой (РНК), так и в случае двухнитевой (ДНК) системы.

Таким образом, различную генетическую нагрузку применительно к одной ветви m -РНК будут нести триплеты типа AAA , AAU , AUC . Степени вырождения их сильно различаются: триплеты типа AAA не вырождены, триплеты типа AUC вырождены трижды, а триплеты типа AAU вырождены шесть раз. Таким образом, число возможных триплетов из четырех „букв“ есть $4 \times 1 + 12 \times 3 + 4 \times 6 = 64$, где 1, 3, 6 — степени вырождения такого типа оснований соответственно.

Таким образом, внешне код 1961 г. напоминает код Гамова [4], в содержательном же отношении они совершенно различны: в коде Гамова разрешается произвольная перестановка оснований в триплете, но ничего не говорится о биохимическом смысле и внутренней кодировке этих перестановок: в коде же 1961 г., несмотря на то что расположение оснований в триплете не фиксировано, предполагается, что порядок нуклеотидов диктуется той „топологией“ полости, которая осуществляет „включение“ соответствующей аминокислоты, определяемой сочетанием водородных связей и стереохимической структурой полости, выражаемой на языке L_2^2 индуктивной логики Карнапа [5].

Как известно, в состав ДНК (РНК) входят два типа оснований: пурины (A , G) и пиримидины ($T(U)$, C). Первые имеют размеры порядка 7Å , им приписывается свойство быть длинными, вторые же — порядка 5Å , т. е. короткие. Кроме того, A с T соединяются двумя водородными связями, а G с C — тремя. Воспользуемся словарем и языком теории индуктивной логики Карнапа [5]. Обозначим свойство быть длинным основанием через P_1 , свойство быть коротким — через его отрицание \bar{P}_1 . Обозначим свойство иметь три связи через P_2 , а свойство иметь две связи — через его отрицание \bar{P}_2 (как в случае триггеров, где сигнал положительной полярности можно считать за 1 или за истину, а отрицательной полярности — за 0 или за ложь). С точки зрения математической логики и обычной теории кодирования [5] мы могли бы считать P_1 и P_2 предикатами, представляющимися как свойства материальных носителей (оснований), закрепленных на разных уровнях. Первый (верхний) уровень мы назовем А-уровнем, второй (средний) — В-уровнем, третий (нижний) — С-уровнем. Эти уровни не символические, а образуются при помощи оснований, закрепленных на краях спирали и связанных между собой по определенным законам. Поэтому мы можем считать, что А, В, С суть определенные предметы в терминах логики предикатов [5], обладающие предикативными свойствами P_1 и P_2 (следовательно, и \bar{P}_1 и \bar{P}_2), проявляющимися на самом деле как стереохимическая и валентная хара-

ктеристика оснований, закрепляемых на этих уровнях. В таком случае один из возможных триплетов можно описать, например, так:

$$\left\{ \begin{array}{ccc} P_1(A) & P_1(B) & P_1(C) \\ P_2(A) & P_2(B) & P_2(C) \end{array} \right\},$$

т. е. все основания на уровнях А, В, С (предметы по Карнапу) обладают одноместными предикативными свойствами P_1, P_2 . Может встретиться, например, и такой набор:

$$\left\{ \begin{array}{ccc} P_1(A) & P_1(B) & P_1(C) \\ P_2(A) & P_2(B) & \bar{P}_2(C) \end{array} \right\}.$$

Очевидно, что всего будем иметь 64 различных описания состояний триплетов. На языке индуктивной логики по Карнапу мы имеем случай языковой системы $L_N^\pi = L_N^2$. $N=3$ — это число предметов, π — число различных примитивных предикатов. Имеем, таким образом, 64 описания состояния (state discription):

$$s_1 = \left\{ \begin{array}{ccc} P_1(A) & P_1(B) & P_1(C) \\ P_2(A) & P_2(B) & P_2(C) \end{array} \right\},$$

$$s_2 = \left\{ \begin{array}{ccc} P_1(A) & P_1(B) & P_1(C) \\ P_2(A) & P_2(B) & \bar{P}_2(C) \end{array} \right\},$$

.....

$$s_{64} = \left\{ \begin{array}{ccc} \bar{P}_1(A) & \bar{P}_1(B) & \bar{P}_1(C) \\ \bar{P}_2(A) & \bar{P}_2(B) & \bar{P}_2(C) \end{array} \right\}.$$

Очевидно, конъюнкция совместных свойств P_1 и P_2 может быть истолкована в виде четырех несовместных свойств (в нашем случае четыре несовпадающих между собой основания). В самом деле, мы можем образовать Q -предикаты и соответствующие им Q -свойства следующим образом:

$$P_1(A) \cdot P_2(A) = Q_1(A),$$

$$P_1(A) \cdot \bar{P}_2(A) = Q_2(A),$$

$$\bar{P}_1(A) \cdot P_2(A) = Q_3(A),$$

$$\bar{P}_1(A) \cdot \bar{P}_2(A) = Q_4(A).$$

Тогда в соответствии с обозначениями $Q_1(A)$ будем называть свойством основания гуанин, $Q_2(A)$ — аденин, $Q_3(A)$ — цитозин, $Q_4(A)$ — тимин. Каждый предмет в этом описании имеет одно и только одно из этих свойств.

Рассмотрим, например, триплет $\left\{ \begin{array}{c} A \\ G \\ C \end{array} \right\}$, который можно записать в виде

$$Q_2(A) \cdot Q_1(B) \cdot Q_3(C) = (\bar{P}_1 \cdot P_2)_A \cdot (P_1 \cdot P_2)_B \cdot (P_1 \cdot \bar{P}_2)_C,$$

где $Q_2(A)$ означает аденин, стоящий на первом месте в триплете, $Q_1(B)$ — гуанин, стоящий на втором месте, $Q_3(C)$ — соответственно цитозин



стоящий на третьем месте. Согласно Карнапу [5], можно найти всего 20 существенно различных описаний состояний на языке Q_i . Если предположить, что совокупное свойство оснований на трех уровнях А, В и С (в триплете) не зависит от того, на каком уровне какое основание расположится (Q_1, Q_2, Q_3 или Q_3), то получится постулат K в его биохимическом истолковании (табл. 1). Постулат K обеспечивает групповые свойства, при которых не меняется энергетическое состояние триплета как центральной полости, образующей соединение включения с соответствующей аминокислотой. В табл. 1 приведено 20 существенно различных триплетов на основе постулата K . Это означает, что задача поиска

Таблица 1

Существенно различные триплеты при законе уровневой независимости (постулат K)

$K_1=Q_1, Q_2, Q_1$	$K_2=Q_1, Q_1, Q_2$	$K_3=Q_1, Q_1, Q_3$	$K_4=Q_1, Q_1, Q_4$
$K_5=Q_2, Q_2, Q_1$	$K_6=Q_2, Q_2, Q_2$	$K_7=Q_2, Q_2, Q_3$	$K_8=Q_2, Q_2, Q_4$
$K_9=Q_2, Q_3, Q_1$	$K_{10}=Q_2, Q_3, Q_2$	$K_{11}=Q_2, Q_3, Q_3$	$K_{12}=Q_2, Q_3, Q_4$
$K_{13}=Q_3, Q_4, Q_1$	$K_{14}=Q_3, Q_4, Q_2$	$K_{15}=Q_3, Q_4, Q_3$	$K_{16}=Q_3, Q_4, Q_4$
$K_{17}=Q_1, Q_2, Q_3$	$K_{18}=Q_1, Q_2, Q_4$	$K_{19}=Q_1, Q_3, Q_4$	$K_{20}=Q_2, Q_3, Q_4$

порядка расположения оснований полностью снимается, если будут подтверждены правила кодирования в соответствии с постулатом K .

О месте прикрепления аминокислоты к триплетам достоверно ничего не известно. В соответствии с постулатом K утверждается, что здесь имеет место связь типа включения.

В соединениях типа включения образуются объемные, глобальные связи между всеми молекулярными фрагментами. При этом не возникает каких-нибудь главных или побочных валентностей, а одна молекула пространственно включает в себя часть другой.

Необходимая для этого полость может находиться либо в отдельной молекуле, либо возникает в пространственной решетке в результате совместного схождения многих молекул или фрагментов. Сущность постулата K заключается в инвариантности сил связи относительно всевозможных перестановок оснований в триплетях. Встает главный вопрос: что же является носителем информационной нагрузки, если код не зависит от расположения оснований? Информационная нагрузка триплета оснований обусловлена числом валентных связей и интегральным объемным энергетическим эффектом создаваемых полостей (рис. 1). На рис. 1 три „рукава“ соответствуют трем связям, длина изображена масштабно. Энергия взаимодействия не зависит от порядка расположения длинных, коротких, двух- или трехвалентных оснований.

Как отмечалось в работе Н. П. Дубинина [6], современная генетика, опирающаяся на новые факты, полученные в результате экспериментального изучения структуры РНК и ДНК, более не связана с предположениями относительно неизменности генов, поскольку отрицается существование гена как субстанции.

Мы исходим из того факта, что химические взаимодействия высшего типа (соединения типа включения), обусловленные стереохимией и топохимией определенных комбинаций оснований внутри полостей с аминокислотами, определяют генетические закономерности. На-

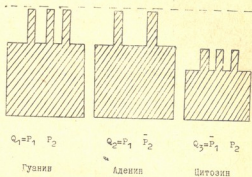


Рис. 1

до предполагать, что многообразие биомира связано именно с особыми степенями свободы молекул типа „полостей“, „клешней“ и „кулаков“ (аденов). Такого рода биохимические соединения имело бы смысл называть биоклатратными соединениями. В данном случае играют роль не только чистые обычные химические взаимодействия (ионного, электронного, обменного или координационного типа), но и взаимодействия высшего порядка — биоклатратного характера, когда полости „захватывают“ в себя фрагменты больших молекул частично слабыми электронно-обменными „обволакивающими“ силами, частично силами геометрически-механического типа (прямой „захват в клешню“) с нарушением закона кратных отношений, с проявлением большой чувствительности к тепловым эффектам, к воде и другим факторам, влияющим на геометрические размеры „клешни“. Большое значение совокупной энергии связи совмещено с малым значением связи адеида с одним или двумя атомами, находящимися в „горловине“ клешни или в ином месте. Это обеспечивает необычайную подвижность связей под влиянием не только химических, но и физических факторов. Последнее означает, что в силу вступают законы статистической физики, что не имеет места ни для каких химических соединений, кроме соединений включения. Мы утверждаем, что именно это обстоятельство предопределяет необычайное богатство динамических стохастических проявлений жизни как особой формы существования биоклатратных соединений. Этим должны объясняться метаморфозы бактерий, взаимодействия вирусов и бактерий и т. п. В этом смысле особый интерес представляют опыты Дот и [7].

Нам представляется, что использование новых математических методов и кибернетических концепций, опирающихся на современные экс-



Аминокислоты	Код Очоа— Ниренберга 1962 г. [8]	Код 1958 г. Ра- сположение оснований фик- сировано	Соответствие кода 1958 г. коду Очоа— Ниренберга	Код 1961 г. Внутри триплет- тов возможны перестановки	Соответствие кода 1961 г. коду Очоа— Ниренберга 1962 г.	Новые эксперименталь- ные данные Очоа [9] и Ниренберга [10, 11]
Фенилаланин Аланин	UUU UCG	UUU CUG		UUU ACG	Различие в одной букве U—A	UUU, UUC GCU, GCC, GCA, GCG
Аргинин	UCG	UGC		CCG	Различие в одной букве U—C	CGU, CCG, CGA, CCG, AAG
Аспарагиновая кислота Аспарагин	UAG UAA, UAC	AUC(UAG)* ACU		AGG AAC	Различие в одной букве U—G Различие в одной букве U—C	GAU, GAC, AAC, AAG AAU, AAC, AUC
Цистеин	UGG	UGG		CCG	Различие в двух буквах U—C, U—G	UGU, UGC
Глютаминовая кислота Глютамин Глицин	UAG UCG UGG	GCG GCU GUG	Различие в двух буквах	AAG CUG GGG	Различие в одной букве U—A Различие в одной букве U—G	GAA, AUC, AUG, ACG CAA, GAG, AUG, AAG GGU, GGC, GGA
Гистидин	UAC	CUG	Различие в од- ной букве	ACC	Различие в одной букве U—C	CAU, CAC
Изолейцин Лейцин Лизин	UUA UUC, UUG, UUA UAA	UUA UCU CUG	Нет совпадения	UUA UUC AAA	Различие в одной букве U—A	AUU, AUC, AAU CUU, CUC, AUU, UUU, GUU AAA, AAU
Метионин Пролин	UAG UCC	AUC(UAG) CCC	Различие в од- ной букве	AUG CCC	Различие в одной букве U—C	AUG, UUG CCU, CCC, CCA, CCG, AUC
Серин	UUC	UUC		UCC	Различие в одной букве U—C	UCU, UCC, AGU, UGC
Треонин Триптофан Тирозин	UAC, UCC UGG UUA	UCC ACC(UGG) UAU		ACU UGG UAA	Различие в одной букве U—A	ACU, ACC, ACA GGU UAU, UAC
Вален	UGG	UGU		UGG		GUU, GAU

периментальные данные, может внести определенную ясность в вопросе о генетическом коде, который довольно долго не поддавался истолкованию. Предложенный нами новый код объясняет почти все особенности имеющихся на сегодня экспериментальных данных и позволяет предсказать места, в которых эксперимент должен быть уточнен.

Таблица 3

Аминокислоты	Теоретический код, полученный на основании анализа экспериментальных данных	Описание теоретического кода на языке индуктивной логики
Фенилаланин	UUU	(Q ₁ , Q ₂ , Q ₃)
Аланин	GAC	(Q ₁ , Q ₂ , Q ₃)
Аргинин	CCG	(Q ₂ , Q ₃ , Q ₁)
Аспарагиновая кислота	GGA	(Q ₁ , Q ₁ , Q ₂)
Аспарагин	AAC	(Q ₂ , Q ₃ , Q ₂)
Цистеин	GGC	(Q ₁ , Q ₁ , Q ₂)
Глутаминовая кислота	GAA	(Q ₁ , Q ₂ , Q ₂)
Глутамин	CUG	(Q ₂ , Q ₁ , Q ₁)
Глицин	GGG	(Q ₁ , Q ₁ , Q ₁)
Гистидин	ACC	(Q ₂ , Q ₂ , Q ₂)
Изолейцин	AUU	(Q ₂ , Q ₁ , Q ₁)
Лейцин	UUC	(Q ₁ , Q ₁ , Q ₂)
Лизин	AAA	(Q ₂ , Q ₂ , Q ₂)
Метионин	GAU	(Q ₁ , Q ₂ , Q ₁)
Пролин	CCC	(Q ₂ , Q ₂ , Q ₂)
Серин	CCU	(Q ₂ , Q ₂ , Q ₁)
Треонин	UCA	(Q ₁ , Q ₂ , Q ₂)
Триптофан	GGU	(Q ₁ , Q ₁ , Q ₁)
Тирозин	UAA	(Q ₂ , Q ₂ , Q ₂)
Валин	UUG	(Q ₁ , Q ₁ , Q ₁)

Число аминокислот, код которых содержит хотя бы одно основание: А—10; G—10; С—10; U—10. Число оснований в различных аминокислотах: А—15; G—15; С—15; U—15. Именно эти свойства должны иметь место по коду 1961 г.

В табл. 2 приведен результат анализа теоретических и экспериментальных кодовых данных. Проанализированы экспериментальные данные 1962 г. к моменту доклада (1962 г.) как по коду 1958 г., так и по коду 1961 г. Эта таблица приводилась на Объединенной сессии Отделения биологических наук и Научного совета по комплексной проблеме „Кибернетика“ АН СССР в г. Москве в апреле 1962 г.

В табл. 3 приведено кодовое соответствие на основе анализа последних экспериментальных данных (до 1966 г.). Как видим, данные табл. 3 согласуются с данными табл. 1. Сейчас с большей уверенностью можно утверждать справедливость постулата К (код 1961 г.) об отсутствии зависимости кодирования аминокислот от порядка расположения оснований внутри кодонов. В серии работ, выполненных нами совместно



с К. С. Квинихидзе, будут приведены методика анализа экспериментальных данных и доказательство кода 1961 г. на основании совокупных экспериментальных данных 1961 — 1965 гг.

В настоящее время имеется полное основание утверждать, что уровневая независимость оснований подтверждает с информационно-генетической точки зрения биоклатратный характер соединений РНК и ДНК и позволяет конкретно подтвердить таблицу кодового соответствия на основе кода 1966 г.

Таким образом, проблема поиска зависимости первичного алфавита РНК и ДНК от порядка оснований в кодонах будет полностью снята в случае окончательного подтверждения данных табл. 3 по коду 1961 г.

Академия наук Грузинской ССР

(Поступило в редакцию 14-4-1966)

კიბერნეტიკა

3. შავჩანიძე

დნმ (რნმ) კოდის ბავივპრისა და ბიოლოგიური ჩართვის
ნაერთების საკითხისათვის

რ ე ზ ი მ ე

სტატიაში ჩართვის შენაერთების ცნების საფუძველზე შემოტანილია ახალი თეორიული კოდი: ნუკლეინის მეფა — ცილა (1961 წ. კოდი). განხილვება ახალი კოდის ბიოქიმიური საფუძველები. შესრულებულია 1958 და 1961 წლის კოდების შედარება სხვადასხვა ავტორის ექსპერიმენტულ მონაცემებთან.

დაოფმეგული ლიბერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Чавчанидзе. О первичном алфавите дезоксирибонуклеиновой кислоты. Биофизика, т. III, вып. IV, 1958, 391—395.
2. В. В. Чавчанидзе. К вопросу о расшифровке кода ДНК. Доклад на Сессии общего собрания Отделения биологических наук АН СССР, посвященной биологическим аспектам кибернетики, М., 1962.
3. J. D. Watson. The structure of DNA. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative, vol. 18, Viruses, 1953, 23.
4. G. Gamow. Translation of Information in the living cell. Nature, vol. 173, 1954.
5. R. Carnap. Logical foundation of Probability, vol. 1. Chicago University Press, 1958.
6. Н. П. Дубинин. Проблемы физических и химических основ наследственности. Биофизика, т. I, вып. 8, 1965.
7. П. Доти. Проблемы физических и химических основ наследственности. Вестник АН СССР, № 9, 1960.
8. Сборник „Живая клетка“. ИЛ, М., 1962, 222.
9. J. F. Spreyer, S. Ochoa. Synthesis and Structure of Macromolecules. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, vol. 28, 1963, 549.
10. M. W. Nirenberg et al. Synthesis and Structure of Macromolecules. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, vol. 28, 1963, 559.
11. R. Bribacombe et al. RNA Codewords and protein synthesis, VIII. Nucleotide sequences of synonym codons for arginine, valine, cysteine and alanine. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 54, 3, 1965, 954 — 960.



Т. Д. ЭБРАЛИДЗЕ

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ДВОИЧНОМУ КАНАЛУ С ШУМОМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианшвили 21.1.1966)

Цель данной работы заключается в показе того, что в двоичном канале с шумом предельная скорость передачи информации достигается таким источником информации, который при элементарном акте передачи информации обеспечивает равенство нулю среднего прироста энтропии канала.

Для этой цели рассмотрим канал с шумом, который находится в состоянии термодинамического равновесия при абсолютной температуре T .

Пусть передача информации происходит с помощью символов O и 1 . Допустим, что для передачи 1 используем импульс с энергией E , а O передаем без энергии. Обозначим через p вероятность передачи 1 и через q —вероятность передачи O . Очевидно, что

$$p + q = 1 \quad (1)$$

и такой источник информации будет иметь среднее количество информации на один символ, равное [1]

$$H = -p \log_2 p - q \log_2 q, \quad (2)$$

где количество информации выражено в двоичных единицах.

Так как канал с шумом, при передаче информации на выходе канала можно получить вместо нуля единицу и вместо единицы—ноль.

Обозначим через W_{11} и W_{10} вероятность перехода единицы в единицу и единицы в нуль, а через W_{00} и W_{01} , вероятность перехода нуля в нуль и нуля в единицу. Очевидно, что

$$\begin{aligned} W_{11} + W_{10} &= 1, \\ W_{00} + W_{01} &= 1. \end{aligned} \quad (3)$$

Так как на выходе канала вероятность ошибочного приема символа будет $pW_{10} + qW_{01}$, а вероятность правильного приема $pW_{11} + qW_{00}$, то для определения действительно переданного символа нам понадобится дополнительно количество информации

$$H_1 = - (pW_{10} + qW_{01}) \log_2 (pW_{10} + qW_{01}) - \\ - (pW_{11} + qW_{00}) \log_2 (pW_{11} + qW_{00}). \quad (4)$$

Поэтому в действительности на выходе двоичного канала с шумом при передаче одного символа мы получаем количество информации

$$R = H - H_1 = -p \log_2 p - q \log_2 q + \\ + (pW_{10} + qW_{01}) \log_2 (pW_{10} + qW_{01}) + \\ + (pW_{11} + qW_{00}) \log_2 (pW_{11} + qW_{00}). \quad (5)$$

Очевидно, что R есть скорость передачи информации на один символ.

Когда по каналу передается единица, а на выходе получаем нуль, тогда ясно, что канал поглощает энергию E , а при переходе нуля в единицу канал испускает энергию E . Поэтому при элементарном акте передачи информации с вероятностью pW_{10} энергия канала увеличится на величину E , а с вероятностью qW_{01} уменьшится на ту же величину.

Как известно, при изменении энергии термодинамической системы на величину E ее энтропия изменится на величину $\frac{E}{T}$, где T —температура термодинамической системы при равновесии. Согласно этому, при элементарном акте передачи информации в канале с шумом с вероятностью pW_{10} энтропия канала увеличится на величину $\frac{E}{T}$, а с вероятностью qW_{01} уменьшится на ту же величину. Поэтому средний прирост энтропии двоичного канала с шумом в элементарном акте передачи информации будет

$$\overline{\Delta S} = \frac{E}{T} pW_{10} - \frac{E}{T} qW_{01}. \quad (6)$$

Покажем, что (5) достигает своего максимального значения для таких p и q , для которых выражение (6) равно нулю.

Пусть p и q такие, что (6) равно нулю, т. е.

$$\frac{E}{T} (pW_{10} - qW_{01}) = 0.$$

Отсюда, согласно (1), можно найти

$$p = \frac{W_{01}}{W_{10} + W_{01}}, \\ q = \frac{W_{10}}{W_{10} + W_{01}}. \quad (7)$$

С учетом (7) (5) примет вид

$$\begin{aligned}
 R = & - \frac{W_{01}}{W_{10} + W_{01}} \log_2 \frac{W_{01}}{W_{10} + W_{01}} - \\
 & - \frac{W_{10}}{W_{10} + W_{01}} \log_2 \frac{W_{10}}{W_{10} + W_{01}} + \frac{2 W_{10} \cdot W_{01}}{W_{10} + W_{01}} \log_2 \frac{2 W_{10} W_{01}}{W_{10} + W_{01}} + \\
 & + \frac{W_{11} W_{01} + W_{00} W_{10}}{W_{10} + W_{01}} \log_2 \frac{W_{11} W_{01} + W_{00} W_{10}}{W_{10} + W_{01}}. \quad (8)
 \end{aligned}$$

Пусть канал есть бинарный и симметричный, т. е. $W_{10} = W_{01} = Q$, а $W_{11} = W_{00} = 1 - Q$. Здесь Q — вероятность ошибочного приема символа. В этом случае (8) примет вид

$$R = 1 + Q \log_2 Q + (1 - Q) \log_2 (1 - Q), \quad (9)$$

что является формулой Шеннона [1] для пропускной способности двоичного симметричного канала с шумом на один символ. Так как пропускная способность является максимальной скоростью передачи информации, то наше предположение доказано.

Формула (8) является формулой для пропускной способности двоичного несимметричного канала. Эта формула, как убедились, переходит в формулу Шеннона при допущении, что канал является симметричным.

Так как максимальная скорость передачи информации достигается при $\overline{\Delta S} = 0$, то 0 будет минимальным значением для прироста энтропии канала. Поэтому в общем виде для прироста энтропии канала с шумом в элементарном акте передачи информации имеем

$$\overline{\Delta S} \cong 0. \quad (9)$$

Таким образом, для канала с шумом процесс передачи информации является необратимым или в крайнем случае обратимым и при этом достигается максимальная скорость передачи информации.

Из (9) и (6) получим, что

$$\frac{p}{q} \cong \frac{W_{01}}{W_{10}}. \quad (10)$$

Если вероятность передачи 0 и 1 одинакова, т. е. $p = q$, из (10) получим, что вероятность перехода единицы в нуль в канале с шумом более вероятна, чем обратный переход

$$W_{10} \cong W_{01}.$$

Это очевидно, так как мы для передачи единицы используем импульс, а дезорганизация импульса более вероятна, чем возникновение его из хаотических движений электронов.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт кибернетики
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 21.1.1966)

კიბერნეტიკა

ტ. ებრაღიძე

ხმაურის მქონე ორობითი არხისაღმი თერმოდინამიკური
 მიღგომა

რეზიუმე

შრომაში ნაჩვენებია, რომ ხმაურის მქონე ორობითი კავშირის არხში ინფორმაციის გადაცემის პროცესი არის შეუქცევადი, ან უკიდურეს შემთხვევაში შექცევადი და ამ დროს შესაძლებელია არხში ინფორმაცია გადაცემულ იქნეს არხის გამტარუნარიანობის ტოლი სიჩქარით.

დამოუყვებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. К. Шеннон. Работы по теории информации и кибернетике. ИЛ, М., 1963.

М. М. МИРИАНАШВИЛИ (член-корреспондент АН ГССР),
 Т. И. КАКУШАДЗЕ

МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ КАТИОНА В РЕШЕТКЕ ФЕРРИТА

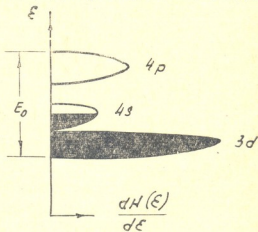
Атом переходного элемента группы железа имеет электронную конфигурацию $(1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 d^x 4s^y)$, где $x = 1, 2, \dots, 10$; $y = 1, 2$. В частности, для железа $x = 6$, $y = 2$.

Группа внешних $3d 4sp$ -подоболочек атомов рассматриваемых нами элементов расположена сравнительно тесно, в интервале энергии $\sim 1 eV$, тогда как группа более внешних $4df 5spd fg \dots$ -подоболочек отделена от предыдущей группы $3d 4sp$ интервалом энергии $\sim 10 eV$. Поэтому физико-химические свойства элементов группы железа определяются именно их $3d 4sp$ -электронами.

Между катионами в решетке феррита приблизительно в два раза большее расстояние, чем в металле, конденсированном из тех же ионов. Поэтому $3d 4sp$ -зоны, соответствующие $3d 4sp$ -оболочкам для эквивалентных¹ ионов в ферритах, являются достаточно узкими. Эти зоны представлены на фиг. 1.

Прямое обменное взаимодействие между катионами в решетке феррита пренебрежимо мало. Это объясняется большим расстоянием между катионами в феррите.

Каждый катион в феррите окружен анионами кислорода. Так, например, катион в октаэдрическом узле окружен шестью ионами кислорода, а в тетраэдрическом—четырьмя ионами кислорода. Поэтому обменное взаимодействие



Фиг. 1

¹ Эквивалентными называем ионы одного и того же металла, по крайней мере первые три координационные сферы которых содержат соответственно идентичные комплексы ионов.



между катионами в феррите осуществляется через промежуточный анион кислорода. Таким путем возникает сильное обменное взаимодействие, которое принято называть косвенным обменным взаимодействием.

Подсчет показывает, что и такое косвенное обменное взаимодействие недостаточно для надлежащего магнитного расщепления $3d$ и $4sp$ -зон на $3d^-$ и $4sp^-$ -полузоны, предназначенные для левых спинов и на $3d^+$ и $4sp^+$ -полузоны, предназначенные для правых спинов¹.

Здесь на помощь идет следующее положение. Известно, что все ферриты характеризуются большой диэлектрической проницаемостью ϵ . Показано, что их высокочастотная диэлектрическая проницаемость равна низкочастотной диэлектрической проницаемости и составляет $\epsilon \approx 5,7$. Известно также, что энергия E между двумя состояниями в феррите с диэлектрической проницаемостью ϵ в ϵ^2 раз меньше по сравнению с энергией в среде с $\epsilon = 1$, т. е. $E = \frac{E_0}{\epsilon^2}$, где E_0 —энергия между рассматриваемыми здесь состояниями в среде с $\epsilon = 1$.

Обозначим через W обменную энергию рассматриваемого иона с ионами второй координационной сферы. Ширину $3d$ $4sp$ -зон (фиг. 1) для среды с $\epsilon = 1$ обозначим через E_0 ². Очевидно, в решетке феррита с диэлектрической проницаемостью ϵ эта ширина станет равной $\frac{E_0}{\epsilon^2}$. Это явление—сокращение энергии E_0 в ϵ^2 раз обеспечивает надлежащее расщепление зон на полузоны для левых и правых спинов соответственно, показанное на фиг. 2.

Для иона Zn^{2+} , например, полное смещение полузон (фиг. 2) произойдет, если $\frac{E_0}{\epsilon^2}$ станет меньше или порядка обменной энергии W иона Zn^{2+} , с ионами, находящимися во второй координационной сфере его. В противном случае ($W < \frac{E_0}{\epsilon^2}$) -полузоны, предназначенные для левых спинов (фиг. 2), частично будут перекрываться полузонами, предназначенными для прямых спинов.

Величина обменной энергии и, следовательно, степень перекрытия этих полузон сильно зависят от вида и расположения ионов во второй координационной сфере рассматриваемого катиона.

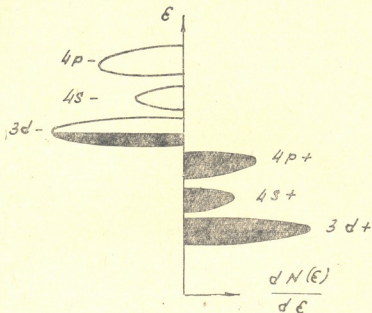
¹ Обменная энергия, как известно, равна разности энергии между спинами, расположенными в левой и правой эквивалентных полузонах соответственно. Эта энергия на порядок ниже энергии, необходимой для полного расщепления зон.

² E_0 приблизительно равна ширине $3d$ $4sp$ -оболочек в соответствующем атоме.

Пусть для ионов Zn^{2+} имеет место условие

$$\frac{E_0}{\epsilon^2} \cong W. \quad (1)$$

Следовательно, правые полузоны ($3d+$, $4sp+$) сильно смещаются (не перекрываются) от левых полузон ($3d-$, $4sp-$). Если теперь всю совокупность левых и правых полузон (фиг. 2) будем рассматривать как сообщающиеся сосуды, получим следующую картину.



Фиг. 2

Правые $3d+$, $4s+$ и $4p+$ -полузоны окажутся заселенными соответственно 5; 1 и 3 электронами, тогда как на долю левых полузон остается единственный электрон на ион Zn^{2+} , поскольку ион Zn^{2+} содержит 10 $3d$ -электронов. На фиг. 2 заселенные части полузон заштрихованы. Следовательно, магнитный момент иона при условии

$$\frac{E_0}{\epsilon^2} \cong W \quad (2)$$

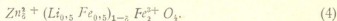
окажется равным

$$\mu_{Zn} = 8 \mu_B. \quad (3)$$

Если $\frac{E_0}{\epsilon^2} > W$, то правые полузоны будут перекрываться левыми полузонами и, следовательно, магнитный момент на ион Zn^{2+} окажется меньшим, чем $8 \mu_B$, или равным нулю.



Результаты наших выводов применим к случаю смешанного окисного феррита лития



Феррит (4) при $\delta=1$ переходит в простой цинковый феррит



Хорошо установлено, что магнитные моменты трехвалентных ионов железа в простых ферритах, подобных ферриту (5), взаимно компенсируются. Тогда намагниченность насыщения σ_0 феррита (5) должна обеспечиваться магнитными моментами ионов Zn^{2+} . Однако магнитная $3d$ -оболочка иона Zn^{2+} полностью заполнена (замкнута). По этой причине σ_0 феррита (5) должна равняться нулю в полном согласии с опытом.

При $\delta=0$ из формулы (4) имеем



И в этом феррите магнитные моменты ионов Fe^{3+} взаимно компенсируются. Намагниченность насыщения σ_0 феррита (6) обеспечивается магнитными моментами ионов $(Li_{0,5} Fe_{0,5})$ и равна $\sigma_0 = 2,6 \mu_B$ на молекулу (6). Отсюда вклад в намагниченность насыщения феррита (4), обусловленный ионами $(Li_{0,5} Fe_{0,5})$, в первом приближении будет даваться выражением

$$\sigma_{0(i)} = (1 - \delta) 2,6 \mu_B \quad (7)$$

Здесь $1-\delta$ —концентрация ионов $(Li_{0,5} Fe_{0,5})$.

Согласно изложенному выше, вклад в намагниченность насыщения феррита (4), обусловленный ионами Zn^{2+} , будет определяться формулой

$$\sigma_{0Zn} = C_n^0 (1 - \delta)^n \delta \mu_{0Zn} + C_n^1 (1 - \delta)^{n-1} \delta^2 \mu_{1Zn} + \dots + C_n^n \delta^{n+1} \mu_{nZn} \quad (8)$$

Общий член этого выражения $C_n^i (1 - \delta)^{n-i} \delta^i \mu_{iZn}$ представляет собой вклад в намагниченность насыщения феррита (4), обусловленный ионами Zn^{2+} , вторая координационная сфера которого содержит $(n-i)$ ионов $(Li_{0,5} Fe_{0,5})$ и i ионов Zn^{2+} . μ_{iZn} —магнитный момент соответствующего иона Zn^{2+} .

Согласно определениям, сделанным выше, первый член разложения (8) обеспечивает вклад в намагниченность насыщения σ_{0Zn} , отличный от нуля, поскольку вторая координационная сфера иона Zn^{2+} содержит одни ионы $(Li_{0,5} Fe_{0,5})$ с вакансиями в $3d$ -зоне. Последние могут обеспечить сильное обменное взаимодействие с ионами Zn^{2+} , достаточное для надлежащего расщепления зон ионов Zn^{2+} соответственно для правых и левых спинов.

Последний член разложения (8) не может дать никакого вклада в намагниченность насыщения феррита (4), поскольку здесь вторая коор-

динационная сфера иона Zn^{2+} содержит 1 ионы Zn^{2+} (аналогично простому цинковому ферриту, формула (5)). Между ионом Zn^{2+} и окружающими его во второй координационной сфере ионами Zn^{2+} нет надлежащего обменного взаимодействия, поскольку их $3d$ -оболочки полностью заселены электронами.

В рассматриваемом случае первые четыре члена разложения (8) дают вклад в намагниченность насыщения феррита (4), тогда как в последних трех членах ионы Zn^{2+} остаются немагнитными. Отсюда вклад в намагниченность насыщения феррита (4), обусловленный ионами Zn^{2+} , дается выражением

$$\begin{aligned} \sigma_{oZn} = & [(1 - \delta)^6 + \\ & + C_n' (1 - \delta)^5 \delta + \\ & + C_n^2 (1 - \delta)^4 \delta^2 + \\ & + C_n^3 (1 - \delta)^3 \delta^3] \delta \cdot 8 \mu_B. \end{aligned} \quad (9)$$

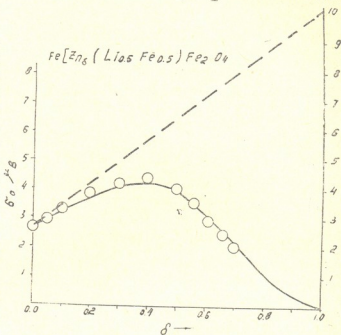
В формуле (9) n взят равным 6. Это равносильно предположению, что ион Zn^{2+} занимает узел с шестикратной координацией. Полная намагниченность насыщения дается согласно (7) и (9) равным

$$\sigma_0 = \sigma_{o(1)} + \sigma_{oZn}. \quad (10)$$

На фиг. 3 согласно формулам (7), (9) и (10) построена кривая зависимости намагниченности насыщения феррита (4) от концентрации δ . Точки—экспериментальные значения, полученные Гортером [1]. Пунктир—согласно теории Нееля [2].

(¹ Неель [2] полагает, что структура смешанного цинкового феррита лития меняется по формуле $Zn_\delta Fe_{1-\delta} [(Li_{0.5} Fe_{0.5})_\delta \cdot Fe_{1+\delta}] O_4$ в зависимости от состава δ .

В квадратных скобках—ионы в октаэдрической подрешетке, магнитные моменты которых расположены взаимно параллельно. Магнитные моменты ионов вне квадратных скобок (тетраэдрическая подрешетка) имеют противоположное направление. При $\delta=0$ получаем известный выше феррит лития с $\sigma_0=2,6 \mu_B$. При $\delta=1$ согласно условию (2) приходим к ферриту $Zn Fe_2 O_4$ с $\sigma_0=1 O \mu_B$. При этом намагниченность насыщения должна изменяться пропорционально δ (пунктир на фиг. 3).



Фиг. 3

Как видно из фигуры, экспериментальные данные хорошо совпадают с теоретической кривой, построенной согласно формуле (10).

Тбилисский государственный
 университет

(Поступило в редакцию 28.2.1966)

ფიზიკა

მ. მირიანაშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),
 ტ. კაკუშაძე

ფერიტის მისერში მყოფი კატიონის მაგნიტური მომენტი

რეზიუმე

ფერიტის მესერში შეტანილი არამაგნიტური კატიონი შეიძლება იქცეს მაგნიტურად და პირიქით, მაგნიტური კატიონის მომენტი შეიძლება შემცირდეს ან სრულიად გაქრეს იმის მიხედვით, თუ როგორია მეორე საკოორდინაციო სფეროს იონთა შემადგენლობა და მათი განლაგება. თუ კატიონი ძლიერ გაცვლით ურთიერთობაშია მეორე საკოორდინაციო სფეროს იონებთან და ამავე დროს ფერიტის დიელექტრიკული განვლადობა დიდია. არამაგნიტური კატიონი შეიძლება იქცეს მაგნიტურად და პირიქით, სუსტი გაცვლითი ურთიერთობის შემთხვევაში, როდესაც ფერიტის დიელექტრიკული განვლადობაც მცირეა, მაგნიტური კატიონი შეიძლება იქცეს არამაგნიტურად. თეორიის ზემოთ აღნიშნული შედეგი შრომაში შემოწმებულია თუთია—ლითიუმის შერეული ფერიტის მაგალითზე.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Ситидзе, Х. Сато. Ферриты. Изд. „Мир“, М., 1964, 46.
2. Л. Неель. Антиферромагнетизм, сб. статей. ИЛ, М., 1956, 56.

Д. А. ГИУНАШВИЛИ

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ И ПОРООБРАЗОВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианашвили 28.6.1966)

Для исследования процесса испарения и связанного с ним порообразования была сконструирована установка, которая позволяет проводить испытания образцов в вакууме под действием растягивающих напряжений.

Установка, внешний вид которой представлен на рис. 1, состоит из рабочей камеры (1), вакуумного шиберного затвора (2), высоковакуумной ловушки (3), системы откачки (4), в которую входят форвакуумный РВН-20 и диффузионный ЦВЛ-100 насосы (4) и механизм нагружения образца (5). Вакуумная система и нагружающее устройство смонтированы на железной станине (6). Пульт управления (7) выполнен из отдельного металлического каркаса, в который вмонтированы все электроизмерительные приборы.

Кинематическая схема установки приведена на рис. 2. На схеме представлена рабочая камера (1), которая состоит из двух коаксиальных металлических цилиндров, зазор между которыми служит «водяной рубашкой» для камеры. Манипуляции в рабочей камере осуществляются через съемную крышку (2), которая также снабжена «водяной рубашкой». В рабочую камеру вмонтированы металлические захваты (8, 9), имеющие внутренние отверстия с резьбой, куда ввинчиваются зажимы (10) для крепления образца (11). Правый захват (9), приваренный к корпусу камеры, жестко соединяется с захватом (13) планетарного редуктора (18) с помощью шпильки (12). Левый захват (8) вставлен в корпус рабочей камеры свободной посадкой и шарнирно соединен с захватом (14) нагружающего устройства.

Патрубок (18) рабочей камеры соединяется с вакуумным шибером (19), который служит для изоляции системы вакуумной откачки от камеры. К нижней части шибера присоединяется вакуумная ловушка ЦВЛ-100—2 (рис. 1 (2)), которая предназначена для вымораживания масляных паров.

Остаточное давление в рабочей камере измеряется манометрическими лампами ЛТ-2 (4) и ЛМ-2 (5), соединенными с вакууметром типа ВИТ-1. Обе лампы свариваются в стеклянный тройник (6) и закрепляются в крышке рабочей камеры с помощью вакуумного зажима (7). Система обеспечивает разряжение в рабочей камере порядка $2 \cdot 10^{-6}$ тор.

Для растяжения образцов в вакууме служит специальное устройство. Нагружение образца (11) производится коромыслом (25), которое

состоит из нескольких элементов: системы рычагов (21), установленных на призмах (22) и соединенных с коромыслом тягой (23), двух шкал (26, 27) с подвижными разновесами (28, 29) для нагружения образца, вертикального (32) и горизонтального (33) балансиров, служащих для уравнивания коромысла.

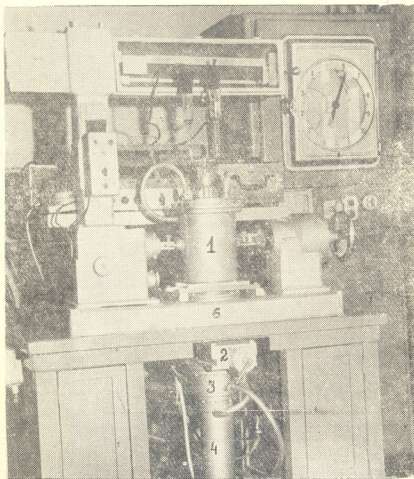


Рис. 1. Общий вид установки для исследования испарения и парообразования

Испытываемый под напряжением образец закрепляется в захватах. Вращением рукоятки (36) перемещается рабочая камера до тех пор, пока стрелка коромысла не станет в положении «нуль». Усилие нагрузок (28, 29) передается к образцу с помощью рычажной системы (21) через захваты (8,14). При деформации образца коромысло отклоняется от положения равновесия, замыкаются контакты (30), связанные со схемой (31), и загорается сигнальная лампочка.

Специальная подставка с направляющими рейками (38) позволяет осуществлять горизонтальное перемещение рабочей камеры. Регулировка вертикального перемещения камеры осуществляется с помощью винтов (40).

Удлинение образца в процессе испытания измеряется стрелочным индикатором (35) с ценой деления 0,005 мм.

Максимальная величина прикладываемой на образец нагрузки составляет 400 кг, что соответствует с учетом рабочего сечения применяемых образцов растягивающим напряжениям до 50 кг/мм².

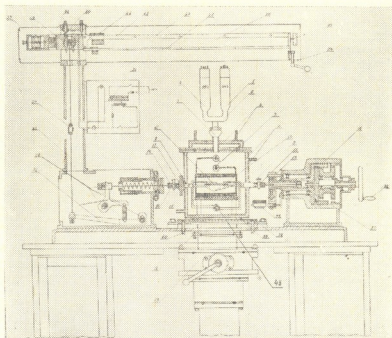


Рис. 2. Принципиальная кинематическая схема установки

Наличие сильфона (17) в системе нагружения приводит к определенным погрешностям при передаче усилия на образец, поэтому была проведена соответствующая калибровка в условиях вакуума. Для этого был изготовлен специальный динамометр, который помещался между захватами вместо образца. Наблюдение за индикатором динамометра велось через крышку из органического стекла. Результаты тарировки показали, что погрешность составляет $\pm 5\%$ от приложенной нагрузки.

Нагрев образца осуществляется радиационным способом. Нагреватель состоит из двух пар кварцевых полуцилиндров, которые приварены друг к другу. Две внешние половины нагревателя перегорожены приваренными кварцевыми нитями, которые образуют параллельные пазы. В эти пазы вставляется спираль из нихрома, обеспечивающая при нагреве температуру порядка 1000°C. Такая конструкция нагревателя

обладает достаточно малой «инерционностью» и способствует уменьшению газовыделения при нагревании образца. Нагреватель размещается на специальной подставке и для предотвращения теплоотдачи окружен молибденовым экраном. Питание нагревателя осуществлялось от трансформатора РНО-250—2 через специальные вводы (рис. 2(3)). Температура образца измерялась двумя хромель-алюмелевыми термомпарами (рис. 2 (43)), спай которых помещены в середине и на конце образца. При нагреве по длине образца возникает перепад температуры порядка 10°C . Столь малый градиент достигается тем, что захваты почти полностью помещаются в нагревателе.

В том случае, когда исследование велось без нагрузки, нагреватель ставился в вертикальном положении и исследуемый образец подвешивался на тонкой молибденовой проволоке. Температура образца контролировалась с помощью электронного потенциометра ЭПД-17 и потенциометра ПП-1. Точность регулировки температуры составляла $\pm 5^{\circ}$.

Как показали проведенные исследования, действие внешнего напряжения приводит к ускорению процесса испарения и вносит существенные изменения в распределение пористости в металле. Следует отметить, что при исследовании медно-цинковых сплавов влияние напряжения на испарение наиболее сильно проявляется на развитых стадиях (продолжительный отжиг) испытания образца. С повышением температуры диффузионного отжига влияние напряжения на скорость испарения сказывается меньше по сравнению с испарением при более низких температурах.

При наложении внешних растягивающих напряжений особенно резко возрастает роль границ зерен в процессе испарения образца. Так, при отжиге латуни при температурах $500\text{--}850^{\circ}$ и напряжении $100\text{--}15\text{ кг/см}^2$ соответственно было показано, что поры локализируются главным образом на внутренних поверхностях раздела. Во многих случаях процесс начинается с образования ямки на поверхности вдоль границ, что не наблюдается при отсутствии внешних нагрузок.

Таким образом, внешние растягивающие напряжения способствуют росту пор и интенсивному раскрытию трещин по границам зерен. При отсутствии внешних напряжений порообразование по границам зерен начинается при более высоких температурах и протекает менее интенсивно.

Влияние напряжения на испарение цинка и магния в алюминиевом сплаве качественно аналогично влиянию напряжения в медно-цинковых сплавах. Так, при температуре 500°C в течение 20 часов количество испарившегося вещества с образца, находящегося под напряжением $0,3\text{ кг/мм}^2$, будет примерно в 5 раз больше по сравнению с ненапряженным образцом (уменьшение веса составляет $0,0401$ и $0,0082\text{ г}$ соответственно). Повышение температуры до 550°C или уменьшение времени испарения при 500°C с 20 до 2 часов сильно уменьшает эффект напряжений.

Ускорение испарения под влиянием напряжения, очевидно, объясняется увеличением скорости диффузии, а уменьшение влияния напряжения на испарение при высоких температурах — возрастанием диф-

фузионной подвижности атомов с повышением температуры и уменьшением роли напряжения, что экспериментально было показано в работе [1].

Московский авиационный институт

(Поступило в редакцию 2.7.1966)

ფიზიკა

ფ. გიუნაშვილი

დანადგარი მეტალების აორთქლებისა და ფორმების შესწავლისათვის
ვის დამზიმი) ძალვის ზეგავლინით

რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია ვაკუუმ-დანადგარი მეტალებში აორთქლებისა და ფორმების წარმოშობის პროცესების შესასწავლად, გარეშე დამჭიმი ძალე-ბის ზეგავლინით. ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ გარეშე დამჭი-მი ძალეების მოქმედება აჩქარებს აორთქლების პროცესს და შეაქვს მნიშვნე-ლოვანი ცვლილებები მეტალებში ფორმების განლაგებაზე.

დაკვირვებული ეფექტები ახსნილია პლასტიკური დეფორმაციის ზეგავ-ლინით დიფუზიის პროცესზე და სტრუქტურის დეფექტიანობაზე.

დავოწმებულ ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. З. Бокштейн, Т. И. Гудкова, А. А. Жуховицкий, С. Т. Кишкин.
Некоторые проблемы прочности твердого тела. Изд. АН СССР, 1959, 76.

ФИЗИКА

В. А. АГЛАМАЗОВ, А. Д. ГЕДЕВАНИШВИЛИ, А. Ш. КОХОДЗЕ,
З. П. РОБАКИДЗЕ, И. И. САКВАРЕЛИДЗЕ, Н. Г. ХАЗАРАДЗЕ

**ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛНОГО ЧИСЛА
ЧАСТИЦ И КООРДИНАТ ТОЧКИ ПРОХОЖДЕНИЯ ОСИ
ШИРОКОГО АТМОСФЕРНОГО ЛИВНЯ КОСМИЧЕСКОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ**

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианшвили 28.1.1966)

В экспериментах по широким атмосферным ливням обычно одна из основных задач заключается в регистрации полного числа частиц в ливне и местопрохождения оси ливня. С этой целью используется большое число сцинтилляционных счетчиков или же счетчиков Гейгера—Мюллера, включенных в годоскопическую схему.

Определение полного числа частиц в ливне и координат места выпадания оси требует измерения локальной плотности ливневых частиц над детектором хотя бы в трех удаленных друг от друга точках.

С помощью сцинтилляционных счетчиков и соответствующей радиотехнической аппаратуры можно непосредственно определить число заряженных частиц, прошедших через счетчик, причем отношение этого числа к площади фосфора дает локальную плотность Δ частиц m^{-2} .

Очевидно, что погрешность в таких измерениях зависит от точности определения числа частиц, прошедших через сцинтилляционный счетчик, фотоумножителем и соответствующей радиотехнической схемой.

Счетчики Гейгера—Мюллера, включенные в годоскопическую систему, позволяют определить величину наиболее вероятной плотности частиц.

**Определение наиболее вероятной локальной
плотности**

Пусть годоскопический ряд состоит из m одинаковых счетчиков Гейгера—Мюллера каждый с площадью s m^2 . Допустим, что на этот годоскопический ряд падает широкий ливень, плотность которого над детектором равна Δ частиц m^{-2} .

Если принять, что рассматриваются развитые ливни, т. е. допустить, что траектории частиц независимы друг от друга, то вероятность



срабатывания любых n счетчиков из общего числа m будет даваться известной формулой

$$P = C_m^n (1 - e^{-s\Delta})^n \cdot e^{-s\Delta (m-n)}. \quad (1)$$

Вероятность P при фиксированных значениях m и n является функцией плотности Δ и имеет максимум для определенного значения Δ_m .

Приравнивая к нулю производную $\frac{dP}{d\Delta}$, получаем уравнение для нахождения величины Δ_m .

Простые преобразования для значения наиболее вероятной плотности Δ_m дают следующую формулу:

$$\Delta_m = \frac{1}{s} \cdot \ln \frac{m}{m-n}. \quad (2)$$

Таким образом, если известна площадь отдельного счетчика s и число сработавших счетчиков n из общего числа m в ряду, по формуле (2) просто можно определить численное значение наиболее вероятной локальной плотности Δ_m .

Определение расстояния от детектора до оси ливня

Расстояние от детектора до оси ливня можно определить с помощью локальной плотности.

Локальная плотность Δ_m связана с полным числом заряженных частиц широкого ливня следующим соотношением [1]:

$$\Delta_m = \frac{N \cdot f(R)}{r_0^2}, \quad (3)$$

где N — полное число заряженных частиц в ливне,
 r_0 — «мольеровская единица» длины.
 В частности, для воздуха

$$r_0 = 9,5 \text{ г/см}^2, \text{ или } r_0 = 80 \text{ м, } R = \frac{r}{r_0},$$

где r — расстояние от детектора до оси ливня.

$f(R)$ — функция пространственного распределения электронов в широком атмосферном ливне. Если использовать функцию Нишимура—Камата, тогда будем иметь [1]

$$f(R) = C(S) \cdot R^{s-2} \cdot (R+1)^{s-4,5}. \quad (4)$$

В этом выражении S является возрастным параметром ливня, который изменяется в зависимости от высоты над уровнем моря. Значение функции $C(S)$ табулировано по величинам параметра S .

На высоте 400 м над уровнем моря для параметра S можно принять численное значение $S = 1,25$ [2]. Для этого случая функция Нисимура—Камата, согласно формуле (4), будет иметь вид

$$f(R) = \frac{45^1}{32\pi} \cdot R^{-0,75} \cdot (R+1)^{-3,25}. \quad (5)$$

Если полученное значение функции пространственного распределения подставить в выражение (3) и провести элементарные преобразования, получится

$$\begin{aligned} R^{0,23} (R+1) &= \left\{ \left[\frac{45}{32 \cdot \pi \cdot r_0^2} \right] \cdot \frac{N}{\Delta m} \right\}^{1/3,25} = \\ &= \left[7 \cdot \frac{N}{10^5 \cdot \Delta m} \right]^{0,307} = 1,82 \cdot \left[\frac{N}{10^5 \cdot \Delta m} \right]^{0,307}. \end{aligned} \quad (6)$$

Формула (6) дает возможность определить расстояние до оси ливня при заданных значениях N и Δm .

Однако, как видно, решение этого уравнения представляет значительную практическую трудность.

Задача весьма упрощается, если функцию $R^{0,23} (R+1)$ аппроксимировать линейным выражением вида $(1,53R + 0,49)$.

В нижеприведенной таблице даны значения обеих функций $F_1 = R^{0,23} (R+1)$ и $F_2 = 1,53R + 0,49$ для различных величин R , начиная от 0,01 и до 3.

Как видно из таблицы, принятая аппроксимация может быть использована без больших ошибок. В частности, для значений в интервале $(0,07 - 3)$ точность аппроксимации не хуже 10%.

Таким образом, используя принятую аппроксимацию, можно представить формулу (6) в следующем виде:

$$1,53R + 0,49 = 1,82 \left[\frac{N}{10^5 \cdot \Delta m} \right]^{0,307}. \quad (7)$$

Решив ее относительно R , окончательно получим

$$R = 1,19 \left[\frac{N}{10^5 \cdot \Delta m} \right]^{0,307} - 0,32. \quad (8)$$

что даст возможность при заданной локальной плотности и величине ливня определить расстояние от детектора до оси ливня.



R	F_1	F_2	R	F_1	F_2
0.01	0.35	0.505	1.2	2.3	2.325
0.02	0.416	0.520	1.3	2.4	2.48
0.03	0.46	0.536	1.4	2.61	2.63
0.04	0.498	0.551	1.5	2.74	2.79
0.05	0.539	0.566	1.6	2.87	2.94
0.06	0.557	0.582	1.7	3.18	3.09
0.07	0.588	0.597	1.8	3.24	3.25
0.08	0.608	0.612	1.9	3.35	3.40
0.09	0.627	0.627	2	3.51	3.55
0.1	0.648	0.643	2.1	3.66	3.71
0.2	0.83	0.796	2.2	3.82	3.86
0.3	0.994	0.950	2.3	3.99	4.02
0.4	1.137	1.11	2.4	4.15	4.16
0.5	1.279	1.255	2.5	4.30	4.32
0.6	1.43	1.41	2.6	4.54	4.48
0.7	1.558	1.56	2.7	4.62	4.63
0.8	1.714	1.715	2.8	4.84	4.79
0.9	1.849	1.86	2.9	4.95	4.94
1	2	2.02	3	5.19	5.09
1.1	2.14	2.172			

Определение полного числа заряженных частиц в ливне и координат местопрохождения оси ливня

В общем случае определение полного числа заряженных частиц в широком атмосферном ливне, т. е. величины ливня и координат местопрохождения оси ливня, принципиально не представляет большой трудности. Однако необходимые расчеты можно существенно упростить при использовании удобной геометрии расположения детекторов заряженных частиц.

В данной работе рассматривается простейший случай расположения трех детекторов на одной прямой на расстоянии a метров друг от друга (рис. 1).

Выберем систему координат, как показано на рис. 1. Пусть ось ливня проходит в точке A с координатами (x, y) и R_1, R_2, R_3 будут соответственно расстояния между детекторами и точкой A . Как видно из рис. 1, будут выполняться следующие простые соотношения:

$$\begin{aligned} x^2 + y^2 &= R_1^2, \\ (x - a)^2 + y^2 &= R_2^2, \\ (x + a)^2 + y^2 &= R_3^2. \end{aligned} \quad (9)$$

Система уравнений (9) дает возможность наряду с координатами точки местопрохождения оси ливня определить также и величину ливня N .

Действительно, если вместо R_1 , R_2 и R_3 подставить их значения из формулы (8), т. е.

$$R_i = 1,19 \left[\frac{N}{10^5 \cdot \Delta_i} \right]^{0,307} - 0,32 \quad (i = 1, 2, 3), \quad (10)$$

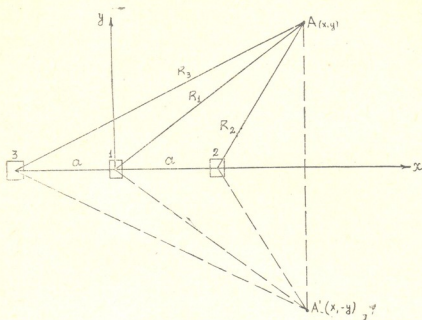


Рис. 1

то после простых преобразований для определения величины ливня получится

$$\frac{N}{10^5} = \left\{ \frac{0,32 [A_2 + A_3 - 2A_1] \pm \pm \sqrt{[(0,32)^2 \cdot (A_2 + A_3 - 2A_1)^2 + 2a^2 (A_2^2 + A_3^2 - 2A_1^2)]}}{A_2^2 + A_3^2 - A_1^2} \right\}^{3,25}, \quad (11)$$

где

$$A_i = \frac{1,19}{\Delta_i^{0,307}} \quad (i = 1, 2, 3),$$

а Δ_i определяется согласно формуле (2).

Координаты точки прохождения оси ливня будут даваться выражениями

$$x = \frac{R_2^2 - R_1^2}{4a} = \frac{1}{4a} \left\{ \left[1,19 \left(\frac{N}{10^5 \cdot \Delta_3} \right)^{0,307} - 0,32 \right]^2 - \left[1,19 \left(\frac{N}{10^5 \cdot \Delta_2} \right)^{0,307} - 0,32 \right]^2 \right\} \quad (12)$$

$$y = \pm \left\{ \left[1,19 \left(\frac{N}{10^5 \cdot \Delta_1} \right) - 0,32 \right]^2 - x^2 \right\}^{1/2} \quad (13)$$

При расчетах в формулу (13) подставляются численные значения N и x , рассчитанные соответственно из выражений (11) и (12).

Таким образом, с помощью формул (11), (12), (13) можно определить полное число заряженных частиц в ливне N (величину ливня) и координаты местопрохождения оси ливня, заранее экспериментально измеряя локальные плотности Δ_i (2) в трех различных точках, удаленных на расстоянии a друг от друга.

Необходимо отметить, что вышеприведенным условиям, как это видно из рис. 1, удовлетворяет также точка A' ($x_1, -y$), которой соответствует отрицательное значение корня из формулы (13), т. е. формулы (12) и (13) неоднозначно определяют точку прохождения оси ливня. Этот вопрос можно решить лишь при определении локальной плотности с помощью дополнительного, четвертого детектора, который расположен вне прямой, соединяющей три основных детектора.

Вышеприведенный анализ для установки одной конкретной геометрии легко можно аналогично провести и для установок с любой конфигурацией расположения детекторов.

Очевидно, что в каждом частном случае задача будет решаться для определенных конкретных установок с заданной геометрией.

Полученные таким образом формулы для числа частиц и координат точки прохождения оси, безусловно, будут отличаться от формул (11), (12), (13), но рассмотренный выше метод можно будет применить в общем случае для установок любой геометрии.

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 4.2.1966)

ფიზიკა

ბ. აგლაშაშვილი, ლ. გედევანიშვილი, ლ. კოხოდზე, ზ. რობაქიძე,
ი. ხაშვილიძე, ნ. ხაზარაძე

კოსმოსური გამოსხივების ფართო აბსოლუტური
ღვარის ნაწილაკთა სრული რიცხვისა და ღვარის
გავლის წიბრების კოორდინატების განსაზღვრის
ერთი მეთოდის შესახებ

რეზიუმე

სტატიაში განიხილება ღვარის სიდიდისა და მისი ღვარის ადგილმდებარეობის განსაზღვრის მარტივი მეთოდი. ამოცანა დასმულია იმ შემთხვევისა-

თვის, როდესაც ღვარის სამი დეტექტორი ერთ სწორ ხაზზეა განლაგებული. ნაწილაკების სივრცული განაწილების ფუნქციისათვის გამოყენებულია ნიშიმურა-კამატას მიერ მოცემული ფუნქციის სახე.

რთული გამოთვლების გასამარტივებლად შემოღებულია გარკვეული სახის აპროქსიმაცია, რომელსაც წრფივი დამოკიდებულების სახე აქვს. დაშვებული გამარტივების გამოყენება დასაბუთებულია სპეციალურად მოყვანილი ცხრილით, საიდანაც ჩანს, რომ აპროქსიმაციით დაშვებული ცდომილება არ აღემატება 10 პროცენტს.

სტატიაში მოცემულია ღვარის სიდიდისა და ღვარის ღერძის ადგილმდებარეობის ბრტყელი კოორდინატების საბოლოო საანგარიშო ფორმულები.

განხილული მეთოდი ადვილად შეიძლება განზოგადებულ იქნეს ყველა შემთხვევისათვის, როდესაც ფართო ატმოსფერული ღვარის დეტექტორების განლაგების ნებისმიერი კონფიგურაცია იქნება.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. К. Грейзен. Широкие атмосферные ливни. В сб.: „Физика космических лучей“, т. III, ИЛ, М., 1958, 7—136.
2. Б. Росс, К. Грейзен. Взаимодействие космических лучей с веществом, ИЛ, М., 1948, 60—87.

М. А. ЧЕЛИШВИЛИ

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ПОИСКОВ МАРГАНЦЕВЫХ РУД

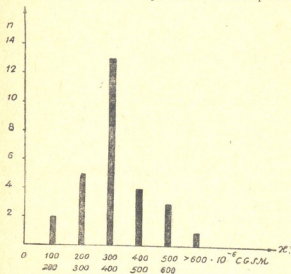
(Представлено академиком П. Д. Гамкрелидзе 25.1.1966)

Для решения обратной задачи поисков марганцевых руд методами магнитометрии необходимо в первую очередь решить прямую задачу на известных месторождениях марганца. Прделанные в этом направлении работы [1—5] весьма противоречивы. С нашей точки зрения решение прямой задачи магнитометрии для поисков марганцевых руд требует дальнейшего и более глубокого изучения. С этой целью нами исследованы магнитные свойства различных типов марганцевых руд и магнитное поле марганцевого месторождения нагорья Мгвимеви—Дарквети Чиатурского района Грузинский ССР. В данной статье дается обобщение результатов.

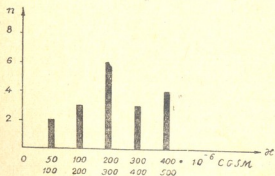
По данным геологов [6—8], марганцевые руды Чиатурского района делятся на три основных генетических типа: окисные, карбонатные и окисленные. Из других генетических типов можно упомянуть метаморфизованные, встречающиеся лишь на нагорье Перевиса того же района. Среди окисных руд по текстурным особенностям и по минералогическому составу выделяют зернистые руды, белта, пласт, жгали и мцвари. В окисных рудах из ферромагнитных минералов встречаются Fe_2O_3 (1—5%), Fe (около 1%), жгали содержат примеси никеля и кобальта [9]. В карбонатных рудах из ферромагнитных минералов встречаются Fe_2O_3 (1—3%), Fe (2—4%) и реже как примеси присутствуют пирит, марказит и мельниковит. В окисленных рудах содержится от 1 до 4% Fe_2O_3 .

Образцы различных типов марганцевых руд, меловых известняков, миоценовых песчаников, пробы миоцен-олигоценых песков и глинистых песчаников отобраны из обнажений и карьеров нагорий Мгвимеви—Дарквети, Буникаури, Перевиса, Шукрути, Итхвиси и Ргани. При этом в основном были взяты ориентированные образцы. Измерения магнитных свойств кубических образцов марганцевых руд нами проведены на кварцевом магнитометре типа М 14-Ф. Цена деления $\epsilon=0,5$ гамма/дел., а точность отсчета измерений составляет 0,05 гамма/дел. Магнитная

восприимчивость вычислена по формуле $\chi = \frac{I_i}{Z}$, где I_i —индуктивная намагниченность образца, Z —вертикальная составляющая магнитного поля в Душети, где проводились измерения ($Z=0,42$ эрстед).



а



б

Фиг. 1. а—Магнитная восприимчивость зернистых марганцевых руд; n—число образцов; б—магнитная восприимчивость окисленных марганцевых руд; n—число образцов

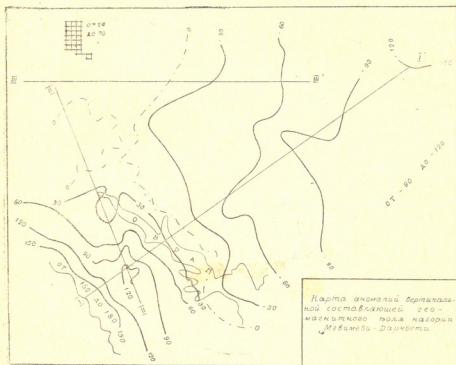
На фиг. 1 приведены значения магнитной восприимчивости различных типов марганцевых руд Чиатурского месторождения. Магнитная восприимчивость зернистых руд колеблется от 140 до $650 \cdot 10^{-6}$ CGSM, но в большинстве случаев превосходит $300 \cdot 10^{-6}$ CGSM (фиг. 1, а). Магнитная восприимчивость бела характеризуется величиной порядка $350-400 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Значение χ для Мцвари и для пласта составляет $(350-550) \cdot 10^{-6}$ CGSM. Магнитная восприимчивость жгали меняется в широких пределах—от $300 \cdot 10^{-6}$ до $1140 \cdot 10^{-6}$ CGSM, что объясняется неоднородным содержанием примеси ферромагнитных минералов. Сравнительно повышенное значение χ —от $500 \cdot 10^{-6}$ до $1000 \cdot 10^{-6}$ карбонатной руды можно объяснить примесями магнитных минералов. Магнитная восприимчивость окисленных руд

меняется от $50 \cdot 10^{-6}$ до $430 \cdot 10^{-6}$ и в большинстве случаев $\chi > 200 \cdot 10^{-6}$ CGSM (фиг. 1, б). Наименьшее значение χ характерно для пумпла, которая встречается очень редко. Порядок значений порошкообразных бела, мцвари, пласта и зернистых руд такой же, как у массивных образцов.

Остаточная намагниченность образцов марганцевых руд в пределах точности измерения не выявляется.

Магнитная восприимчивость образцов меловых известняков, миоценовых песчаников, миоцен-олигоценых песков и глинистых песчаников измерена нами на капшапметре Московского государственного университета. Магнитная восприимчивость меловых известняков меняется от $1 \cdot 10^{-7}$ до $5 \cdot 10^{-7}$ CGSM. Порядок χ глинистых песчаников— $5 \cdot 10^{-6}$ CGSM, миоценового песка— $1 \cdot 10^{-6}$ CGSM, олигоценового песка и миоценовых песчаников— $3 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

Магнитная съемка осуществлена на центральной и северной частях нагорья Мгвимеви—Дарквети, где встречаются окисные, карбонатные и окисленные марганцевые руды.

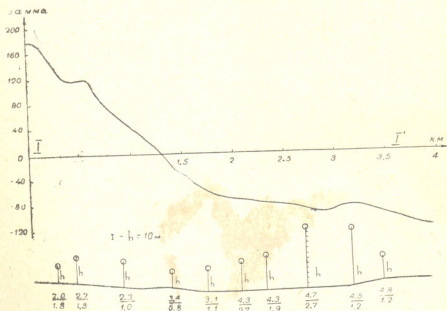


Фиг. 2

Марганцевый слой расположен почти горизонтально, кроме северной части территории. Мощность оруднения уменьшается с юга на север. Общая мощность марганцевого слоя меняется от нескольких десятков сантиметра до 6 м с преимущественным содержанием окисных руд в южной части территории. Полезная мощность в южной части нагорья меняется от 2,5 до 4,5 м. В северной части в основном

отмечено карбонатное оруднение марганца. В тех местах, где мощность наноса меньше или замечается выход марганцевого оруднения, встречается окисленная руда. Глубина залегания марганцевого слоя меняется в широких пределах от нескольких метров до 140 м.

Точность абсолютных величин вертикальной составляющей (Z) магнитного поля на пунктах наблюдений составляет ± 5 гамм. Для выделения магнитной аномалии, создаваемой марганцевым слоем из общего геомагнитного поля, необходимо установить базисное поле. Так как олигоценовые пески и меловые известняки (мощность 200—300 м), которые залегают под марганцевым оруднением, являются немагнитными, за базисное поле нами принято среднее значение Z на фоне выхода меловых известняков. Величина аномалии колеблется в пределах 300 гамм (фиг. 2). В южной части нагорья Мгвимеви—Дарквети, где полезная мощность марганцевого оруднения больше, чем на исследуемой территории, магнитная аномалия будет, вероятно, сравнительно повышена.



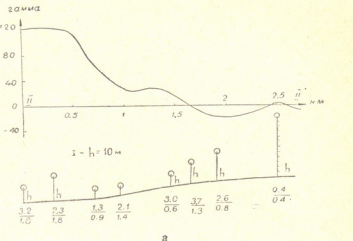
Фиг. 3

Олигоценовые пески и меловые известняки, расположенные в подошве марганцевого слоя, являются немагнитными, породы, залегающие над марганцевым слоем, также немагнитные или же их магнитность ничтожно мала ($5 \cdot 10^{-6}$ CGSM), а магнитная восприимчивость марганцевых руд в большинстве случаев $> 300 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Исходя из этого ясно, что выявленная аномалия вызвана марганцевым слоем.

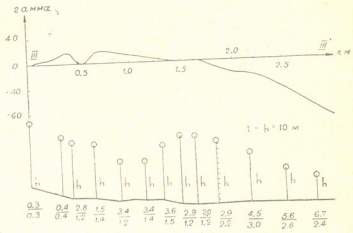


Анализ магнитной аномалии проводится по трем профилям (фиг. 2). На фиг. 3 и 4 представлены мощности (в числителе общая мощность, в знаменателе полезная мощность) марганцевого слоя, глубина залегания по данным буровых скважин и кривые магнитной аномалии.

Марганцевый слой по профилю I—I' в основном представлен окисными и карбонатными рудами. Полезная мощность марганцевого слоя колеблется от 1 до 2,7 м, но в большей части от 1 до 2 м. Глубина залегания разных частей горизонтального слоя варьирует от 30 до 120 м. Явно выраженная магнитная аномалия плавно меняется с юго-запада на северо-восток от +180 до -120 гамм. По профилю II—II' имеет место окисное и карбонатное оруднение. Полезная мощность марганцевого слоя уменьшается с юга



а



б
Фиг. 4

на север от 1,8 до 0,4, и глубина его залегания увеличивается с юга на север от 20 до 120 м. В тех местах, где мощность слоя 1—1,8 м и глубина залегания небольшая, порядок аномалии составляет 120 гамм. Наоборот, там, где мощность слоя около 0,5 м и глубина залегания большая, никаких аномалий не отмечается, что и следовало ожидать. Марганцевое оруднение по профилю III—III' характеризуется с преобладанием карбонатной руды, выше которой иногда имеется окисная или окисленная руда. Полезная мощность марганцевого слоя заключена в

пределах 0,3—3 м, но в большей части не превосходит 1—1,5 м. Глубина залегания разных частей слоя варьирует от 50 до 140 м, но часто—от 100 до 140 м. В тех местах, где полезная мощность слоя составляет 0,3—1,5 м и глубина залегания >60 м, аномалии не замечаются.

Как видно, магнитная аномалия не отмечается в тех местах, где мощность марганцевого слоя ничтожно мала и глубина его залегания большая. Вполне понятно, что в данных условиях нельзя было бы ожидать на поверхности Земли магнитного поля марганцевой руды. Однако отсутствие магнитной аномалии в данном случае является еще дополнительным доказательством того, что толща, лежащая над марганцевым горизонтом, действительно, не создает ощутимого магнитного поля.

Аномальное магнитное поле с положительным и отрицательным знаками нами рассмотрено как одно целое, вызванное марганцевым слоем. Возникает вопрос, как можно объяснить отрицательную ветвь этой аномалии? Горизонтально залегающие залежи очень часто могут быть намагничены в наклонном направлении. В основном это зависит от ориентировки тел относительно магнитного меридиана и от угла наклона магнитного поля Земли.

В случае наклонного намагничения однородного горизонтального слоя методом магнитного моделирования нами была получена положительная и отрицательная ветви кривой Z . При этом экстремальные значения магнитного поля наклонно намагниченного слоя значительно больше, чем при вертикальном намагничении [10]. Угол наклона магнитного поля Земли на исследуемой территории составляет около 60° . Марганцевый горизонтальный слой в общем случае неоднородный и глубина залегания его частей неодинакова. Поэтому форма кривой Z наклонно намагниченного горизонтального слоя частично будет деформирована. Таким образом, в этом районе над марганцевым оруднением ожидалось магнитное поле с положительным и отрицательным знаками, что и в действительности нами выявлено.

Для точек, расположенных над большим массивом каких-либо горных пород, вертикально намагниченных с интенсивностью I , магнитное поле $Z=2\pi I$. Пользуясь этой формулой, ниже даем приближенный расчет магнитного поля различных типов марганцевых руд. При среднем значении $I=(150-200)\cdot 10^{-6}$ CGSM зернистых руд вычисленное значение Z составляет 95—125 гамм, а при максимальном значении I достигает 190 гамм. Вычисленное поле пласт и мцвари при среднем значении намагничения $(200-250)\cdot 10^{-6}$ CGSM находится в пределах 125—155 гамм. В случае белта Z имеет значение 90—110 гамм. Намагниченность жгали в среднем составляет $(250-300)\cdot 10^{-6}$ CGSM, соответственно Z имеет значение 160—190 гамм. Для карбонатной руды Z имеет значение в пределах 130—260 гамм. Вычисленное значение Z окислен-

ной руды в большинстве случаев находится в пределах 70—130 гамм. Однако магнитное поле в действительности будет больше вычисленного, так как в случае наклонного намагничивания горизонтального слоя отмечается повышенное поле.

Из вышеизложенного приходим к выводу о возможности поисков марганцевых руд с помощью высокоточной магниторазведки, если марганцевое оруднение мощностью больше 1 м залегает до глубины 50 м.

Академия наук Грузинской ССР
Институт геофизики
Тбилиси

(Поступило в редакцию 25.1.1966)

გეოფიზიკა

ა. ზელიზვილი

მაგნიტური მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობა
მარგანეციის ძიებისათვის

რეზიუმე

სტატიაში წარმოდგენილია ჭიათურის მარგანეცის საბადოს სხვადასხვა სახეობის მარგანეცის მადნის მაგნიტური თვისებებისა და მღვიმევი—დარკვეთის ზეგანის მაგნიტური ველის გამოკვლევის შედეგები.

ფაქტიური მასალებითა და სათანადო გამოთვლებით მტკიცდება მაგნიტური მეთოდით მარგანეცის ძიების შესაძლებლობა ისეთ შემთხვევაში, როდესაც ფენის სიმძლავრე აღემატება 1 მეტრს და ჩაწოლის სიღრმე 50 მეტრამდეა.

დადოებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. С. Абакелиа. К вопросу геологической интерпретации результатов магнитной микросъемки в Чхатурском марганцевом районе. Труды Института геофизики АН СССР, Грузинский филиал, т. IV, 1939.
2. К. Б. Вейнберг. О влиянии северо-уральских марганцевых руд на магнитное поле. Советская геология, № 6, 1939.
3. Н. Н. Трубяччинский. Магнитометрическое обследование марганцевых месторождений, Никопольский район, 1928—1929 гг. Труды ВГРО, вып. 166, 1932.
4. B. S. R. Rao. Rhimasankarem V. L. S. An interpretation of the vertical magnetis anomalies over the Kodur manganese belt. Curent Sci., № 11, 1957.
5. B. S. R. Rao. Bhimasankarem V. L. S. Vertical magnetic anomalies in Kodur manganese belt. Proc. 45 the Indian Sci. Congr. Assoc. Madras, 1958.

6. Г. А. Авалиани. Марганец. Природные ресурсы Грузинской ССР, т. 1, 1958.
7. А. Г. Бетехтин. О генезисе Чиатурского марганцевого месторождения. Труды конфер. по генезису руд железа, марганца и алюминия. Изд. АН СССР, 1937.
8. А. В. Гавашели. О генезисе марганцевых руд Чиатуро-Сачхерского бассейна. Сообщения АН СССР, № 6, 1951.
9. Е. И. Соколова. Физико-химические исследования осадочных железных и марганцевых руд и вмещающих их пород. Изд. АН СССР, М., 1962.
10. М. Л. Челишвили. Лабораторная установка для исследования магнитных полей и решение некоторых задач разведочной магнитометрии методом магнитного моделирования. Труды Института геофизики АН ГССР, т. XIV, 1955.

Г. А. ГОЛОВКО, Е. И. БОРЗЕНКО, Г. В. ЦИЦИШВИЛИ (академик
АН ГССР), Т. Г. АНДРОНИКАШВИЛИ

НЕРАВНОВЕСНЫЕ ИЗОБАРЫ АДСОРБЦИИ-ДЕСОРБЦИИ АРГОНА И КИСЛОРОДА НА СИНТЕТИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТАХ

При разработке технологических процессов очистки газов от примесей с помощью синтетических цеолитов, наряду с изотермами адсорбции отдельных компонентов или смесей газов, большой интерес представляют также изобары адсорбции-десорбции. Например, при выборе режима очистки аргона от кислорода очень важно обеспечить селективное и полное поглощение кислорода. В противном случае либо не будет обеспечена заданная чистота аргона, либо он будет адсорбироваться параллельно с кислородом, что может привести к очень большим потерям аргона.

При равновесной адсорбции количество поглощаемых газов возрастает с понижением температуры, достигая максимума в области температуры насыщенных паров адсорбата при выбранном давлении. Однако для снятия равновесной изобары адсорбции-десорбции таких газов, как кислород и аргон, на цеолитах NaA и KA, особенно в интервале температур от критической до температуры -180°C , требуется очень длительное время (измеряемое сутками). Практически время контакта газа с адсорбентом (например, при динамическом режиме очистки аргона от кислорода) исчисляется минутами или секундами.

Естественно также, что эффективность многократной адсорбционной очистки существенно зависит от условий проведения процесса и, в частности, от режима охлаждения адсорбента.

На рис. 1—4 приведены неравновесные изобары адсорбции-десорбции кислорода и аргона на цеолитах ГОБ ВНИИ НП NaA (Ц-202—194), KA (Ц-202—384) и серебряной форме цеолита типа A, синтезированной по методике Института физической и органической химии им. П. Г. Меликишвили АН ГССР. Во всех случаях в адсорбер было загружено по 650 г цеолита и адсорбция проводилась в статических условиях при давлении около 1, 2 ата.

Регенерация цеолита осуществлялась с помощью горячего воздуха, подаваемого в межтрубное пространство адсорбера, в сочетании с вакуумированием. Подогрев цеолита KA не превышал 240°C , NaA и



AgNaA—280—300°C, с выдержкой при указанной температуре в течение 3—4 часов. Более подробное описание установки и режима регенерации адсорбентов приведено в работах [1, 2].

Охлаждение адсорбента производилось на первой стадии (до 50—60°C) воздухом (продувкой межтрубного пространства аппарата), а далее — с помощью жидкого кислорода.

Во избежание подсоса воздуха при понижении температуры цеолита, давление в динамической трубке повышалось за счет подачи кислорода или аргона и поддерживалось на уровне 1,0—1,2 ата до окончания процесса охлаждения.

При этом, как правило, активного поглощения кислорода или аргона не наблюдалось и количество адсорбированного газа не превышало 5—10 л (см. нижние прямые линии на рис. 1, 2 Б и 4). В то же время, если при температуре ниже —50°C резко увеличить темп охлаждения либо резко повысить давление (например, только в это время начать подавать газ в адсорбер), начинается процесс весьма интенсивной адсорбции. В качестве подобного примера приведена нижняя кривая на рис. 1.

Остальные неравновесные изобары (рис. 1—4) были получены при подогреве цеолита (жидкий кислород сливался, а межтрубное пространство адсорбера продувалось холодным или горячим воздухом).

На рис. 1 приведены неравновесные изобары адсорбции-десорбции кислорода и аргона, полученные при подогреве цеолита NaA со скоростью около 1° за 2,5 мин. Аналогичные условия соблюдались при снятии участков изобар адсорбции O₂ и Ar, приведенных на рис. 2 А (верхние кривые). При повышении скорости подогрева примерно до 1° за 0,7—1 мин (средние кривые) и до 1° за 0,25—0,35 мин (нижние кривые) количество адсорбированного кислорода и аргона резко уменьшается.

Неравновесные изобары адсорбции-десорбции кислорода и аргона на цеолите KA и AgNaA (рис. 2, Б и 4) и участки неравновесных изобар адсорбции на этих же цеолитах, приведенные на рис. 3 А и 3 Б

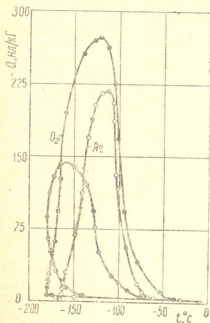


Рис. 1. Неравновесные изобары адсорбции-десорбции аргона и кислорода на цеолите NaA

(верхние кривые), соответствуют скорости подогрева, близкой к 1° за 3—3,3 мин. Средние кривые на рис. 3, А и 3, Б, получены при скорости подогрева цеолитов, равной 1° за 1,5 мин, а нижние кривые—скорости подогрева, лежащей в пределах 1° за 0,5—1 мин.

Анализ экспериментальных данных показал, что адсорбция кислорода и аргона на исследованных цеолитах при температуре ниже $T_{кр}$ достаточно точно соответствует закону внутренней диффузии $\tau^{1/2}$, а количество адсорбированных газов может быть определено из выражения

$$a_\tau = K\tau^{1/2},$$

где a_τ —количество адсорбированного газа, отнесенного к нормальным

условиям (760 мм рт. ст. и 0°C) и 1 кг (насыпной вес) цеолита за время τ ; K —коэффициент, зависящий от свойств адсорбата и адсорбента (особенно от условий и степени дегидратации [3]).

Вычисленные значения коэффициентов активности у цеолитов NaA, KA и AgNaA в среднем равны по кислороду соответственно $K_{O_2}=32; 30$ и 26; по аргону они почти в два раза меньше и составляют соответственно $K_{Ar}=20; 16$ и 15.

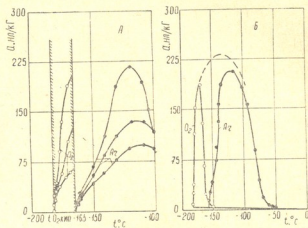


Рис. 2. А—участки неравновесных изобар адсорбции аргона и кислорода на цеолите NaA; Б—неравновесные изобары адсорбции-десорбции аргона и кислорода на цеолите KA

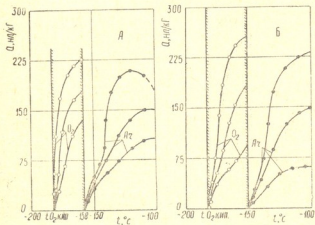


Рис. 3. А—участки неравновесных изобар адсорбции аргона и кислорода на цеолите KA; Б—участки неравновесных изобар адсорбции аргона и кислорода на серебряной форме цеолита NaA

почти в два раза меньше и составляют соответственно $K_{Ar}=20; 16$ и 15.



Более резкое замедление процесса адсорбции аргона при температуре ниже $T_{кр}$ объясняется, по-видимому, тем, что критический диаметр атомов аргона ($3,84 \text{ \AA}$) больше, чем критический диаметр молекул кислорода ($2,8 \text{ \AA}$), последние быстрее диффундируют и, кроме того, кислород обладает относительно большим сродством с цеолитами, чем аргон.

Поскольку коэффициент K зависит от большего числа факторов, значения K_{O_2} и K_{Ar} , вычисленные для различных температур, отличаются иногда более чем на 10%, однако в подавляющем большинстве случаев это расхождение значительно меньше. В качестве примера в таблице приведены значения коэффициента K_{O_2} для цеолита NaA.

Как видно из таблицы, значение K_{O_2} несущественно отличается от средней величины—32. Следует отметить также, что в начальный период адсорбции расхождение в коэффициенте может достигать существенной величины из-за активной адсорбции газов на вторичной пористости структуры и различия температуры периферийных и внутренних слоев сорбента. Известно также, что при относительной адсорбции $\gamma = 0,6-0,7$ закон внутренней диффузии $\tau^{1/2}$ перестает быть справедливым.

Из рассмотрения рис. 1 и 2 А видно, что интенсивная адсорбция кислорода начинается в области температур минус $183-180^\circ\text{C}$ (в зависимости от барометрического давления, концентрации хладагента и др.) и достигает в первом случае

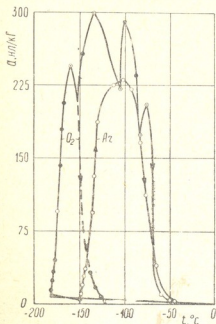


Рис. 4. Неравновесные изобары адсорбции-десорбции аргона и кислорода на серебряной форме цеолита NaA

(при температуре около -120°C) 280 л (при нормальных условиях и пересчете на 1 кг цеолита). Количество адсорбированного аргона при температуре -115°C составляет около 220 мл/кг.

При дальнейшем повышении температуры начинается процесс весьма интенсивной десорбции. Началу процесса адсорбции аргона соответствовала в этом случае температура -165°C . Для цеолита KA эта температура несколько выше (рис. 2 Б и 3 А) и равна около -158°C . Еще больше интервал температур (-182 и -150°C), в котором не

наблюдалось процесса адсорбции аргона, у цеолита AgNaA (рис. 4 и 3 Б).

Начало десорбции кислорода при температуре минус 170—160°C объясняется несколько повышенным темпом подогрева. В действительности зона адсорбции кислорода шире зоны адсорбции аргона и в данном случае это видно из рассмотрения рис. 4, когда в момент прекращения подогрева цеолита AgNaA после начала процесса десорбции снова возобновлялся процесс адсорбции кислорода.

При любой скорости подогрева исследованных цеолитов процесс десорбции кислорода и аргона почти полностью заканчивался в интервале температур от — 70 до —40°C.

Исследованные цеолиты всегда поглощали кислорода на 15—20% больше, чем аргона (в сопоставимых условиях), что не противоречит также основному термическому уравнению адсорбции для адсорбентов первого структурного типа [4].

В рассматриваемом интервале температур, т. е. при $T \leq T_{кр}$,

$$a = \frac{W_0}{V^*} e^{-B \frac{T^2}{\beta^2} (\lg Ps/P)}$$

или в линейной форме

$$\lg a V^* = \lg W_0 - 0,434 \frac{B}{\beta^2} [T \lg (Ps/P)]^2.$$

Поскольку для кислорода и аргона значения коэффициента аффинности β и объемы 1 ммолья V^* имеют близкие значения, количество адсорбированного вещества a при прочих равных условиях зависит от величины $(\lg Ps/P)^2$, которая для кислорода всегда будет меньше, чем для аргона.

Следует отметить, что исследованные цеолиты поглощали в описанных условиях весьма значительные количества кислорода и аргона. Расчеты показывают, что столь значительное количество газов может

Значения коэффициента К для цеолита NaA по кислороду

№ п/п	Температура в конце процесса адсорбции, °С	Разность температур в начале и в конце процесса адсорбции, °С	Время адсорбции τ	Количество O_2 адсорбированного за время τ (рис. 2, А)	Коэффициент K_{O_2}
1	—165	17	40,36"	202,0	32,2
2	—165	17	15,42"	127,0	32,1
3	—165	17	4,30"	87,5	31,9
4	—170	12	28,36"	180,0	33,7
5	—170	12	11,06"	105,0	31,6
6	—170	12	3,09"	57,0	32,1
7	—175	7	16,33"	130,0	31,9
8	—175	7	1,51"	43,0	31,9

Среднее значение K_{O_2} равно 32,0.



быть поглощено цеолитами лишь при условии такой упаковки молекул (атомов), при которой плотность адсорбированной фазы будет превышать плотность нормальных жидкостей. На возможность столь плотной упаковки указывалось в работе М. М. Дубинина и Е. Г. Жуковской [5], где отмечено, что адсорбированный аргон соответствует состоянию переохлажденной жидкости. Возможно, имеются и другие причины, объяснение которых может быть найдено лишь при дальнейших исследованиях.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физической и
органической химии
им. П. Г. Меликишвили

Ленинградский технологический институт
холодильной промышленности

(Поступило в редакцию 21.3.1966)

ჰიშია

რ. გოლოვკო, ე. ბორზენკო, გ. ციციშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა
აკადემიის აკადემიკოსი), თ. ანდრონიკაშვილი

არბონისა და ჟანბბადის ადსორბცია-დესორბციის არაჟონასწორული იზობარები სინთეზურ ცეოლითებზე

რ ე ზ ი მ ე

სინთეზური ცეოლითების საშუალებით ნარევებისაგან აირების გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესების დამუშავებისას, ცალკეული კომპონენტების ან აირების ნარევების ადსორბციის იზოთერმების გარდა, საინტერესოა გვეჩვენდეს აგრეთვე მონაცემები ადსორბცია-დესორბციის იზობარების შესახებაც.

აირების გაწმენდის ეფექტიანობა არსებითად დამოკიდებულია ცდის ჩატარების პირობებზე: გაცივებისას ცეოლითის თერმოსტატირებაზე და განსაკუთრებით ტემპერატურის ცვლების სიჩქარეზე, რაც დაკავშირებულია პროცესის კინეტიკასთან და აგრეთვე რეგენერაციის რეჟიმზე.

ჩატარებულ გამოკვლევაში ადსორბენტებად გამოყენებულია A ტიპის ნატრიუმის, კალიუმისა და ვერცხლის ფორმის ცეოლითები. ადსორბენტების გააქტივებას, ისევე, როგორც რეგენერაციას, ვაწარმოებდით ცეოლითების გახურებით 3—4 საათის განმავლობაში.

A ტიპის ნატრიუმის ფორმის ცეოლითის გახურების ტემპერატურა არ აღემატება 240°-ს, ხოლო კალიუმისა და ვერცხლის ფორმებისა—280—300°-ს.

ადსორბციის პროცესს ვატარებდით დაბალ ტემპერატურაზე. პირველ სტადიაზე (ტემპერატურული რეგენერაციის შემდეგ) ადსორბენტს ვაცივებდით ჰაერით 50—60°-მდე, ხოლო შემდეგ თხევადი აზოტის საშუალებით. უნდა აღინიშნოს, რომ კარგად გამოხატული ადსორბციის პროცესი შემჩნეულია გაცივების ტემპის მკვეთრი გაზრდისას, ან წნევის მკვეთრი გადიდებისას ადსორბენტში.

ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ჟანგბადისა და არგონის ადსორბცია გამოკვლეულ ცეოლითებზე კრიტიკული ტემპერატურის ქვემოთ საკმაოდ ზუსტად შეესაბამება შიგა დიფუზიის კანონს.

ამ მონაცემებიდან აგრეთვე ჩანს, რომ კრიტიკული ტემპერატურის ქვემოთ არგონის ადსორბცია რამდენადმე შენელებულია ჟანგბადთან შედარებით. დადგენილია, რომ გამოკვლეული ცეოლითები ყოველთვის შთანთქავდნენ ჟანგბადს 15—20%-ით მეტს, ვიდრე არგონს.

კინეტიკური ეფექტის გავლენის გამოყენება უზრუნველყოფს არგონის ნარევიდან ჟანგბადის სელექტიურ შთანთქმას. ჟანგბადის მიმართ ცეოლითების უფრო მაღალი ადსორბციული ტევადობის უზრუნველყოფისათვის სამუშაო რეჟიმის ოპტიმალური ტემპერატურა უნდა შეიქმნას—183°C-ზე უფრო მეტი, მაგრამ არ უნდა აღემატებოდეს A ტიპის ნატრიუმის ფორმის ცეოლითისათვის—165°C, კალიუმის ფორმის ცეოლითისათვის—158°C და ვერცხლის ფორმის ცეოლითისათვის—150°C, რათა ადგილი არ ჰქონდეს არგონის შესამჩნევ შთანთქმას.

ეს პროცესი, როგორც ჩანს, დაკავშირებულია მოლეკულების ისეთ ჩალაგებასთან, რომლის დროსაც ადსორბირებული ფაზის სიმკვრივე ჰარბობს ნორმალური სითხის სიმკვრივეს. ასეთი მკვრივი ჩალაგების შესაძლებლობაზე მითითებული არის მ. დუბინინის შრომაში მიკროფლოროვან სორბენტებზე არგონის ადსორბციის შესწავლისას, სადაც ნაჩვენებია, რომ ადსორბირებული არგონი შეესაბამება გადაციებული სითხის მდგომარეობას.

დავოყვავებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Головки. Применение синтетических цеолитов для адсорбционно-термической очистки аргона от кислорода. В сб.: „Синтез, исследование и применение цеолитов“, изд. „Наука“, 1965, 321—323.
2. Г. А. Головки. Аппараты и установки для производства аргона. М.—Л., изд. „Машиностроение“, 1965, 164.
3. R. M. Barrer, A. B. Robins. Sorption of mixtures. Part 1. Molecular sieve separation of permanent and inert gases. Trans. Faraday Soc., 49, 7, N 367, 1953, 807—815.
4. М. М. Дубинин, З. А. Жукова, Н. В. Кельцев. О применимости потенциальной теории к адсорбции газов и паров синтетическими цеолитами. В сб.: „Синтетические цеолиты“, изд. АН СССР, М., 1962, 7—17.
5. М. М. Дубинин, Е. Г. Жуковская. Особенности адсорбции паров микропористыми адсорбентами. ДАН СССР, т. 156, № 2, 1965, 404—407.

Х. И. АРЕШИДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР),
Е. М. БЕНАШВИЛИ, Т. Т. КУРАШВИЛИ

ДЕГИДРАТАЦИЯ ЦИКЛОГЕКСАНОЛА НА ПРИРОДНОМ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТАХ

Ранее одним из нас [1] было показано, что при дегидратации циклогексанола в присутствии гумбрина образуется циклогексен, который изомеризуется сжатием цикла и передвижением двойной связи, в результате чего получают метилциклопентены.

В предыдущем исследовании [2] для дегидратации циклогексанола были использованы как природный, так и активированный гумбрин и промышленный алюмосиликат. В работе [2] ставилось целью подыскать оптимальные условия дегидратации циклогексанола с максимальным выходом продуктов изомеризации циклогексена — метилциклопентенов. Гидрированием образовавшихся метилциклопентенов был получен метилциклопентан с хорошим выходом в пересчете на исходный циклогексанол.

Реакция изомеризации циклогексена в метилциклопентены на различных окислах исследована Н. Д. Зелинским с сотрудниками [3, 4].

Контактные превращения циклогексена над активированными природными и синтетическими алюмосиликатами изучались рядом авторов [5—7].

В настоящей работе мы задались целью исследовать каталитические свойства некоторых ионообменных форм синтетических цеолитов в реакции дегидратации циклогексанола. Поскольку реакции идут в основном во внутрикристаллических полостях цеолитов, для их протекания необходимо, чтобы поперечное сечение входных окон или каналов цеолитов было больше или равно критическому диаметру как реагирующей молекулы, так и продуктов реакции. Размеры этих каналов зависят как от типа цеолитов, так и от природы ионообменных катионов, которые, в свою очередь, могут различно влиять на каталитические свойства этих цеолитов.

Для исследования реакции дегидратации циклогексанола были использованы синтетические цеолиты водородной и декатионированной форм типов X и A, а также кальциевой формы обоих типов, природный цеолит—анальцим, гумбрин и промышленный алюмосиликат.

На основании исследований, проведенных в лаборатории физической химии Института физической и органической химии им. П. Г. Меликишвили АН ГССР под руководством Г. В. Цицишвили разработана пропись получения водородной и декатионированной форм цеолитов типа X и A, по которой в 1964 г. на Горьковской базе ВНИИНИ получена опытная партия этих цеолитов⁽¹⁾.

⁽¹⁾ За предоставление образцов этих цеолитов выражаем благодарность Г. В. Цицишвили, Г. Д. Багратишвили, К. А. Бежашвили.

В работе [8] представлены результаты по получению и исследованию свойств цеолитов типа X в аммонийной и водородной исообменных формах.

Г. В. Цицишвили с сотрудниками [9] исследовали адсорбционные свойства водородных форм цеолитов типа X и A, полученных ими термобработкой аммониевых форм в вакууме.

Оказалось, что адсорбционные свойства этих цеолитов растут с увеличением степени замещения ионов натрия на водород. Верхней границей соответствующей стабильности водородных форм цеолитов типа A является степень замещения около 20%, а в цеолите типа X степень замещения значительно выше.

Специфическими свойствами водородных форм цеолитов являются, наряду с высокой адсорбционной способностью, высокая каталитическая активность, кислотостойкость и др., поэтому изучение возможностей применения этого цеолита в каталитических процессах представляет значительный интерес. Как показали наши исследования, водородный цеолит типа X является прекрасным катализатором дегидратации циклогексанола, который в сравнительно мягких условиях опыта при 180—200°C полностью и селективно проводит дегидратацию циклогексанола с образованием циклогексена.

Каталитическую активность синтетических цеолитов NaX, CaA и HX в реакции дегидратации изопропилового спирта исследовали Г. В. Цицишвили с сотрудниками [10]. По способности проводить дегидратацию изопропилового спирта эти цеолиты расположены в ряд $HX > NaX > CaX$.

Дегидратацию циклогексанола на синтетическом цеолите типа V с соотношением $\frac{SiO_2}{Al_2O_3} = 3,4$ провели Х. М. Миничев с сотрудниками [11].

Ими установлено, что селективная дегидратация циклогексанола при 150° идет на 68%, а при 170° — уже на 100%.

В ряде работ [12—14] синтетические цеолиты NaX, CaX, CaA, а также H-морденит использованы в качестве катализаторов для дегидратации различных спиртов.

Экспериментальная часть

Исследуемый циклогексанол был получен из центральной лаборатории Руставского химкомбината. Ниже приводим его физические свойства.

Наши данные: т. кип. (р 726 мм) 158—159°C; n_D^{20} 1,4638; d_4^{20} 0,9448.

Литературные данные: т. кип. (р 722 мм) 158,8—159°C; n_D^{20} 1,4654; d_4^{20} 0,9440.

Опыты по дегидратации циклогексанола проводились в лабораторной трубчатой печи, в которую помещалась кварцевая трубка с внутренним диаметром 18 мм и длиной 46 мм. Продукты дегидратации получались в специально охлаждаемом приемнике, они улавливались также в змеевике, помещенном в сосуд Дюара с охлаждающей смесью.

В процессе дегидратации газообразование не имело места. Продукты дегидратации после удаления выделившейся воды и соответствующей сушки фракционировались с целью выделения узких углеводородных фракций и определения количества непрореагировавшего спирта. Для углеводородных фракций определялись физические свойства, а также бромные числа, на основании которых определялось содержание непредельных углеводородов. Для идентификации образовавшихся углеводородов проводились также спектроскопические исследования узких фракций методом комбинационного рассеяния.

В качестве катализаторов для дегидратации циклогексанола были применены полученные на Горьковской опытной базе ВНИИП водородные и декатионированные цеолиты X партий Ц=202-467 (порошкообразные) и Ц=202-476 (гранулированные) и цеолиты типа А в водородной и декатионированной формах партий Ц=202-472 (гранулированные) и Ц=202-461 (порошкообразные).

Кроме этих цеолитов, были использованы также синтетические гранулированные цеолиты кальциевой формы типов X и А партий Ц-202-235 и Ц-202-338 соответственно.

Наряду с синтетическими цеолитами, в реакции дегидратации циклогексанола были исследованы также природный цеолит-анальцит, природный гумбрин и промышленный алюмосиликат Бакинской катализаторной фабрики. Ниже приводим химический состав этих катализаторов.

Природный гумбрин „Мхендзисеули“, проба 1955 г.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	SO ₂
57,55	11,68	3,76	1,03	2,27	4,34	1,09	0,23	0,11	0,55	0,33

Влага — 11,01 %, потери при прокаливании — 4,72 %.

А н а л ь ц и т

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
52,18	21,99	5,46	1,03	1,55	0,82	6,30	1,29

Влага — 2,55 %, потери при прокаливании — 5,37.

Промышленный алюмосиликат Бакинской катализаторной фабрики

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO + FeO	Na ₂ O
84,0	15,0	1,0	0,01

Каждый из этих катализаторов в количестве 50 мл помещался в кварцевую трубку трубчатой электропечи и до начала опыта в течение



6 часов нагревался с повышением температуры до 400—500° до прекращения выделения воды под вакуумом водоструйного насоса. В опытах с водородными формами цеолитов температуру повышали до 300—350°C во избежание частичного разложения этого цеолита и превращения в декатионированную форму.

В таких же условиях производилась регенерация катализатора после каждого опыта, только для выжигания образовавшегося кокса с поверхности катализатора он прокаливался в токе воздуха до 500°C, за исключением водородных цеолитов.

Опыты по дегидратации циклогексанола проводились первоначально в интервале температур от 180 до 300°C и при объемных скоростях 0,2—1,5 час⁻¹ с целью установления оптимального режима дегидратации. Далее были выбраны более мягкие условия опыта (температура 180—200° и объемная скорость 0,5 час⁻¹) в качестве модельных, и все исследованные катализаторы были сравнены по своей дегидратирующей способности в этих условиях.

Результаты исследования представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты дегидратации циклогексанола на водородной и декатионированной формах синтетических цеолитов типа X

№ п/п	Наименование цеолитов	Температура дегидратации, °C	Объемная скорость, час ⁻¹	Степень дегидратации	Свойства продуктов дегидратации				
					Т. кип., °C	n _D ²⁰	d ₄ ²⁰	Бромное число	Непред. углов., вес. %
1	Водородная форма, негранулированная	180	0,5	97,6	78—84	1,4460	0,8096	188,8	96,8
2	"	180	1,0	91,5	79—86	1,4463	0,8079	189,3	97,1
3	"	180	1,5	66,1	79—85	1,4461	0,8074	188,6	96,8
4	"	200	1,0	100,0	79—83	1,4462	0,8066	189,5	97,2
5	"	200	1,5	100,0	79—85	1,4465	0,8064	195,5	100,0
6	Водородная форма, гранулированная	180	0,5	100,0	81—82	1,4464	0,8079	196,0	100,0
7	"	200	0,5	100,0	80—82	1,4460	0,8082	194,0	100,0
8	"	200	1,5	100,0	79—82	1,4461	0,8071	195,3	100,0
9	Декатионированная форма, негранулированная	180	0,5	95,0	1) 74—78 2) 78—84	— 1,4451	— 0,8056	— 179,4	— 92,0
10	"	200	0,5	100,0	1) 76—79 2) 79—82	1,4360 1,4431	9,7694 0,7406	155,3 169,4	79,7 86,9
11	"	200	1,5	94,6	79—85	1,4460	0,8099	188,9	96,9
12	Декатионированная форма, гранулированная	180	0,5	100,0	80—83	1,4460	0,8056	191,5	98,2
13	"	200	0,5	100,0	79—82	1,4463	0,8058	196,5	100,0
14	"	200	1,5	100,0	78—82	1,4461	0,8079	191,1	98,1

Как показали сравнения ряда катализаторов в модельных условиях опыта (табл. 1), водородные и декатионированные формы цеолитов X обладают 100% дегидратирующей способностью и являются селективными катализаторами, так как в очень незначительной степени вызывают изомеризацию образовавшегося циклогексена в метилциклопентены.

Высокой дегидратирующей способностью обладает также синтетический цеолит NaX (97%). На цеолите CaX степень дегидратации достигает 80%, анализиме — 74,5%, а на природном гумбрине — 64,8%. Как видно из табл. 2, значительно низкие превращения циклогексанола получены на синтетических цеолитах типа А. Из исследованных катализаторов этого типа самая низкая способность дегидратации у декатионированной формы (8,8%) и ничтожно мала у NaA ≈ (3%). По всей вероятности, на этих катализаторах реакция дегидратации циклогексанола, ввиду геометрических затруднений для проникновения его вовнутрь кристаллической полости, протекает в основном на вторичной пористой поверхности цеолитов, которая очень мала по сравнению с общей поверхностью цеолитов.

Таблица 2

Результаты дегидратации циклогексанола на различных контактах

№ п/п	Наименование контактов	Температура дегидратации, °С	Объемная скорость, час ⁻¹	Степень дегидратации	Свойства продуктов дегидратации				
					Т. кип., °С	n _D ²⁰	d ₄ ²⁰	Бромное число	Непред. углеводов, %
1	Природный гумбрин	200	0,5	64,8	80—82	1,4460	0,8065	187,1	96,0
2	Природный цеолит— анализим	200	0,5	74,5	80—82	1,4462	0,8079	184,4	95,6
3	Промышленный алюмосиликат	200	0,5	100,0	1) 75—79	1,4325	0,7847	144,9	74,3
2) 79—82					1,4410	0,8096	188,5	96,7	
4		200	1,5	100,0	79—82	1,4432	0,7952	178,1	91,4
5		260	0,5	100,0	1) 71,5—78	1,4270	0,7790	127,2	65,3
2) 78—80		6,4400	0,7910	—	—				
6	Синтетический цеолит NaX, гранулированный	200	0,5	97,0	81—82	1,4478	0,8090	192,8	99,0
7	Синтетический цеолит NaA, гранулированный	200	0,5	~3	—	—	—	—	—
8	Синтетический цеолит CaX, гранулированный	200	0,5	80,0	80—82	1,4450	0,8051	185,5	95,2
9	Синтетический цеолит CaA, гранулированный	200	0,5	67,6	81—82	1,4470	0,8070	191,3	98,1
10	Синтетический цеолит HA, гранулированный	200	0,5	56,0	79—82	1,4452	0,8079	184,4	94,6
11	Синтетический цеолит DA, гранулированный	200	0,5	31,0	70—78	1,4470	0,8107	184,4	94,6
12	Синтетический цеолит DA, негранулированный	200	0,5	8,8	79—82	1,4470	0,8099	192,5	98,8

Более высокие значения степени дегидратации получены на гранулированных цеолитах, содержащих связующий алюмосиликат в количестве 15—20%, который сам является хорошим катализатором дегидратации. Так, в случае декатионированной формы со связующим получена степень дегидратации 31% против 8,8% без связующего.

Из исследованных нами гранулированных цеолитов типа А наиболее высокой степенью дегидратации характеризуется кальциевая форма. По активности дегидратации их можно расположить в следующий ряд: CaA > HA > DA > NaA.

Высокой изомеризирующей способностью обладает промышленный алюмосиликат Бакинской катализаторной фабрики, который при 250—



260° полностью изомеризует образовавшийся циклогексен в метилциклопентены. В результате интенсивного перераспределения водорода в катализате получается смесь метилциклопентана с метилциклопентенами, наряду с высококипящими продуктами полимеризации.

При температуре 200° и объемной скорости 1,5 час⁻¹ на этом алюмосиликате не наблюдается реакции изомеризации и единственным продуктом дегидратации циклогексанола является циклогексен с примесью циклогексана. При той же температуре, но более низкой объемной скорости (0,5 час⁻¹), наряду с циклогексеном, образуются также продукты его изомеризации и перераспределения водорода. Таким образом, на промышленном алюмосиликатном катализаторе можно управлять реакцией дегидратации циклогексанола путем изменения температуры реакции и объемной скорости подачи спирта.

Спектроскопические исследования⁽¹⁾ продуктов дегидратации производились методом комбинационного рассеяния на спектрографе ИСП-51. Катализаты, выкипающие в пределах 79 — 82°, содержали только циклогексен с характерными частотами, $\Delta\nu$ см⁻¹: 825; 1654; 1223; 396. Показателем высокой степени частоты циклогексена можно считать наличие в спектре эталонного циклогексена таких частот, интенсивность которых равна 12 по принятой в СССР шкале интенсивностей.

Выводы

1. Исследована реакция дегидратации циклогексанола на природном и синтетических цеолитах типа X и A, а также на гумбрине и промышленном алюмосиликате.

2. В результате исследования установлено, что водородные и деактивированные формы цеолитов X представляют собой селективные катализаторы дегидратации циклогексанола и в условиях температуры 200° и объемной скорости 0,5—1,5 час⁻¹ на 100% дегидратируют циклогексанол с образованием циклогексена. За ними следуют синтетические цеолиты NaX и CaX, на которых степень дегидратации циклогексанола достигает 97 и 80% соответственно. Таким образом, дегидратирующие свойства синтетических цеолитов типа X можно расположить в следующий ряд: $HX \approx DX > NaX > CaX$.

3. На природном гумбрине и анальчине степень дегидратации циклогексанола в условиях температуры 200° и объемной скорости 0,5 час⁻¹ составляет 64,8 и 74,5% соответственно. В тех же условиях на синтетических цеолитах типа A степень дегидратации значительно ниже и уменьшается в ряду $CaA > HA > DA > NaA$.

4. Промышленный алюмосиликат, наряду с дегидратацией циклогексанола, вызывает изомеризацию продуктов дегидратации и перераспределение водорода, в результате чего частично образуются насыщенные углеводороды и высокомолекулярный продукт полимеризации.

⁽¹⁾ Спектроскопические исследования выполнены А. В. Долидзе, за что выражаем ему благодарность.

Регулирование температуры дегидратации и скорости подачи спирта дает возможность направлять реакцию дегидратации циклогексанола в сторону преимущественного образования циклогексена или же метилциклопентенов.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт физической и
 органической химии
 им. П. Г. Меликишвили

(Поступило в редакцию 5-2-1966)

ბიზი

პრ. არაშვიდი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),
 ა. ბანაშვილი, თ. ჟურაშვილი

ციკლოპექსანოლის დეჰიდრატაცია გუნებრივ და სინთეზურ
 ცეოლითებზე

რეზიუმე

შრომში შესწავლილია ციკლოპექსანოლის დეჰიდრატაციის რეაქცია სხვადასხვა ფორმისა და ტიპის სინთეზურ ცეოლითებზე და ზოგიერთ ბუნებრივ და ხელოვნურ ალუმოსილიკატებზე.

დეჰიდრატაციის ცდები ტარდებოდა ატმოსფერულ წნევაზე, გამდინარე ტიპის აპარატში, 180—300°-ზე, 0.2—1.5 საათი⁻¹ მოცულობითი სიჩქარის დროს ოპტიმალური რეჟიმის დადგენის მიზნით. შემდეგ შერჩეულ იყო დეჰიდრატაციის უფრო რბილი პირობები (200°C და 0.5 საათი⁻¹ მოცულობითი სიჩქარე) და ამ პირობებში ჩვენ მიერ გამოკვლეული ყველა კატალიზატორი შედარებულ იქნა ერთმანეთთან ციკლოპექსანოლის მიმართ დეჰიდრატაციის უნარის მიხედვით.

როგორც გამოკვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, წყალბადისა და დეკათონირებული ფორმის X ტიპის სინთეზური ცეოლითები როგორც გრანულირებულ, ისე არაგრანულირებულ მდგომარეობაში, წარმოადგენენ საუკეთესო კატალიზატორებს ციკლოპექსანოლის დეჰიდრატაციის რეაქციაში, რადგან იწვევენ მის 100%-ით დეჰიდრატაციას ციკლოპექსენის წარმოქმნით.

როგორც წყალბადის, ისე დეკათონირებული ფორმის A ტიპის სინთეზური ცეოლითები ციკლოპექსანოლის დეჰიდრატაციას გაცილებით ნაკლები ხარისხით იწვევენ, რაც გამოწვეულია მათი ფორების „სარკმელების“ უფრო მცირე განივკვეთით ციკლოპექსანოლის მოლეკულის ზომასთან შედარებით. ამის გამო დეჰიდრატაციის რეაქცია ამ ცეოლითებზე მიმდინარეობს მათ მეორად ფორვან ზედაპირზე, რაც გაცილებით უფრო მცირეა ცეოლითების საერთო ზედაპირთან შედარებით.

ბუნებრივ ცეოლით ანალიცზე, რომელიც თავისი კრისტალური ბუნებით A ტიპის ცეოლითებს მიეკუთვნება, ნაკლები ხარისხით მიდის ციკლოპექსანოლის დეჰიდრატაცია, ვიდრე X ტიპის ცეოლითებზე, მაგრამ გაცილებით უფრო მეტად, ვიდრე ჩვენ მიერ შესწავლილ A ტიპის ცეოლითებზე.



სამრეწველო ალუმოსილიკატი გამოირჩევა თავისი მკვეთრი მაიზომერიზებული უნარით. იგი იწვევს როგორც ციკლოპექსანოლის დეჰიდრატაციას ციკლოპექსენში, ისე ციკლოპექსენის იზომერიზებას მეთილციკლოპენტენის წარმოქმნით, რეაქციის პირობებისაგან დამოკიდებულებით.

დეჰიდრატაციის ტემპერატურისა და სპირტის მიწოდების სიჩქარის ცვლილება საშუალებას იძლევა ციკლოპექსანოლის დეჰიდრატაციის რეაქცია სამრეწველო ალუმოსილიკატზე წარმართოს ციკლოპექსენისა ან უპირატესად მეთილციკლოპენტენების მიღების მიმართულებით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. X. ი. არეშიძე და E. K. ტავარტილაძე. დეჰიდრატაცია ციკლოგექსანოლა გუმბრიონ. *ЖПХ*, 22, 1949, 119.
2. X. ი. არეშიძე და E. მ. ბენაშვილი. Получение метилциклопентана дегидратацией циклогексанола и изомеризацией циклогексена с последующим гидрированием. В сб.: «Поверхностные явления на алюмосиликатах», изд. «Мецниერება», Тбилиси, 1965, 114.
3. Н. Д. Зелинский и Ю. А. Арбузов. О контактном превращении шестичленного цикла в пятичленный. *ДАН СССР*, 23, 1939, 793.
4. Ю. А. Арбузов и Н. Д. Зелинский. Изомеризация окислами металлов циклогексена и гентена-1. *ДАН СССР*, 30, 1941, 712.
5. А. Ф. Николаева, В. М. Татевский и А. В. Фрост. Превращение циклогексена над активированной глиной. *ЖОХ*, 15, 1945, 796.
6. Н. И. Шуйкин и Е. А. Тимофеева. Исследование превращения индивидуальных углеводородов в контакте с активированной глиной. *Изв. АН СССР, ОХН*, 1953, 678.
7. И. А. Мусаев и В. В. Щекин. Получение метилциклопентана из циклогексанола. *ДАН СССР*, 74, 1950, 733.
8. Г. В. Цицишвили, Г. Д. Багратишвили, К. А. Бежашვილი, Д. Н. Барнабишვილი და A. C. შუაკრიშვილი. Получение и исследование свойств цеолитов типа X в аммонийной и водородной ионообменных формах. *ДАН СССР*, 152, 1963, 1136.
9. Г. В. Цицишვილი, Г. Д. Баგრატიშვილი, K. A. ბეჯაშვილი და др. Синтез и исследование свойств водородных форм цеолитов. В сб.: «Цеолиты, их синтез, свойства и применение. изд. АН СССР, М.—Л., 1965, 168.
10. Г. В. Цицишვილი, Ш. И. Сидамонидзе, Ш. А. Зедგენიძე. Каталитическая активность цеолитов NaX, CaA и NH в реакциях крекинга и дегидратации. *ДАН СССР*, 153, № 6, 1963, 1395.
11. X. M. მინაჩევ, В. И. Гаранин და Я. В. Исаков. Дегидратация спиртов на синтетическом цеолите структуры Y. *Изв. АН СССР, ОХН*, № 9, 1964, 1722.
12. H. Keogh, L. B. Sand. A new intracrystalline Catalyst, 83, 1961, 3536.
13. И. Б. Рапопорт, А. Б. Ицксон, E. M. Хейфец, Г. В. Сидякова. Дегидратация пентанола-1 на синтетических цеолитах типа NaX. *Нефтехимия*, 5, № 4, 1965, 549.
14. И. Б. Рапопорт, А. Б. Ицксон, E. M. Хейфец, Г. В. Сидякова. Дегидратация спиртов на синтетических цеолитах. *Нефтехимия*, 5, № 5, 1965, 738.

П. Р. МУСТАФАЕВА, А. К. АСКЕРОВ, С. И. САДЫХ-ЗАДЕ,
А. Д. МЕЛИКАДЗЕ, Р. А. ЭИВАЗОВА

ДИМЕРИЗАЦИЯ 3-МЕТИЛ- И 3,5-ДИМЕТИЛ- α - МЕТИЛСТИРОЛОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 8.2.1966)

В предыдущей статье [1] нами были сообщены результаты исследования по димеризации 3-метилстирола и 3,5-диметилстирола над силикагелем.

Продолжая исследования в данном направлении, в настоящей статье приводим результаты димеризации не описанных в литературе 3-метил- и 3,5-диметил- α -метилстиролов в присутствии катализаторов—силикагеля, H_2SO_4 и цеолита.

Димеризации подвергались как мономеры, так и катализаты—смесь соответствующих алкил- и алкенилароматических углеводородов, полученная дегидрированием 3-метил- и 3,5-диметилизопропилбензолов [2, 3]. Изучено влияние природы катализатора, температуры реакции и скорости подачи сырья на выход и характер полученных димеров. Силикагель, впервые применяемый в качестве димеризующего агента, оказался наиболее эффективным катализатором, не требующим регенерации и способствующим количественному выходу димеров.

При этом было установлено, что изменение температуры (40—100°) и скорости подачи сырья (0,25—0,5 л/лч) незначительно влияет на выход полученных димеров.

Дальнейшее увеличение скорости подачи сырья ведет к снижению выхода димеров.

Исследование показало, что при димеризации в присутствии силикагеля непредельная часть катализата полностью димеризуется, а предельная остается без каких-либо изменений. Полученные при этом димеры по всем своим показателям соответствуют димерам, синтезированным из мономеров. Таким образом, применение катализаторов значительно упрощает процесс получения димеров.

Также было установлено, что полученные димеры легко гидрируются обработкой их полилитийпроизводных хлористым аммонием по ранее описанному методу [4].



Строение димеров 3-метил- и 3,5-диметил- α -метилстиролов, полученных над силикагелем, и их гидрогенизатов определялось спектральным анализом. Спектры поглощения димеров исследовались в растворе н. гексана при концентрации С=0,002 на спектрофотометре СФ-4. Спектры поглощения указанных продуктов и их гидрогенизатов в ИКс-области снимались на спектрометре ИКс-12 в области 2,5—5 μ .

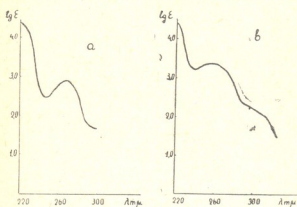
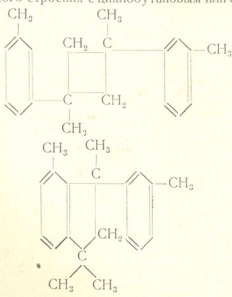


Рис. 1. УФ-спектры поглощения: а—димера 3,5-диметил- α -метилстирола (M=292, с=0,002 в гексане) б—димера 3-метил- α -метилстирола (M=264, С=0,002 в гексане)

2860, 2854, 2866, 2958 cm^{-1} соответствуют валентным колебаниям CH_3 -групп. Частоты 2919, 2921, 2925 cm^{-1} указывают на наличие CH_2 -групп, а отсутствие у гидрогенизатов частот 3000—3021 cm^{-1} , характерных для ароматических CH -групп, указывает на исчерпывающее гидрирование последних в пределах чувствительности метода.

Таким образом, можно полагать, что силикагель способствует образованию насыщенных димеров 3-метил- α -метилстирола и 3,5-диметил- α -метилстирола циклического строения с циклобутановым или индановым кольцами:



Проведенные опыты по сернокислотной димеризации 3-метил- α -метилстирола с изменением концентрации H_2SO_4 от 10 до 80% и продолжительности реакции от 20 до 30 часов показали, что 10–15% H_2SO_4 способствует образованию ненасыщенного димера с выходом 28%.

Ненасыщенный характер полученного димера был подтвержден как реакцией на бромную воду, так и наличием в спектрах поглощения частот, характерных для кратной связи (1500, 1600, 1611, 1631 cm^{-1}) (рис. 2).

Вероятно, в этих условиях 3-метил- α -

метилстирол димеризуется в 1,1-диметил-1,3-дитоллилбутен-2, подобно α -метилстиролу [5]. Однако H_2SO_4 с концентрацией 45–80% способствует образованию насыщенных димеров, по-видимому, циклического строения. При этом наилучший выход димера—80%—достигается в присутствии 60% H_2SO_4 и при 20-часовом кипячении реакционной смеси.

Предельный характер и циклическое строение димера были подтверждены данными спектрального анализа (рис. 3).

Найдены частоты, характерные для CH_3 -групп—2880, 2958 cm^{-1} , CH_2 -групп—2830, 2710 cm^{-1} и CN -ароматических групп—3010 cm^{-1} .

Димеризация, проведенная над цеолитом, не дала положительных результатов.

Установление точной структурной формулы полученных димеров является предметом наших дальнейших исследований.

Следует отметить, что синтезированные димеры отличаются большим удельным весом (0,9941–0,9955), высокими температурой кипения

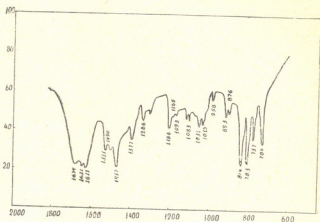


Рис. 2. ИК-спектры поглощения димера 3-метил- α -метилстирола, димеризованного разбавленной серной кислотой

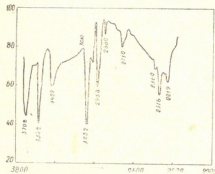


Рис. 3. ИК-спектры поглощения димера 3-метил- α -метилстирола, димеризованного концентрированной серной кислотой



(166—172°/1—2 мм) и теплотворной способностью ($Q=10037-10050$ ккал) и поэтому могут найти применение в качестве компонента топлива.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исходным сырьем для димеризации служили: 3-метил- α -метилстирол, полученный дегидрированием 3-метилизопропилбензола [2], т. кип. 81—82/20 мм; $n_D^{20}=1,5340$, $d_4^{20}=0,9066$; 3,5-диметил- α -метилстирол, полученный дегидрированием 3,5-диметилизопропилбензола (3), т. кип. 87—88°/10 мм; $n_D^{20}=1,5321$, $d_4^{20}=0,8986$; катализат 3-метилизопропилбензола, $d_D^{20}=1,5155$, содержащий 53% мономера (2); катализат 3,5-диметилизопропилбензола, $n_D^{20}=1,5116$, содержащий 42% мономера (3); силикагель, заводской, марки КСМ, диаметром зерна 0,5 мм; серная кислота.

Таблица 1
Влияние условий реакции на выход димеров

Катализат	Характеристика катализата		Условия димеризации		Фракционный состав, вес. % на мономер			Потери, вес. %
	n_D^{20}	содержание мономера, вес. %	Т°С	скорость подачи сырья, л/дч	непрореагировавший мономер	димер	остаток	
3-метилизопропилбензола	1,5155	53	40	0,25	—	96,3	2,5	1,2
"	"	"	60	0,25	—	95,8	2,8	1,4
"	"	"	80	0,25	—	95,5	3	1,5
"	"	"	40	0,5	3,5	94,2	1	1,3
"	"	"	60	0,5	—	98,0	0,8	1,2
"	"	"	80	0,5	—	96,2	2,5	1,3
"	"	"	100	0,5	—	95,0	3,6	1,4
3,5-диметилизопропилбензола	1,5116	42	40	0,25	—	96,1	2,7	1,2
"	"	"	60	0,25	—	95,8	3,0	1,2
"	"	"	80	0,25	—	95,2	3,5	1,3
"	"	"	40	0,5	3,0	94,3	1,5	1,2
"	"	"	60	0,5	—	97,0	1,6	1,4
"	"	"	80	0,5	—	95,0	3,7	1,3

Димеризация исследуемых мономеров в присутствии силикагеля проводилась в вертикальных лабораторных реакторах с автоматической

регулировкой температуры. Реактором служила кварцевая трубка (внутренним диаметром 34 мм длиной 1 м) наполненная силикагелем (V 100 мм).

Исходное сырье с определенной скоростью (0,25—0,5 л/лч.) пропусклось через слой силикагеля при температуре 40—120° (табл. № 1).

Серноокислотная димеризация осуществлялась в круглодонной колбе, снабженной холодильником, термометром и мешалкой, при мольном соотношении мономера и кислоты—1:8, температуре 100—110° в течение 20—30 часов при непрерывном перемешивании (табл. 2).

Таблица 2

Мономер	Условия димеризации				Характер полу- ченного димера	Фракционный со- став, вес. %			Потери, вес. %
	мольное со- отноше- ние мономера и H_2SO_4	концентра- ция H_2SO_4 , %	Т°С	время, час		непрореа- гировавший мономер	димер	остаток	
3-метил- α -метил- стирол	1:8	10	100— 110	15	ненасы- щенный	45	20	32,5	2,5
"	"	"	"	20	"	40	28	29,7	2,3
"	"	"	"	30	"	37,5	28	32,1	2,4
"	"	45	"	20	предель- ный	26,8	55	15,9	2,3
"	"	50	"	20	"	20,0	60	17,6	2,4
"	"	60	"	20	"	6,5	80	11,6	1,9
"	"	80	"	20	"	6,0	69,5	22,3	2,2
"	"	60	"	30	"	5,0	80	13,0	2,0

По окончании реакции смесь разбавлялась водой и углеводородный слой извлекался эфиром.

Экстрагированная часть после отгонки эфира нейтрализовалась, сушилась и подвергалась разгонке под вакуумом.

Димеризация 3-метил- α -метилстирола над силикагелем проводилась по вышеописанной методике.

Полученные результаты приведены в табл. 1. В оптимальных условиях 45 г катализата 3-метилизопропилбензола подвергалось димеризации (температура 60°С и скорость подачи сырья 0,5 л/лч).

Получено 43 г димеризата, ректификацией которого выделено 22 г димера 3-метил- α -метилстирола со следующими свойствами:

T . кип. 166—168°/2 мм; n_D^{20} —1,5632; d_4^{20} —0,9941;

MR_D найд.—86,04; MR_D выч.—85,618;

м. в. (найд.)—254,6; м. в. (выч.)—264; η^{+50} —113 сст;

Q_{11} —9585 ккал; Q_{12} —10073 ккал; выход—98%.

Найдено, %: С—90,87; Н—9,13.

$C_{20}H_{24}$. Вычислено, %: С—90,91; Н—9,09.

Димеризация 3,5-диметил- α -метилстирола над силикагелем. 44,5 г катализата 3,5-диметилизопропилбензола подвергалось димеризации при 60° и скорости подачи сырья 0,5 л/кч. Получено 43 г димеризата, ректификацией которого выделено 17,4 г димера 3,5-диметил- α -метилстирола со следующими свойствами:

Т. кип. 170—172°/1 мм; n_D^{20} —1,5598; d_4^{20} —0,9955;

м. в. (выч.)—292; м. в. (найд.)—280,8;

MR_D найд.—94,73; MR_D выч.—94,854; η^{+50} —120 сст;

Q_n —9520 ккал; Q_b —10050 ккал; выход—97%.

Найдено, %: С—90,44; Н—9,56.

$C_{22}H_{28}$. Вычислено, %: С—90,41; Н—9,59.

Димеризация 3-метил- α -метилстирола в присутствии 10% H_2SO_4 . 10 г мономера подвергалось димеризации по вышеописанной методике в присутствии H_2SO_4 в мольном соотношении 1:8, при температуре 100°С в течение 20 часов. Выделено 3 г ненасыщенного димера со следующими свойствами:

Т. кип. 163—165°/2 мм; n_D^{20} —1,5598; d_4^{20} —0,9884;

MR_D (найд.)—86,46; MR_D (выч.)—86,891;

м. в. (найд.)—260; м. в. (выч.)—264; η^{+50} —70 сст;

Q_n —9777 ккал; Q_b —10329 ккал; выход—28%.

Найдено, %: С—90,77; Н—9,23.

$C_{20}H_{24}$. Вычислено, %: С—90,91; Н—9,09.

Димеризация 3-метил- α -метилстирола в присутствии 60% H_2SO_4 . 10 г мономера подвергалось димеризации при температуре 100—110°С в течение 20 часов. Получено 6 г насыщенного димера со следующими показателями:

Т. кип. 158—160°/2 мм; n_D^{20} —1,5628; d_4^{20} —1,016;

MR_D найд.—85,887; MR_D выч.—85,618;

м. в. (найд.)—263; м. в. (выч.)—264; η^{+50} —87 сст;

Q_n —9603 ккал, Q_b —10097 ккал; выход—80%.

Найдено, %: С—90,86; Н—9,14.

$C_{20}H_{24}$. Вычислено, %: С—90,91; Н—9,09.

Гидрогенизация димера 3-метил- α -метилстирола. Димер и мелконаструганный сухой металлический литий помещались в реакционную колбу. Воздух из колбы вытеснялся азотом, непрерывно подававшимся в продолжение всего процесса. Затем добавлялся этиламин и включалась мешалка для интенсивного перемешивания содержимого

колбы. После завершения реакции (прекращение выделения тепла) от реакционной смеси отделялся остаток непрореагировавшего лития и раствор обрабатывался сухим хлористым аммонием. Извлечение гидрогенизата производилось экстракцией эфиром. Эфирный раствор после обезвоживания сульфатом магния освобождался от растворителя отгонкой на водяной бане. Выделенный гидрогенизат имел следующие свойства:

Т. кип. 160—162°/6 мм; n_D^{20} —1,5025; d_4^{20} —0,9152;
 MR_D найд.—88,00; MR_D выч.—88,42;
 м. в. (найд.)—271; м. в. (выч.)—276;
 Q_n —10172 ккал; Q_v —10892 ккал;
 Найдено, %: С—86,89; Н—13,11.
 $C_{20}H_{26}$. Вычислено, %: С—86,95; Н—13,05.

Гидрогенизация димера 3,5-диметил- α -метилстирола проводилась аналогично описанной. Выделен гидрогенизат со следующими показателями:

Т. кип. 172—174°/9 мм; n_D^{20} —1,4863; d_4^{20} —0,899;
 MR_D найд.—97,1; MR_D выч.—97,656;
 м. в. (найд.)—300; м. в. (выч.)—304;
 Q_n —10150 ккал; Q_v —10861 ккал.
 Найдено, %: С—86,89; Н—13,19.
 $C_{22}H_{30}$. Вычислено, %: С—86,81; Н—13,19.

В ы в о д ы

1. Впервые изучена димеризация 3-метил- и 3,5-диметил- α -метилстиролов в присутствии силикагеля.
 2. Установлено, что при димеризации, проведенной над силикагелем и в присутствии H_2SO_4 с концентрацией 45—80%, образуются циклические димеры предельного характера, а разбавленная H_2SO_4 (10%) способствует образованию ненасыщенного линейного димера.
 3. Сравнительная характеристика катализаторов—силикагеля, H_2SO_4 и цеолита—выявила преимущества проведенной над силикагелем димеризации, которые заключаются в легкости и быстроте осуществления данного процесса с количественным выходом димеров.
 4. Показано, что катализаты, полученные при дегидрировании 3-метилизопропилбензола и 3,5-диметилизопропилбензола, являются доступным и эффективным сырьем для получения димеров.
6. „Докл. АН СССР“, XLIV, № 1, 1966.



5. Гидрогенизаты синтезированных димеров могут найти применение в производстве высококачественных топлив и в качестве смягчающих агентов.

Академия наук Азербайджанской ССР
Институт нефтехимических процессов
им. Ю. Г. Мамедалиева
Баку

Академия наук Грузинской ССР
Институт физической и
органической химии
им. П. Г. Меликишвили
Тбилиси

(Поступило в редакцию 8.2.1966)

ბიზიტი

პ. მუსტაფაევა, ა. ასკეროვი, ს. სადიხ-ზადე, ა. დელიკაძე,
რ. მივაზოვა

3-მეთილ- და 3,5-დიმეთილ- α -მეთილსტიროლების დიმერიზაცია

რეზიუმე

შესწავლილია 3-მეთილ- და 3,5-დიმეთილ- α -მეთილსტიროლების დიმერიზაცია სილიკოგელის თანაობისას. დადგენილია, რომ, თუ დიმერიზაციის რეაქცია ტარდება სილიკაგელზე, 45—80% გოგირდის მქავეის თანაობისას, წარმოიქმნებიან ნაჭერი, ციკლოური დიმერები, ხოლო განხვევებული (10%) გოგირდის მქავეა ხელს უწყობს უნაჭერი, ხაზობრივი აღნაგობის დიმერიზების წარმოქმნას. გამოყენებული კატალიზატორების (სილიკაგელი, გოგირდის მქავეა და ცეოლითი) შეფასებით ნაჩვენებია, რომ დიმერიზაციის რეაქციის სიჩქარისა და გამოსავლიანობის მიხედვით უპირატესობა სილიკაგელს უნდა მიენიჭოს.

ჩატარებულმა კვლევამ მივიყვანა დასკვნამდე, რომ კატალიზატორები, მიღებული 3-მეთილიზობრომილბენზოლისა და 3,5-დიმეთილიზობრომილბენზოლის დეჰიდრირებით, დიმერების მისაღებ ეფექტურ და ხელმისაწვდომ ნედლეულს წარმოადგენენ.

დასოფავილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

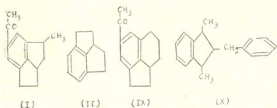
1. А. К. Аскеров, П. Р. Мустафаева, С. И. Садых-заде. Димеризация 3-метил- и 3,5-диметилстиролов. Сообщения АН ГССР, XLIII: 2, 1966.
2. А. К. Аскеров, С. И. Садых-заде, П. Р. Мустафаева. Получение винил- и α -метилвинилтолуолов каталитическим дегидрированием этил- и изопропилтолуолов. Азерб. хим. журнал, 6, 1961.
3. С. Д. Мехтиев, С. И. Садых-заде, А. К. Аскеров. Синтез винил- и изопропенилсилолов. Журнал научно-технической информации. Баку, 3, 1962.
4. Л. Д. Меликадзе, Т. А. Элиава, Г. Д. Багратишвили. Гидрогенизация высокомолекулярных ароматических углеводородов нефти в лабильных условиях. Сообщения АН ГССР, XXIII, 6, 1959.
5. Landen Rixe. Димеризация под влиянием 43%-ной H_2SO_4 . Recuil trav. chim., 75, 11, 1956, 1343—46.

Р. М. ААГИДЗЕ, Н. С. САНИКИДЗЕ

КОНДЕНСАЦИЯ БЕНЗОЛА С 2,4-ДИОКСИ-3-МЕТИЛОЛПЕНТАНОМ
 В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРИСТОГО АЛЮМИНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 25.4.1966)

В предварительном сообщении [1] одним из нас было высказано предположение, что образующийся при конденсации триацетата гексантриола с бензолом кетон состава $C_{14}H_{16}O$ с т. кип. $130-135^\circ$ (2—3 мм), n_D^{20} 1,5730, отвечает структурной формуле (1)



Позже Рапопорт и Паски осуществили синтез 2, 2 а, 3, 4-тетрагидро-1Н-циклопент [cd] индена (II) и показали, что, вопреки распространенному представлению, подобные структуры не являются сильно напряженными циклическими системами [2, 3]. Названные авторы отмечают, что результаты окисления полученного нами кетона $C_{14}H_{16}O$ находятся в противоречии с предложенной структурой (1).

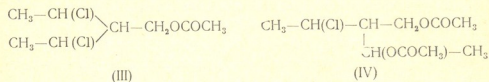
В связи с этим мы проверили все экспериментальные факты и заново обсудили вопрос о строении кетона $C_{14}H_{16}O$. В настоящей работе приведены также результаты исследования продуктов конденсации бензола непосредственно с 2,4-диокси-3-метилолпентаном.

Установлено, что выделенная ранее из продуктов окисления кислоты с температурой плавления, растянутой до 234° , которая ошибочно была принята за бензол-1, 2, 4-трикарбоновую кислоту [4], после повторных перекристаллизаций плавится в пределах $257-261^\circ$ и отвечает бензол-1, 2, 3, 5-тетракарбоновой кислоте. На основании литературных данных мы считали, что исходный продукт отвечает 2, 4, 6-гексантриолу [1, 5].

Действительно, полученный нами из Шкопау (ГДР) трехатомный спирт представляет собой изомерный гексантриол 2, 4-диокси-3-метилолпентан [6].

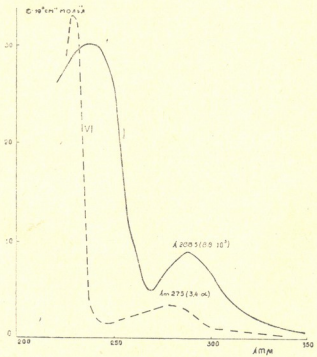
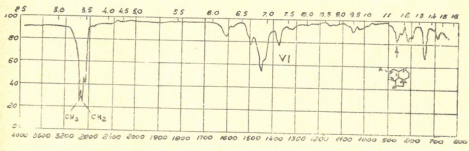
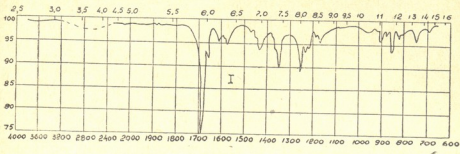
В соответствии с этим все аналитические данные, приведенные в ранее опубликованной работе [1], за исключением показателя преломления фракции с т. кип. 130—135°, полностью сохраняют силу и рассмотренные в ней структурные формулы требуют уточнения.

Как выяснилось, наряду с кетоном $C_{14}H_{16}O$ и дихлорацетоксигексаном (III), при конденсации триацетата 2,4-диокси-3-метилолпентана с бензолом образуется также монохлордиацетоксигексан (IV)

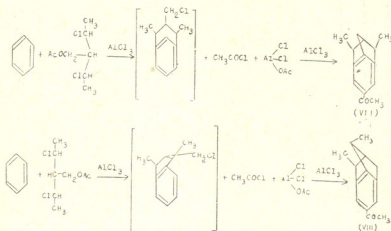


Имеются указания, что в ряде случаев аналогичные дихлоралканы под действием хлористого алюминия претерпевают изомеризацию [7]. Однако опыты по окислению недавно полученного нами омылением хлорозфира (III) дихлоргидрина, в результате которых была выделена и идентифицирована 3-хлор-2'-хлор-2-этилбутановая кислота [8], подтверждают, что в описанных условиях конденсации изомеризация хлорозфиров не имеет места.

Мы показали, что тщательно очищенная хроматографированием фракция с т. кип. 135—137° (2—2,5 мм), n_D^{20} 1,5825, отвечает эмпирической формуле $C_{14}H_{16}O$. С семикарбазидом она дает семикарбазон с т. пл. 224—225° $C_{15}H_{19}N_3O$ (V). Из продуктов ее окисления $KMnO_4$ выделена и идентифицирована бензол-1, 2, 3, 5-тетракарбоновая кислота. В ИК-спектре (I) наблюдается характерная для карбонильной группы арилкетонов полоса 1692 см^{-1} . Две другие полосы 857 и 1370 см^{-1} соответственно могут быть отнесены к 1, 2, 3, 5-тетразамещенному бензолу и деформационному колебанию метильной группы. Восстановлением по Клеменсену получен углеводород $C_{14}H_{18}$ (VI) с т. кип. 95—96° (2—2,5 мм), n_D^{20} 1,5570. В ИК-спектре (VI), так же как в исходном кетоне, полоса около 857 см^{-1} соответствует 1, 2, 3, 5-тетразамещенному бензольному кольцу. Полоса 2964 см^{-1} характерна для метильной группы, а 2932 см^{-1} —для метиленовой группы. В УФ-спектре (I) небольшой bathochromный сдвиг по сравнению с углеводородом обусловлен сопряжением кетогруппы и бензольного кольца.



В соответствии с ранее высказанными соображениями [9] механизм реакции образования кетона представляется нам в следующем виде:



На основании рассмотренных выше фактов и способа получения в качестве наиболее вероятных могут быть рассмотрены структурные формулы (I), (VII), (VIII) и (IX). Из них структура (IX) отвергается [по той причине, что кетон $C_{14}H_{16}O$ и углеводород (VI) при обработке над Pd/C при 300—320° не дегидрируются, в то время как ацетилтетрагидроаценафтены даже в менее жестких условиях дегидрируются совершенно гладко.

Структуры (VII) и (VIII), по-видимому, сильно напряжены. По этой причине можно предполагать, что в процессе образования они, подобно недавно описанным бициклам [III], подвергаются перегруппировкам. По своему химическому поведению кетон $C_{14}H_{16}O$ лучше всех согласуется со структурной формулой (I), и фракция с т. кип. 135—137° (2—2,5 мм), n_D^{20} 1,5825, наряду с некоторыми преимущественно пространственными изомерами, очевидно, в основном состоит из указанной структуры.

Определенное противоречие, заключающееся в том, что продукт его восстановления—углеводород (VI) в условиях, описанных Рапопортом и Паски, не гидрируется, следует объяснить возможностями изомеризации некоторых циклических соединений при их восстановлении по Клеменсену.

Алкилирование бензола непосредственно 2,4-диокси-3-метилпентаном проводили в аналогичных условиях в течение 23—25 часов, при молярном соотношении триола и $AlCl_3$ 1:4. При уменьшении продолжительности реакции и количества хлористого алюминия продукты алкилирования получались с более низкими выходами.

Из продуктов реакции удалось выделить три вещества. Кристаллический углеводород с т. пл. 69—70° получен в небольшом количестве и детально не охарактеризован.

Вторая фракция с т. кип. 134—136° (1—2 мм) получается с выходом до 30% и отвечает эмпирической формуле $C_{18}H_{20}$ (X). Этот углеводород, так же как вещество с т. пл. 69—70°, в обычных условиях при комнатной температуре не гидрируется над Pt-м катализатором и не дегидрируется. Из продуктов окисления (X) $KMnO_4$ выделены и идентифицированы о-фталевая и бензойная кислоты. В ИК-спектре (X) присутствуют полосы, характерные как для монозамещенного (699, 739, 1030, 1088 cm^{-1}), так и для ортозамещенного бензола (757 cm^{-1}). Эти факты позволяют приписать ему структурную формулу, отвечающую 1,3-диметил-2-бензилгидриндену (X).

Третья фракция с т. кип. 148—150° (1—2 мм) получена с выходом около 25%. Она не гидрируется в присутствии Pt-го катализатора, но при обработке над Pd/C при 300—310° дает антрацен. Сравнение с литературными данными [10, 11] и большое расхождение результатов анализа с теорией показало, что фракция с т. кип. 148—150° (1—2 мм) не отвечает ни одному из известных гидроантраценов. Изучение структуры этого углеводорода продолжается. Суммарный выход всех углеводородных фракций составляет около 70%.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2, 4-диокси-3-метилолпентан имеет следующие показатели: т. кип. 113—113,5° (0,5—1 мм); n_D^{20} 1,4680; d_4^{20} 1,0848; MR_D 34,33. Найдено, %: С 53,98; 53,71; Н 10,53; 10,56; $C_8H_{14}O_3$. Вычислено, %: С 53,73; Н 10,44; MR_D 34,48.

Ацетилированием исходного триола избытком уксусного ангидрида в обычных условиях получен триацетат с т. кип. 135—137° (2—2,5 мм); n_D^{20} 1,4375; d_4^{20} 1,0810. Выход 82%.

0,1361 г вещества. На омыление израсходовано 3,09 мл 0,5 N спиртового раствора КОН. $C_{12}H_{20}O_6$. Вычислено 3,10 мл.

К смеси 10,14 г $AlCl_3$ (0,075 г-мол) и 60 мл деароматизированного бензина (т. кип. до 120°) при постоянном перемешивании добавлено по каплям 20 г триацетата (0,076 г-мол). Реакцию проводили при 100—105° в течение 15 часов. Обработкой комплекса обычным путем получен монохлордиацетоксигексан (IV) с т. кип. 85—88° (0,5—1 мм); n_D^{20} 1,4510; d_4^{20} 1,1290; MR_D 56,40; выч. 56,55. Найдено, %: Cl 15,25. $C_{10}H_{17}O_4Cl$. Вычислено, %: Cl 15, 01. Выход 70%.

В другом опыте 15,84 г $AlCl_3$ (0,118 г-мол) и 20 г триацетата (0,076 г-мол) нагревали при непрерывном перемешивании в течение 16—17 часов до 150°. Полученный продукт отвечает (III); т. кип. 70—73° (0,5—1 мм); n_D^{20} 1,4620; d_4^{20} 1,1533; MR_D 50,77; выч. 50,53. Найдено, %: Cl 33,40. $C_8H_{14}O_2Cl_2$. Вычислено, %: Cl 33,33. Выход 10,52 г (64%).

30 г (0,115 г-мол) триацетата, 61,4 г (0,459 г-мол) $AlCl_3$, 44,85 г (0,575 г-мол) бензола. К смеси рассчитанных количеств бензола и $AlCl_3$



при непрерывном перемешивании добавлено по каплям 30 г триацетата. При температуре около 40—45° началось заметное на глаз выделение HCl. Максимальная температура 81—83°. Продолжительность реакции 30—32 часа. Вакуум-перегонкой 32 г конденсата получены: первая фракция с т. кип. 40—60° (1—2 мм), выход 4,2 г (13%); вторая фракция с т. кип. 70—110° (1—2 мм), выход 14 г (43%); третья фракция с т. кип. 135—145° (1—2 мм), выход 6,5 г (20%); четвертая фракция с т. кип. 150—155° (1—2 мм), выход 3,6 г (11%). Основная масса первой фракции перегоняется при 199—204°, n_D^{20} 1,5350, с семикарбазидом дает семикарбазон с т. пл. 197°. По литературным данным, ацетофенон характеризуется т. кип. 200—202°, n_D^{20} 1,5342, т. пл. семикарбазона 198°. Из второй широкой фракции с т. кип. 70—110° (1—2 мм) выделены: дихлорацетоксигексан (III) с т. кип. 98—105° (2 мм), n_D^{20} 1,4610 и монохлордихлорацетоксигексан (IV) с т. кип. 106—110° (2 мм), n_D^{20} 1,4510. Многократной фракционировкой третьей фракции и обработкой полученного продукта методом препаративной тонкослойной хроматографии [12] над Al_2O_3 (V активность по Брокману) в системе гексан-бензол (1:3) до полного удаления сопутствующих веществ удалось выделить индивидуальное соединение с т. кип. 135—137° (2—2,5 мм), n_D^{20} 1,5825. Найдено, %: С 84,06; 83,96; % Н 7,92; 7,95. $C_{14}H_{16}O$. Вычислено, %: С 84, Н 8. Четвертая фракция легко окисляется на воздухе и нами не исследовалась.

Окисление кетона $C_{14}H_{16}O$ перманганатом калия. 1 г кетона, 2—3 г $NaHCO_3$ и 100 мл 1% раствора $KMnO_4$ кипятили при непрерывном перемешивании в течение 25—30 часов. По мере обесцвечивания раствора отдельными порциями добавляли растертый в порошок $KMnO_4$. Образовавшуюся двуокись марганца несколько раз промывали горячей водой. Фильтрат обрабатывали эфиром для извлечения нейтральных веществ и подкисляли разбавленной H_2SO_4 . Полученный продукт, перекристаллизованный из водного этанола, плавится в пределах 255—258°. По литературным данным, т. пл. бензол-1, 2, 3, 5-тетракарбоновой кислоты 262° [13].

0,02 г кислоты обрабатывали диазометаном в эфирном растворе до прекращения выделения N_2 . Продукт этерификации имеет т. пл. 108—109°. По литературным данным, т. пл. тетраметилового эфира бензол-1, 2, 3, 5-тетракарбоновой кислоты 108—109° [13]. Проба смешения с синтетическим образцом тетраметилового эфира не дает депрессии температуры плавления.

Конденсацию 2,4-диокси-3-метилолпентана с бензолом проводили в аналогичных условиях в течение 25 часов при 83—85°. 50 г (0,373 г-мол) гексантриола, 291 г (3,7 г-мол) бензола, 199 г (1,49-мол) безводного $AlCl_3$. Вакуум-перегонкой 51 г конденсата получены:

первая фракция с т. кип. 45—100° (2 мм), 3,2 г (6,2%); вторая фракция с т. кип. 110—140° (2 мм), 14,8 г (29%); третья фракция с т. кип. 140—150° (2 мм), 12,3 г (24%). Их многократной фракционировкой и хроматографированием на незакрепленном слое Al_2O_3 (II активности) в системе пентан-бензол (19:1) выделены следующие продукты: кристаллическое вещество с т. пл. 69—70° (из этанола). Найдено, %: С 92,58; Н 7,25; М 157 ± 2 (масс-спектроскопическим методом). Не обесцвечивает бромную воду и слабый щелочной раствор $KMnO_4$. Фракция с т. кип. 134—136° (1—2 мм), n_D^{20} 1,6075; d_4^{20} 1,0753; M_{RD} 75,84; выч. 75,92. Найдено, %: С 91,35; 91,41; Н 8,48; 8,36; М 234 (по Рау). $C_{18}H_{26}$. Вычислено, %: С 91,52; Н 8,47; М 236 (X).

1 г углеводорода (X), 1,5 г $NaHCO_3$ и 100 мл 1% раствора $KMnO_4$ кипятили в течение 15—16 часов. Из продуктов окисления в виде сублимата удалось выделить бензойную кислоту с т. пл. 120—121°. Определение температуры плавления ее смешанной пробы с известным образцом бензойной кислоты не показало депрессии. Остаток после сублимации бензойной кислоты перекристаллизован из этанола. Полученное вещество с т. пл. 186—189° в смешанной пробе с о-фталевой кислотой не дает сколько-нибудь заметной депрессии температуры плавления. Выделенная таким путем кислота кипячением с уксусным ангидридом в течение 6 часов при 180—190° была переведена в ангидрид о-фталевой кислоты, который в смешанной пробе с чистым образцом о-фталеевого ангидрида не показывает депрессии температуры плавления. Фракция с т. кип. 148—150° (1—2 мм) характеризуется следующими показателями: n_D^{20} 1,6625; d_4^{20} 1,1072. Найдено, %: С 92,23; 92,40; Н 7,39; 7,39.

Дегидрирование углеводорода с т. кип. 148—150° (1—2 мм). В 50-миллилитровой высокогорлой колбочке Кьельдаля с обратным холодильником 1 г вещества дегидрировали в присутствии 0,15 г Pd/C при 300—310° в течение 30 часов при одновременном пропускании в смеси слабого тока предварительно высушенного CO_2 .

Из катализата выделен продукт, который после перекристаллизации из этанола плавится в пределах 214—216° и в смешанной пробе с известным образцом антрацена с т. пл. 216—217° не дает депрессии температуры плавления. 0,02 г вещества в 2 мл ледяной уксусной кислоты окислено хромовой смесью (1 мл H_2SO_4 и 2 мл 20% водного раствора CrO_3). Из продуктов окисления выделено вещество с т. пл. 283—284°, которое в смешанной пробе с чистым антрахиноном не показывает депрессии температуры плавления.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физической и органической химии
им. П. Г. Меликишвили

(Поступило в редакцию 25.4.1966)

რ. ლალიძე, ნ. სანიკიძე

 2,4-დიოქსი-3-მეთილოლპენტანის კონდენსაცია ბენზოლთან
 ქლორიანი ალუმინის თანადასწრებით

რეზიუმე

2,4-დიოქსი-3-მეთილოლპენტანის ტრიაცეტატის კონდენსაციით ბენზოლთან ქლორიანი ალუმინის თანადასწრებით გამოყოფილი და დაბასიათებული ქლოროეთერები: 2,4-დიქლორ-3-მეთილოლპენტანის აცეტატი (III), 2-ქლორ-4-ოქსი-3-მეთილოლპენტანის დიაცეტატი (IV) და კეტონი $C_{14}H_{16}O$ (I), რომლის სტრუქტურული ფორმულა განხილულია ანალიზური მონაცემების, ჟანგვის შედეგების, სპექტროსკოპული მონაცემებისა და ზოგიერთი ქიმიური გარდაქმნების საფუძველზე. ბენზოლის ალკილირებით უშუალოდ 2,4-დიოქსი-3-მეთილოლპენტანით ქლორიანი ალუმინის თანადასწრებით მიიღება ნახშირწყალბადების ნარევი 70% გამოსავლით. ძირითადი ფრაქცია დ. ტ. 134—136° (1—2 მმ) 30% გამოსავლით უბასუხებს 1,3-დიმეთილ-2-ბენზილჰიდროინდენს (X).

დაზოგვაბული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

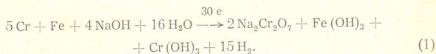
1. Р. М. Лагидзе. Об алкилировании бензола диацетатом 1,3-бутиленгликоля и триацетатом 2, 4, 6-гексантриола. ДАН СССР, 6, 1951, 1023.
2. H. Raropart, J. Pasky. 2, 2a, 3, 4-Tetrahydro-1 H-cyclopent[cd]indene. J. Am. chem. Soc., 15, 1956, 3788.
3. H. Raropart, G. Smolinski. 2, 2a, 3, 3a, 4, 5-Hexahydro-1 H-cyclopent-[kl]-as-indacene. J. Am. chem. Soc., 5, 1960, 1171.
4. Р. М. Лагидзе, Б. С. Поцхверашвили. Реакции конденсации диацетатов 1, 3-и 1, 4-бутандиолов с бензолом и толуолом в присутствии безводного хлористого алюминия. Сообщения АН ГССР, 8, 1953, 473.
5. А. Д. Петров. Синтез и изомерные превращения алифатических углеводов. Изд. АН СССР, 1947, 252.
6. Acetylenic chemistry, Y. W. Reppe. Chief research Laboratories of Y. G. Farbenindustrie A. G. P. B Report-18652-S (Translated from German).
7. K. Sisido, H. Nozaki. Friedel-Crafts Reactions with Organic Dihalides. J. Am. chem. Soc., 4, 1947, 961; The Friedel-Crafts Reaction of Benzene and 3, 4-Dichlorohexane. J. Am. chem. Soc., 3, 1948, 1288.
8. Р. М. Лагидзе, Н. С. Саникидзе. Синтез некоторых меркаптосоединений и их производных на основе 2, 4-диоксн-3-метилолпентана и 1, 2, 6-гексантриола. Сообщения АН ГССР, XXXVII: 1, 1965, 65.
9. Р. М. Лагидзе. Материалы научной сессии институтов химии АН республик Закавказья, Ереван, 1962, 252.
10. Y. Braun, E. Hahn, Y. Seeman. Ober Benzopolymethylenverbindungen. Zbl., 3, 1922, 251.
11. J. Knotnerus, H. Schilling. New syntheses of cis-bicyclo [3. 3. 0] octane and cis-bicyclo [3. 3. 0] oct-2-ene. Recueil, 9—10, 1964, 1185.
12. А. А. Ахрем, А. Н. Кузнецова. Тонкослойная хроматография. Изд. „Наука“, М., 1964.
13. Майер. Анализ и определение строения органических соединений, II. ИЛ, Л., 1937, 326.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Дж. Ф. ГВЕЛЕСИАНИ, Р. И. АГЛАДЗЕ (академик АН ГССР),
Л. Л. РУБЕШ

ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ ОЧИСТКА РАСТВОРОВ БИХРОМАТА
НАТРИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОСИНТЕЗОМ ИЗ ФЕРРО-
ХРОМА

В связи с тем что используемый в промышленности способ производства бихромата натрия [1] не обеспечивает получения продукта, более чистого, чем предусмотрено по стандарту (ГОСТ 2651—44), нами был разработан способ получения бихромата натрия из углеродистого феррохрома [2—4], в основе которого лежит суммарная реакция электросинтеза



Данный способ позволяет улучшить стандарт по всем примесям. Однако в процессе анодного растворения феррохрома в растворе бихромата натрия (рН=3,5—4) образуются растворимые соединения трехвалентного хрома и железа, удаление которых известными химическими методами без изменения состава и степени чистоты раствора не удается.

В данной работе приводятся результаты гидротермальной очистки указанных растворов.

Экспериментальная часть

Исследуемые растворы бихромата натрия получались анодным растворением феррохрома марки Хр-6 (ГОСТ 4757—49) по установленному ранее режиму [3]. Для поддержания рН электролита в процессе анодного растворения в пределах 3,5—4,5 использовался раствор NaOH квалификации «хч».

Полученные по реакции (1) пульпы обрабатывались в железном автоклаве емкостью 0,5 л, снабженном электрообогревом.

Для установления влияния продолжительности обработки на степень очистки растворов и различные характеристики шламов была проведена серия опытов, результаты которой приведены в табл. 1. Скорость фильтрации пульп в табл. 1 определялась по количеству фильтрата, прошедшего через бумажный фильтр за 10 минут.

Для изучения скорости промывки оставшихся на фильтрах шламов: и сопоставления ее со скоростью фильтрации пульп шламы репульпировались в 2 л воды и отстаивались до тех пор, пока их объемы



не составили объема, занимаемого первоначально пульпой. Затем осторожно сливалась осветленная часть, а оставшиеся 100 мл со шламом переносились на фильтр и фильтровались аналогично исходным пульпам.

Таблица 1

Данные по влиянию продолжительности обработки бихроматных пульп при 10 атм ($t=165-175^{\circ}\text{C}$).

Исходная пульпа: объем—100 мл; Ж:Т=12:1; состав жидкой фазы (г/л): CrO_3 —134,6; Cr^{6+} —1,8; Fe^{3+} —1,2; pH —3,5.

Продолжительность	Скорость, мл/час		Скорость отстаивания, мм/ч	Отношение объемов растворов/шлам после 20-минутного отстаивания	Содержание в фильтрате, г			Содержание Cr^{6+} в промывках, г	Потери Cr^{6+} , %
	фильтрации	промывки			Cr^{6+}	Cr^{3+}	Fe^{3+}		
Необработанная	224	173	11,1	2,11	5,24	0,18	0,12	1,76	—
1 минута	248	193	15,1	2,51	5,18	0,01	сл.	1,53	4,14
1 час	256	240	16,7	2,59	5,07	нет	нет	1,78	2,14
2 часа	280	273	17,5	2,67	5,12	.	.	1,58	4,29
3 часа	288	270	18,2	2,84	5,13	.	.	1,63	3,43

Скорость отстаивания определялась в 100-миллилитровых мерных цилиндрах диаметром 30 мм по высоте осветленной части раствора.

Потери Cr^{6+} определялись по разности содержания его до и после обработки пульпы.

Таблица 2

Влияние давления и pH на качество очистки раствора при автоклавной обработке бихроматных пульп

№ серии	№ опыта	pH исходной пульпы	Развиваемое в автоклаве давление, атм	pH раствора после обработки в автоклаве	Качество очистки раствора	
I	1	3,5	6	4,08	Неполная	
	2		10	4,43	Полная	
	3		14	4,48	"	
	4		22	4,56	"	
	II	1	5,0	11	5,32	Неполная
		2		12	5,42	"
		3		14	5,40	"
		4		15	5,56	Полная
5		18		5,68	"	
III	1	6,0	10	6,03	Неполная	
	2		14	6,10	"	
	3		15	6,26	"	
	4		18	6,22	Полная	
	5		22	5,27	"	

Результаты опытов по установлению оптимального режима обработки пульпы с различным значением pH сведены в табл. 2.

Степень очистки растворов определялась химическим анализом на содержание трехвалентного хрома и железа. Следует отметить, что растворы бихромата натрия до автоклавирования имеют интенсивную темную окраску. После обработки они становятся совершенно прозрачными и приобретают ярко-оранжевую окраску. Резкое изменение окраски позволяет визуалью судить о степени очистки растворов от примесей трехвалентного хрома и железа.

В табл. 3 приведены результаты крупнолабораторных опытов, проведенных в автоклаве емкостью 65 л.

Таблица 3

Данные крупнолабораторных опытов
 P=16 атм (t=180—185 °C). Исходная пульпа: ЖТ=10:1; состав жидкой фазы (г/л): CrO₃—189; Cr³⁺—2,16; Fe³⁺—1,85; pH=3,8.

Объем исходной пульпы	Продолжительность, час			Содержание Cr ⁶⁺ , кг		Потери Cr ⁶⁺ , %
	нагрева	выдержки	охлаждения	до обработки	после обработки	
50	3,5	1	20	4,89	4,82	1,34
55	4,0	1	20	5,37	5,21	3,09

Таблица 4

Образец	Содержание, %						
	CrO ₃	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Fe	H. O	CaO	SiO ₂
№ 1, полученный на дистиллированной воде	71—75	0,08—0,13	сл.—0,025	сл.	0,02—0,1	0,005	0,02
№ 2, полученный на водопроводной воде	71—75	0,20—0,30	0,05—0,06	сл.	0,02—0,10	0,020	0,03

Исследованные растворы для лабораторных опытов были получены при использовании дистиллированной воды, а для крупнолабораторных опытов — при использовании водопроводной воды.

Отфильтрованные растворы после автоклавной обработки подвергались выпариванию до получения сухого вещества. Аналитические данные полученных образцов бихромата натрия приведены в табл. 4.

Обсуждение результатов

Данные табл. 1 показывают, что с увеличением времени выдержки пульпы в автоклаве заметно возрастают скорости их фильтрации, промывки и отстаивания, а также отношение объемов раствор/шлам после 20-часового отстаивания.



Уменьшение скорости промывки шлама по сравнению со скоростью фильтрации того же шлама обусловлено тем, что при промывке из гидроокисного шлама вымывается коагулятор, роль которого выполняет электролит $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. При удалении коагулятора коллоидные свойства гидроокисного шлама увеличиваются, что приводит к снижению скорости фильтрации (промывки). С увеличением продолжительности автоклавной обработки гидроокисный шлам все больше теряет коллоидные свойства и частички его приобретают свойства кристаллического вещества, что приводит не только к увеличению скорости фильтрации пульпы, но и к сохранению высокой фильтрующей способности шлама при промывке и к уменьшению его объема.

Из данных табл. 1 видно также, что после автоклавной обработки пульп теряется до 4% Cr^{6+} . В литературе имеются указания относительно возможности разрушения соединений Cr^{6+} при нагреве раствора [5]. Поскольку принятые в данном случае условия обработки растворов более жесткие, чем в указанной литературе, были поставлены специальные опыты для установления причины потерь при автоклавной обработке. С этой целью растворы различной концентрации бихромата натрия реактивной чистоты были помещены в герметически закрывающиеся железные капсулы и нагреты в термостате до 180°C с различной продолжительностью (серия I и II, табл. 5). Для сопоставления в этих же капсулах нагревались отделенные от шлама растворы бихромата натрия, полученные анодным растворением феррохрома и содержащие 0,69 г/л Cr^{3+} и 0,2 г/л Fe^{3+} (серия III, табл. 5).

При низких концентрациях (42,38 г/л Cr^{6+} , I серия) чистых растворов бихромата натрия разрушение $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -ионов незначительно. При высоких концентрациях (101,42 г/л Cr^{6+} , II серия) наблюдается тенденция роста степени разрушения с продолжительностью нагрева. Однако при максимальной продолжительности она не превышает 0,64%. В случае же растворов, содержащих Cr^{3+} и Fe^{3+} , потери Cr^{6+} достигают двух с лишним процентов. Если во II серии опытов (табл. 5) произошло незначительное помутнение растворов, то в III серии выпал осадок, который после тщательной промывки и растворения в H_2SO_4 обнаружил содержание Cr^{6+} до 1% от его исходного количества в растворе.

В литературе известно существование малорастворимых хромихроматов с различным отношением $\text{Cr}^{3+}:\text{Cr}^{6+}$ (или $\text{Fe}^{3+}:\text{Cr}^{6+}$) [6]. Если допустить, что в III серии опытов за счет содержащихся в растворе Cr^{3+} и Fe^{3+} образовались нерастворимые соединения типа $\text{Cr}_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)_3$ и $\text{Fe}_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)_3$, то потери Cr^{6+} с ними в пересчете составят около 14 мг. Остальные потери Cr^{6+} , по-видимому, следует объяснить разрушением $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -ионов, тем более что они соизмеримы с потерями Cr^{6+} во II серии опытов (табл. 5).

Таким образом, потери при автоклавировании обусловлены как переходом части Cr^{6+} , соизмеримой с примесями Cr^{3+} и Fe^{3+} в растворе, в водонерастворимую форму, так и частичным разрушением $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -ионов с образованием Cr_2O_3 .

Из данных табл. 2 видно, что с повышением величины рН пульпы увеличиваются необходимые для полной очистки растворов параметры автоклавирования. Кроме того, во всех случаях после автоклавной обработки имеет место повышение рН растворов. При этом чем ниже

Таблица 5

№ серии опытов	Исходная концентрация Cr^{6+} , г/л	Продолжительность выдержки в автоклаве при 180 °С, час	Содержание Cr^{6+} , мг		Потери Cr^{6+}	
			до обработки	после обработки	мг	%
I	42,38	1	423,8	423,0	0,8	0,19
		2		423,0	0,8	0,19
		3		423,0	0,8	0,19
		4		423,0	0,8	0,19
II	101,42	1	1014,2	1012,0	2,2	0,22
		2		1009,5	4,7	0,46
		3		—	—	—
		4		1000,7	6,5	0,64
III	101,25	1	1012,5	988,3	24,2	2,39
		2		990,4	22,1	2,18
		3		990,4	22,1	2,18
		4		988,3	24,2	2,39

значение рН исходной пульпы и чем выше нагрев (давление), тем больше изменение рН в сторону повышения.

Некоторое повышение рН растворов, полученных после анодного растворения феррохрома, имеющих рН=3—4, происходит и при их долгом стоянии с выделением части растворенных Cr^{3+} и Fe^{3+} в осадок. Это указывает на метастабильный характер соединений, образующихся в растворе в процессе анодного растворения феррохрома. Из литературных данных [6] известно, что в соответствующих условиях возможно образование кислого хромата, который при нагревании теряет воду и превращается в нормальную соль:



При допущении существования части Cr^{6+} в растворах, полученных после анодного растворения феррохрома в виде кислых хроматов натрия, легко объяснить повышение рН после автоклавной обработки этих растворов. Однако на данном этапе исследований из-за неизвестности указанных растворов не представляется возможным объяснение механизма происходящих в этой системе изменений при воздействии высокой температуры. Данный вопрос требует специального изучения.

Существующий стандарт предусматривает содержание в феррохrome до 0,04% серы, которая в процессе анодного растворения феррохрома окисляется до SO_4^{2-} -иона и попадает в раствор. Указанный источник приводит к попаданию в продукт около 0,1% SO_4^{2-} -ионов (табл.



4, образец № 1). Дополнительным источником попадания сульфидов а также хлоридов в продукт может оказаться используемая в цикле жесткая вода, всегда содержащая то или иное количество этих примесей. Использование водопроводной воды при проведении крупных опытов (табл. 3) привело к повышению содержания в продукте как сульфатов, так и хлоридов (табл. 4, образец № 2). То же самое можно сказать и в отношении кальция.

Поскольку использованный в процессе анодного растворения феррохром содержал 0,65% кремния, который в процессе анодного растворения феррохрома тоже подвергается анодному окислению с образованием кремниевой кислоты, продукт был проанализирован и на содержание SiO_2 . Как показывают данные табл. 4, только сотые доли процента SiO_2 содержатся в продукте. Образовавшаяся кремниевая кислота почти полностью адсорбируется гидроокисным осадком и после автоклавной обработки остается в шламе.

При проведении крупнолабораторных опытов были определены расходные коэффициенты, на основе которых и использования данных действующих заводов был проведен ориентировочный расчет себестоимости бихромата натрия, полученного электросинтезом из феррохрома при использовании автоклавной очистки растворов. Расчет показал, что себестоимость полученного таким путем бихромата натрия находится на уровне существующей в настоящее время на разных заводах хромовых соединений, а при дешевой электроэнергии (0,25 коп/квч) — ниже существующей.

Выводы

1. Установлено, что автоклавная обработка пульпы, полученных при электросинтезе бихромата натрия из феррохрома, позволяет полностью очистить растворы от примесей трехвалентного хрома и железа и заметно улучшает фильтрующие свойства гидроокисных шламов.
2. Установлены оптимальные условия автоклавной обработки растворов бихромата натрия: рН=3,5—4; нагрев — 170—190°C (давление 10—15 атм); выдержка — 1 час.
3. Показано, что путем получения бихромата натрия из феррохрома электросинтезом с использованием автоклавной очистки растворов возможно заметное улучшение качества бихромата натрия при сохранении существующей стоимости продукта.

Академия наук Грузинской ССР
Институт неорганической химии
и электрохимии

(Поступило в редакцию 25.4.1966)

ქიმიური ტექნოლოგია

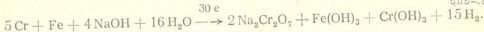
ჯ. გველესიანი, რ. აგლაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი),
ლ. რუბენი

ფეროქრომიდან ელექტროსინთეზით მიღებული ნატრიუმის
ბიქრომატის ხსნარების ჰიდროთერმალური გაწმენდა

რეზიუმე

ფეროქრომიდან ნატრიუმის ბიქრომატის ელექტროსინთეზური გზით მიღება დამყარებულია შემდეგ ძირითად რეაქტივზე:

30 e



პროცესი მიმდინარეობს სუსტ მკვაა გარემოში (pH-3,5—4,0). ანოდურად წარმოქმნილი სამვალენტური ქრომისა და რკინის ნაწილი რჩება ხსნარში ხსნადი ნაერთების სახით, რომელთა მოცილება ხსნარების შემადგენლობის შეცვლისა და სისუფთავის ხარისხის გაუარესების გარეშე ცნობილი ქიმიური მეთოდებით არ ხერხდება.

ნაჩვენებია, რომ ელექტროსინთეზის შედეგად მიღებული პულვის ავტოკლავური დამუშავება 170—190° ტემპერატურისა და 10—15 ატმ წნევის პირობებში საშუალებას იძლევა მთლიანად მოვაცილოთ აღნიშნულ ხსნარებს სამვალენტური ქრომისა და რკინის მინარევები. ამავე დროს საგრძობლად უმჯობესდება ჰიდროქსიდების შლამის წურვის უნარიანობა. ხსნარების სრული გაწმენდისათვის საჭირო გახურების ტემპერატურა უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია მათ მკვავიანობასთან (2—6 pH-ის ფარგლებში). დანაკარგები, რომლებიც დაკავშირებულია ხატრიუმის ბიქრომატის დაშლასთან მაღალ ტემპერატურაზე, არ აღემატებიან 1,5%-ს, ხოლო უხსნადი ქრომატების წარმოქმნასთან—1%-ს.

ავტოკლავური ხერხის გამოყენება ფეროქრომიდან ნატრიუმის ბიქრომატის ელექტროსინთეზური მიღების ტექნოლოგიაში ჰქმნის რეალურ შესაძლებლობას მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდეს არსებული სტანდარტი ამ პროდუქტზე მისი ღირებულების შეუცვლელად.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Е. Позин. Технология минеральных солей. Госхимиздат, М., 1961.
2. Р. И. Агладзе, Т. В. Ионатамишвили. Анодное растворение феррохрома в растворах карбоната натрия и едкого натра. ЖПХ, 28, № 9, 1956, 1365.
3. Р. И. Агладзе, Т. В. Ионатамишвили. Бихроматы из феррохрома. Сообщение АН ГССР, XVII, № 10, 1956, 883.
4. Гидроэлектрометаллургия хрома. Сб. работ, изд. АН ГССР, Тбилиси, 1959.
5. Н. Д. Бириюков. К вопросу о получении химически чистого хромового ангидрида. ЖОХ, 10, вып. 10, 1940, 942.
6. M. Udy. Chromium, vol. I, Chemistry of Chromium and its Compounds. Reinolds Publ. Corp., New-York, Chapman and Hall, London, 1956.



БИОХИМИЯ

М. М. ЗААЛИШВИЛИ, Г. В. МИКАДЗЕ, Т. Г. СЪРГУЛАДЗЕ

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ПРОТЕИНА М ГЛАДКОЙ
МЫШЦЫ

(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 13.6.1965)

В 1949 г. Чапо [1] установил, что для сокращения нитей миозина В мышцы матки под влиянием АТФ требуется присутствие водорастворимого фактора (х-фактор). В 1963—1964 гг. нами подробно изучена механохимия сокращения пленочных нитей миозина В мышцы желудка под влиянием АТФ и установлено, что водорастворимый белок, который при экстракции мышцы, как правило, переходит в миогеновую фракцию, является необходимым компонентом сократительной системы. Этот водорастворимый белок был назван протеином М, а сократительный комплекс, состоящий из миозина В и протеина М, — миозином МВ [2, 3].

Целью настоящей работы является изучение некоторых свойств чистого препарата протеина М и разработка метода его получения.

Методика

Желудок кролика освобождался от слизистой оболочки, предварительно измельчался, замораживался на испарителе холодильника и растирался в фарфоровой ступке. Миозин В получался по методу Рюг [4]. Растертая мышца в продолжение 24 часов экстрагировалась шестикратным объемом буферного раствора, содержащего 0,5 М КСI, 0,05 М NaHCO_3 , 0,02 М глицина и 0,05 М трис-буфера, рН 7,5. Нерастворимая часть удалялась центрифугированием, а миозин В осаждался разведением центрифугата водой до ионной силы 0,27. Выпавший осадок миозина В центрифугировался при 3000 g в продолжение 20 минут, и осадок растворялся в растворе, содержащем 0,6 М КСI и 0,05 М трис-буфера, рН 7,5. После этой операции в целях дальнейшей очистки миозин В переосаждался бидистиллятом еще 3 раза.

Миозин А и В поперечнополосатой мышцы получали по методу Сент-Дьердьи [5]. Для выделения неочищенного препарата протеина М растертая мышца желудка экстрагировалась тремя объемами бидистиллята комнатной температуры в течение 15 минут. Чтобы предотвратить разрушение структурных компонентов клетки, в некоторых случаях неочищенный препарат протеина М получали также экстрагированием мышцы раствором, содержащим 0,2 М сахаразы, $5 \cdot 10^{-3}$ М MgCl_2 и 0,05 М трис-буфера, рН 7,5.

Получение пленочных нитей и изучение их сократительной способности производились по ранее описанной методике [6].



Результаты и их обсуждение

Согласно данным Нидхема, Виллямса [7] и Рюг [4], препараты актомиозина мышцы матки [7] и моллюсков [4], осажденные соответственно при ионной силе 0,25 и 0,27, не содержат тропомиозина. Нами было установлено, что пленочные нити миозина В мышцы желудка, свободные от белков, растворимых при ионной силе 0,27, на 15–20-й минуте после воздействия АТФ укорачиваются лишь на 30%, в то время как в присутствии протеина М сокращение нитей миозина В под влиянием АТФ на первой же минуте достигает 50–60% [2, 3]. (В этих опытах был использован миозин В третьего переосаждения).

Можно было полагать, что протеин М является лишь ускоряющим, а не необходимым компонентом сократительной системы. Однако нами в настоящее время установлено, что путем многократного (4–5 раз) переосаждения миозина В мышцы желудка получается препарат белка, пленочные нити которого вовсе не сокращаются под влиянием АТФ (рис. 1, кривая 1), в то время как нити миозина МВ

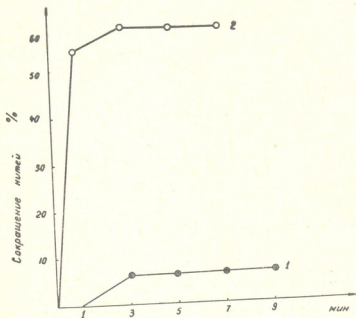


Рис. 1. Сокращение нитей миозина В гладкой мышцы под влиянием АТФ в присутствии и отсутствии протеина М. Состав среды: 0,05 М КСI, 10^{-3} М $MgCl_2$, 0,02 М веронал-веронал-калиевый буфер (рН 7,5), $5 \cdot 10^{-3}$ М АТФ при 37°. 1—Нити миозина В четвертого переосаждения; 2—нити, полученные из протеина М и миозина В четвертого переосаждения

под влиянием того же макроэрга в первую же минуту укорачиваются на 50–60% (рис. 1, кривая 2). Из этих экспериментов следует, что

протенин М является не ускоряющим сокращение, а необходимым компонентом сократительной системы.

Согласно данным Чапо, х-фактор мышцы матки не диализируется и термолабилен [1]. В результате наших экспериментов выяснилось, что протенин М мышцы желудка при диализе также не теряет свою активность (рис. 2, кривая 2). Однако, в отличие от х-фактора Чапо, протенину М свойственна необычайная устойчивость к температурному воздействию. Если раствор неочищенного протенина М мышцы желудка нагревать в течение 10 минут при 100° , денатурированные белки отделить центрифугированием и центрифугат довести водой до исходного объема, то пленочные нити, приготовленные из смеси этого центрифугата и миозина В желудка, сокращаются так же интенсивно (рис. 2, кривая 3), как нити, полученные с ненагретым протенином М (рис. 2, кривая 1).

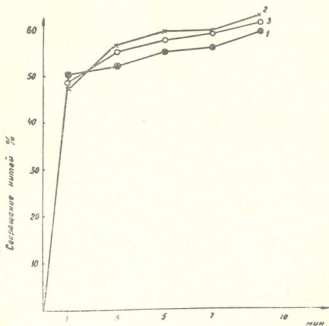


Рис. 2. Сокращение нитей миозина MB, полученного из миозина В и нагретого протенина М. (Состав среды и условия опытов см. на рис. 1). 1—Нити миозина MB, полученные из миозина В и ненагретого протенина М; 2—нити миозина MB, полученные из миозина В и диализированного протенина М; 3—нити миозина MB, полученные из миозина В и нагретого в течение 10 минут при 100° протенина М

Согласно имеющимся в литературе данным, водный экстракт усиливает сокращение актомиозина, вызванное действием АТФ [5]. Ускоряющее воздействие водного экстракта на сокращение актомиозина объясняется присутствием в нем Mg^{++} и изомеразы Банги, вызывающих внутримолекулярные перегруппировки в молекуле АДФ.

Вследствие этого в ней формируется активная пирофосфатная группа. АДФ в присутствии Mg^{++} и изомеразы Банги вызывает такие же изменения актомиозина, как и АТФ. Изомераза осаждается сульфатом аммония в пределах 0,5—0,7 насыщения, а также трихлоруксусной кислотой. В растворе 0,15 М HCl она выдерживает нагревание до 100° в продолжение 10 минут без потери энзимной активности [5]. Однако А. В. Котельниковой было показано, что изомераза Банги является миокиназой Калькера [8]. Чапс также высказывает предположение, что х-фактор может быть миокиназой [9].

Протеин М мышцы желудка также осаждается трихлоруксусной кислотой и в ней выдерживает нагревание до 100° в продолжение 10 минут. В этом отношении протеин М сходен с миокиназой Калькера и изомеразой Банги.

Согласно литературным данным, миокиназа локализована или в структурных элементах клетки (в саркосомах поперечнополосатой мышцы [10]), или в саркоплазме (в мышце сердца [11]). С целью предотвращения разрушения структурных элементов клетки, а также установления местонахождения протеина М в клетке гладкой мускулатуры в отдельных наших экспериментах экстракцию протеина М из мышцы желудка производили изотоническим буферным раствором сахарозы и полученный экстракт центрифугировали при $105\ 000\ g$ в течение 1 часа. Полученная прозрачная надосадочная жидкость своим влиянием на сокращение пленочных нитей не отличалась от неочищенного протеина М (рис. 3, кривая 2). Следует отметить также,

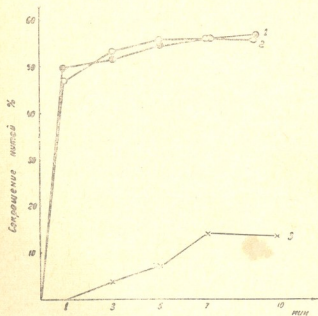


Рис. 3. Сокращение нитей миозина MB под влиянием АДФ и АТФ. 1—Нити, полученные из миозина В и протеина М, $5 \cdot 10^{-2}$ М АТФ при 37° ; 2—нити из миозина В и протеина М, полученного экстракцией изотоническим раствором сахарозы и центрифугированием при $105\ 000\ g$, $5 \cdot 10^{-2}$ М АТФ при 37° ; 3—нити миозина MB, 10^{-2} М АДФ при 37° .

что АДФ в присутствии протеина М не вызывает сокращения пленочных нитей миозина В желудка (рис. 3, кривая 3). Эти опыты убедительно свидетельствуют о том, что протеин М не является миокиназой.

Протеин М сульфатом аммония высаливается в пределах 0,2—0,5 насыщения. На рис. 4 приведены кривые укорочения пленочных нитей актомиозина мышцы желудка в присутствии протеина М, осажденного сульфатом аммония из неочищенного экстракта (кривая 1), и в присутствии протеина М, осажденного сульфатом аммония из предварительно нагретого до 100° экстракта протеина М (кривая 2).

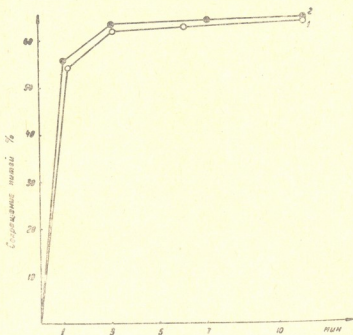


Рис. 4. Сокращение миозина МВ, полученного из миозина В и протеина М, высоленного сульфатом аммония в пределах 0,2—0,5 насыщения. (Состав среды и условия опытов см. на рис. 1). 1—Нити миозина МВ, полученные из миозина В и протеина М, осажденного сульфатом аммония из неочищенного экстракта; 2—нити миозина МВ, полученные из миозина В и протеина М, осажденного сульфатом аммония из предварительно нагретого до 100° неочищенного экстракта

В целях концентрирования и дальнейшей очистки протеина М белковая фракция, осажденная из нагретого экстракта сульфатом аммония в пределах насыщения 0,2—0,5, диализовалась сперва против воды, а после удаления сульфата аммония — против 0,05 М трис-буфера, рН 7,5. Из полученного белкового раствора протеин М осаждался в изoeлектрической точке (рН 5,6) 0,1 N HCl.

На основе проведенных экспериментов предлагаемый нами метод получения чистого препарата протеина М заключается в следующем: освобожденная от слизистой оболочки и хорошо измельченная мышца желудка экстрагируется тремя объемами воды (или буферным раствором, содержащим 0,2 М сахарозы, $5 \cdot 10^{-3}$ М $MgCl_2$ и 0,05 М трис-буфера, рН 7,5). Экстракт центрифугируется при 105 000 г, и



прозрачный центрифугат нагревается при 100° в течение 10 минут. После охлаждения и удаления коагулированных белков прозрачный белковый раствор насыщается до 0,2 насыщения сульфатом аммония. Осадок удаляется центрифугированием и протени М высаливается добавлением сульфата аммония до 0,5 насыщения. Спустя 30 минут выпавший осадок протенна М отделяется центрифугированием, растворяется в воде и полученный белковый раствор диализируется с перва против воды до полного удаления сульфата аммония, а затем—против 0,05 М трис-буфера. Из полученного белкового раствора протени М осаждается в изоэлектрической точке (рН 5,6) 0,1 N HCl.

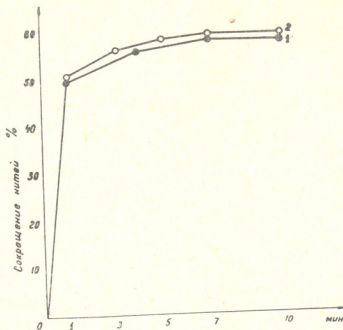


Рис. 5. Влияние протени М поперечнополосатой мышцы на сокращение нитей миозина В гладкой мышцы. (Состав среды и условия опытов см. на рис. 1). 1—Нити миозина MB, полученные из миозина В гладкой мышцы и протени М поперечнополосатой мышцы; 2—нити миозина MB, полученные из миозина В гладкой мышцы и протени М гладкой мышцы (нити миозина MB, полученные из миозина В гладкой мышцы и из соответствующей протенну М белковой фракции миозина А поперечнополосатой мышцы, практически не сокращаются и соответствующая кривая не приводится)

В последнее время было установлено, что, кроме миозина и актина, в процессе суперпреципитации миозина В участвуют еще два белка — тропмиозиноподобный белок [12] и α -актинин [13]. Первый из них обуславливает чувствительность актомиозина к ионам Ca , а второй усиливает взаимодействие миозина с актином. Показано также, что эти белки связаны с актином [14]. По-видимому, и протени М связан с актином. Это подтвердилось следующими экспериментами.

Растворы миозина А и В нагревались до 100° в течение 10 минут, охлаждались, и коагулированные белки удалялись центрифугированием. Прозрачные центрифугаты использовались для получения пленочных нитей миозина МВ мышцы желудка. В то время как пленочные нити миозина МВ, полученные из миозина В гладкой мышцы и центрифугата миозина В поперечнополосатой мышцы, сокращаются на 50 — 60%, нити, полученные из миозина В гладкой мышцы и экстракта миозина А поперечнополосатой мышцы, не сокращаются (рис. 5). Выделение протенна М из миозина В поперечнополосатой мышцы возможно методикой, предлагаемой нами для гладкой мышцы желудка. Полученные экспериментальные данные подтверждают высказанное нами ранее предположение, что для сокращения актомиозина поперечнополосатой мышцы также необходим дополнительный фактор — протенин М. Этот фактор в случае гладкой мышцы легко отделяется от актомиозина, в то время как в случае поперечнополосатой мышцы он более прочно связан с актомиозином [2, 3].

Дальнейшие исследования физико-химических свойств протенна М позволят выяснить, идентичен ли протенин М белку Эбашини [14].

Выводы

Протенин М гладкой мышцы не диализируется, не седиментирует при 105 000 g, термостабилен (выдерживает нагревание при 100° в течение 10 минут без какой-либо потери активности), осаждается сульфатом аммония в пределах 0,2—0,5 насыщения и в изоэлектрической точке. Изоэлектрическая точка протенна М лежит при pH 5,6. На основе этих свойств нами предлагается метод получения чистого препарата протенна М. Протенин М гладкой мышцы не является миокиназой. Протенин М получен нами из миозина В поперечнополосатой мышцы методом, предлагаемым для гладкой мышцы. Проведенные нами опыты указывают, что, по-видимому, протенин М сосредоточен в активной части миозина В поперечнополосатой мышцы.

Полученные нами экспериментальные, а также литературные данные подтверждают высказанное ранее нами предположение, что для сокращения любого типа мышцы необходим дополнительный белковый компонент — протенин М. Таким образом, сократительным комплексом мышцы является не актомиозин, а комплекс из миозина, акттина и протенна М — миозин МВ.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физиологии

(Поступило в редакцию 13.6.1966)

საბუნებისმეტყველო

მ. ზაალიშვილი, ზ. შიჭაძე, თ. სურგულაძე

გლუპინ კუნთის პროტეინი M-ის მიღება და თვისებები

რეზიუმე

გლუპინ კუნთის პროტეინი M არ განიცდის დიალიზს და არ სედიმენტირდება 105.000g-ზე. თერმოსტაბილურია (უძლებს 10 წუთის განმავლობაში 100° —



ზე გაცხელებას აქტივობის შემცირების გარეშე), ილექება ამონიუმის სულფატით 0,2—0,5 გაჯერების ფარგლებში და იზოელექტრულ წერტილში. პროტეინი M-ის იზოელექტრული წერტილი იმყოფება pH 5,6. ამ თვისებების საფუძველზე ჩვენ შევიმუშავეთ პროტეინ M-ის სუფთა პრეპარატის მიღების მეთოდი. გლუვი კუნთის პროტეინ M-ს არ ახასიათებს მოკინაზური აქტივობა. პროტეინი M შეიძლება მიღებულ იქნეს განივზოლიანი კუნთიდან გამოყოფილი მოიზინ B-ს პრეპარატიდან მეთოდით, რომელიც შემუშავებულია ჩვენ მიერ გლუვი კუნთიდან პროტეინ M-ის გამოყოფისათვის. ჩატარებული ცდები მუთითებენ, რომ პროტეინი M შედის განივზოლიანი კუნთის მოიზინ B-ს აქტინურ ნაწილში.

მიღებული ექსპერიმენტული და აგრეთვე ლიტერატურული მონაცემები ადასტურებენ ჩვენ მიერ აღრე გამოტყვევლ ვარაუდს, რომ ნებისმიერი ტიპის კუნთის შეკუმშვისათვის აუცილებელია დამატებითი ცილოვანი კომპონენტი—პროტეინი M. ამგვარად, კუნთის შეკუმშვად კომპლექსებს წარმოადგენს არა აქტომიოზინი, არამედ მიოზინის, აქტინისა და პროტეინ M-საგან შემდგარი კომპლექსი — მიოზინი MB.

დადოვიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Csapo. Studies on the ATP-ase activity of the uterine muscle. *Acta Physiol. Scand.*, 19, 100, 1949.
2. Г. В. Микадзе. Сократительные свойства плевочных нитей миозина В гладкой мускулатуры. *Сообщения АН ГССР*, XXXI, 1963, 295.
3. М. М. Заалишвили и Г. В. Микадзе. Некоторые вопросы механохимии гладкой мышцы. *Биохимия*, 29, 1964, 801.
4. J. C. Ruegg. The proteins associated with contraction in lamellibranch 'catch' muscle. *Proc. Roy. Soc.*, B, 154, 1961, 207.
5. А. Сент-Дьердьи. О мышечной деятельности. М., Медгиз, 1947.
6. М. М. Заалишвили и Г. В. Микадзе. Роль актина в мышечной ткани и некоторые вопросы теории мышечного сокращения. *Биохимия*, 24, 1959, 612.
7. D. M. Needham, J. M. Williams. Some properties of uterus actomyosin and myofilaments. *Biochem. J.*, 73, 1959, 171.
8. А. В. Котельникова. О получении и некоторых свойствах очищенной фосфомутазы АДФ из мышц. *Биохимия*, 18, 1953, 522.
9. A. Csapo. The mechanism of myometrical function and its disorders. In: *Modern Trends in Obstetrics and Gynecology* (second series), chap. 2, 20, ed. by K. Bowes, London, 1955.
10. K. W. Cleland, E. C. Slater. Respiratory granules of hearts' muscle. *Biochem. J.*, 53, 1953, 547.
11. S. V. Perry. The adenosintriphosphatase activity of lipoprotein granules isolated from skeletal muscle. *Biochem. Biophys. Acta*, 8, 1952, 499.
12. S. Ebashi. Third component participating in the superprecipitation of Natural Actomyosin. *Nature*, 200, 1963, 100.
13. S. Ebashi, F. Ebashi, K. Maruyama. A new protein factor promoting contraction of actomyosin. *Nature*, 203, 1964, 645.
14. S. Ebashi. Studies on the contractile system from a physiological point of view. XXIII Internat. Congr. of physiol. Sciences. Tokyo, Japan, September 1—9. Symposium VII. Structure and function of muscle. 1965, 405.

ჟანგვა-აღდგენითი სისტემების გავლენა თავის თავის ტვინის ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა პ. ქოქოიანმა 22.1.1966)

აღრე ჩატარებული გამოკვლევებით [1] ჩვენ მიერ ნაჩვენები იყო, რომ მეთილენის სილურჯის ინტრაორტალური შეყვანისას ნერვ-კუნთოვანი გადაცემა კავდება შექცევადად. ისეთი რედოქსი სისტემების შეყვანის შემთხვევაში, როდესაც ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალი დიდდება, ნერვიდან კუნთზე აგზნების გადაცემა კავდება. საღებავის აღდგენის შემდეგ ნერვ-კუნთოვანი გადაცემა კვლავ ნორმას უბრუნდება. გაირკვა აგრეთვე, რომ მეთილენის სილურჯე უარყოფით გავლენას ახდენს კუნთოვანი ქსოვილის ჰომოგენატის ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე.

ზოგიერთი მკვლევარის მტკიცებით, მეთილენის სილურჯით ქოლინესთერაზას შეკავება უნდა იყოს გამოწვეული კონკურენტული ინჰიბირების გამო. ცნობილია, რომ აცქ და მეთილენის სილურჯეში წარმოდგენილია მეოთხეული აზოტის კატიონური ბირთვი, რომელიც განსაზღვრავს სუბსტრატის სწრაფვას ფერმენტის აქტიური ცენტრის მიმართ. აღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება დაგვეშვა, რომ მეთილენის სილურჯე კონკურენტულად უწყვეს აცქ-ის დაკავშირებას, როგორც ფერმენტთან, ისე პოსტინაპსური მემბრანის ქემორეცეპტორთან და ამის გამო კავდება ფერმენტული და სინაპსური აქტივობა და შედეგად კუნთოვანი ქსოვილის შეკუმშვა.

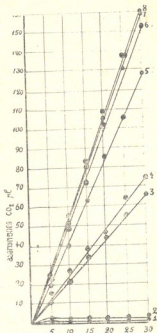
ზემოთ აღნიშნული მიზეზების დასამტკიცებლად ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე ისეთი ჟანგვა-აღდგენითი სისტემების გავლენა, რომლებიც განსხვავდებიან მეთილენის სილურჯისაგან ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალებით. მიღებული შედეგები საშუალებას მოგვცემდა გავვერკვია ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის მოქმედების ხასიათი.

ქოლინესთერაზული აქტივობა ისაზღვრებოდა თეთრი თავის თავის ტვინის პრეპარატებში. დეკაბიტაციის შემდეგ ცხოველს სწრაფად ვაცლიდით თავის ტვინს. ვსრისავდით დიბისტილატში (1:30) და ვფილტრავდით ბამბაში [2]. ფერმენტის პრეპარატი მზადდებოდა სიცივეში.

ფერმენტულ აქტივობას ვსაზღვრავდით მანომეტრული მეთოდით ვარბურგის აპარატში [3]. ბუფერად გამოყენებული იყო რინგერ-კრებსის ბიკარბონატული ხსნარი (pH-7,6). საინკუბაციო არეში ემატებოდა საბოლოო კონცენტრაციით $KCl-8,9 \times 10^{-2} M$, აცქ— $0,66$ მკ/მლ, ჟანგვა-აღდგენითი საღებავები— $10^{-3} M$, თავის ტვინის ჰომოგენატი— 11 მგ 1 მლ-ში. საინკუბაციო ხსნარის მოცულობა უდრიდა 3 მლ-ს. ინკუბაცია წარმოებდა $37^{\circ}C$ -ზე.

ინჰიბირებას აქვს ადგილი, ფერმენტის მოქმედების კინეტიკური მრუდი არაა სწორი. ინჰიბიტორის მოქმედებით აქტიური ცენტრის შეზღუდვისა ან აპოფერმენტის კონფორმაციული ცვლილებების შედეგად ფერმენტული აქტივობა იც-

სურ. 1. ქანგვა-აღდგენითი საღებავების გავლენა თავის თავის ტვინის ჰომოგენატის ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე: 1—მეთილენის სილურჯე, 2—იანუს მწვანე, 3—გალოციანინი, 4—ნილის სილურჯე, 5—დიქლორფენოლინდოფენოლი, 6—ინდიგოკარმინი, 7—მურეკსიდი, 8—საკონტროლო (საღებავის გარეშე). ორდინატა—ქოლინესთერაზული აქტივობა, აბსცისა—ინკუბაციის დრო წუთობით



ვლება და კინეტიკური მრუდი საწყისი ნიმართულებიდან გადაიხრება. გარკვეული დროის შემდეგ, როდესაც სისტემაში დამყარდება სტაციონარული მდგომარეობა, აცქ დაშლის სიჩქარე შეიძლება მუდმივი გახდეს და კინეტიკურმა მრუდმა მიიღოს სწორი სახე.

თეთრი თავის თავის ტვინის ჰომოგენატის ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე ქანგვა-აღდგენითი საღებავების გავლენა განსაკუთრებით მკვეთრად გამოვლინდა საინკუბაციო არეში მეთილენის სილურჯისა (მს) და იანუს მწვანეს (იან) დამატებისას. შედარებით ნაკლები ინჰიბირება აღინიშნება ღქფი, ნილ და გალთანდასწრებისას. საინკუბაციო არეში მურ და ინდ დამატებისას ფერმენტული აქტივობა პრაქტიკულად არ იცვლება.

მს და იან ქიმიური შენებიდან გამომდინარე, ირკვევა, რომ მს შეიცავს მეოთხეული აზოტის კატიონურ ბირთვის, იან-ში კი ასეთი ბირთვი არ არის წარმოდგენილი [8]. თუ დავუშვით, რომ ქოლინესთერაზას ინჰიბირება მს მეოთხეული აზოტის კატიონური ბირთვით არის განპირობებული, მაშინ გაუგებარია იან-ით გამოწვეული ეფექტი. მეორე მხრივ, ცდებში, სადაც გამოყენებული იყო ოქსაზინური საღებავი (ნილის სილურჯე), რომელიც შეიცავს მეოთხეული აზოტის კატიონურ ბირთვს და გალური ჯგუფის საღებავი (გალოციანინი) მეოთხეული აზოტის ბირთვის გარეშე, ფერმენტული აქტივობა შედარებით მაღალ დონეზე რჩება. აქტივობა შესაბამისად კონტროლის 40—47%-ს შეადგენს.



მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, ის დასკვნა უნდა გაკეთდეს, რომ ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე ჟანგვა-აღდგენითი საღებავების გავლენა არ შეიძლება აიხსნას ფერმენტის კონკურენტული შეკავებით. აზოტის მეოთხედულ დაჯგუფებას ენიჭება გარკვეული როლი ფერმენტის ინაქტივაციაში, მაგრამ ჩვენი ცდის პირობებში ეს მოქმედება არ ვლინდება როგორც კანონზომიერი ფაქტი. კონვეის მიერ [9] ნაჩვენებია, რომ საფუარას საინკუბაციო არეში ჟანგვა-აღდგენითი საღებავების დამატებისას იცვლება E_H . ჩვენი ცდის პირობებში ჟანგვა-აღდგენითი საღებავების გავლენით თავის ტვინის ჰომოგენატის ინჰიბიტორებისას აგრეთვე იცვლება არეს E_H . მიღებული შედეგები მოცემულია 1 ცხრილში.

ცხრილი 1

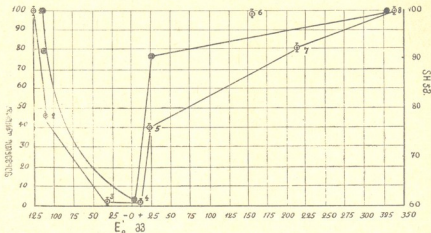
ჟანგვა-აღდგენითი საღებავების E_H ცვლილება თავის თავის ტვინის ჰომოგენატთან ინკუბირებისას აერობულ პირობებში. ინკუბაციის ხანგრძლივობა—20 წ. საღებავის კონცენტრაცია— 10^{-4} M, ტემპერატურა 20 °C

ჟანგვა-აღდგენითი საღებავების E_H მუ-ში							
მურქსილი	გალოცინინი	ნილის სი-ლურჯი	დიქლორფენოლმინი	ინდოგოქარმინი	მეთილენის სოლურჯი	იანუს მწვანე	საკონტრასტო (საღებავის გარეშე)
+169,9	+243,8	+262,8	+290,9	+297,7	+302,8	+308,7	+335

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, გაზომილი ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალები არ შეესაბამებიან გამოყენებული საღებავების სტანდარტულ პოტენციალებს, მაგრამ ძვრები პოტენციალებში აღინიშნება. ეს თავის მხრივ უნდა იწვევდეს ფერმენტის, კერძოდ, ქოლაუნესთერაზას ზედაირზე იონიზირებული მუხტების გადანაწილებას, რის შედეგად იცვლება SH-ისა და S—S-ჯგუფების შეფარდება და შესაბამისად ფერმენტული აქტივობაც.

სურ. 2-დან ჩანს, რომ თავის თავის ტვინის ჰომოგენატის ქოლინესთერაზული აქტივობა საინკუბაციო არეს ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის შემცირებისას თანდათანობით კავდება და სრულებით ქრება, როდესაც არეს პოტენციალი + 11,—35 მვ-მდე ეცემა. აქედან, პოტენციალის შემდგომ შემცირებასთან სდევს ფერმენტული აქტივობის გაზრდა. მაგ., ფერმენტული აქტივობა 20%-ით კავდება +217 მვ-ზე (დქფი). +21 მვ-ზე (გალ) 60%-ით, +11 მვ-ზე (მს) ფერმენტის მოქმედება 100%-ით კავდება. საინკუბაციო არეს ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის შემცირებისას —35 მვ-მდე (იან) ფერმენტული აქტივობა შეკავებული რჩება. E_0' შემდგომი შემცირებისას (ნილ) ფერმენტის მოქმედება 53%-ს შეადგენს. ხოლო —125 მვ-ზე (ინდ) ფერმენტული აქტივობა კვლავ ნორმას უბრუნდება. როგორც სურ. 2-დან ჩანს, დადებითი პოტენციალების არეში ქოლინესთერაზულ აქტივობასა და E_0' შორის დამოკიდებულება ფართო საზღვრებში იცვლება (+10, +340 მვ); დაბალი ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალების პირობებში კი აქტივობის შემცირება უფრო მკვეთრად მქალავდება—30 მვ-დან —125 მვ-მდე. ამის მიზეზი პირველ ყოვლისა უნდა

ვევებოთ ქანგვა-ალდგენითი პოტენციალების იმ ზეგავლენაში, რომელსაც ისინი ახდენენ ფერმენტის ფიზიკურ-ქიმიურ მდგომარეობაზე.



სურ. 2. თეთრი თავის თავის ტენის პომოგენატის ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე ქანგვა-ალდგენითი საღებავების გავლენა: 1—ინდიგოკარმინი, 2—ნილის სილურჯე, 3—იანუს მწვანე, 4—მეთილენის სილურჯე, 5—გალოციანინი, 6—მურექსიდი, 7—დიქლორფენოლიდოფენოლი, 8—პომოგენატი საღებავის გარეშე. ორდინატზე მოკმეულია ფერმენტული აქტივობის ცვლილება (○—○) და SH-ჯგუფების რაოდენობა (●—●) %-ობით საკონტროლოს მიმართ, აბსცისაზე—საღებავების ქანგვა-ალდგენითი სტანდარტული პოტენციალები (E_{1/2}-მე-ში)

ცხრილი 2

ქანგვა-ალდგენითი საღებავების გავლენა თეთრი თავის თავის ტენის პომოგენატის (1:30) ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე და სულფჰიდრილის ჯგუფების განაწილებაზე. აცე კონცენტრაცია—110·10⁻⁷ M, pH 7,6, t 37°C

ვარიანტი	ქანგვა-ალდგენითი პოტენციალები E _{1/2} -მე	ქოლინესთერაზული აქტივობა M ⁻¹ წუთ ⁻¹	SH ₂ M 100 მგ ტენის ქსოვილებში		P	SH %-ობითი სულფიდრილის თანდასწრებით
			პომოგენატი	პომოგენატი + საღებავი		
საკონტროლო (პომოგენატი)	+335	3,3·10 ⁻⁷	1,20	1,21	<0,5	100
პომოგენატი+ინდიგოკარმინი	-125	3,3·10 ⁻⁷	1,20	1,20	—	100
პომოგენატი+ნილის სილურჯე	-116	1,2·10 ⁻⁷	1,24	1,15	<0,05	92,7
პომოგენატი+გალოციანინი	+21	1,1·10 ⁻⁷	1,37	1,25	<0,05	91,2
პომოგენატი+მეთილენის სილურჯე	+11	0	1,24	0,78	<0,05	62,9

ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე ქანგვა-აღდგენითი საღებავებს მოქმედების მექანიზმის გარკვევის მიზნით სპეციალურად იქნა შესწავლილი, თუ როგორ იცვლება SH-ჯგუფების განაწილება და პრედექსპონენციალური მაჩვენებელი გარემო არეს ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალებთან დამოკიდებულებით (იხ. ცხრილი 2).

ირკვევა, რომ როცა ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალები ნულისკენ მიისწრაფიან, ფერმენტსა და სუბსტრატს შორის იქმნება სტერიული დაბრკოლება. სტერიული დაბრკოლება განპირობებული უნდა იყოს ფერმენტის ზედაპირზე რიგი ფუნქციური ჯგუფების იონიზაციის ხარისხის შეცვლით, SH-ჯგუფების დაქანავითა და სხვა.

ლიტერატურაში არ არის მონაცემები იმის შესახებ, თუ როგორ იცვლება SH-განაწილება გარემო არეს ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალებთან დამოკიდებულებით. არაპირდაპირ ცდებში კოშტოიანცის მიერ [10] ნაჩვენებია მს-ით კუნთოვანი ქსოვილის SH-ჯგუფების დაქანავის შესაძლებლობა. პ. კოშტოიანცის მონაცემებით, მს თანდასწრებისას საფუარას უჭრედში მატულობს დაქანავული გლუტათიონის რაოდენობა [11].

ჩვენი ცდის პირობებში სპეციალურად შევისწავლეთ სულფჰიდრილის ჯგუფების განაწილება სხვადასხვა ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალის მქონე საღებავების თანდასწრებისას. მიღებული შედეგებიდან (იხ. ცხრილი 2) ჩანს, რომ თავის ტენის ჰომოგენატში SH-ჯგუფების განაწილებაზე გავლენას ახდენს გარემო არეს ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალის სიდიდე. როცა ქოლინესთერაზული აქტივობა მაქსიმალურადაა შეკავებული (მს), SH-ჯგუფების რაოდენობა, საკონტროლოსთან შედარებით, 62,9%-ს აღწევს. ვალოციანინისა და ნილის სილურჯის თანდასწრებისას SH-ჯგუფების რაოდენობა მხოლოდ 8—10%-ით არის შემცირებული. სინკუბაციო არეში ინდიგოკარმინის დამატებისას ($E_0' = -125$ მვ) ქოლინესთერაზული აქტივობა და SH-ჯგუფების რაოდენობა პრაქტიკულად არ იცვლება. როგორც სურ. 2-დან ჩანს, ფერმენტული აქტივობის მრუდი საღებავების თანდასწრებისას SH-ჯგუფების რაოდენობის ცვლილებასთან სრულ შენაბამისობაშია.

ცნობილია, რომ ქოლინესთერაზა არ ეკუთვნის ისეთი ფერმენტების ჯგუფს, რომელთა აქტიურ ცენტრში წარმოდგენილია აღდგენილი სულფჰიდრილის ჯგუფები, მაგრამ როგორც ირკვევა, აპოფერმენტში სულფჰიდრილის ჯგუფების განაწილებას გარკვეული მნიშვნელობა უნდა ენიჭებოდეს ფერმენტის მოქმედებაში. დაბალი ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალით არ ხდება ცვლილება SH-ების განაწილებაში (ინდ). იმ შემთხვევაში, თუ ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალი—125 მვ-დან +11 მვ-მდე იზრდება, ფერმენტში მცირდება SH-ჯგუფების რაოდენობა და იქმნება ისეთი პირობა, რაც ხელს უშლის ფერმენტის აქტიურ ცენტრს დაიკავშიროს სუბსტრატს. ეს მნიშვნელობა შედარდება დაბალი რედოქსი პოტენციალის პირობებში; გარემო არეს მაღალი ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალის გავლენა კი სხვა მიზეზებით უნდა იქნეს გამოწვეული.

ცნობილია, რომ SH-ჯგუფები მოლეკულური ქანგვადით უშუალოდ ძნელად იქანგვებიან. რეაქციის კატალიზისათვის საჭიროა აქტიური საწყისი კატა-

ლიზატორის სახით, მაგ., რკინა ან ისეთი უკუქცევადი ქანგვა-ალდგენითი სისტემები, რომლებიც შუამავლის როლს ასრულებენ ქანგვადსა და SH-ჯგუფებს შორის (მაგ., ქანგვა-ალდგენითი საღებავები). ვფიქრობთ, ეს უნდა იყოს იმის მიზეზი, რომ საღებავების თანდასწრებისას ფერმენტული აქტივობა და SH-ჯგუფების რაოდენობა თავის ტვინის ჰომოგენატში მცირდება (მს, იან და სხვა).

დასკვნა

შესწავლილია თეთრი თავის თავის ტვინის ჰომოგენატის ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე ქანგვა-ალდგენითი საღებავების გავლენა.

გარემო არეს ქანგვა-ალდგენითი პოტენციალის შემცირებასთან ერთად +11-დან —30 მგ-მდე ქოლინესთერაზული აქტივობა მაქსიმალურად კავდება. ქანგვა-ალდგენითი პოტენციალის შემდგომი შემცირებით — 125 მგ-მდე ან გადიდებით +335 მგ-მდე, ფერმენტული მოქმედება მატულობს და ნორმას უბრუნდება. ქოლინესთერაზული აქტივობის შეკავებასთან ერთად მეთილენის სილურჯის თანდასწრებისას აღინიშნება თავის ტვინის ჰომოგენატში SH-ჯგუფების რაოდენობის შემცირება. საინკუბაციო არეში გალოციანინისა და ნილის სილურჯის დამატებისას ფერმენტული აქტივობა, საკონტროლოსთან შედარებით, შესაბამისად 40—47%-ს აღწევს, SH-ჯგუფების რაოდენობა კი 8—10%-ით მცირდება. დაბალი პოტენციალის მქონე საღებავი ინდიგოკარმინი ($E_0' = -125$ მგ) გავლენას არ ახდენს ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე და თავის თავის ტვინის ჰომოგენატში SH-ჯგუფების განაწილებაზე.

თავის თავის ტვინის ჰომოგენატის ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე ქანგვა-ალდგენითი საღებავების გავლენა აიხსნება ფერმენტის ზედაპირზე იონიზირებული მუხტების გადანაწილებით და აპოფერმენტის რედოქსი პოტენციალის შეცვლით SH-ჯგუფების დაქანგვის შედეგად.

შრომაში მოცემულია თეორიული შეხედულება ნერვული სისტემის ქოლინესთერაზულ აქტივობაში SH-ჯგუფებისა და ქანგვა-ალდგენითი პოტენციალების დამოკიდებულების შესახებ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციის მოთველა 29.1.1966)

БИОХИМИЯ

Н. Г. АЛЕКСИДЗЕ

ВЛИЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
 НА ХОЛИНЭСТЕРАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА
 БЕЛЫХ МЫШЕЙ

Резюме

Изучено влияние окислительно-восстановительных красителей на холинэстеразную активность головного мозга белых мышей. В качестве редоксисистем были использованы обратимые редокс-красители: дихлорфенолиндифенол ($E_0' = +217$ мв), мурексид ($E_0' = +151$ мв), галоцианин ($E_0' = +21$ мв), метиленовая синь ($E_0' = +11$ мв), янус зеленый ($E_0' = -35$ мв), нильская голубая ($E_0' = -116$ мв), индигокармин ($E_0' = -125$ мв).



Установлена определенная зависимость между ферментативной активностью и величиной редокспотенциала.

При уменьшении редокспотенциала от +11 до -30 мв холинэстеразная активность ингибируется максимально (судя по стандартным потенциалам красителей). Повышением редокспотенциала до +335 мв или уменьшением до -125 мв холинэстеразная активность вновь достигает нормы. Параллельно с торможением холинэстеразной активности в присутствии метиленовой сини наблюдается уменьшение количества SH-групп в гомогенате головного мозга мышей на 37,1%. При добавлении в инкубационную среду галоцианина или нильской голубой ферментативная активность составляет соответственно 40—47% контроля, а количество SH-групп уменьшается на 8—10%.

Редоксистемы с низким окислительно-восстановительным потенциалом (например, индигокармин $E_0' = -125$ мв) не оказывают влияния на холинэстеразную активность и на распределение SH-групп.

Влияние окислительно-восстановительных красителей на холинэстеразную активность головного мозга белых мышей объясняется изменением редокспотенциала фермента в результате окисления сульфгидрильных групп.

შედეგების დასკვნები — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Г. Алексидзе. Влияние редокспотенциала внешней среды на чувствительность мышцы к ацетилхолину. Биофизика, т. 7, вып. 5, 1962.
2. И. Л. Брик, А. П. Бресткин и В. А. Яковлев. Взаимодействие эфиров N-метилкарбаминовой кислоты с ацетилхолинэстеразами головного мозга белых мышей и мясных мух. Биохимия, т. 29, вып. 6, 1964.
3. K. V. Augustinsson. Methods of biochemical analysis. Ed. by David Glick, N. Y., 1957.
4. Ю. М. Торчинский. Аргенто- и меркуриметрическое определение содержания SH-групп в сыворотке крови и гомогенате мозга кошки. Бюлл. exper. биол. и мед., т. 12, 1958, 108.
5. P. Reiss. L'action du potentiel d'oxydation-reduction du milieu sur la protéolyse de la pulpe de rate. C. R. Soc. biol., 128, 1938.
6. J. Sizer, A. Tytell. The activity of crystalline urease as a function of oxidation-reduction potential. J. Biol. Chem., 138, 2, 1941.
7. Д. Нахманзон. Перспектива исследования молекулярных основ активности нервов. Молекулярная биология. Изд. «Наука», 1964.
8. Химические реактивы и препараты, Госхимиздат, 1953.
9. E. Conway. La methode des indicateurs nucleaires dans l'etude des transports actifs d'ions. Pergamon Press, 1959.
10. X. С. Коштоянц. Белковые тела, обмен веществ и нервная регуляция. Изд. АН СССР, М., 1952.
11. П. А. Кометани. Влияние окислительно-восстановительного потенциала на распределение электролитов в дрожжевой клетке. Труды Тбилисского гос. ун-та, т. 46, 1952.

ზ. წარათელი

ახალგაზრდა ტექტონიკური მოძრაობების როლი ჯავახეთის
ვულკანური მთიანეთის რელიეფის ძირითადი ფორმების
ჩამოყალიბებაში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ალ. ჯავახიშვილმა 10.1.1966)

ჯავახეთის ვულკანური მთიანეთის რელიეფის თანამედროვე ფორმების ჩამოყალიბებაში ეგზოგენურ ფაქტორებთან ერთად წამყვან როლს ახალგაზრდა ტექტონიკური მოძრაობები ასრულებს. ეს უქანასკნელი დაიწყო მიოცენში, გრძელდებოდა მთელი მეოთხეულის მანძილზე და დღესაც მიმდინარეობს. ამავ პერიოდს ემთხვევა ვულკანების ინტენსიური გამოვლინება, რის შედეგადაც ამოღვრილი მყავე და ფუძე ქანების ქვეშ განამარხდა სუბსტრატის ღენუღირებული რელიეფი და იმ დროს არსებული ძველი ტექტონიკური სტრუქტურები.

ჯავახეთის მთიანეთი, ჰ. გამყრელიძის მონაცემებით [1], ჯავახეთის ზონაში ანუ ართვინ-ბოლნისის ჩრდილო განაპირა ზოლში შედის. ე. მილანოვსკი [2] კი მას ვულკანური მთიანეთის თალური აზევეების ზონაში ანუ, უფრო სწორად, ახალქალაქის ვულკანური მთიანეთის ქვეზონაში ათავსებს.

ჯავახეთის ზონას ჩრდილოეთით ესაზღვრება აჭარა-თრიალეთის ნაოქა ზოლი. ამ ორი გეოტექტონიკურ ერთეულს შორის საზღვარს სხვადასხვა მკვლევარი სხვადასხვა ადგილზე აჩარებს. ახალი გეოლოგიური მონაცემების საფუძველზე, შეიძლება უფრო მართებულად ჩაითვალოს ის აზრი, რომ მათ შორის საზღვარი ჭობარეთის ანტიკლინის სამხრეთ ფრთის ძირში იქნეს გავლებული. სამხრეთ-აღმოსავლეთით იგი პროვდაგ-ყარაბახის აზევეების ზონას ებჯინება, რომელსაც ე. მილანოვსკი მის ჩრდილო-დასავლეთ გაგრძელებად თვლის, სამხრეთით კი მსხვილი ანტიკლინური აზევეებით, გეკდაღის ანუ ჩილდირის ქედით, ისაზღვრება.

ჯავახეთის ზეგნის გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობს ზედა მიოცენ-ქვედაპლიოცენური მყავე ეფუზივები, რომლებიც გაშიშვლებულია მაღლა აზიდული ქედებისა და ცალკეული გუმბათისებური მთების ფერდობებზე. მათი ფართობის დიდი ნაწილი, საკმაოდ ეროდირებული და უსწორმასწორო რელიეფით, განმარტებულია ზედაპლიოცენურ-მეოთხეულის ხნოვანების დოლერიტული და ანდეზიტური ლავის ნაკადების ქვეშ. ამ სხვადასხვა ასაკის და სხვა-

დასხვა პეტროგრაფიული შედგენილობის ეფუზიებიდან გაცილებით კარგად ემჩნევა დისლოცირების ხარისხი დოლერიტული ლავის ნაკადებს, რომლებიც ახალქალაქის წყების სახელითაა ცნობილი.

საკვლევი მხარის ამ ნაწილში ახალგაზრდა ტექტონიკურმა მოძრაობებმა, რომლებიც გამოვლინდა ძირითადად პლიკატურ დისლოკაციებში და იშვიათად ვერტიკალურ გადაადგილებებში, შესამჩნევი დეფორმირება შეიტანეს ახალგაზრდა ლავური ნაკადების პირველადი რელიეფის მოხაზულობაში. მათგან შექმნილი სტრუქტურები. მოკლე და ვიწრო ნაოჭებით, მკაფიოდაა გამოხატული რელიეფში. ანტიკლინური სტრუქტურები იძლევიან დადებით ფორმებს, სერებს, ქედებსა და ცალკეულ გუმბათურ ამალელებებს, რამდენიმე ათეული მეტრის შეფარდებითი სიმაღლეებით, ხოლო სინკლინური — შესაბამისად დებრესიებს, ქვაბულებს. მათი უმრავლესობა ან ტბიური ნალექებითაა ამოვსილი და იდეალურ ვაკე ზედაპირებს ჰქმნიან, ან კიდევ ტბებითაა დაკავებული.

მეოთხეული ლავური ნაკადების რელიეფის ტექტონიკური დეფორმაციის ნიშნები განსაკუთრებით მკაფიოდაა გამოსახული ახალქალაქის პლატოს ჩრდილო და სამხრეთ პერიფერიებზე, კერძოდ, კობარეთ-ტაბისყურისა და კარწახფარავნის ქვერაიონებში.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ნაოჭები, რომლებიც საკმაოდ კარგადაა გამოხატული რელიეფში, გაწოლილია ძირითადად სამხრეთ-დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით. ასეთი მიმართულება აქვს, მაგ., აზმანის, მურაკვალის, დილიფის, ვარენის, მურჯახეთის, აზავრეთისა და სხვა ანტიკლინურ სერებს და მათ შორის მდებარე სინკლინურ დებრესიებს. ქვემოთ ვიძლევიტ ამ მსხვილი ნაოჭების მორფოლოგიურ დახასიათებას.

ჯავახეთის ზეგნის ჩრდილო პერიფერიული ნაწილი, რომელიც საკმაოდ მაღალ ჰიფსომეტრიულ (1800—2500) მდებარეობას იკავებს, მოქცეულია თრიალეთის ქედის აღმავალ მოძრაობაში [3]. აქ კარგადაა გამოსახული ბრახნი-ანტიკლინური ნაოჭების კულისისებური აგებულება. ასე, მაგალითად, ანტიკლინური ნაოჭები, რომლებიც სხვა ადგილებთან შედარებით სუსტადაა გამოხატული რელიეფში, ფიქსირებულია სოფ. მოდეგასა და სოფ. ბალანტასთან. მოდეგას სამხრეთ-აღმოსავლეთით, ხევში, ჩანს ანტიკლინის ღერძი, დოლერიტებით აგებული. მისი სამხრეთი ფრთა ეცემა 15° -იანი კუთხით, ხოლო ჩრდილო ფრთის დაქანების კუთხე $5-7^{\circ}$ არ აღემატება.

სოფ. ბალანტას რაიონში ფიქსირებულ წაგრძელებულ ჩადაბლებაში კარგადაა გამოსახული სინკლინური ბუნება; აქ დოლერიტები ეცემიან სინკლინის ღერძის მიმართულებით. ამასთან, სინკლინის ჩრდილო ფრთაში დოლერიტების დაქანების კუთხე არ აღემატება 15° , როცა სამხრეთ ფრთაში იგი $25-35^{\circ}$ აღწევს.

მოლითის სინკლინის ჩრდილოეთით, 2405 მ სიმაღლეზე, დოლერიტულა ლავებით აგებული ამავე სახელწოდების ანტიკლინური ამალეება მდებარეობს, იგი თავისი მდებარეობითა და მიმართულებით ემთხვევა სანტა-აერალოს (წალკის ქედი) ანტიკლინური სერის ვაგრძელებას. მოლითის სერს აქვს პლატოს-მაგვარი, კარგად მოვაკებული ზედაპირი. ანტიკლინის სამხრეთი ფრთა ნაკლე-

ბადაა დაქანებული. ამრიგად, მოლითის ანტიკლინური სერი, მსგავსად ახალქალაქის პლატოს ჩრდილო პერიფერიაზე არსებული ნაოჭებისა, ასიმეტრიული ბუნების მატარებელია.

მოლითის ანტიკლინური სერის დასავლეთით მდებარეობს ალუვიური, ტბიური ნალექებით ამოვსილი უდაბნოს სინკლინური დეპრესია. მისი ზედაპირი წარმოადგენს იდეალურ ვაკეს, რის გამოც მდ. ქციას ზემო წელში გამოუმუშავებია ტბიური მუხლები.

ახალქალაქის პლატოს ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში, ნატუსის თავიდან სოფლების — გოკიო-აზვარეთის ზოლზე, სამხრეთ-დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით გადაჭიმულია აზვარეთ-ნატუსისთვის ანტიკლინური ამაღლება. იგი აგებულია დოლერიტული ლავებისაგან, რომლის შეფარდებითი სიმაღლე ახალქალაქის პლატოს ზედაპირიდან 300—500 მ ფარგლებში მერყეობს. დოლერიტების ამ სიმაღლეზე ატანა უნდა იყოს ანარეკლი თრიალეთის ქედის ინტენსიური აზვეებისა მეოთხეულში. ამ ანტიკლინური აზვეების — ტექტონიკური მუხლის (პ. გამყრელიძის მონაცემებით [1]). ჩრდილო დამრეცი ფერდობი 10°-მდე დახრის კუთხით თანდათანობით გადადის სამხრეთით დახრილ ფაფახის პლატოსმაგვარ რელიეფში, მაშინ, როდესაც მისი სამხრეთი ფრთა 30—50°-იანი კუთხით ციცაბოდ ეშვება ახალქალაქის პლატოსაკენ. ანტიკლინური სერის თალი, მასზე აწვდილი სხვადასხვა სიმაღლის მწვერვალების შედეგად, ტალღურ-ბორცვიანია. მეორე მხრივ, ეს მთლიანი ამაღლება დანაწევრებულია ცალკეულ მონაკვეთებად მდ. ჭობარეთის, თეთრობის, ბურხაშეთისა და გოდოლარის ღრმად ჩაჭრილი კანაონისმაგვარი ხეობებით.

მეორე ანტიკლინური სერი, რომელიც ნატუსისთავი-აზვარეთის ანტიკლინური აზვეების სამხრეთით მდებარეობს, ცნობილია ვარგავ-ალასტანის ამაღლებად. იგი იწყება სოფ. ვარგავთან, მიემართება აღმოსავლეთით და სოფ. ალასტანის რაიონში იძირება, ე. წ. ალასტანის სინკლინურ დეპრესიაში. ანტიკლინური სერი ასიმეტრიულია: მისი ჩრდილო ფერდობი მოკლეა და ეცემა 15°-იანი კუთხით; სამხრეთით: კი 25°-იანი კუთხით.

ვარგავან-მურჩუმტეპეს ანტიკლინური სერი ვიწროა და გადაჭიმულია სამხრეთ-დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით. მისი რელიეფი გართულებულია რამდენიმე გუმბათური, ანტიკლინური ნაოჭით. მათი ანარეკლი რელიეფში გამოხატულია მთა მურჩუმტეპესა და რიგი უსახელო ამაღლებებით. ამ შედარებით მსხვილი ნაოჭების გარდა, ახალქალაქის პლატოს ჩრდილო ნაწილში კარგადაა გამოსახული რამდენიმე ანტიკლინური სერი. ამ სხვადასხვა მიმართულების ნაოჭებით, როგორც არის ქოთელისა, ზაკის, ტურცის, ბარალეთისა და სხვ. დასერილია პლატოს ზედაპირი. მათი შეფარდებითი სიმაღლეები ახალქალაქის პლატოს ზედაპირიდან 20—30 მ აღწევს.

ზემოთ ჩამოთვლილი ანტიკლინური სერები გამოყოფილია ერთიმეორისაგან ფართო სინკლინური დეპრესიებით, რომელთა ძირები ამოვსილია დელუვიური და ალუვიური ტბიური ნალექებით. ამ ნალექებზე განვითარებული რელიეფი იდეალური ვაკე ზედაპირების მატარებელია. ამ დეპრესიებიდან აღსანიშნავია ბარალეთის დეპრესია, სადაც ალუვიურ-ტბიური ნალექების სიმძ-

ლავრე, ჭაბურღილების მონაცემებით, 28 მ აღწევს. მის იდეალურ ვაკე ზედაპირზე მიედინება მდ. ბარალეთისწყალი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია მეანდრების გაჩენა და კალაპოტის სანაპირო ზოლის ძლიერი დეპოზიტი. ამ დეპოზიტის გენეზისის შესახებ მკვლევართა შორის არსებობს აზრთა სხვადასხვაობა. მკვლევართა უმრავლესობა მის წარმოშობას უკავშირებს მდ. ბარალეთისწყლის გადაკეტვას დოლერიტების ლავის ნაკადების და ზაკის შლაკური კონუსის გაჩენის შედეგად. ჩვენი აზრით, ამ დეპოზიტის გაფორმებაში დიდი როლი შეასრულა ტექტონიკურმა მოძრაობებმა, კერძოდ, ქოთელიას ანტიკლინის წარმოქმნამ, რომლის აღმოსავლეთით განვითარდა ე. წ. ბარალეთის სინკლინური დეპრესია.

რელიეფის ტექტონიკური დეფორმაციის ნიშნები კიდევ უფრო კარგადაა გამოსახული ახალქალაქის პლატოს სამხრეთ-დასავლეთ პერიფერიულ ნაწილში. ამ სტრუქტურებიდან აღსანიშნავია: აზმანის, მურაკეალისა და დილიფის ანტიკლინური სერები, მათ შორის მდებარე სინკლინური (აზმანის, ხავეთის, კარძახისა და ხანჩალის) დეპრესიებით.

აზმანის სინკლინი მდებარეობს ამავე სახელწოდების სოფლის ტერიტორიაზე და მორფოლოგიურად წარმოადგენს საკმაოდ ფართო დეპრესიას. იგი აგებულია ახალქალაქის წყების დოლერიტული ქანებით. ნაოჭის ფრთები ძლიერაა ვაშლილი; მულდა ამოვილია ალუვიურ-ტბიური ნალექებით. მის იდეალურ ვაკე ზედაპირზე მდ. აზმანა ინვითარებს კარგად გამოსახულ მეანდრებს.

აზმანის სინკლინური დეპრესიის სამხრეთით, 9 კმ მანძილზე, გაკიშულია განედურად ამავე სახელწოდების ანტიკლინური ახვევა. იგი წარმოადგენს მორფოლოგიურად მდ. აზმანისა და კოდალაწყლის წყალგამყოფ ქედს. ნაოჭის ღერძი ქედის თხემის თანხვედრილია. ქედი აგებულია ახალქალაქის წყების ოლივიანი დოლერიტებით. იგი ასიმეტრიული ბუნების მატარებელია. მისი ჩრდილო ფერდი ციცაბოდ ეცემა, სამხრეთი კი შესამჩნევად დამრეცია. მისი ფერდობები მძლავრი დელუვიური საფართო დაფარული; ადგილ-ადგილ ამოჩრილია დოლერიტების კლდოვანი შვერილები. თხემური ნაწილი საკმაოდ ბრტყელი და ფართო ზედაპირის მქონეა.

მურაკეალის ანტიკლინური სერი აგებულია ახალქალაქის წყების ეფუზიური წარმონაქმნებით. იგი თავისი ჰიფსომეტრიული მაჩვენებლებით ბევრად აღემატება აზმანის ანტიკლინურ სერს. ანტიკლინური სერის ღერძულ ნაწილში მდებარეობს ვულკანური ცენტრი შლაკური კონუსით — მთა ქოროლდი. ანტიკლინი ასიმეტრიულია; მისი ჩრდილო ფრთა ეცემა 45° კუთხით, ხოლო სამხრეთი 15° -იანი კუთხით. ამ ანტიკლინურ ამალეებას სახელმწიფო საზღვარიდან მთა ქოროლამდე აქვს განედური მიმართულება, უკანასკნელად იღებს აღმოსავლეთურ მიმართულებას და სულდის ოროგრაფიულ დეპრესიაში იძირება. სულდის დეპრესიიდან იწყება მეორე ამალეება — გიუნეის მთა, რომელიც სოფ. ვაჩიანამდე აღწევს. ამ ამალეებას ლ. მარუაშვილი [5] მურაკეალის ქედის გაგრძელებად თვლის; ახალი მონაცემებით, გიუნეის ამალეება წარმოადგენს ვულკანურ მთას, რომლის ფართო თხემზე განლაგებულია ვულკანური კონუსები: გიუნეი, ოკამი, სურპისარი და სხვა.

ამ ორ, მურაკველსა და აზმანის, ანტიკლინურ სერს შორის მოთავსებულია საკმაოდ ფართო სინკლინური დეპრესია — ხავეთის სინკლინი. იგი გადაჭიმულია სამხრეთ-დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით, 10 კმ სიგრძეზე. მის აგებულებაში მონაწილეობას დებულობს ახალქალაქის წყების დოლერიტული და ბაზალტური ქანები. ვულკანოგენური ფორმაციები გაშიშვლებულია სინკლინის ფრთებში, მულდა კი ამოვსილია ალუვიურ-ტბიური და სუფთა ტბიური (თიხები და ქვიშები) ნალექებით. ამ ნალექებში ნახულ იქნა ფაუნა dreissenia SP. ეს ნალექები ზემოდან დაფარულია მძლავრი დელუვიით. უკანასკნელი განიცდის ძლიერ დამეწყვრას, რის შედეგადაც ხავეთის სინკლინური დეპრესიის რელიეფი ტალღობრივი და გორაკ-ბორცვიანია.

მურაკვალის ანტიკლინური ქედის სამხრეთით მდებარეობს კარწახის სინკლინური დეპრესია. იგი იწყება სოფ. ბოზალის გადასასვლელიდან და სოფ. ფილიპოვკასა და სოფ. კარწახზე გავლით უერთდება ხოზაფინის დეპრესიას. ამ უკანასკნელის უდიდესი ნაწილი ხოზაფინის ტბას უკავია.

დილიფის ანუ ხანჩალის ანტიკლინური სერი ხანჩალის ტბის დეპრესიას გამოჰყოფს ახალქალაქის პლატოსაგან, კერძოდ დილიფ მონდრიოს ვაკისაგან. მის აგებულებაში მონაწილეობენ ქისათიბის წყების ანდეზიტო-დაციტები და ახალქალაქის წყების დოლერიტული ლავები. სერის ანტიკლინური ბუნება დგინდება დოლერიტების დაქანებით. ანტიკლინის ჩრდილო ფრთაზე ანდეზიტო-დაციტურ ქანებზე განლაგებული დოლერიტების დაქანების კუთხე თხემთან ახლო 70°-ს უდრის, ქვემოთ თანდათან მცირდება და ჩამოდის 25°-მდე; სამხრეთ ფრთაში კი დოლერიტების დაქანების კუთხე 10—12° არ აღემატება. ამრიგად, ანტიკლინური სერი მკვეთრად ასიმეტრიულია. ანტიკლინის ღერძის მიმართულება განედურია და სერის თხემურ ნაწილს ემთხვევა. სერი აზიდულია საგრძნობ სიმძლავრეზე. მის სამხრეთ ნაწილში, სოფ. დელიფის რაიონში, მდებარეობს ახალგაზრდა შლაკური კონუსი, რომლის მორფოლოგია იმაზე მიუთითებს, რომ პიროკლასტური მასალის ამოფრქვევა მოხდა ანტიკლინის ამოხვეების შემდეგ.

დილიფის სერის სამხრეთ-აღმოსავლეთით და მეკდალის ქედის ჩრდილო ფერდობის ძირში მდებარეობს ფართო სინკლინური დეპრესია. დეპრესიის ძირი დაკავებული აქვს ხანჩალის ტბას. დეპრესია აგებულია დოლერიტული ლავებით; უკანასკნელი ზემოდან დაფარულია საკმაოდ მძლავრი ალუვიურ-ტბიური და საკუთრივ ტბიური ნალექებით. ამ სინკლინური დეპრესიის აღმოსავლეთ კიდეზე (სოფ. ხანჩალის რაიონში) 1300 მ სიღრმეზე ჭაბურღილით ვერ ვადაიკვთა ლავის ქვეშა სუბსტრატე. აღნიშნული ფაქტი სუბსტრატის ღრმად დაძირვის უდავო მაჩვენებელია. ამასვე მიუთითებს ამ რაიონში ჩატარებული გეოფიზიკური (ვერტიკალური ელექტრობროფილირება) გამოკვლევები.

ჯავახეთის ზეგნის სამხრეთ კიდეზე კარგადაა გამოხატული ტექტომორფული რელიეფი — გეკდალის ანტიკლინური ქედი. ეს განედური ქედი გადაჭიმულია 60 კმ სიგრძეზე; მისი სიგანე ტბა ხანჩალის მერიდიანზე 15 კმ უდრის. ქედი ძირითადად აგებულია მჟავე ეფუზიური ქანებით — ანდეზიტებითა და ანდეზიტო-დაციტებით; მთა გეკდალზე გაშიშვლებულია ახალქალაქის პლატოს

ამგებელი დოლორიტები. ამ სიმაღლეზე დოლორიტების არსებობა, რომლის ცენტრი მურაკველის ქედზე, კერძოდ, ქეროლოზე უნდა მდებარეობდეს, მიუთითებს ქედის აზევეების ამპლიტუდზე დოლორიტების ამოღების შემდეგ. აზევეების ამპლიტუდა 900—1000 მ შეადგენს. ახალქალაქის პლატოდან თხემური ნაწილი გორაკ-ბორცვიანი ტალღური რელიეფის მქონეა. ქედის ჩრდილო ფერდობი დაფარულია მძლავრი დელუვიური ნალექებით და დანაწევრებულია ღრმად მდინარეთა ხეობებით.

გარდა ამისა, ქედის ფერდობზე, ასევე მის თხემურ ნაწილში, განლაგებულია სიღრმით რღვევებთან დაკავშირებული ახალგაზრდა ლავებისა და პიროკლასტური მასალის მომცემი ვულკანური ცენტრები. ეს რღვევები, რომელიც აქ არსებული ახალგაზრდა ვულკანური ცენტრების განლაგებით დგინდება, განედური მიმართულებისაა. განედური მიმართულებისაა აგრეთვე ქედის ჩრდილოეთით არსებული ორი რღვევა: 1. ქეროლი-გიუნეი-ოკამი და 2. სულდა-ტაშკალა. ჩამოთვლილ რღვევებთან დაკავშირებული პუნქტები ემთხვევა უშუალოდ ვულკანური ცენტრების (შლაკური კონუსების) გადაკვეთას.

ამრიგად, ჯავახეთის ზეგნის სამხრეთ ნაწილში გვაქვს სამი განედური მიმართულების რღვევა, რომლებთანაც დაკავშირებულია ვულკანური ცენტრები. დასასრულ, აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ახალგაზრდა ტექტონიკურმა მოძრაობებმა რელიეფის დეფორმირებასთან ერთად მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა ჰიდროგრაფიული ქსელის განვითარებასა და მიმართულებაში. ასე, მაგალითად, მდ. ფარავნის შენაკადები მიედინებიან რელიეფის დახრის მიმართულებით, რაც გამოწვეულია ახალქალაქის პლატოს აზევეებით ჩრდილო და სამხრეთ პერიფერიაზე. აღსანიშნავია აგრეთვე ის ფაქტი, რომ მდ. მტკვრის და ფარავნის შენაკადებისათვის დამახასიათებელია შებრუნებული ჰიდროგრაფიული მრუდის არსებობა, რაც გამოიხატება იმაში, რომ მათი დახრა ზემო წელში მცირეა, ხოლო ქვემო წელში შესამჩნევად იზრდება და ჩანჩქერებით გამოირჩევა.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის შემდეგ შეგიძლია დავასკვნათ, რომ მესამეულის დასასრულისა და მეოთხეული დროის ახალგაზრდა ტექტონიკურმა მოძრაობებმა, რომელზედაც მიუთითებს ახალგაზრდა ლავების დანაოჭება, მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს ჯავახეთის ზეგნის პირველადი რელიეფის გარდაქმნაში და თანამედროვე რელიეფის მსხვილი ფორმების ჩამოყალიბებაში. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვლიდა 25.1.1966)

ГЕОГРАФИЯ

Д. Д. ЦЕРТЕЛИ

РОЛЬ НОВЕЙШИХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ОСНОВНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА ДЖАВАХЕТСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ

Резюме

Во время проведения крупномасштабной геологической съемки Джавахетского вулканического нагорья в течение нескольких лет мы

пришли к выводу, что в формировании основных форм современного рельефа большую роль играли новейшие тектонические движения, начавшиеся в миоцене и продолжавшиеся в четвертичном периоде.

В геотектоническом отношении П. Д. Гамкрелидзе [1] относит Джавахетское нагорье к крайней северной части Арвинско-Болнисской глыбы, Е. Е. Милановский [2] же — к подзоне Ахалкалакского вулканического нагорья.

Вся площадь Джавахетского нагорья покрыта мощными миоценовыми и плейстоценовыми вулканическими образованиями, вследствие чего завуалировано строение подлавого субстрата.

На исследованной территории в области развития Ахалкалакской свиты хорошо заметна дислоцированность слагающих пород. Складки в основном покровного характера, широко раскрытые и короткие.

В северной части исследованной территории наблюдаются четкие следы довольно резких воздыманий Ахалкалакского плато, где фиксируются вытянутые в субширотном направлении кулисообразно расположенные возвышенности антиклинального строения и широкие мульдообразные понижения. Поднятие северной части Ахалкалакского плато вызвано орогенетическими движениями, захватывающими всю Аджаро-Триалетскую складчатую систему.

Складки четко выражены также в рельефе юго-западной и южной частей Ахалкалакского плато, где общее простираие складок приближается к широтному. Углы падения крыльев складок колеблются в пределах 10—25°, достигая иногда 70°. Эти антиклинальные складки и разделяющие их синклинали хорошо выражены в рельефе: антиклинали совпадают с положительными формами рельефа, которые образуют гряды и куполообразные возвышенности. На них группируются центры извержения основных эффузивов и экструзионных материалов. Синклинали с отрицательными депрессиями и блюдцевидными понижениями заполнены аллювиально-озерными отложениями. Поверхность их ровная и представляет собой идеальную плоскость.

В связи с новейшими тектоническими движениями произошли изменения рельефа, а также перестройка гидрографической сети и формирование молодых долин в верховье бассейна Ахалкалакисцкали.

На основе изучения молодых дислоцированных лав и тектонических структур Джавахетского нагорья мы приходим к заключению, что в формировании современных крупных форм рельефа основную роль играли неотектонические и новейшие движения.

დავითიშვილის ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. Д. Гамкрелидзе. Геологическое строение Аджаро-Триалетской складчатой системы. Ин-т геологии и минералогии АН ГССР, Монографии, № 2, 1949.
2. Е. Е. Милановский. Геология Армянской ССР, т. I, Геоморфология. Изд. АН АрмССР, 1962.
3. Схиртладзе. Постмиоценовый эффузивный вулканизм Грузии. Ин-т геологии АН ГССР, Монографии, № 8, 1959.



ГЕОЛОГИЯ

С. И. КУЛОШВИЛИ, В. М. ШАПОШНИКОВ

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО
МЕТОДА ПОИСКОВ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР В
МЕЖОЧНЫХ ВПАДИНАХ (НА ПРИМЕРЕ КАРТАЛИНСКОЙ
ДЕПРЕССИИ)

(Представлено академиком П. Д. Гамкрелидзе 23.12.1965)

Морфометрический метод поисков тектонических структур (В. П. Философов) стал применяться в геологической практике сравнительно недавно, с 1958 г. Проведенные за эти годы исследования в платформенных условиях Саратовской, Куйбышевской, Волгоградской, Оренбургской областей и Ставропольского края показали эффективность и высокую экономичность этого нового метода поисков локальных поднятий [1, 2].

Сущность метода заключается в выявлении тектонических структур по топографическим картам на основании изучения закономерностей процессов размыта земной поверхности.

Топографические карты в достаточной мере отображают рельеф местности. По рисунку гидрографической сети и междуречий на этих картах можно выделить области с преобладанием эрозионно-денудационных процессов от участков аккумуляции. По ним можно с большой степенью точности определять горизонтальную и вертикальную расчлененность рельефа, глубину вреза речных долин и производить ряд других морфометрических измерений.

В результате поднятия местности над уровнем моря расчлененность рельефа возрастает, а следовательно, увеличиваются глубина вреза долины и топографическая поверхность (площадь с учетом всех наклонов местности и высоты над уровнем моря). Наоборот, при опускании земной поверхности глубина долины уменьшается за счет заполнения их аккумулятивным материалом. Незначительные по глубине долины могут великом заполниться осадками и прекратить свое существование как пониженные формы рельефа. В случае опускания относительная высота водоразделов над долинами понижается, величина топографической поверхности уменьшается и приближается к картографической, т. е. к проекции топографической поверхности на эллипсоид, принятый в геодезии за поверхность земли.

Морфометрический метод основан на том положении, что рельеф в пределах антиклинальных поднятий всегда значительно расчленен. Максимальное расчленение, как правило, приходится на крылья антиклинальных структур. Рельеф же тектонических впадин, в том числе и имеющих обращенное строение, размыт значительно менее интенсивно. Здесь же обычно наблюдается небольшая расчлененность рельефа.

Общезвестно, что значения силы тяжести тесно связаны с высотой местности, уменьшаясь при повышении рельефа и, наоборот, увеличиваясь при его понижении. Благодаря значительным градиентам силы

тяжести, существующим на границах тектонических поднятий и опусканий (т. е. антиклиналей и синклиналей), размыв поверхности в пределах крыльев складок, даже погребенных под чехлом более молодых недислоцированных пород, обычно идет более усиленно, чем в пределах тектонических впадин. Эта интенсивность размыва фиксируется на топографических картах и выявляется морфометрическим методом.

Таким образом, морфометрический метод исследования связи рельефа с тектоническими поднятиями основан на изучении вышеописанных закономерностей развития рельефа местности [2]. Морфометрический метод заключается в построении на топографической основе различных специальных карт: порядков долин и водоразделов, базисной поверхности, вершинной поверхности, остаточного рельефа и др. Затем эти карты подвергаются геолого-геоморфологической интерпретации, на основании чего составляется карта прогноза антиклинальных тектонических структур, благоприятных для скопления залежей нефти и газа. При изучении районов с резко выраженным рельефом пользуются топографическими картами масштаба 1:100 000. В условиях слабо расчлененного рельефа, при наличии небольших абсолютных и относительных высот, лучше всего использовать карты масштаба 1:50 000 или даже 1:25 000. Основой для всех морфометрических карт служат копии с топографических карт, на которых четко изображены гидрография и рельеф в горизонталях. При слабо расчлененном рельефе обязательно наносятся также дополнительные и вспомогательные горизонталы.

Карта порядков долин. Такая карта является основой для составления последующих морфометрических карт и поэтому должна составляться с особой тщательностью. На копии топографической карты наносятся долины рек, балок, ложбин стока и т. п. Затем определяются порядки этих долин по методу Хортона — Панова, уточненному В. П. Философовым. По этому способу долина, не принимающая ни одного притока, считается долиной первого порядка. Долина второго порядка образуется при слиянии двух долин первого порядка, долина третьего порядка возникает в результате слияния двух долин второго порядка и т. д. Впадение долины первого или второго порядка в долину третьего порядка не увеличивает ее категории.

Таким образом, порядок долины постепенно возрастает от верховьев к низовьям рек. Этот способ определения порядков долин дает возможность рассматривать долину в ее развитии, позволяя сравнивать с другими долинами. Порядок долин в сочетании с их формой служит одним из показателей тектонического строения местности. Так, тектоническим поднятиям соответствует быстрый переход низких порядков в более высокие. В пределах же тектонических впадин нарастание порядков долин идет медленно.

Карта базисной поверхности. Базисной поверхностью называется поверхность, проходящая по одноименным отметкам тальвегов долин. Последние для базисной поверхности являются как бы скелетом.

Для составления карты базисной поверхности на карте порядков долин отмечают пересечение горизонталями речных русел, а также тальвегов всех сухих долин. Получается ряд точек с одинаковыми высотами, которые соединяют плавными кривыми, называемыми изобазы-

тами. Последние имеют те же свойства, что и горизонтали. Изобазиты не могут проходить ниже одноименных горизонталей, а должны лишь касаться их в точках пересечения горизонталями тальвегов долин. Как и горизонтали, изобазиты не могут пересекаться друг с другом.

Совокупный рисунок изобазит дает изображение некоторой поверхности, которая приближается к поверхности местных базисов эрозии. Рисунок изобазит зависит от продольных профилей долин, входящих в данный бассейн, и от формы долинных систем, отражая характер тектонических движений со времени образования речной сети. В. Е. Ханн [3] отмечает, что форма продольного профиля рек отражает не только характер современной тектонической деформации их русел, но и движения большей продолжительности. Поскольку карта базисной поверхности является, по существу, картой продольных профилей рек, постольку по ней можно изучать движения земной коры. Для участков тектонических поднятий характерны малые заложения между изобазитами, а для площадей тектонических опусканий величина заложения возрастает в несколько раз.

Карта остаточного рельефа. Карта остаточного рельефа получается путем вычитания базисной поверхности из гипсометрической. Вычитание производится по точкам пересечения изолиний данных поверхностей. Отмечают точки пересечения, например, 600-метровой изобазиты с 800-метровой горизонталью. Здесь превышение второй над первой составляет 200 м. Затем находят точки пересечения изобазиты с отметкой 800 м и горизонтали с отметкой 1000 м, где превышение составляет те же 200 м. Полученные точки соединяют плавной кривой, именуемой 200-метровой изогипсопахитой, т. е. изолинией равных значений остаточных высот. Аналогично получают 300-метровую изогипсопахиту и т. д. Карта остаточного рельефа показывает, какой объем горных пород при современных геологических и физико-географических условиях подлжет дальнейшему уничтожению и смыву.

Для локальных антиклинальных поднятий с прямым рельефом остаточные высоты в пределах их сводовых частей образуют небольшие замкнутые участки. На крыльях таких антиклиналей остаточные высоты имеют большие мощности и овалы очертания небольших размеров, образуя в целом почти замкнутый эллипс или круг, внутренняя сторона которого оконтуривает антиклинальную складку. При локальных складках с обращенным рельефом отмеченные выше показатели сохраняются, за исключением сводовой части структуры, где в большинстве случаев отсутствуют остаточные высоты.

Таким образом, на карте базисной поверхности в сочетании с картой остаточного рельефа можно выделить локальные антиклинальные складки. В пределах антиклинальных структур изобазиты обычно сгущаются и приобретают V-образный и U-образный рисунок, обращенный вершиной к одной из периклиналей структуры. Остаточный рельеф, значительный по размерам и мощности, оконтуривает поднятие, а * для структур с прямым рельефом характерно, кроме того, наличие небольших по площади и мощности остаточных высот и в пределах свода.

Мы остановились лишь на основных приемах морфометрического метода, использованных нами при исследовании локальных поднятий в пределах Карталинской депрессии. Для детального анализа отдельных

антиклинальных структур, определения их амплитуды, прослеживания разрывных нарушений и т. п. необходимы составление ряда дополнительных морфометрических карт и их совместная интерпретация.

Следует иметь в виду, что применение морфометрического метода поисков структур ограничивалось до настоящего времени лишь платформенными равнинными областями с развитием прерывистой (по классификации В. В. Белоусова) складчатости. Карталинская депрессия представляет собой в геоструктурном отношении межгорную впадину и как по степени расчлененности рельефа, так и по морфологии развитых в ее пределах структурных форм занимает промежуточное положение между областями типично платформенного и типично геосинклинального строения. Проведенные нами морфометрические исследования показали возможность их применения и в условиях межгорной депрессии.

Морфометрические работы проводились по упрощенной методике с составлением карт порядков речных долин, базисной поверхности и остаточного рельефа второго порядка.

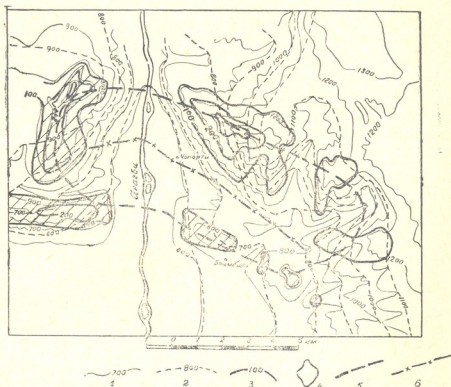
Рельеф исследуемой территории с точки зрения морфометрических построений очень неоднороден. Если в осевой части впадины (в Тирипонской и Мухранской долинах) заложение между основными горизонталями составляет 10—20 мм, то в бортовых ее зонах оно уменьшается до 1—0,5 мм, что очень затруднило построение карты базисной поверхности. Поэтому до высот с абсолютными отметками 900 м заложение изобазит принято равным 20 м, а выше оно составляет уже 100 м. Такое различное сечение базисной поверхности в пределах одного и того же района несколько осложняет интерпретацию морфометрических карт. Те же замечания относятся и к карте остаточного рельефа. Если в центральной части депрессии мощность остаточного рельефа колеблется от 20 до 60 м, то в бортовых частях она возрастает до 300 м. Размеры остаточных высот изменяются в самых широких пределах, от 1×1 км до 10×5 км.

Большинство выявленных морфометрических аномалий приурочено к северной части исследованной территории, к так называемой Громи-Бицмендской полосе поднятий. При этом наблюдается определенное совпадение поднятий, установленных морфометрическим методом со структурами, ранее установленными обычными геологическими и геофизическими методами.

Так, в восточной части Карталинской депрессии, в бассейне р. Арагви, выявлено поднятие, которое почти в точности совпадает с местоположением Чопортской и расположенной в 3 км южнее нее Бицмендской антиклиналей (черт. 1). Несколько западнее установлена крупная структура длиной до 18 км и шириной до 6 км, соответствующая как по своему положению, так и по размерам Мчадиджварской складке, строение которой известно по результатам геологосъемочных и буровых работ.

В междуречье Ксани и Междуды нами выявлено длинное и узкое антиклинальное поднятие, имеющее в восточной части широтное простирание, сменяющееся западнее р. Лехуры общекавказским. По своему местоположению это поднятие, по-видимому, соответствует Одзиской антиклинали, а также расположенным непосредственно к северо-западу от последней небольшим Орчосанской и Хурвалетской складкам [4].

Далее к северо-западу, в бассейне р. Меджуды, устанавливается еще одна крупная аномалия, длиной до 25 км и шириной до 5 км, совпадающая с расположенной здесь Громской брахиантиклиналью и надвинутая на нее с севера Метесманской антиклиналью [5]. Наличие этих



Черт. 1. Совмещенная морфометрическая карта района Чопортской и Бицмендской антиклиналей: 1—изобазиты 1-го порядка; 2—изобазиты 2-го порядка; 3—изогипсопахиты; 4—остаточные высоты; 5—контур свода антиклинальной складки, установленной по данным морфометрии; 6—ось Чопортской антиклинали, установленная по данным геологической съемки и бурения

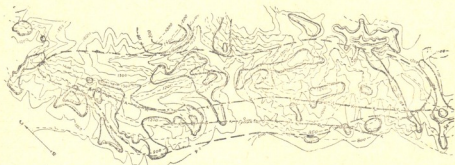
структур было установлено еще в 1937 г. А. Г. Лалиевым, а несколько позже они были детально изучены М. И. Варенцовым и Д. А. Булейшвили. В пределах Громской структуры производились также глубокое разведочное бурение и детальная сейсморазведка (черт 2).

Следует отметить, что если по данным геолого-геофизических исследований и структурно-поискового бурения в пределах описанной зоны известно по меньшей мере восемь самостоятельных антиклинальных поднятий, то на морфометрических картах выделяются лишь четыре обособленные аномалии. По-видимому, при сравнительно сложном геологическом строении две или несколько складок, расположенных в не-



посредственной близости друг от друга (Одзисская, Орчосанская и Курвалетская) или даже частично перекрывающие друг друга (Метесманская и Громская), выражаются в рельефе в виде одного поднятия, равного по величине и форме составляющим его отдельным структурам.

Характерной морфологической особенностью всех без исключения антиклинальных складок, развитых в зоне северного борта Карталинской депрессии, является их резко выраженная асимметрия, проявляющаяся в сочетании сравнительно пологих северо-восточных крыльев и крутых, нередко опрокинутых, юго-западных. Эта особенность строения антиклинальных структур находит свое отражение и на карте остаточного рельефа. Участки последнего, околнуривающие пологие северо-восточные крылья, имеют, как правило, крупные размеры и значительную мощность, местами превышающую 300 м. Наоборот, участки остаточного рельефа, расположенные вдоль опрокинутых юго-западных крыльев, обычно образуют небольшие замкнутые участки незначительной мощности (в среднем 60—100 м). Остаточные же высоты, расположенные в пределах сводовых частей структур как по размерам, так и по мощности занимают промежуточное положение.



Черт. 2. Совмещенная морфометрическая карта района Громской и Метесманской антиклиналей. Пример тектонического поднятия при прямом рельефе: 1—5—то же, что и на черт. 1; 6—оси Громской и Метесманской антиклиналей, установленные по данным геологической съемки и бурения

На западном борту впадины нами выявлено еще два довольно крупных поднятия северо-западного простирания. Одно из них расположено в среднем течении р. Большая Лиахва и в общих чертах совпадает с широкой и спокойной Цхинвальской антиклиналью [4]. Небольшие по размерам и мощности остаточные высоты хорошо околнуривают оба ее крыла и юго-восточную периклинали в районе г. Цхинвали. Второе поднятие расположено в бассейне р. Проне. О наличии здесь антиклинальной структуры в литературе сведений нет, поскольку большая часть этой территории закрыта недислоцированными четвертичными образованиями. Однако в самой западной части установленного поднятия обнажаются отложения сарматского яруса, в которых отмечается антиклинальный перегиб пластов. Наконец, еще одна морфометрическая аномалия выявлена уже в пределах южного борта депрессии, на правом берегу р. Дзамы, южнее ст. Карели. Это поднятие, длиной около 10 км и шириной 3 км, имеющее юго-запад-северо-восточное простирания

ние, свойственное структурам Триалетской складчатой системы, совпадает с положением Квемо-Лететской антиклинали, установленной М. И. Варенцовым [5]. Характерно, что и здесь остаточные высоты, оконтуривающие более пологое юго-восточное крыло, имеют значительно большую мощность, чем остаточные высоты, расположенные вдоль крутого северо-западного крыла.

В центральной части впадины, в пределах Мухранской и Тирипонской долин, характеризующихся слабо расчлененным рельефом и развитием широких террас и пойм, построить карту остаточного рельефа не представилось возможным. По-видимому, для выявления локальных поднятий в этой части Карталинской депрессии необходимо использование топографических карт более крупного масштаба.

В результате морфологических исследований, проведенных нами на территории Карталинской межгорной впадины, удалось установить некоторые закономерности между выявленными локальными аномалиями и антиклинальными поднятиями, известными по результатам предшествующих геолого-геофизических работ.

1. Большинство морфологических аномалий имеет обращенный рельеф, характеризующийся расположением долин вдоль длинной оси структуры, дугообразным рисунком изобазит, обращенным вершиной к одной из периклиналей, отсутствием остаточных высот вдоль свода структуры и обилием их на крыльях и переклиналях (черт. 1).

2. Морфологическая аномалия, соответствующая Громской и Метесманской антиклиналям, имеет прямое отражение в рельефе, которому свойственны: радиальное расположение долин, эллипсообразный рисунок изобазит, присутствие локальных остаточных высот в пределах свода структуры и на ее крыльях (черт. 2).

3. Несколько антиклинальных поднятий, расположенных в непосредственной близости друг от друга, могут отображаться на морфометрических картах в виде одной крупной аномалии.

4. В случае резкой асимметрии структуры максимальные остаточные высоты (как по размерам, так и по мощности) приурочиваются к более пологим крыльям.

В заключение следует отметить, что проведенные исследования показали возможность применения в условиях межгорной депрессии морфометрического метода поисков структур, уже доказавшего свою высокую экономичность и эффективность в ряде районов Волго-Уральской области и Ставропольского края.

Для установления более определенных закономерностей пространственной взаимосвязи выявляемых морфологическим методом структур с существующими необходима постановка опытных исследований в более широких масштабах, особенно в районах с хорошо изученным геологическим строением.

Всесоюзный нефтяной геологоразведочный институт
Ставропольский филиал ГрозНИИ

(Поступило в редакцию 23.12.1965)



ს. უსლოვნილი, ვ. შაკოვნიკოვი

მთათაშორის დაბლობებში ტექტონიკური სტრუქტურების ძებნის დროს მორფომეტრული მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობის შესახებ (ქართლის დეპრესიის მაგალითში)

რეზიუმე

მორფომეტრული ანომალიების უმრავლესობას აქვს შებრუნებული რელიეფი, რომელსაც ახასიათებს: ხეობების განლაგება სტრუქტურის გრძელი დერძის გასწვრივ, რკალისებური ფორმა იზობაზიტებისა, მიმართული შვეწერვალთ ერთ-ერთი პერიკლინალისაკენ და ნარჩენი სიმაღლეების სიკარბე სტრუქტურის ფრთებსა და პერიკლინალებზე, თალის გასწვრივ კი მათი სრული გამოთიშვა (ნახ. 1).

მორფომეტრული ანომალია, რომელიც შეესაბამება გრომისა და შეტესმანის ანტიკლინალებს, ნათლად გამოისახება რელიეფში, რომელსაც ახასიათებს: ხეობების რადიალური განლაგება, იზობაზიტების ელიფსური ფორმა და ლოკალური ნარჩენი სიმაღლეების გავრცელება სტრუქტურის თალსა და ფრთებზე (ნახ. 2).

ერთმანეთთან უშუალო სიახლოვეს განლაგებული რამდენიმე ანტიკლინალური ამოზიდვა მორფომეტრულ რუკებზე შეიძლება გამოისახოს, როგორც ერთი დიდი ანომალია. სტრუქტურის მკვეთრი ასიმეტრიულობის შემთხვევაში პაქსიმალური ნარჩენი სიმაღლეები (როგორც ზომით, ისე სიმძლავრით) შედარებით დამრეც ფრთებზეა განლაგებული.

დასასრულს შეიძლება აღინიშნოს, რომ ჩატარებულმა გამოკვლევებმა დაადასტურეს, მთათაშორის არსებული დებრესიის პირობებში სტრუქტურების ძებნის დროს მორფომეტრული მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობა, რომლის მაღალი ეკონომიურობა და ეფექტურობა უკვე დამტკიცებულია ვოლგა-ურალისა და სტავროპოლის მხარის მთელ რიგ რაიონებში.

დასოფნებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. Г. Неручев и В. М. Шапошников. Об изучении тектоники Центрального и Восточного Предкавказья с помощью морфологического метода. В сб.: «Геологическое строение и нефтегазоносность Северного Предкавказья». Труды ВГИИГН-4, вып. XXXII, 1960.
2. В. П. Философов. Руководство по применению морфометрического метода поисков тектонических структур. Изд. Саратовского ун-та, 1960.
3. В. Е. Хаин. Геотектонические основы поисков нефти. Азнефтеиздат, 1954.
4. М. И. Варенцов и В. Т. Мордовский. Геологическое строение северного борта Гори-Мухранской депрессии. Изд. АН СССР, 1954.
5. М. И. Варенцов. Геологическое строение западной части Куринской депрессии. Изд. АН СССР, 1950.
6. В. П. Философов и В. М. Шапошников. Методика составления и интерпретация морфологических карт слабо расчлененных территорий на примере Восточного Предкавказья. В сб.: «Морфометрический метод при геологических исследованиях», изд. Саратовского ун-та, 1963.



ГЕОЛОГИЯ

Г. Д. АНАНИАШВИЛИ

ОПИСАНИЕ РАЗРЕЗА МИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
БАССЕЙНА р. ИНЦРА (ЗАПАДНАЯ ГРУЗИЯ)

(Представлено академиком И. В. Качаравა 10.2.1966)

Стратиграфическая схема нижней части миоцена Грузии до настоящего времени не может считаться точно установленной. Решение этого вопроса осложняется тем, что очень редко встречаются разрезы, где вместе были бы представлены палеонтологически хорошо охарактеризованные сакараульский, коцахурский и тарханский горизонты.

Поэтому каждый новый разрез, где вышеотмеченные горизонты встречаются вместе, имеет важное значение для уточнения стратиграфической схемы миоцена.

В летние периоды 1960—1961 гг. в северном крыле Мегрельской синклинали, в районе ущелья р. Инцра, нами обнаружен разрез, имеющий значение для уточнения схемы стратиграфии нижней части миоцена. Упомянутый разрез находится в 6 км от хорошо известного в геологической литературе Джгальского разреза (бассейн р. Чанисцкали).

Ниже приводится описание разреза снизу вверх.

В ущелье р. Инцра на фораминиферовые мергели верхнего эоцена налегают:

1. Тонкослоистые карбонатные глины с частыми прослоями желтовато-серых песчаников и мергелей. Азимут падения слоев $NO 40^\circ$, $>80^\circ$ 54 м.
2. Чередование типично майкопских глин, песчанистых глин и мергелей. Местами в глинах встречаются эллиптические конкреции, чешуи рыб и линзочки гипса 95 м.
3. Породы, аналогичные пачке 2, но в толще преобладают пропластки рыхлых серых слабокарбонатных песчаников. В нижней части пачки встречаются крупные (0,5—2,5 м) сферосидеритовые септарии 60 м.
- Перерыв 65 м.
4. Породы, аналогичные пачке 3 50 м.
5. Типичные майкопские глины 70 м

6. Чередование майкопских глин, толсто- и тонкослоистых рыхлых карбонатных песчаников и песчаных глин 80 м.
 Перерыв 40 м.
7. Глины, аналогичные пачке 6, но с прослоями тонкослоистых песчаных глин. В основании пачки найдены *Leda fragilis* Chemn., *Glycymeris (Pectunculus) deshayesi* Mayer 50 м.
8. Желтовато-серые толстослоистые песчаники с редкими пропластками тонкослоистых глин. Для толстослоистых песчаников характерно сферическое выветривание 25 м.
9. Породы, аналогичные пачке 9. В толстослоистых песчаниках в нижней части разреза собраны *Rzehakia (= Oncophora) socialis* (Rz.), *Eoprosodaena cartlica* David., *Congerina cf. transcaucasica* David., *Melanopsis sp.* 30 м.
10. Серые плотные толстослоистые слабокарбонатные песчаники. В них встречены *Rzehakia socialis* (Rz.), *Eoprosodaena cf. cartlica* David., *Congerina sp.*, *Melanopsis sp.* 2 м.
11. Массивные зеленовато-серые слегка рыхлые песчаники. Выше на 10 и 15 м от основания пачки найдены *Rzehakia socialis* (Rz.), *Eoprosodaena cartlica* David., *Congerina sp.* 25 м.
 Перерыв 3 м.
12. Чередование тонкослоистых слабокарбонатных желтоватых песчаных глин и песчаников. В нижней части пачки встречаются пропластки желтоватых твердых мергелей (0,1—0,2 м) 20 м.
13. Породы, аналогичные пачке 12. В основании пачки, в глинах найдены *Leda fragilis* Chemn., *L. subfragilis* M. Hoern., *Nucula nucleus* L., *Pinna sp.*, *Amussium denudatum* Reuss, *Lima skeliensis* Merkl., *Ostrea cochlear* Poli, *Cardium impar* Zhizh., *Chama gryphoides* L., *Rzehakia socialis* (Rz.), *Cultellus cf. scaphoideus* Zhizh., *Xylophaga dorsalis* Turt., *Aporrhais pes-pelecani* L., *Pleurotoma neutra* Liver., *Natica helicina* Brocc., *Nassa tamanensis* David. var. *ingurensis* var. nov. 5 м.
14. Тонкослоистые желтоватые глины и песчаные глины с прослоями серых сильнокарбонатных песчаников. Из глин нами собраны *Nucula nucleus* L., *Amussium denudatum* Reus, *Cardium centuparium* Andrus., *Abra parabilis* Zhizh., *Corbula gibba* Ol., *Xylophaga dorsalis* Turt., *Aporrhais pes-pelecani* L., *Natica helicina* Brocc., *Nassa cf. tamanensis* David., *N. restitutiana* Font., *Pleurotoma neutra* Liver. 5 м.
15. Глины, аналогичные пачке 14. Основание пачки переполнено *Nucula nucleus* L. 4 м.
 Перерыв 23 м.
16. Чередование серых тонкослоистых песчаных глин и песчаников. На 2,5 м от основания в пачке найдены *Cardium centuparium*

Andrus., *Venus cf. marginata* M. Hörn. var. *jumaci* Schwetz., *Abra parabilis* Zhizh., *Lima skeliensis* Merklin., *Aloides gibba* Ol., *Xylophaga dorsalis* Turt., *Ervilia praepodolica* Andrus., *Maetra bajarunasi* Foles., *Ervilia praepodolica* Andrus., *Aloidea gibba* Ol. Азимут падения слоев NO 60° < 70° 45 м.

Перерыв 23 м.

17. Чередование толстослоистых желтовато-серых песчаников и тонкослоистых глинистых песчаников. В пачке редко встречаются пропластки (0,1—0,3 м) очень плотных сильно карбонатных песчаников, в которых содержится фауна *Meretrix rudis* Poli var. *taurica* Andrus. 20 м.

Перерыв 20 м.

18. Толсто- и тонкослоистые песчаники и глинистые песчаники с линзами микроконгломератов (толщина 0,2—0,5 м; длина до 3 м). Размер галек обычно больше 0,01 м. Гальки хорошо окатанные и сильно сцементированные крупно-зернистым песчаником. Фауна в основном приурочена к линзам микроконгломератов, нам здесь удалось определить *Ervilia praepodolica* Andrus., *Cardium centumpanium* Andrus., *Cerithium cattleyae* Baily, *C. cf. rubiginosum* Eichw. 64 м.

Перерыв 35 м.

19. Породы, аналогичные пачке 19 25 м.

Перерыв 13 м.

20. Тонкослоистые желтовато-серые песчаники, глины и глинистые песчаники, с прослоями толстослоистых плотных сильнокарбонатных песчаников (до 0,5 м). В глинистых прослоях нижней части пачки найдены *Meretrix rudis* Poli var. *taurica* Andrus., *Ervilia praepodolica* Andrus. 30 м.

21. Чередование массивных желтовато-серых песчаников и тонкослоистых песчаных глин 52 м.

22. Пласт конгломерата. Гальки (0,01—0,03 м) хорошо окатаны, сильно сцементированы. Редко встречаются валуны, размер которых достигает до 0,2—0,3 м 2 м.

23. Чередование желтовато-серых толстослоистых рыхлых песчаников, глин и глинистых песчаников. Пачка по всей мощности переполнена *Spaniodontella pulchella* Baily.

В описанном разрезе пачки 1—5 (общей мощностью 450 м) не содержат фауны. Однако, принимая во внимание их согласное залегание между зоной *Bolivina* верхнего эоцена [1—4] и сакараульским горизонтом (нижний миоцен), указанные слои можно отнести к олигоцену.

В основании пачки 7 нами найдена руководящая форма сакараульского горизонта—*Clycymeris (Pectunculus) deshayesi* Mayer.

К сакараульскому горизонту следует отнести также нижележащую пачку 6, литологически сходную с упомянутыми слоями с *Clycymeris deshayesi* Mayer. В соседнем Джгальском разрезе, в аналогичных поро-

дах, на таком же стратиграфическом уровне Е. К. Вахания [5] была обнаружена характерная форма упомянутого горизонта.

Суммарная мощность сакараульских отложений достигает 170 м.

Пачки 8—11 (85 м) по содержащейся в них фауне (*Rzehakia socialis* (Rz.), *Eoprosodacna cartlica* David., *Congeria* cf. *transcaucasica* David) относятся к коцахурскому горизонту.

Пачка 12 фауну не содержит.

В пачках 13—15 в большом количестве найдены руководящие формы тарханского горизонта—*Nucula nucleus* L., *Amussium denudatum* Reuss, *Aporrhais pes-pelecani* L., *Natica helicina* Brocc., *Nassa tamanensis* David., *Pleurotoma neutra* Liver., *P. acclivis* Zhizh., *Turbonilla brevis* Reuss.

Здесь следует обратить внимание на совместное нахождение *Rzehakia socialis* (Rz.) с типичной фауной тарханского горизонта. Аналогичное явление отмечается в Лечхуми [5, 6] и Карталинии [7, 8].

В комплексе тарханской фауны впервые отмечена нами *Chama gryphoides* L. По данным Р. Л. Мерклини и Л. А. Невеской [9], эта форма встречается в тортонских отложениях Западной Украины и в конкском горизонте Северного Кавказа, Туркмении и Устюрти, т. е. в слоях, отлагавшихся в морях с нормальной (или почти нормальной) соленостью.

Нахождение *Chama gryphoides* L. в тарханском горизонте Грузии облегчит параллелизацию тортона Западной Украины и Молдавии с тарханом Закавказья.

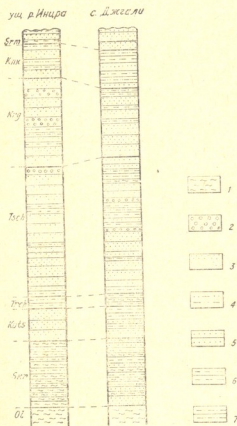


Рис. 1. Схема сопоставления миоценовых отложений ущелья р. Инцра и окрестностей с. Джгали: 1—некарбонатные глины с ярозитом и с чешуями рыб (майкопские глины); 2—конгломераты; 3—толстослоистые песчаники; 4—песчаные глины; 5—тонкослоистые песчаники; 6—тонкослоистые карбонатные глины; 7—тонкослоистые глинистые песчаники

В рассматриваемом разрезе обращает на себя внимание пачка 12 (20 м), согласно расположенная между палеонтологически охарактеризованными коцахурским и тарханским отложениями. Эти осадки соответствуют т. н. „джгальскому горизонту“, выделенному М. Ф. Дзвеля [10] в бассейне р. Чанисцкали. Однако в последнее время выяснилось [11—13], что верхняя 25-метровая пачка „джгальского горизонта“ по р. Чанисцкали содержит тарханскую фауну (*Leda fragilis* Chemn., *L. subfragilis* R. Hoern., *L. peéla* L., *Nucula nucleus* L., *N. placentina* Lam., *Diplodonta cf. subtriangula* Zhizh., *Cryptodon cf. laevis* Zhizh., *Spirialis* sp.). На этом основании мы полагаем, что пачка 12 первого разреза относится к тарханскому горизонту.

Что касается нижней части „джгальского горизонта“ мощностью 50 м, то она в бассейне р. Инцра, на наш взгляд, полностью замещается толстослоистыми песчаниками с характерной фауной коцахурского горизонта (пачки 8—11).

В рассматриваемом разрезе выше согласно следует мощная толща (330 м) чокракского горизонта с фауной (пачки 16—22), которая, в свою очередь, перекрывается караганскими песчаниками (пачка 23).

Таким образом, на основании вышеприведенных данных из миоценовых отложений Мегрелии наблюдается следующая последовательность отложений снизу вверх: сакараульский, коцахурский, тарханский и чокракский горизонты.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

(Поступило в редакцию 10.2.1966)

გეოლოგია

ბ. ანანიშვილი

მიოცენური ნაღებების ზრდის აღწერა
მდ. ინჯრას ხეობაში

რეზიუმე

შრომაში აღწერილია დღემდე უცნობი გეოლოგიური ჰრილი მდ. ინჯრას ხეობის გასწვრივ სამეგრელოს სინკლინის ჩრდილო ფრთაზე. აქ გამოყოფილია საყარაულო, კოწახური, თარხნული, ჩოკრაკული და კარაგანული ჰორიზონტები.

ახალი მონაცემების საფუძველზე ე. წ. „ჯვალის ჰორიზონტის“ არსებობა, როგორც დამოუკიდებელი სტრატეგრაფიული ჰორიზონტისა, არ დასტურდება.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ა. კაკარავა. რაჭა-ლეჩხუმის აუზი და მოსაზღვრე რაიონები პალეოგენის დროს. საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის გეოლოგიური ინსტიტუტის შრომები. გეოლოგ. სერია, ტ. II (VII), 1944.
2. И. В. Качарава. Палеоген. Геология СССР, т. X, Грузинская ССР, ч. I. изд. „Недра“, М., 1964.
3. Е. К. Вахания. Стратиграфия нижнемиоценовых отложений Грузии. Изв. Геолог. о-ва Грузии, т. I, вып. I, 1959.
4. А. Г. Лалиев. Майкопская серия Грузии. Изд. „Недра“, М., 1964.
5. გ. ანანიშვილი. რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინის დასავლეთ ნაწილის მიოცენის ქვედა პორიზონტების შესახებ. საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის „საქართველოს გეოლ. საზღვის მოამბე“, ტ. II, ნაკვ. 2, 1961.
6. Г. Д. Ананишвили. Некоторые двустворчатые миоценовых отложений западной части Рачинско-Лечхумской синклинали. Труды Геол. ин-та АН ГССР, сер. геол., т. XIV (XIX), 1964.
7. М. С. Зиновьев. О стратиграфическом распространении *Rzehakia (=Onchophora) socialis* (Rzeh.). ДАН СССР, т. 106, № 1, 1956.
8. З. В. Сахелашвили. Фауна горийских устричных слоев. Труды Геол. ин-та АН ГССР, сер. геол., т. XIV (XIX), 1964.
9. Р. Л. Мерклин и Л. А. Невеская. Определитель двустворчатых моллюсков миоцена Туркмении и Западного Казахстана. Труды Палеонтологического ин-та АН СССР, т. LIX, 1955.
10. М. Ф. Дзвеляя. К стратиграфии миоцена Мегрелии. Изв. АН СССР, сер. геол. № 4, 1940.
11. ი. ჯანელიძე. თარხნული პორიზონტის სტრატეგრაფიული მდებარეობის საკითხისათვის. საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტი. შრომათა კრებული, 1951.
12. К. Г. Багдасарян. Некоторые новые данные о тарханском горизонте Грузии. Сообщения АН ГССР, т. XXII, № 2, 1959.
13. Д. П. Окрочедлидзе. О тарханском горизонте Мегрелии. Труды ВНИГНИ, вып. XV, 1959.
14. К. Г. Багдасарян. Развитие моллюсковой фауны чокраха Грузии. Институт палеобиологии АН ГССР, 1965.
15. Г. А. Квалишвили. Онкофоровый (რეგაკიევი) горизонт Евразии. Институт палеобиологии АН ГССР, 1962.



ПЕТРОГРАФИЯ

Д. Н. КЕЦХОВЕЛИ

ЯВЛЕНИЯ ГИБРИДИЗМА В ЦЕЙСКОМ МАССИВЕ
(СЕВЕРНЫЙ КAVKAZ)

(Представлено академиком Г. С. Дзоенидзе 8.2.1966)

Цейский гранитоидный массив находится на северном склоне Большого Кавказа в Алагирском районе Северо-Осетинской АССР. В основном он сложен нижнемезозойскими (?) кварцевыми диоритами, гранодиоритами и гранитизированными ксенолитами основных магматических пород. Сравнительно подчиненную роль играют гранитизированные ксенолиты кристаллических сланцев и секущие основные и лейкократовые жилы. Формирование кварцевых диоритов и гранодиоритов обусловлено процессами гибридности и метасоматоза. В результате изменения состава интродуцированной кислой магмы, связанного с ассимиляцией основных магматических пород и кристаллических сланцев, образовалась гибридная магма, а затем произошло метасоматическое преобразование продуктов кристаллизации последней.

Наши наблюдения подтверждают выводы В. Ф. Морковкиной [1] о широком развитии явлений гибридности в Цейском массиве.

По своему минералогическому и химическому составу гибридные породы массива занимают промежуточное положение между роговообманковыми кварцевыми диоритами и кварцсодержащими диоритами. Гибридный характер рассматриваемых диоритов иллюстрируется главным образом характером зональности плагиоклазов, наличием многочисленных измененных ксенолитов основных пород, местами обнаруживающих резкие границы, неоднородностью и структурными особенностями.

Изучение химизма и минералогического состава гибридных пород показывает, что ксенолиты, попавшие в магму, изменяли ее состав, между ними происходила взаимная реакция. Первичные минералы ксенолитов оказывались неустойчивыми. Они подвергались коррозии и замещению более устойчивыми минералами. Пироксен и бурая роговая обманка преобразовались в обыкновенную и светло-зеленую роговую обманку, а плагиоклаз — в более кислую разновидность. В связи с этим процессом возникли акцессорные минералы — апатит и сфен.

Для иллюстрации изменения количественно-минералогического и химического составов ксенолитов основных магматических пород в процессе гибридности в табл. 1 и 2 приводятся средний количественно-минералогический состав и среднее молекулярное количество (в %) семи главных элементов ксенолитов диабазов и габбро и продуктов их преобразования (окварцованных роговообманковых диоритов).

Обилие в гибридных породах роговой обманки говорит о том, что гибридность происходила при участии большого количества летучих. Усвоение магмой постороннего материала протекало путем метасоматических реакций. Кроме того, летучие способствовали перемещению



веществ в гибридизированных участках магмы, обуславливая в частности, большую подвижность фемических компонентов меланократовых ксенолитов путем газового переноса.

Таблица 1
Средний количественно-минералогический состав ксенолитов диабаза и габбро и продуктов их преобразования в Цейском массиве

Породы	Минералы										Примечания (†)	
	Роговая обманка	Плагиоклаз	Кварц	Пироксен	Биотит	Минералы группы эпидота	Хлорит	Непрозрачный рудный минерал	Апатит	Сфен и лейкоксен		Сумма
Диабазы и габбро	51,6	45,7	—	0,2	0,4	0,1	0,4	1,2	0,1	0,3	100	Среднее из пяти образцов
Окварцованные роговообманковые диориты	42,5	45,9	5,8	—	0,4	0,8	0,2	1,1	0,5	2,8	100	Среднее из четырех образцов

Таблица 2
Среднее молекулярное количество семи главных элементов ксенолитов диабаза и габбро и продуктов их преобразования в Цейском массиве

Группы пород	Средний молекулярный процент (X100)							Примечания
	CaO	FeO + Fe ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	
Диабазы и габбро	19,1	8,3	21,4	18,7	4,7	0,2	81,6	Среднее из четырех анализов
Окварцованные роговообманковые диориты	14,2	6,5	12,2	17,6	7,0	1,2	91,1	Среднее из трех анализов

Процесса полного переплавления ксенолитов не наблюдается. По всей вероятности, интродуцировавшаяся кислая магма по пуги движения в условиях падения температуры и давления не обладала большим запасом тепловой энергии. В данном случае изменение ксенолитов происходило метасоматически. Этим же следует объяснить тот факт, что состав пород эндоконтактных зон не проявляет ясную зависимость от состава контактируемых пород. Описанные в литературе примеры гибридизма с переплавлением ксенолитов показывают активную роль краевой ассимиляции в процессе становления гибридных пород [2—5].

Фактический материал позволяет приблизительно судить о составе магмы до поглощения ею ксенолитов габбро-диабазы и кристаллических сланцев.

Исходная магма содержала калий в очень малом количестве; он не входит в существенном количестве и в гибридные роговообманко-

вые кварцевые диориты массива (табл. 3 и 4). Калисодержащие минералы отсутствуют и в ксенолитах диабазов и габбро (табл. 2).

Более сложно определение содержания натрия в магме. Для решения этого вопроса, а также для определения условий образования зональных плагиоклазов при гибрилизме необходимо наличие данных о составе зональных плагиоклазов. Ядра зональных плагиоклазов, по-видимому, выделились до загрязнения магмы. Из многочисленных замеров последних (табл. 5) видно, что состав ядер зональных плагиокла-

Таблица 3

Количественно-минералогический состав роговообманковых кварцевых диоритов Цейского массива

№ образца	Минералы										
	Плагиоклаз	Кварц	Роговая обманка	Хлорит	Биотит	Минералы группы эпидота	Калишпат	Сфен	Непрозрачный рудный минерал	Апатит	Сумма
71	57,3	21,8	9,1	7,3	—	2,2	0,4	0,5	1,4	—	100
153	54,6	24,0	13,8	1,2	—	4,3	1,4	0,5	0,2	—	100
300	49,2	27,8	13,1	3,6	3,5	0,9	0,2	0,2	1,3	0,2	100

Таблица 4

Химический состав роговообманковых кварцевых диоритов Цейского массива

№ образца	Окислы															
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₂	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	п.п.л.	Сумма
71	65,02	0,40	16,85	0,47	2,37	0,08	2,37	4,48	4,50	0,84	сл.	0,37	0,20	—	2,12	100,07
153	62,62	0,60	18,02	1,40	2,88	0,08	1,28	3,50	4,00	1,90	0,70	0,11	0,47	—	1,97	99,93
300	68,17	0,18	14,03	1,23	2,70	0,10	1,62	3,22	7,02	1,00	нет	0,14	0,13	0,17	0,34	100,5

зов гибридных пород колеблется от N 24 до N 43. По экспериментальным данным Боуэна, первичные кристаллические фазы всегда бывают богаче анортитом, чем состав расплавов, из которых они образуются [6—8]. Самые кислые по составу ядра зональных плагиоклазов (N 24—25) на диаграмме равновесия бинарной системы альбит-анортит соответствуют содержанию в магме 2—3% анортитовой молекулы.

Исходя из представления о том, что зональность плагиоклазов обусловлена нарушением теплового или концентрационного режима магмы, включения плагиоклазов в центральной части зональных плагиоклазов должны были образоваться до гибридизации магмы и должны иметь или одинаковый характер, или более кислый по сравнению с ядрами зональных плагиоклазов. Наши данные соответствуют вышесказанному.

Образование плагиоклазов с обратной зональностью объясняется некоторыми исследователями [6, 7, 9] быстрым охлаждением магмы в условиях явления переохлаждения или кристаллизации неустойчивой системы.

Содержание апортитовой молекулы в зонах плагиоклаза (верхнее число) и ширина зон в мкм
 (нижнее число) гранитоидов Цейского массива

№ п/п	Ядро	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	III-X	XIX	XX	XXI
1	32 0,4×1,6	49 0,04	41 0,4	52-53 0,5	36 0,04	30 0,03																
2	43 0,7×0,8	35 0,3	32 0,7	46 0,02	32 0,4	46-47 0,03	31 0,5	39 0,2	36 0,5	42 0,05	38-39 0,15	51 0,03	38 0,16	47 0,1	31 0,14	34 0,13	30 0,15	39-40 0,02	35 0,1	40 0,02	нензм. 0,3	12 0,1
3	33 0,2×0,4	41 0,05																				
4	36 0,2×0,2	34 0,15	38 0,15	36 0,25	16 0,1																	
5	35																					
6	36 0,5×0,6	28 0,05	25 0,08	20 0,02	4 0,03																	
7	32 0,4×0,8	нензм. 0,02	25 0,07	24 0,05	0,05	24 0,4	10 0,2															
8	30																					
9	31 0,3×0,3	19 0,05	14 0,02																			
10	35 0,3×0,4	25 0,4	35 0,3	28 0,4	18 0,4	13 0,5																
11	30	35	32	30	28	22	16															
12	35	27	—	33	—	24	18															
13	24	22	30	26	20	27	25															
14	28	36	34	32	—	28																
15	34	38	36	35	31																	

Присутствие в гибридных породах многочисленных измененных основных ксенолитов говорит о том, что обратная зональность плагиоклазов обусловлена процессами поглощения ксенолитов и связанного с ним повторного разогревания магмы.

Возникновение дополнительных источников тепла допустимо в результате экзотермических реакций между расплавом и твердой фазой в изобарических условиях с выпадением инконгруэнтно плавящейся фазы, а также привноса в магму воды из ксенолитов. Освоение кислой магмой основных пород, по-видимому, вызвало повышение ее основности, и благодаря повторному разогреванию магмы кристаллизовались богатые аортитовой молекулой плагиоклазы. Чрезвычайно малая ширина основных зон плагиоклазов, возможно, указывает на быстрое изменение температурного режима. Магма принимает более или менее стабильный состав: происходит падение ее температуры и выделяются плагиоклазы с нормальной зональностью. Далее, видимо, вновь создается возможность разогревания магмы. Сказанное свидетельствует о том, что условия кристаллизации магмы в период выделения плагиоклазов подвергались существенным изменениям.

Интенсивная альбитизация ксенолитов под воздействием интродуцированной магмы указывает на обильное содержание в первичной магме натрия.

Г. С. Дзоцидзе [10] в диоритовых породах окрестности г. Кутаиси установил аналогичную закономерность во взаимоотношениях кварцево-диоритовой магмы и основного ксенолита: «Бесспорно, что миграция Na_2O из магмы в ксенолит вызвала переход лабрадора в кислый плагиоклаз, а освобождающаяся из аортитовых молекул лабрадора известь переходила из ксенолита в магму, что вызвало в ней образование обратной зональности в плагиоклазах».

Существенным является вопрос об определении кислотности первоначальной магмы. Кварц роговообманковых кварцевых диоритов представлен двумя видами: реликтовым и привнесенным. Присутствие первичных зерен кварца в гибридных породах свидетельствует об избыточном содержании кремнезема в исходной магме. Главным породообразующим фемическим минералом в роговообманковом кварцевом диорите является обыкновенная зеленая роговая обманка, не отличающаяся от новообразованной зеленой роговой обманки ксенолитов основных магматических пород. Представляется, что большая часть фемических компонентов заимствована магмой из основных магматических ксенолитов.

Первичная магма до гибридизации по составу, видимо, приближалась к лейкократовому плагиограниту, а не к нормальному граниту, как это предполагали ранее.

В 1952 г. Г. М. Заридзе [11] отмечал, что магма лейкократовых гранитов являлась исходной для всех гранитоидов Кавказа. По его мнению, гранитоиды приобретают свой обычный гранитоидный состав благодаря воздействию лейкократовой магмы на вмещающие основные магматические породы. Аналогичные соображения были высказаны В. С. Коптевым-Дворниковым на примере гибридных гранитоидов Центрального Казахстана [3, 12]. Он отмечает также, что исходная магма гранитоидов отвечает лейкократовым гранитам. Все

разнообразие пород объясняется их различной ассимиляционной способностью.

Таким образом, в Цейском массиве путем изменения состава интрузий плагиоаляскитовой магмы, вызванной ее воздействием на основные магматические породы и кристаллические сланцы, формировались роговообманковые диориты и кварцсодержащие диориты.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

(Поступило в редакцию 8.2.1966)

გეოგრაფია

დ. კაცოხელი

ჰიბრიდების მოვლენები ცეის მასივში
(ჩრდილო კავკასია)

რეზიუმე

პლაგიოალასკიტური მაგმის მოქმედებით ფუძე მაგმურ ქანებზე და კრისტალურ ფიქლებზე წარმოიშვა ჰიბრიდული მაგმა.

პლაგიოალასკიტური მაგმა ქსენოლოთების გაღნობას არ იწვევს. ქსენოლოთების გარდაქმნა მიმდინარეობს მეტასომატური გზით.

ჰიბრიდული მაგმის ნორმალური კრისტალიზაციის შედეგად წარმოშობილი ქანები თავიანთი მინერალური და ქიმიურ შედგენილობით რქატყუარაინ კვარციან დიორიტებსა და კვარცის შემცავ დიორიტებს შორის გარდამავალ ქანებს უბასუხებენ.

დასოფნავალი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ф. Морковкина. Гранитоиды Центрального Кавказа (Осетия). Труды Ин-та геол. наук АН СССР, вып. 107, петр. сер., № 31, 1950.
2. L. Kingsley, A. Wells, S. W. Wooldridge. Rock group of Jersey with special reference to intrusive phenomena of Ronez. Proc. Geol. Ass. Lond., vol. 42, 1931.
3. В. С. Коптев-Дворников. Явления гибридазации на примерах некоторых гранитных интрузий палеозоя Центрального Казахстана. Труды Ин-та геол. наук АН СССР, вып. 148, петр. сер., № 44, 1953.
4. Т. М. Дембо. Явления анатексиса, гибридаизма и ассимиляции в каледонской гранодиоритовой интрузии северной части Кузнецкого Ала-Тау. Советская геология, № 51, 1956.
5. И. М. Исамухамедов. Роль ассимиляционных процессов в петрогенезисе. Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. Труды 2-го Всес. петр. сов., 1960.
6. В. Н. Лодочников. Главнейшие породообразующие минералы, 1947.
7. Т. Барт. Теоретическая петрология. ИЛ, М., 1956.
8. В. Эйтель. Физическая химия силикатов. ИЛ, М., 1962.
9. I. M. Fuster. Formation par metasomatose de quelques structures ronecs dans les plagioclases volcaniques. Bull. Comm. geol. Finlandes, 166, 1954.
10. Г. С. Дзоденидзе. Молодые диоритовые породы окрестностей г. Кутанси. Изд. ПГУ, 1948, 78.
11. Г. М. Заридзе. О проблеме генезиса гранитов. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1952.
12. В. С. Коптев-Дворников. К вопросу о некоторых закономерностях нормирования интрузивных комплексов гранитоидов (на примере Центрального Казахстана). Изд. АН СССР, сер. геол., № 4, 1952.



ამბრობრაშია

დ. ბელიძე

შიათურისა და ჩხარ-აჯამეთის სილიციტები

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. მოწინიძემ 2.2.1966)

ჭიათურისა და ჩხარ-აჯამეთის რაიონებში სილიციტები მოქცეულია ოლიგოცენურ-ქვ. მიოცენური ასაკის ნალექებში; სილიციტებთან კი უშუალო კავშირშია მარგანეცის მადნიანი წყება. ორთვე რაიონში სილიციტებში გაირჩევა:

- 1) ოპოკები — არაორგანული, ქიმიურად დანალექი სილიციტები და
- 2) სპონგოლითები — ორგანოგენური სილიციტები.

ოპოკები. ჭიათურის რაიონში შესწავლილი 7 დეტალური ლითოლოგიური ჭრილიდან ოპოკების გამოსავლები ყველა ჭრილშია ცნობილი. ისინი ყოველთვის მდებარეობენ მადნიანი შრეების თავზე და წინ უძღვიან სპონგოლითების გამოჩენას. მათი სიმაღლე 1—7 მეტრის ფარგლებში იცვლება. ყველა ჭრილში ოპოკის რამდენიმე შრეა, რომლებიც ქვიშაქვებთან მორიგეობენ. ოპოკები შეიცავენ ისეთივე ხასიათის ტერიგენ მინარეებს, როგორსაც შეიცავენ ამ რაიონში გავრცელებული მადნისქვეშა და მადნისზედა ქვიშაქვები. ძირითადად მათში აღინიშნება კვარცის პატარა ზომის ნატეხები, ერთეული რაოდენობით პლაგიოკლასტები და ქანის ნატეხები, იშვიათად გლაუკონიტიც.

ჭიათურის ოპოკები ძირითადად შედგებიან გადაკრისტალების საწყის პროცესში მყოფი ოპალური ნივთიერებისაგან. შლიფში ჩანს ქალცედონის მკრთალი ბადეები. ხშირად გადაკრისტალების პროცესი უფრო წინაა წასული; იშვიათად კი ოპოკები მთლიანად ოპალური ნივთიერებითაა წარმოდგენილი.

ჩხარ-აჯამეთის რაიონში შესწავლილი 5 დეტალური ლითოლოგიური ჭრილიდან ოპოკები მხოლოდ ბროლისქედის ჭრილში გვხვდება. ბროლისქედიდან აღმოსავლეთით ოპოკები არც ჩვენ მიერ და არც ადრინდელ მკვლევართა [1] მიერ ნანახი არ არის.

ბროლისქედის ოპოკებიც (სიმაღლე 2,5—3 მ) ძირითადად წარმოდგენილია ოპალით, რომელიც ძლიერ წვრილაგრეგატულ ქალცედონშია გადასული. ამავე ჭრილში მარგანეცის მადნის ცემენტის როლში ოპალური ნივთიერება უხვად მონაწილეობს. ბროლისქედის ოპოკებში ტერიგენი მინარევი თითქმის არ შეინიშნება. იშვიათად გვხვდება მხოლოდ კვარცის ძლიერ წვრილი ნატეხები.

ოპოკების სრულმა სილიკატურმა ანალიზმა გამოარკვია, რომ ისინი ძირითადად წარმოადგენენ მეორე და მესამე ტიპის ოპოკებს [2]. მათში SiO_2 -ის რა-

ოდენობა 62—81%-ის ფარგლებშია. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ოპოკებში Al-ის დიდი რაოდენობა (7,5—16,2%), რაც თიხის მინარევის არსებობითაა გამოწვეული. ტუტეებიდან Na_2O 1%-ს ფარგლებშია, ხოლო K_2O —2—2,24%, რაც უდავოდ კალიუმის მინდვრის შპატებისა და გლაუკონიტის არსებობით აიხსნება. დიდია ხურებიითი დანაკარგის სიდიდე — 3,62—6,85%. ამის მიზეზი ოპოკებში თავისუფალი წყლიანი SiO_2 -ის დიდი რაოდენობით არსებობაა.

ოპალური ნივთიერების გარდატეხის მაჩვენებელი უდრის 1,559—1,543-ს, რაც ნათლად მიუთითებს, რომ ოპალი გადაკრისტალებულია. ამასვე ადასტურებს რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი, რომელმაც გამოარკვია, რომ ოპოკებში SiO_2 წარმოდგენილია α -კვარციით.

სექტრალური ანალიზები გვიჩვენებს, რომ ოპოკებში 0,1%-ის ფარგლებში არის Ti, 0,004—0,8%/—V, 0,003—0,01%—Zr, 0,006—0,01%—Sr, კვალის სახით—Ga-იც.

ს ს ო ნ გ ო ლ ი თ ე ბ ი. ჭიათურის სპონგოლითების აგებულებაში მონაწილე ღრუბელთა სპიკულები უმეტეს შემთხვევაში წარმოდგენილია ოპალით. ხშირად ოპალური ნივთიერება ოდნავ გადაკრისტალებულია. უკვე გადაკრისტალებული, ტიპური ქალცედონით წარმოდგენილი სპონგოლითები, ჩხარ-აქამეთის სპონგოლითებისაგან განსხვავებით, არც თუ ისე ხშირია. უმრავლეს შემთხვევაში ოპალური ნივთიერება, ისე როგორც ოპოკებში, დაკრისტალების საწყის სტადიაზეა. ჭვარდინ ნიკოლებში სპიკულათა კონტურები ოდნავ ჩანს. ზოგი სპონგოლითის სპიკულათა მონახულობა უფრო მკაფიოდ გამოიყურება. გადაკრისტალების პროცესი სხვადასხვა შრეში მეტნაკლები სიძლიერით მქადენდება. არის ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც შლიფის ერთ უბანში სპიკულები ქალცედონისაა, მეორე უბანში კი — ოპალის. ზოგჯერ სპიკულათა ღარში Mn-ია ჩალექილი, ზოგჯერ კი — გლაუკონიტი.

ტერიგენი მინარევიებიდან სპონგოლითებში მონაწილეობს დიდი რაოდენობით კვარცი, პლაგიოკლაზები — ძლიერ ხშირად მთლიანად გასერიციტებულიც და სულ საღიც. აგრეთვე იშვიათად შედარებით ფუფე, ლაბრადორის რივის პლაგიოკლაზი. მინდვრის შპატებიდან აღსანიშნავია საკმაო რაოდენობით K-შპატების არსებობა, რაც ხშირად მიკროკლინითაა წარმოდგენილი. არის პერტიტული შენახარდებიც. ხშირია საღი და დიდი ზომის ქარსები — უფრო ხშირად მუსკოვიტი, იშვიათად ბიოტიტი. ხშირად არის აგრეთვე ძირულის მასივისათვის დამახასიათებელი ქანების ნატეხები—ტიპური გრანიტული, კვარც-პორფირული, მირმეკიტული, მიკროლითურიასიანი, პეგმატიტური (ცხრაული ქვის სტრუქტურით); კვარციტები როგორც მსხვილი, ისე წვრილგარეგატული, ვულკანური მინის ნატეხები, რომლებიც ზოგჯერ გაქლორიტებულია და სხვა. აღსანიშნავია, რომ გვხვდება ქალცედონის როგორც ოთხკუთხა ნატეხები, ისე რგვალი გამოწყობები. ეს უქანასკნელი, ჩვენი აზრით, შეიძლება აუტიგენური წარმოშობისად ჩავთვალოთ. აუტიგენური მინერალებიდან აღსანიშნავია აგრეთვე გლაუკონიტის არსებობაც.

სპონგოლითებში, ისე როგორც ქვიშაქვებში (რომლებიც მორიგეობენ სპონგოლითებთან), ტერიგენი მინარევი სუსტად დამუშავებული და დახარისხებულია. სპონგოლითებსა და ქვიშაქვებს შორის შეიძლება ასეთი გარდამავალი რიგის გამოყოფა: სპონგოლითი → ქვიშიანი სპონგოლითი → სპონგოლითური ქვიშაქვა → ქვიშაქვა.

როგორც მათი დასახელებიდან ჩანს, ქვიშიანი სპონგოლითები და სპონგოლითური ქვიშაქვები საკუთრივ სპონგოლითებიდანაა გამოყოფილი ტერიგენი მასალის რაოდენობის მიხედვით. საკუთრივ სპონგოლითები ტერიგენი მინარევისაგან სუფთაა, იშვიათად შეინიშნება ზემოაღნიშნული მინერალები-ქვიშიანი სპონგოლითში ტერიგენი მინარევი მეტია, ვიდრე სპონგოლითში, ხოლო სპონგოლითურ ქვიშაქვაში იმდენად მეტი, რომ ეს უკვე ქვიშაქვაა, მაგრამ სპონგოლითური. ეს გარემოება შეიძლება აიხსნას მკვებავი პროვინციიდან ტერიგენი მასალის მოდენის ცვალებადობით, რაც სეზონის კლიმატურ ცვალებადობასთან დაკავშირებული მექანიკური დენუდაციის სიძლიერის შედარებით ცვლილებას შეიძლება დაუვკავშიროთ. ასეთი დაშვება შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, როდესაც გარდამავალი რიგი ერთი ზეგნის (ამ შემთხვევაში აუზის ერთნაირი სიღრმისა და ნაპირისაგან ერთნაირი სიშორის) ფარგლებში გვხვდება, ხოლო როდესაც საქმე გვაქვს ერთი ზეგნიდან მეორისაკენ ტერიგენი მასალის მატებაკლებასთან, ამ მოვლენის ახსნა სხვა მიზეზს უნდა დაუვკავშიროთ.

სუფთა სპონგოლითები, რომლებიც თითქმის სულ არ შეიცავენ ტერიგენ მინარევეებს ჭიათურის რაიონში, ჩხარ-აჯამეთის სპონგოლითებისაგან განსხვავებით, იშვიათია. საყურადღებოა, რომ დასავლეთ ზეგნებზე სილიციტებში ქვიშიანი მინარევი ბევრია და ქვიშაქვის შრეებიც ხშირი; აღმოსავლეთისაკენ კი ქვიშური მასალა საგრძობლად იცლებს და პასიეთის ზეგანზე სილიციტების მორიგეობაში ქვიშაქვის არცერთი შრე არ ჩანს. უნდა აღინიშნოს, რომ როგორც სპონგოლითების, ისე ქვიშაქვების ცემენტის როლში ოხალური ნივთიერება გამოდის. ხშირად სპიკულები და ქვიშაქვის მარცვლები ჭარბი რაოდენობის ცემენტშია (ამორფულ SiO_2 -ში) ჩაფლული.

სპონგოლითებთან იშვიათად მორიგეობენ აგრეთვე ძლიერ მცირე სიმძლავრის თიხები (3—5—10 სმ), რომლებშიც ხშირად აღინიშნება კაოლინის მინერალები და უფრო იშვიათად კი ჰიდროქარსების დაგროვებანი.

სპონგოლითების სიმძლავრე ჭიათურის რაიონში სამხრეთ-დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთისაკენ ჯერ იმატებს, ხოლო შემდეგ ამავე მიმართულებით კლებულობს. სპონგოლითებსა და მადნიან პორიზონტებს შორის ჩნდება მაიკოპური ფაციესის თიხები, რომელთა სიმძლავრე ჩრდილო-აღმოსავლეთური მიმართულებით მკვეთრად იმატებს. რგანიდან ბუნიაური-თაბაგრების მიმართულებით სიმძლავრის მატების შემდეგ, მღვიმევი—დარკვეთისაკენ სიმძლავრე იცლებს და სარკეში სილიციტები სრულებით აღარაა. ასევე პერევისიდან პასიეთისაკენ და მერევიდან ბეინევისაკენ სპონგოლითების სიმძლავრე იმატებს. ბეინევიში (ბურღილებით) სპონგოლითების გავრცელების ზოლში აღინიშნება.

შნება მისი მაქსიმალური სიმძლავრე—70 მ; ბენეფისა და პასიეთის აღმოსავლეთით სპონგოლითების სიმძლავრის კლება დადგენილია აგრეთვე ბურღილებით მდ. დუშალას მარჯვენა მხარესა და მდ. მდ. რკვიანას ქვემო და იზვარას ზემო წელში [3]. ასე, რომ სპონგოლითების გავრცელების ფართზე მათი მაქსიმალური სიმძლავრე აღინიშნება ცენტრალურ ნაწილში (თაბაგრები — პასიეთი — ბენეფი).

როგორც ჩანს, იქ, სადაც ტერიგენი მასალის დალექვა უხვად წარმოებს ორგანული სამყაროს განვითარებისათვის არაა ხელსაყრელი პირობები (რგანი — პერევისა — მერევის ზოლი). კლასტური მასალის სიუხვე ხელს უშლის ღრუბლების ფართო განვითარებას. სადაც უხეში ქვიშური მასალა ნაკლები რაოდენობით აღწევს, ღრუბლები ფართოდ ვითარდებიან (ზემოაღნიშნული ცენტრალური ზოლი). უფრო აღმოსავლეთით, მაიკოპური თიხების გაბატონებასთან ერთად, სპონგოლითების განვითარება ისევ იზღუდება, რაც აუხის გაღრმავებასთან უნდა იყოს დაკავშირებული.

სპონგოლითები ჩხარ-აჯამეთის რაიონშიც უშუალოდ მოსდევნენ მარგანეციის მადნიან ჰორიზონტს. მათ შორის გამოიყოფა მცირე სიმძლავრის (2—3—5 მ) ქვიშაქვების დასტა, რომლის შემადგენლობაშია ყველაზე დიდი რაოდენობით კვარცი, იშვიათად პლაგიოკლასები; შედარებით ხშირია გაქლორიტებული მასები და გლაუკონიტი, ზოგჯერ აღინიშნება აუტიგენური მომრგვალო ფორმის რადიალურ-სხივოსნური ქალცედონი. აღსანიშნავია ძლიერ მცირე რაოდენობით მიკროლითურმასიანი პორფირული ქანის ნატეხების არსებობაც. ქვიშაქვების ცემენტი ოპალური ნივთიერებაა.

სპონგოლითები ფართო გავრცელებით სარგებლობენ აღნიშნული რაიონის დასავლეთ ნაწილში (მდ. ჭიშურის ხეობა, ბროლისქედი, სოფ. სიმონეთი); აღმოსავლეთისაკენ მათი სიმძლავრე თანდათან კლებულობს, მდ. ძვერულას ხეობაში სპონგოლითების სიმძლავრე 5 მეტრს არ აღემატება, ხოლო სოფ. ჩხარია მიდამოებში მათი არსებობა არაა დადგენილი.

ჩხარ-აჯამეთის სპონგოლითებში კლასტური მასალის მინარევი ძლიერ ცოტაა. ისინი შეიცავენ კვარცის ერთეულ მარცვლებს, იშვიათად სრულიად გასვრიციტებულ პლაგიოკლასებს. სპონგოლითებში სპიკულები ძირითადად ქალცედონითაა წარმოდგენილი, რომელთა შორის შეიძლება გავარჩიოთ სპონგოლითები, სადაც სპიკულებს თავიანთი მოხაზულობა, მორფოლოგია კარგად აქვთ შენარჩუნებული. მათ შემადგენელ ოპალურ ნივთიერებას გადაკრისტალება განუცდია. ამ შემთხვევაში უფრო ხშირად სპიკულების აგებულებაში მოხაზილობას რადიალურ-სხივოსნური ქალცედონი. უფრო ხშირია სპონგოლითები, როცა სპიკულებს თავიანთი მოხაზულობა შეცვლილი აქვთ. მათ შორის შეიძლება გამოიყოს: 1. სპონგოლითები, რომელთა სპიკულებს მოხაზულობა ოდნავ შეცვლილი აქვთ. ამ დროს ქალცედონის ნაწილი რადიალურ-სხივოსნურია, ნაწილი კი წვრილ-აგრეგატული. ეს უკანასკნელი გვხვდება იმ უბნებში, სადაც სპიკულები აღარ ჩანს; სპიკულები კი ისევ რადიალურ-სხივოსნური ქალცედონითაა წარმოდგენილი. 2. სპონგოლითები, რომელთა სპიკულებს თავიანთი მორფოლოგია იმდენად შეცვლილი აქვთ, რომ ძნელი წარმოსადგენია მათი ორგა-

ნოგენული წარმოშობა. ამ შემთხვევაში ქანი თითქმის მთლიანად წვრილაგრე-
 ვატული ქალცედონისაგან შედგება. ასეთი მორფოლოგიადაკარგული სპიკულე-
 ბი გვხვდება იმ უბნებში, რომელსაც გააყემა განუცდია.

გააყებულ უბნების, ქალცედონის ლინზებისა და შრეების არსებობა ჩხარ-
 აჯამეთის სილიციტებიან ზოლში ხშირი მოვლენაა. ცნობილია, რომ ბროლის-
 ქედზე ოლიგოცენ—ქვ. მიოცენური ნალექების კრილი რამდენიმე მეტრის სიმ-
 ძლავრის ქალცედონის შრეებით მთავრდება. როგორც ზემოთქმულიდან ჩანს,
 და როგორც SiO_2 -ის გეოქიმიის უკანასკნელი გამოკვლევები გვიჩვენებენ, ამ
 ზოლში სპონგოლითებში ქალცედონის დიდი რაოდენობა ორგანოგენული წარ-
 მოშობის ოპალური ნივთიერების გახსნითა და შემდგომ ხელახალი გამოლექ-
 ვითაა გამოწვეული. ამაზე მიუთითებს ჯერ ერთი, გააყებულ უბნებში სპიკულ-
 ების კონფიგურაციის დარღვევა ან სრულიად გაქრობა; მეორეც აღსანიშნა-
 ვია, რომ ხშირად სპიკულას თავისი მოხაზულობა შენარჩუნებული აქვს, მაგრამ
 დაკარგული აქვს მისთვის დამახასიათებელი სტრუქტურული ნიშანი — ღარი.
 შლიფში ჩანს სპიკულები, რომელთაც ღარი შენარჩუნებული აქვთ, ან შენარ-
 ჩუნებული არ აქვთ. უკანასკნელ შემთხვევაში, როგორც ჩანს, გახსნილი ოპა-
 ლი იმავე სივარცელში გამოილექებოდა, მოხაზულობა რჩებოდა სპიკულის.
 ხოლო სტრუქტურული ნიშანი, რასაკვირველია, ისპობოდა.

ჩხარ-აჯამეთის სპონგოლითებში შეიძლება გამოვყოთ თიხიანი სპონგოლი-
 თები და თიხები, რომლებშიც სპიკულებია ჩაფლული. ეს შრეები შედგენილ-
 ბისა და მიკროსკოპიული იერის მიხედვით, თიხაა, მაგრამ შლიფში ჩანს მკრთა-
 ლი ორგანოგენული კონტურები, რომლებიც სპიკულებს მოგვაგონებენ. რო-
 გორც ჩანს, ამ შემთხვევაში, გახსნილი SiO_2 -ის აღსორბცია ხდება წმინდადი-
 პერსილი მყარი ნაწილაკებით [4], ან სხვანაირად რომ ვთქვათ, ხდება ახლად-
 წარმონაქმნთა გაჩენა, თიხის მინერალების სახით, რომელთათვისაც SiO_2 -ის არ-
 სებობა აუცილებელი პირობაა. ეს ახლადწარმონაქმნები ავსებენ გახსნილი სპი-
 კულების სივარცელებს და, ამგვარად, ვდებულობთ ზემოთ აღნიშნულ თიხო-
 ვან ქანს, არც თუ ისე მკვეთრი ფსევდოსპონგოლითური სტრუქტურით.

აღსანიშნავია, რომ ორივე რაიონში მარგანეცის მადანი ზოგჯერ სავსეა
 ქალცედონური სპიკულებით, სადაც Mn ცემენტის როლში გამოდის. ზოგჯერ
 კი მარგანეცის ოლითურ მადანს ოპალი აცემენტებს.

შესწავლილი რაიონების სპონგოლითების ქიმიური ანალიზების შედეგად
 ირკვევა, რომ მათში SiO_2 -ის რაოდენობა ძირითადად 80—90% ფარგლებში
 მერყეობს, იშვიათად კი 90%-ზე მეტია. Al-ის რაოდენობა 2—7,5%-ის ფარგ-
 ლებშია; Na_2O -სა—0,2—1,2%; K_2O -სა—0,6—1,9%; MnO-ისა—0,01—0,03%.

სექტრალური ანალიზები სპონგოლითებში იგივე იშვიათი და გაფანტული
 ელემენტების არსებობას ადგენს, როგორსაც ოპოკებში ვხვდებით:
 Ti—0,1—0,5%, V—0,004—0,08%, Zr—0,006—0,03%, ძლიერ მცირე რაო-
 დენობით—Ga, Nb და Sr.

ქიათურისა და ჩხარ-აჯამეთის რაიონებში სილიციტების ფართო გავრცე-
 ლება ცხადყოფს, რომ იმდროინდელ აუზში SiO_2 დიდი რაოდენობით იმყოფე-
 ბოდა. ფაქტიური მასალის შესწავლის საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ

SiO_2 -სა და Mn-ის რაოდენობის გაზრდისა და გამოლექვის პროცესი თითქმის ერთდროულად მიმდინარეობდა. ამას მოწმობს ის გარემოება, რომ შესწავლილ რაიონებში ოლიგოცენური ნალექების ქრილი ხან ოპალითებით იწყება და ხან მარგანეციანი შრეებით. ხშირად ისინი ურთიერთის ცემენტის როლში გამოდიან. არც ცემენტში მონაწილე ოპალური ნივთიერება და არც ოპოკები არ შეიძლება ჩაითვალოს სტრუქტურადაკარგული სპიკულების ხარჯზე წარმოშობილად.

SiO_2 -ის სიჭარბეზე მეტყველებს როგორც ოპოკის შრეების, ისე თვით სპონგოლითების არსებობაც, როგორც ჩანს, აუზში იზრდებოდა SiO_2 -ის კონცენტრაცია და იგი ჯერ ქიმიური გზით ილექებოდა (ოპალი ცემენტის სახით მარგანეცის მადანში და ოპალი ოპოკებში). SiO_2 -იანი ფაუნის განვითარებისათვის აუზში თავიდანვე იყო საჭირო ხელშემწყობი პირობები (SiO_2 -ის დიდი რაოდენობა), მაგრამ ორგანული სამყაროს განვითარებისთვის დიდი დროა საჭირო. ამ დროის განმავლობაში აუზში SiO_2 -ის კონცენტრაციის განუწყვეტელმა ზრდამ, ხსნარის გადაჯერება და ქიმიური ნალექების (ოპოკების) წარმოშობა გამოიწვია. უმნიშვნელო რაოდენობის სახით სპონგები ნელ-ნელა იწყებენ განვითარებას, რასაც მოწმობს თვით ოპოკებში ერთეული რაოდენობით სპიკულების არსებობა.

მართალია, ქიმიური SiO_2 -იანი ნალექების წარმოშობის შემდეგ აუზში SiO_2 -ის რაოდენობა გაუჯერებელი უნდა გამხდარიყო, მაგრამ ამ უკანასკნელის მოწოდება გრძელდებოდა და შეიძლება ისევ ქიმიური ნალექის წარმოშობა მომხდარიყო, მაგრამ უკვე SiO_2 -იანი ფაუნა იმდენად განვითარდა, რომ კაემიწის ძირითადი რაოდენობის მოხმარება მათ მიერ ხდება. თუმცა ორგანიზმებს უნარი აქვთ სილიკატური მინერალების კაოლინის ბირთვი დაშალონ თავიანთი ჩონჩხისათვის საჭირო SiO_2 -ის მისაღებად, მაგრამ მხოლოდ ამ გზით მათი ასეთი დიდი რაოდენობითა და ფართოდ გავრცელება, როგორც ეს შესწავლილ რაიონებშია, ძნელი წარმოსადგენია. წყალში SiO_2 -ის სიჭარბე, რასაკვირველია, განაპირობებდა ორგანიზმების აყვავებას. გარდა ამისა, ხდებოდა სპონგოლითების შეცემენტება ოპალური ნივთიერებით, აგრეთვე SiO_2 -ის გამოყოფა (კოლოიდური ხსნარებისათვის დამახასიათებელი) მომრგვალო ფორმების სახით. შემდგომი პროცესებისას კი, როგორც ბიოგენური (სპიკულებში), ისე ქიმიური ოპალი დაკრისტალდა და მრგვალი ოპალური სხეულები დღეს აუტიგენური ქალცედონის სახით გვხვდება აღწერილ ნალექებში.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციის მოუვიდა 12.2.1966)

ПЕТРОГРАФИЯ

Д. Г. ЧЕЛИДЗЕ

СИЛИЦИТЫ ЧИАТУРА-ЧХАР-АДЖАМЕТСКОЙ ПОЛОСЫ

Резюме

Силициты Чиатура-Чхар-Аджаметской полосы приурочены к олигоцен-нижнемиоценовым отложениям. К ним же приурочена марган-

ცვორუდნაია თოლცა. В силицитах можно выделить: 1) опоки — органические силициты и 2) спонголиты — органогенные силициты.

Опоки сравнительно хорошо развиты в Чиатурском районе. В Чхар-Аджаметском они встречаются только в одном (Бролис-кеди) разрезе.

Из силицитов заметно преобладают спонголиты. В Чиатурском районе в спонголитах часты прослои песчаников и в самих спонголитах песчанистый материал присутствует в заметном количестве. Выделяется следующий переходный ряд: спонголиты → песчанистые спонголиты → спонголитовые песчаники → песчаники. Характер песчанистого материала кварц-аркозовый. Чиатурские спонголиты в основном опаловые.

В спонголитах Чхар-Аджаметского района песчанистый материал присутствует в малом количестве. Здесь почти все силициты являются собственно спонголитами. Редки и прослои песчаников.

В этих спонголитах органогенная структура изменена полностью или частично, что, как видно, связано с растворением органогенного опалового вещества. Спонголиты Чхар-Аджаметского района почти все халцедоновые.

Изученный фактический материал свидетельствует о том, что олигоцен-нижнемиоценовый бассейн этой полосы был сравнительно насыщен кремнеземом, что способствовало как его химической садке, так и развитию кремневых организмов.

По-видимому, повышение концентрации и садка как SiO_2 , так и Mn происходили одновременно, что подтверждается рядом фактов.

О повышенном содержании SiO_2 свидетельствует не только наличие опоковых слоев и кремнезема в роли цемента, но и широкое развитие спонголитов. Этот процесс можно представить следующим образом: в водоеме повышалась концентрация SiO_2 , для развития кремневой фауны создавались благоприятные условия, но для развития органического мира нужно было время. Ввиду непрерывного роста концентрации из раствора началось осаждение SiO_2 химическим путем. Фауна начала развиваться, что подтверждается нахождением в опоках единичных спикул губок. Привнос SiO_2 продолжается, но химические осадки уже не образуются, так как потребление основной части SiO_2 происходит кремневой фауной — спонгиями.

დავითწმობული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Тавадзе, Д. Долидзе, Н. Кандელაკი. Отчет Чхар-Аджаметской геологоразведочной партии на марганец за 1947 г. Фонды ГГУ, 1948.
2. დ. ქელიძე. ქუთაისის მიდამოების ოპოკების შესახებ. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XXXIX:2, 1965.
3. А. Чиковани. О стратиграфии и фациях третичных отложений северной периферии Дзирульского массива. Труды Геол. ин-та АН ГССР, сер. геол. т. XII (XVII), 1961.
4. К. Краускоф. Геохимия литогенеза в среде осадкообразования. Геохимия литогенеза, 1963.

МИНЕРАЛОГИЯ

Р. М. МАНВЕЛИДЗЕ

О КАЛИ-НАТРОВЫХ ПОЛЕВЫХ ШПАТАХ ХЕВСКОЙ
ИНТРУЗИИ

(Представлено академиком Г. С. Дзоцидзе 25 4. 1966)

Находящаяся в юго-восточной части Дзирульского кристаллического массива Хевская интрузия является самым молодым образованием среди гранитоидов этого массива. Исходя из того, что она пироконтakтно воздействует на порфиритовую серию байоса и трансгрессивно перекрывается осадочными породами нижнего мела, возраст интрузии определяется интервалом между средней юрой и нижним мелом и ее внедрение связывается с батской эрофазой.

Хевская интрузия еще в 30-х гг. детально была исследована Г. М. Заридзе [1], установившим неоднородность состава интрузии и выделившим в ней светлые и темные разновидности гранитоидов. В настоящее время Г. М. Заридзе и Н. Ф. Татришвили [2] считают темные разновидности гранитоидов Хевской интрузии «продуктами определенной ступени метасоматической гранитизации вмещающих их основных пород».

Описания гранитоидов Хевской интрузии содержатся в работах и других исследователей Дзирульского кристаллического массива [3—5].

В отмеченных работах кали-натровые полевые шпаты Хевской интрузии диагностированы аноктоклазом — так они именуются до настоящего времени [2]. Основанием для такого заключения послужило широкое распространение в гранитоидах интрузии кали-натровых полевых шпатов с относительно малыми углами оптических осей.

Однако интервал колебаний в значениях — 2V (от 44 до 76°)⁽¹⁾ в опубликованных по Хевской интрузии работах [1, 3—5] несколько иной, чем это принято для аноктоклаза (от — 35 до — 55°). Это обстоятельство указывает на то, что содержание, вкладываемое в понятие «аноктоклаз», не может полностью отразить истинной природы и разнообразия кали-натровых полевых шпатов Хевской интрузии.

Относительно термина «аноктоклаз» известно, что он уже давно играет неопределенную роль. До настоящего времени не существует однозначного и конкретного определения этого термина. Различными исследователями он понимается по-разному. Касаясь этого вопроса в одной из своих работ, еще в 1952 г. Ф. Лавес [6] совершенно справедливо констатировал, что отмеченное положение «не удивительно, так

⁽¹⁾ Здесь учтены измерения, полученные только по двум выходам оптических осей.

как самостоятельного минерала «анортоклаз» не существует, если употреблять понятие «минерал» в его общепринятом значении.

Исходя из сказанного, можно заключить, что существующая интерпретация кали-натровых полевых шпатов Хевской интрузии неисчерпывающая и требует пересмотра. Это становится еще более очевидным в свете современных представлений о природе кали-натровых полевых шпатов.

На основании многочисленных экспериментальных и региональных исследований последних лет, развитых и сведенных в монографии А. С. Марфуниа [7], доказана принадлежность кали-натровых полевых шпатов к «упорядочивающимся сериям», что принципиально меняет существующие ранее взгляды об этой группе породообразующих минералов.

Степень упорядочения внутренней структуры кали-натровых полевых шпатов определяется как условиями их образования, так и перераспределением ионов Al и Si в твердом состоянии. Считается, что упорядочение, распад гомогенного твердого раствора, развитие триклинности и микроклиновой решетки — это тесно связанные между собой явления; в природе они обычно проявляются как разные стороны единого процесса — превращений в твердом состоянии. Среди отмеченных явлений определяющая роль принадлежит упорядочению внутренней структуры.

Исходя из этих позиций, исследование кали-натровых полевых шпатов вообще и Хевской интрузии в частности должно охватывать комплекс отмеченных вопросов.

Об упорядочении внутренней структуры отдельных индивидов кали-натровых полевых шпатов Хевской интрузии можем судить по величине угла оптических осей в них, который находится в прямо пропорциональной зависимости от степени упорядочения.

—2V в изученных кали-натровых полевых шпатах нами определялся в толстых шлифах методом коноскопирования на федоровском столике. Полученные результаты полностью подтверждают отмечающийся в опубликованных работах по Хевской интрузии широкий интервал колебаний значений — 2V (см. выше).

Для наглядности приводим результаты определений в двух образцах гранитоидов Хевской интрузии: 1) № 613 — 2V=52; 75; 78°; 2) № 617 — 2V=44; 52°.

Вычисления степени упорядочения (S_{mp}), сведенные в таблице, показывают, что S_{mp} кали-натровых полевых шпатов интрузии фактически принимает как минимальные, так и максимальные значения. Из результатов, приводимых в таблице, можно заключить, что в гранитоидах Хевской интрузии, наряду с преимущественно распространенными, сравнительно малоупорядоченными ($S_{mp} < 0,5$) кали-натровыми полевыми шпатами, содержатся и высокоупорядоченные структурные типы (S_{mp} около 1).

Степень триклинности кали-натровых полевых шпатов Хевской интрузии определялась по рентгенограммам, снятым на дифрактометре УРС-50И.

Дифрактограммы, характеризующие кали-натровые полевые шпаты интрузии, приводятся на рис. 1. По ним, наряду со степенью триклинности (Δ_p), определялся и состав гомогенного твердого раствора.

Таблица 1

№ п/п	-2 V	S _{mp}	№ п/п	-2 V	S _{mp}	№ п/п	-2 V	S _{mp}
1	44 _o	0	11	54°	0,25	21	60°	0,40
2	44 _o	0	12	54°	0,25	22	60°	0,40
3	50 _o	0,15	13	54°	0,25	23	60°	0,40
4	50 _o	0,15	14	55°	0,27	24	60°	0,40
5	52 _o	0,20	15	55°	0,27	25	63°	0,47
6	52 _o	0,20	16	58°	0,35	26	68°	0,60
7	52 _o	0,20	17	58°	0,35	27	70°	0,65
8	53 _o	0,22	18	58°	0,35	28	75°	0,78
9	53 _o	0,22	19	60°	0,40	29	76°	0,80
10	53 _o	0,22	20	60°	0,40	30	78°	0,90

Дифрактограмма I соответствует лейкократовой разновидности, II—промежуточной, а III — относительно меланократовой разновидности гранитоидов интрузии.

На дифрактограмме I пик (131), как видим, не расщеплен и даже не расширен. Это указывает на то, что в данном случае степень триклинности (Δ_p) равняется нулю или, во всяком случае, очень близка к нему.

На последующих дифрактограммах пик (131) отчетливо расщеплен на пики (131) и (131). Расчет степени триклинности по этим пикам соответственно дает значения $\Delta_p=0,67$ и $0,82$.

Как видим, интервал колебаний значений степени триклинности, как и степени упорядоченности, широк.

Содержание в гранитоидах Хевской интрузии кали-натровых полевых шпатов с высокими степенями упорядочения и триклинности указывает на возможность развития в них микроклиновой решетки. В опубликованных работах отмечаются только простые двойники, а наличие в них полисинтетического двойничкования отрицается. Однако, как показало детальное исследование многочисленных шлифов, это не совсем так.

Микроскопическое исследование кали-натровых полевых шпатов гранитоидов Хевской интрузии показывает отчетливое преобладание простых двойников и, как правило, отсутствие кали-натровых полевых шпатов с ярко выраженной микроклиновой решеткой. Но это не значит, что полисинтетическое двойничкование полностью отсутствует. Некоторые зерна обнаруживают пятнистое погасание, которое в редких случаях принимает очертания микроклиновой решетки (рис. 2).

Отмеченное обстоятельство свидетельствует о том, что полисинтетическое двойничкование хотя и является редким, но отнюдь не чуждо кали-натровым полевым шпатам Хевской интрузии и еще раз доказывает присутствие среди них максимально упорядоченных структурных типов (микроклинов). При этом, если учесть, что в кали-натровых по-

левых шпатах Хевской интрузии может быть развито также субмикроскопическое полисинтетическое двойникование, можно предположить, что зерна, аналогичные приводимым на рис. 2, могут пользоваться более широким распространением, чем это обнаруживается при микроскопических наблюдениях.

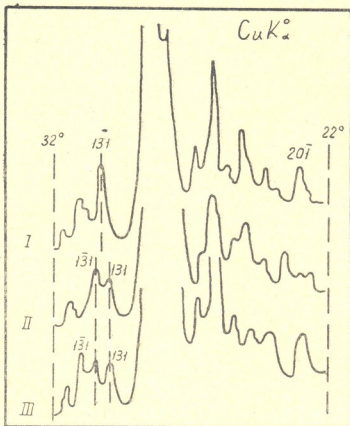


Рис. 1. Дифрактограммы кали-натровых полевых шпатов Хевской интрузии

В зернах кали-натрового полевого шпата гранитондов Хевской интрузии под микроскопом, как правило, отчетливо различаются две самостоятельные фазы — гомогенный твердый раствор и альбитовые вставки.

Судя по данным вышеприведенных дифрактограмм, гомогенный твердый раствор в нашем случае характеризуется постоянством соотношения между KAlSi_3O_8 и $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$. По величине межплоскостных расстояний ($20\bar{1}$) определяется состав гомогенного твердого раствора: KAlSi_3O_8 — 85—80% и $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ — 10—15%. Это указывает на существенно калиевую природу кали-натровых полевых шпатов Хевской интрузии.

Альбитовые вrostки обычно неравномерно распределены в гомогенном твердом растворе кали-натрового полевого шпата, и лишь изредка наблюдаются зерна с их равномерным распределением. Счень часто в образованиях кали-натрового полевого шпата имеются лишь 2—3 полоски альбита, нередко они вообще отсутствуют. Альбитовые вrostки преимущественно тонковолокнистые, но местами довольно широкие и грубоватые. Как правило, в большинстве случаев невозможно уemотреть какую-нибудь закономерность в образовании и распределении альбитовых вrostков. Но в отдельных зернах кали-натрового полевого шпата альбитовые вrostки кажутся приуроченными к резорбированным включениям плагиоклаза. Это обстоятельство наводит на мысль, что наряду с пертитами распада в гранитоидах Хевской интрузии, по-видимому, распространены и пертиты замещения.



Рис. 2. Решетчатый кали-натровый полевой шпат Хевской интрузии, Q—кварц

В заключение считаем необходимым коснуться вопроса взаимоотношений кали-натрового полевого шпата с другими породообразующими минералами гранитоидов Хевской интрузии. Это, как нам кажется, позволит выяснить условия формирования и объяснить причины изложенного разнообразия в свойствах кали-натровых полевых шпатов.

В гранитоидах Хевской интрузии, характеризующихся четко выраженной гипидноморфнозернистой структурой, кали-натровый полевой шпат всегда резко аллотриоморфен. В ряде случаев в шлифах пород интрузии можно наблюдать четко выраженный идиоморфизм темноцветных компонентов и плагиоклаза относительно кали-натрового полевого шпата. Но нередки случаи, когда очертания контактов кали-натрового полевого шпата с другими породообразующими минералами сильно извилисты и очень напоминают контуры, возникающие при метасоматических замещениях.

Различен и характер включений в образованиях кали-натрового полевого шпата. Они сравнительно редки, но, если в одних случаях наблюдаются включения с идиоморфными, хорошо развитыми кристаллографическими очертаниями, в других они сильно резорбированы, а иногда даже клочкообразны.

Указанный характер взаимоотношений кали-натрового полевого шпата с другими породообразующими минералами позволяет предположить, что он формировался в результате двух различных процессов — прямой кристаллизации из расплава (преимущественно) и метасоматического замещения.

Метасоматические образования кали-натрового полевого шпата могли формироваться как в позднемагматической стадии становления Хевской интрузии, так и после ее полного затвердевания. О возможности последнего явления свидетельствуют наблюдающиеся в Хевской интрузии мелкие лейкократовые прожилки, представляющие микропегматитовые сростания кали-натрового полевого шпата, кварца и в сравнительно малом количестве плагиоклаза. Думается, что образование этих прожилков связано с теми лейкократовыми растворами, которые воздействовали на породы Хевской интрузии после ее затвердевания.

Изучение кали-натровых полевых шпатов Хевской интрузии показывает сложность их природы. Доминирующими типами являются малоупорядоченные кали-натровые полевые шпаты, находящиеся в метастабильном равновесии. Но наряду с ними содержатся кали-натровые полевые шпаты с высокими степенями упорядочения и триклинности и даже индивиды с отчетливо выраженной микроклиновой решеткой.

Предполагаем, что такое разнообразие кали-натровых полевых шпатов Хевской интрузии, с одной стороны, определяется их генетическими особенностями, а с другой — относительно молодым геологическим возрастом (батским) интрузии.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

(Поступило в редакцию 27.4.1966)

მინერალოგია

რ. მაველიძე

ხევის ინტრუზივის კალიუმ-ნატრიუმის მინდვრის
შპატების შესახებ

რეზიუმე

ხევის ინტრუზივის კალიუმ-ნატრიუმის მინდვრის შპატები არსებულ ლიტერატურულ წყაროებში განსაზღვრულია ანორთოკლასად. ასეთ სახელწოდებას ინარჩუნებენ ისინი დღემდე.

ჩატარებულმა მუშაობამ დაგვანახა, რომ აღნიშნული ინტრუზივის კალიუმ-ნატრიუმის მინდვრის შპატები ხასიათდებიან გაცილებით რთული

ბუნებით, ვიდრე ამის გამოხატვა შეუძლია საკმაოდ ორჭოფულ და გაურკვეველ ტერმინს — „ანორთოქლაზს“.

ხევის ინტრუზივის გრანიტოიდებში კალიუმ-ნატრიუმიანი მინდვრის შპატების, ძირითადად გავრცელებულ, ნაკლებად მოწესრიგებულ ტიპებთან ერთად, ვხვდებით მაქსიმალურად მოწესრიგებულ სტრუქტურულ ტიპებსაც (მიკროკლინი). სხვაობა აღინიშნება აგრეთვე ტრიკლინურობის, პერტიტიზაციისა და პოლისინთეტიკური შემჩნობლების განვითარებაშიც.

შრომაში გამოთქმულია მოსაზრება, რომ ინტრუზივის კალიუმ-ნატრიუმიანი მინდვრის შპატების თვისებათა ასეთი ცვალებადობა გაპირობებული უხდა იყოს ერთი მხრივ თვით კალიუმ-ნატრიუმიანი მინდვრის შპატების გენეტიკური თავისებურებებით (მაგმური და მეტასომატური), ხოლო მეორე მხრივ — ინტრუზივის შედარებით ახალგაზრდა გეოლოგიური ასაკით (ბათური).

დადოვიანული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. М. Заридзе. Хевская неинтрузия в Дзирульском массиве. Бюлл. Геол. ин-та Грузии, т. IV, вып. I, Тбилиси, 1938.
2. Геология СССР, т. X, изд. «Недра», М., 1964.
3. Г. М. Смирнов и Г. М. Заридзе. Неинтрузия в Дзирульском кристаллическом массиве. ДАН СССР, т. II, № 1, 1936.
4. Г. М. Смирнов, Н. Ф. Татришвили, Т. Г. Казахашвили. Геолого-петрографический очерк северо-восточной части Дзирульского кристаллического массива. Труды Петрогр. ин-та АН СССР, вып. 11, 1937.
5. Г. М. Смирнов, Н. Ф. Татришвили, Т. Г. Казахашвили. Геолого-петрографический очерк юго-восточной части Дзирульского кристаллического массива. Труды Грузинского отд. ВИМСа, вып. II, 1938.
6. Ф. Лавес. Фазовые отношения щелочных полевых шпатов. В сб.: «Полевые шпаты», ИЛ, М., 1956.
7. А. С. Марфуин. Полевые шпаты — фазовые взаимоотношения, оптические свойства, геологическое распределение. Изд. АН СССР, М., 1962.

ТЕХНИКА

Л. Г. АБЕЛИШВИЛИ (член-корреспондент АН Грузинской ССР),
Г. Д. ЦИСКАРИШВИЛИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА ПОЕЗДА ПО НАГРЕВАНИЮ ТЯГОВЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Вопрос об определении наибольшего веса поезда по нагреванию тяговых электрических машин—один из важнейших в электрической тяге. Это вытекает из необходимости наиболее полного использования основного силового оборудования электрических локомотивов. С другой стороны, имеющиеся решения вопроса [1—5] имеют приближенный характер.

В настоящей статье, с целью развития прежних работ [3, 4], задача об определении наибольшего веса поезда по нагреванию тяговых электромашин рассматривается в порядке второго приближения. Исходным известным при этом предполагается наибольшее превышение температуры двигателей над окружающей средой для некоторого любого веса поезда, установленное существующим относительно точным или приближенным расчетным путем или же экспериментально.

Решение подобной задачи [1, 2] сводилось к формулам

$$Q = Q_0 \sqrt{\frac{\tau_{\text{доп}}}{\tau_0}}$$

и

$$Q = (P + Q_0) \sqrt[3]{\left(\frac{\tau_{\text{доп}}}{\tau_0}\right)^2 - P}, \quad (1)$$

где:

Q —искомый вес поезда,

τ_0 —наибольшее превышение температуры, соответствующее известному весу поезда Q_0 ,

$\tau_{\text{доп}}$ —допустимое превышение температуры,

P —вес локомотива.

Формулы построены исходя из метода среднеквадратичного тока, в предположении, что превышение температуры пропорционально квадрату тока. Кроме того, в первой формуле (1) предполагалось, что вес поезда



приближенно пропорционален току, а во второй формуле—тяговая характеристика электровозов удовлетворяет уравнению

$$FV^n = \text{пост.}$$

Ниже, как и раньше [3, 4], дается определение веса Q исходя из аппроксимации тепловой характеристики $\tau_\infty = f(F)$ —зависимости установившегося превышения температуры от силы тяги—трехчленом вида

$$\tau_\infty = a + bF^n. \quad (2)$$

Такая аппроксимация позволяет [3, 4] построить кривую $\xi = \varphi(s)$, где s —путь, а ξ —величина, не зависящая от веса поезда и связанная с превышением температуры равенством

$$\tau = a + b(P + Q)^n \xi. \quad (3)$$

Отсюда можно утверждать, что наибольшее превышение температуры для разных весов поездов (τ_0 при Q_0 и $\tau_{\text{доп}}$ при Q) произойдет в одном и том же месте, при наибольшем ξ .

Исходя из этого можно получить из равенства (3)

$$\frac{\tau_{\text{доп}} - a}{(P + Q)^n} = \frac{\tau_0 - a}{(P + Q_0)^n},$$

откуда искомый вес поезда найдется в виде

$$Q = (P + Q_0) \sqrt[n]{\frac{\tau_{\text{доп}} - a}{\tau_0 - a}} - P. \quad (4)$$

Для перехода от одного веса поезда к другому при выводе расчетной формулы (4) было использовано лишь понятие о кривой $\xi = \varphi(s)$. Построение же ее делается ненужным. Этим исключаются ряд допущений, связанных с построением $\xi = \varphi(s)$ и, следовательно, с определением Q . Такими допущениями являются предположения о движении поезда по отдельным элементам профиля с установившейся скоростью и постоянстве сопротивления движению. Делается ненужным также и оперирование так называемой „постоянной пути“, которая в действительности меняется в определенных пределах.

Таким образом, если формулы (1) по точности стоят на уровне метода среднеквадратичного тока, а построенный авторами расчет на аппроксимации (2) стоит на более высоком уровне точности, соответствующем тяговым расчетам по методу установившихся скоростей, то расчетная формула (4) не содержит условностей последнего метода и соответствует еще более высокому уровню точности. Далее, если предлагаемая формула (4), построенная на аппроксимации (2), может рассматриваться как дальнейшее развитие более ранних предложений авторов [3, 4, 5], то простое сопоставление видов (1) и (4) позволяет заключить, что (4) является дальнейшим развитием и формул (1).

В ранних предложениях авторов параметры a , b и n , входящие в аппроксимацию (2), определялись по трем точкам кривой $\tau_{\infty} = f(F)$. Выбор этих точек мог иметь субъективный характер. Это приводило к различным значениям параметров (ср. [3] и [5]) и к практически неудобному значению показателя корня n .

Этот недостаток может быть устранен при аппроксимации по многим $-m$ точкам. В этом случае по методу наименьших квадратов [6] можно получить

$$a = \frac{\sum_1^m \tau_k \sum_1^m F_k^{2n} - \sum_1^m \tau_k F_k^n \sum_1^m F_k^n}{m \sum_1^m F_k^{2n} - \left(\sum_1^m F_k^n \right)^2}$$

и

$$b = \frac{m \sum_1^m \tau_k F_k^n - \sum_1^m \tau_k \sum_1^m F_k^n}{m \sum_1^m F_k^{2n} - \left(\sum_1^m F_k^n \right)^2} \quad (5)$$

Показатель корня для удобства расчетов может приниматься равным $n = \frac{3}{2}$, 2, 3 или даже 4. Из этих значений должно быть принято то, которое для данного электрического локомотива принимает наименьшее среднеквадратичное отклонение:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_1^m (a + bF_k^n - \tau_k)^2}{m}}$$

Соответствующие расчеты с использованием вычислительных машин были выполнены для электровозов действующего парка СССР — ВЛ 22^м, ВЛ 23, ВЛ 8, ВЛ 60 и Ф. Полученные результаты (для оптимального значения n) приводятся в табл. 1.

Для определения веса поезда по формуле (4) требуются лишь параметры a и n . Поверочные расчеты показали крайне незначительное влияние изменений величины a на окончательные итоги определения веса поезда (колебание значения весов составило $5 \div 8$ т при изменении режима тяги с ПП на ОПЗ или ОП2). Для практических расчетов можно рекомендовать значения параметров по табл. 2.

Таблица 1

№ п/п	Типы электровозов	Режимы тяги	П а р а м е т р ы			Средне-квадратичная погрешность δ в °С	Примечание
			a	b	n		
1	ВЛ 22 ^м	ПП	38	0,236	2	8	6×ДПЭ—400
		ОП 1	39	0,298		7	
		ОП 2	41	0,359		6	
2	ВЛ 23	ПП	35	0,0075	3	4	6×НБ—406 Б
		ОП 1	36	0,0101		5	
		ОП 2	38	0,0137		5	
		ОП 3	44	0,0182		5	
3	ВЛ 8	ПП	35	0,0032	3	4	8×НБ—406 А
		ОП 1	36	0,0043		5	
		ОП 2	38	0,0058		5	
		ОП 3	44	0,0077		5	
4	ВЛ 60	НП	13	0,22	2	7	6×НБ—412 ^м
		ОП 1	17	0,26		7	
		ОП 2	21	0,29		8	
		ОП 3	25	0,34		9,6	
5	Ф	НП	18	0,09	2	3	6×ТАО649 В 1
		ОП 1	20	0,12		2	
		ОП 2	23	0,14		3,7	
		ОП 3	24	0,19		2	

По данным табл. 2 и по формуле (4) был произведен поверочный расчет веса поезда для одной из проектируемых железнодорожных линий. Тяговые двигатели электровоза ВЛ8 (НБ 406) при весе поезда $Q_0=1500$ т перегревались до $\tau_0=169,7^\circ\text{C}$ в конце участка запроектированной линии, как показал расчет, выполненный аналитическим методом, рекомендуемым правилами тяговых расчетов (ПТР).

Таблица 2

Параметры	Т и п ы э л е к т р о в о з о в				
	ВЛ 22 ^м	ВЛ 23	ВЛ 8	ВЛ 60	Ф
n	2	3	3	2	2
a (в °С)	39	35	35	20	20

Повторными расчетами, согласно ПТР, был найден вес поезда, при котором тяговые двигатели уже не перегревались выше $\tau_{\text{доп}}=120^\circ\text{C}$. Это был $Q=1250$ т.

По формуле (4) ($a=35^{\circ}\text{C}$, $Q_0=1500$ т, $\tau_0=169,7^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{доп}}=120^{\circ}\text{C}$ и $P=184$ т) находим $Q=1260$ т. Расхождение не превышает рекомендуемую точность определения весов поездов.

Грузинский политехнический институт
им. В. И. Ленина
Тбилиси

(Поступило в редакцию 17.5.1966)

ტექნიკა

ლ. აბელიშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),
ბ. ცისკარიშვილი

მატარებლის წონის განსაზღვრა ელექტრულ მანქანათა
გახურების პირობით

რ ე ზ ი შ ე

სტატიაში განხილულია მატარებლის წონის დაზუსტების ამოცანა წვეის მანქანების გახურების მიხედვით. ცნობილად მიჩნეულია მატარებლის სხვა ნებისმიერი წონა და ძრავების შესაბამისი გახურების ტემპერატურათა სხვაობა, რაც შეიძლება წინასწარ დადგენილ იქნეს მიახლოებითი ან ზუსტი გაანგარიშებით, ან ექსპერიმენტულად.

შრომში თეორიულად დასაბუთებულია საანგარიშო ფორმულა (4), სადაც: Q —საძიებელი წონაა, Q_0 —საწყისი წინასწარი წონა, τ_0 —ტემპერატურის უდიდესი გადაჭარბება ამ წონისათვის, $\tau_{\text{დოპ}}$ —ტემპერატურის დასაშვები გადაჭარბება და P —ლოკომოტივის წონა. a და b —პარამეტრები სხვადასხვა ტიპის ელექტრომავლებისათვის, მოცემულია მე-2 ცხრილში.

მიღებული ფორმულა შეესაბამება გაანგარიშების სიზუსტის უფრო მაღალ დონეს, ვიდრე არსებული ანალოგიური ფორმულები.

დავოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Е. Розенфельд, Ю. Е. Рывкин, И. А. Лакштовский. Электрическая тяга поездов. М., 1958.
2. В. Е. Розенфельд, Н. Н. Сидоров, С. Е. Кузин, И. И. Власов. Электрические железные дороги. М., 1957.
3. Л. Г. Абелишвили. Расчет весов электрических поездов по нагреванию тяговых двигателей. Труды ИЭ АН ГССР, VIII, Тбилиси, 1953.

4. Г. Д. Цискаришвили. Некоторые вопросы проектирования продольного профиля железных дорог с учетом нагревания двигателей при электровозной тяге. Труды Грузинского политехнического ин-та им. В. И. Ленина, № 3 (69), Тбилиси, 1960.
5. Л. Г. Абелишвили, Г. Д. Цискаришвили. Зависимость веса поезда от профильных условий железнодорожных линий. Труды Грузинского политехнического ин-та им. В. И. Ленина, № 3 (108), Тбилиси, 1966.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

О. И. КВИЦАРИДZE, С. М. ГУЛИЕВ, Л. О. ГВЕЛЕСИАНИ,
Б. М. ГРИГОЛАШВИЛИ

**МНОГОКАНАЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И
ВЛАЖНОСТИ СРЕДЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИИ**

(Представлено академиком К. С. Завриевым 10. 12. 1965)

Характер развития процессов ползучести и степень деформативности строительных конструкций при длительно действующих статических или многократно повторных нагрузках в значительной мере зависят от температурно-влажностного режима окружающей среды. В изгибаемых железобетонных элементах, которые работают в условиях повышенных температур воздуха или в сухой среде, в процессе эксплуатации имеет место более интенсивное нарастание прогибов. Величины пластических деформаций ползучести в зависимости от температурно-влажностных условий среды резко отличаются в конструкциях и деталях, составленных из пластмасс. В той или иной степени это относится ко всем другим строительным материалам и изделиям из них.

Поэтому знание закономерности изменения реологических свойств строительных материалов в зависимости от условий температурно-влажностного режима окружающей среды имеет особое значение при проектировании и эксплуатации несущих элементов зданий и сооружений. Правильная оценка порядка ожидаемых деформаций и критерий длительной прочности дают возможность повысить надежность конструкций, а также обеспечить эффективное технико-экономическое решение вопроса. Однако в настоящее время мы не располагаем достаточной информацией в этом направлении. Реологические свойства строительных материалов и конструкций при различных условиях среды почти не освещаются в специальной литературе.

Недостаточная изученность этого вопроса прежде всего объясняется тем, что постановка специальных экспериментальных исследований встречает большие затруднения. Особенно сложно обеспечить стабильность заданного режима среды в продолжение длительного времени, от нескольких месяцев до 3—5 лет. При этом количество необходимых вариантов температурно-влажностных режимов для полного

изучения данного вопроса должно быть не менее 9—10. Таким образом, исключительная техническая сложность осуществления этих экспериментов усугубляется также длительностью времени исследований. Поэтому для практической возможности проведения указанных работ необходимо иметь специальную измерительную и регулируемую аппаратуру с высокими показателями надежности ее работы в продолжение длительного времени.

В ИСМиСе АН ГССР в течение ряда лет проводятся исследования по определению степени влияния режима среды на деформативные свойства железобетона, а также изучаются вопросы длительной прочности конструктивных пластмасс. Для этой цели в лаборатории предварительно напряженных конструкций были разработаны и изготовлены аппаратура и приспособления, которые позволяют проводить исследования с достаточно высокой точностью.

Экспериментальное оборудование для исследования влияния температурно-влажностного фактора на реологические свойства строительных конструкций и материалов состоит из следующих узлов:

1. Установки для загрузки опытных образцов.
2. Колпаки-камеры для изоляции образцов от наружного воздуха.
3. Приборы для измерения деформаций в образцах.
4. Нагревательная система для камер и аппарата для автоматического регулирования температуры.
5. Приспособления с регулирующим устройством для подачи в камеру влажного воздуха.

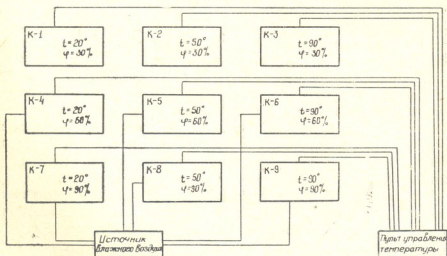


Рис. 1. Принятые температурно-влажностные режимы в камерах

Для каждого вида материала предусмотрено всего девять камер. Железобетонные элементы испытываются на изгиб, а пластмассы—на растяжение. В каждой камере поддерживается определенный режим.

Систему камер обслуживает один пульт управления для поддержания в них заданной температуры и один источник для питания камер влажным воздухом (рис. 1).

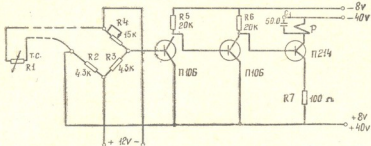


Рис. 2. Принципиальная схема регулировочного моста с усилителем постоянного тока

В данной статье дается описание лишь устройств по регулированию температуры и влажности воздуха в камерах. Конструкции камер и грузочных приспособлений, а также измерительной аппаратуры мы здесь не касаемся, так как в принципе они мало отличаются от общепринятых решений и в зависимости от размеров образцов и вида испытания могут быть решены по-разному.

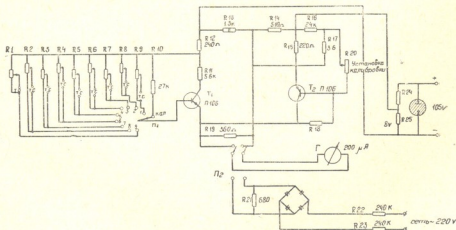


Рис. 3. Принципиальная схема измерителя температуры

В основу прибора для регулирования и стабильного поддержания температуры в девяти камерах положено свойство термосопротивлений изменять свою величину в зависимости от температуры.

Прибор состоит из входного моста, усилителя постоянного тока, измерителя температуры и блока питания.

Входной мост (рис. 2) состоит из термосопротивления R_1 , из постоянных сопротивлений R_2 и R_3 и из переменного сопротивления R_4 . Ток разбаланса моста подается на трехкаскадный усилитель постоянного тока, на выходе которого включено реле P , блокирование — конденсатором большой емкости для замедления срабатывания и отпускания реле.

В цепи эмитера выходного каскада включено сопротивление R_7 , которое уменьшает начальный ток выходного каскада и облегчает подбор транзисторов.

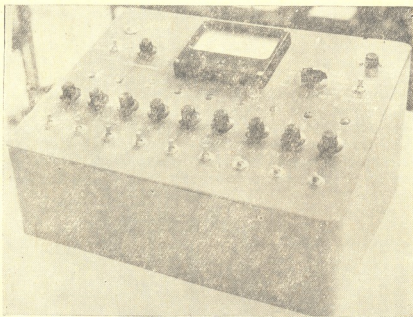


Рис. 4. Пульт прибора для регулирования температуры

Прибор состоит из девяти однотипных усилителей и мостов, а также самостоятельных источников питания входных мостов. Прибор позволяет поддерживать постоянную температуру внутри камер в пределах от 20 до 100°C.

Измеритель температуры (рис. 3) служит для дистанционного измерения температуры в камерах с пределом измерений от 10 до 100°C. Датчиком температуры служит термосопротивление включенной в цепи базы транзистора.

Изменение температуры вызывает изменение сопротивления датчика, что, в свою очередь, вызывает изменение коллекторного тока транзистора T_1 .

Каждое термосопротивление шунтировано полупеременным сопротивлением для выравнивания чувствительности термосопротивлений. Это необходимо для того, чтобы все термосопротивления имели одну общую шкалу измерений.

Назначение транзистора T_2 двоякое: во-первых, с помощью изменения величины сопротивления R_{20} в цепи базы T_2 меняется коллекторный ток T_2 , протекающий через измерительный прибор, причем направление его противоположно направлению тока транзистора T_1 и тем самым достигается компенсация неуправляемого тока T_1 ; во-вторых, благодаря такому включению триодов T_1 и T_2 при определенном их подборе достигается почти полная температурная компенсация триода T_1 в широком интервале температур.

С помощью переключателя Π_2 измерительный прибор Γ подключается через выпрямительный мост и добавочные сопротивления к сети, что дает возможность контролировать напряжение сети, питающей прибор.

Прибор (рис. 4) питается от сети переменного тока напряжением 220 вольт. После включения прибора соответствующими тумблерами включается подогрев нужных камер и температура доводится до заданной. Затем поворотом ручки «Регулировка температуры» данной камеры выключается подогрев.

С этого времени в камере поддерживается температура, при которой произвели включение камеры. Так устанавливаются нужные температуры во всех камерах. В течение первого часа работы необходимо

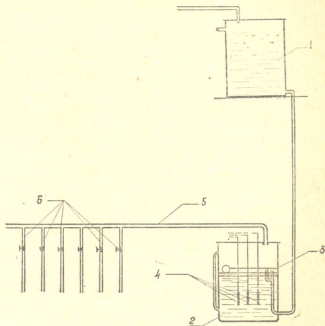


Рис. 5. Принципиальная схема установки для регулирования влажности воздуха



несколько раз корректировать температуру в камерах, так как прогрев камеры происходит вначале неравномерно. В дальнейшем же камера равномерно прогревается и температура поддерживается в пределах 1° . Для контроля за температурой в камерах на пульте управления расположен измеритель температур, который перед измерением комбинирован специальной ручкой «Установка калибровки», затем переключением переключателя Π_1 измеряется температура в нужной камере.

Работа установки по регулированию влажности воздуха (рис. 5) основана на принципе подачи пара в камеры в количестве, необходимом для поддержания заданного режима. Из емкостного резервуара 1 под статическим давлением подается водопроводная вода в бак-парообразователь 2. Постоянный уровень воды в баке поддерживается с помощью поплавка, закрывающего и открывающего входной клапан 3. Вода в баке нагревается медным электрическим кипятильником 4.

Пар по трубопроводу 5 через распределители 6 подводится к камерам. На каждом распределителе устроен регулирующий вентиль 7, открытие и закрытие которого осуществляется вручную или с помощью релейной установки. В последнем случае датчиками для сигнала служат установленные в камерах психрометры, состоящие из контактных термометров.

Длительное время непрерывной эксплуатации описанных приборов и устройств — показатель их высокой надежности в работе. Это дает возможность рекомендовать разработанную в ИСМиСе схему электронной многоканальной регулирующей аппаратуры для исследований реологических процессов в строительных материалах и конструкциях при любых заданных режимах температуры и влажности окружающей среды.

Академия наук Грузинской ССР
Институт строительной механики и
сейсмостойкости
Тбилиси

(Поступило в редакцию 12.3.1966)

სამშენებლო მეცნიერება

ო. კვიციანი, ს. გულიანი, ლ. გველესიანი, ბ. გრიგოლაშვილი

ბარემოს ტემპერატურისა და ტენიანობის მრავალარხობიანი რეგულირება სამშენებლო მასალებში და კონსტრუქციების რეგულირების თვისებების გამოკვლევის დროს

რ ე ზ ი მ ე

სამშენებლო კონსტრუქციები ხანგრძლივი ექსპლუატაციის დროს იმყოფებიან გარემოს სხვადასხვა პირობებში. მათზე გავლენას ახდენენ ატმოსფერული ფაქტორები, ტემპერატურა, ტენიანობა და სხვა. სამშენებლო კონსტრუქციების რეგულირების თვისებების გამოკვლევის დროს



რუქციებში ცოცვალობის პროცესებისა და დეფორმაციების განვითარების სიათი როგორც სტატიკური, ისე განმეორებითი დატვირთვების დროს, მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია გარემოს ტემპერატურულ და ტენიანობის პირობებზე. ამიტომ, რკინაბეტონის, კონსტრუქციული პლასტმასებისა და სხვა სამშენებლო მასალების რეოლოგიური თვისებების კანონზომიერების შესწავლას გარემოს სხვადასხვა ტემპერატურისა და ტენიანობის პირობებში უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. ეს საკითხი ჯერჯერობით საკმარისად არ არის შესწავლილი, რაც, უპირველეს ყოვლისა, გამოწვეულია იმ სიძნელებით, რომლებიც თან ახლავს შესაბამისი ექსპერიმენტების ჩატარებას: კერძოდ, სხვადასხვა სასურველი ტემპერატურისა და ტენიანობის შექმნა და, რაც მთავარია, შექმნილი რეჟიმის სტაბილურობის უზრუნველყოფა ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში (ორისამი თვიდან სამ-ოთხ წლამდე).

სტატიაში მოცემულია სამშენებლო მექანიკისა და სეისმომედეგობის ინსტიტუტში შექმნილი აპარატურისა და მოწყობილობების აღწერა, რომლებიც საშუალებას იძლევიან ჩაეტარათ კვლევითი სამუშაოები სხვადასხვა ტემპერატურისა და ტენიანობის (9 რეჟიმი) პირობებში. ინსტიტუტში უკვე მიმდინარეობს ექსპერიმენტები, რომლითაც შეისწავლება სხვადასხვა რეჟიმის გავლენა რკინაბეტონის დეფორმაციულობაზე ლუნვის დროს და კონსტრუქციული პლასტმასების ხანგრძლივ სიმტკიცეზე გაჭიმვის დროს.

აღნიშნული აპარატურისა და მოწყობილობების ხანგრძლივი უწყვეტი ექსპლუატაცია მათი მაღალი ხარისხისა და საიმედოობის მაჩვენებელია, რაც საშუალებას გვაძლევს ინსტიტუტში შემუშავებული ელექტრონული მრავალწერტილოვანი მარეგულირებელი აპარატურის სქემა რეკომენდირებულ იქნეს სამშენებლო მასალათა და კონსტრუქციების რეოლოგიური პროცესების შესწავლისას.



СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Д. В. ЗАМБАХИДЗЕ

ОБ УПРУГИХ КОНСТАНТАХ ОРИЕНТИРОВАННЫХ
 СТЕКЛОПЛАСТИКОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 31.3.1966)

Стеклопластики представляют собой композиционный материал, и поэтому их поведение существенно зависит от свойств составляющих компонентов. Стекло при умеренных температурах ведет себя как идеально упругий материал. Несмотря на это, в стеклопластике в целом появляются неупругие деформации, присутствие которых полностью предопределяется свойствами полимера связующего и закономерностями их совместной деформации.

На основании рассмотрения деформации стеклопластика как композиционного материала в работе [1] были получены уравнения связи для ортотропного армированного полимера на основе обобщенного уравнения Максвелла, выражающие скорость деформации в зависимости от напряженного и деформированного состояния стеклопластика.

В случае квазистатистического одноосного изотермического растяжения вдоль оси x в предположении отсутствия остаточной деформации (величина которой для ориентированных стеклопластиков ничтожно мала) это уравнение при определенных условиях записывается в следующем виде:

$$\frac{d\varepsilon_x}{dt} = \frac{1}{\varepsilon_{x,x}} \frac{d\sigma_x}{dt} + \frac{\sigma_x - E_{\infty,x} \varepsilon_x^*}{\eta_{0,x}} \exp \left\{ \frac{1}{m_x^*} \left[\frac{1}{3} \gamma^* \sigma_x + |\sigma_x - E_{\infty,x} \varepsilon_x| \right] \right\}, \quad (1)$$

где $\varepsilon_x = e + \varepsilon_x^*$ представляет собой суммарную деформацию и состоит из упругой $e = \frac{\sigma_x}{E_{x,x}}$ и высокоэластической ε_x^* -частей общей деформации; σ_x —напряжение; t —время; $E_{x,x}$ —модуль упругости; $E_{\infty,x}$ —модуль высокоэластичности; m_x^* —логарифмический модуль скорости; $\eta_{0,x}^*$ —так называемый коэффициент начальной вязкости; γ^* —объемный коэффициент; коэффициентом γ^* для стеклопластиков в большинстве случаев можно пренебречь. Параметры этого уравнения $E_{x,x}$; $E_{\infty,x}$; m_x^* ; $\eta_{0,x}$; γ^* зависят от механических характеристик стекла и связующего, а также от расположения осей упругой симметрии относительно действующей силы. Описанные далее эксперименты проводились в основном при постоянной скорости деформации $V_{\varepsilon,x} = \frac{d\varepsilon_x}{dt} = \text{const}$. В этом случае диф-

дифференциальное уравнение диаграмм растяжения при одноосном растяжении получается как частный случай из уравнения связи (1) и имеет вид

$$\frac{d\sigma_x}{d\varepsilon_x} = E_{x,x} \left\{ 1 - \frac{f_x^*}{\eta_{0,x} v_{\varepsilon,x}} \exp \left[\frac{1}{m_x^*} \left(\frac{1}{3} \gamma^* \sigma_x + |f^*| \right) \right] \right\}, \quad (2)$$

где

$$f_x^* = (1 + E_{\infty,x}/E_{x,x}) \sigma_x - E_{\infty,x} \varepsilon_x,$$

$$\sigma_x = \frac{1}{1 + E_{\infty,x}/E_{x,x}} (f_x^* + E_{\infty,x} \varepsilon_x).$$

Из уравнения (2) отчетливо видно, что обе составляющие общей деформации, упругая и высокоэластическая, развиваются одновременно.

Но когда $v_{\varepsilon,x} \rightarrow \infty$, $\frac{d\sigma_x}{d\varepsilon_x} \rightarrow E_{x,x}$, т. е. к модулю упругости. Таким образом, точное выделение упругой составляющей деформации требует

определенной скорости деформирования для каждой температуры испытания в отдельности. В работах [3, 4] даются минимальные скорости деформации для определения упругих постоянных, они лежат в пределах 0,01—0,05% /мин. Для нашего случая при скорости 0,08—0,10% /мин точки циклической диаграммы $\sigma = \sigma(\varepsilon_x)$ при нагрузке и разгрузке лежат на одной прямой, т. е. полностью исключается влияние высокоэластической деформации при всех углах расположения оси упругой симметрии и при всех употребляемых температурах (рис. 1).

В данной статье рассматривается влияние температуры и частично анизотропии на упругие константы стеклопластика, а также дается сравнение констант, найденных по данным эксперимента, с константами, определяемыми с помощью теоретических формул, дающих возможность вычисления констант материала по известным свойствам исходных компонентов: стеклянных волокон и связующего.

Материалом для эксперимента служил равнопрочный СВМ, изготовленный на Ленинградском заводе слоистых пластиков на эпоксидно-фенольном связующем, содержание которого по весу составляет 21—22%. Из пластины толщиной 3 мм вырезались образцы для растяжения под разным углом относительно осей упругой симметрии стеклопластика. Образцы имели прямоугольную призматическую форму с шириной 15 или 30 мм, толщиной 3 мм и длиной 235 мм.

Для определения экспериментальных значений упругих констант была проведена серия испытаний стеклопластика СВМ при разных температурах. Для большей уверенности в полученных результатах модуль упругости определяли тремя разными способами. Измерения продольных и поперечных деформаций в основном про-

изводились с помощью датчиков сопротивления. Кроме того, для определения модуля упругости по наклону линейной части диаграммы растяжения применялся механический прибор [2].

Как уже отмечалось выше, чем больше скорость деформирования, тем точнее определяются упругие константы материала. С помощью методов, использующих колебательные процессы, при малых напряжениях достигаются большие скорости деформации. К этим методам относится акустический [7], резонансный [8] и частотный [4]. В настоящей работе для определения упругих констант применялся частотный метод, основанный на измерении частот свободных колебаний образца.

Датчики сопротивления наклеивались на образцы после последовательной зачистки, промывки и естественной сушки образца с помощью клея БФ-2, после чего производилась полимеризация образцов. В качестве температурного компенсатора применялся идентичный образец с наклеенными датчиками. Компенсационный образец во время испытаний помещался вблизи испытываемого образца в тех же температурных условиях. Подробное описание методики испытаний стеклопластиков с датчиками сопротивления при повышенных температурах дано в работе [4].

Для определения модуля упругости частотным методом употреблялись аналогичные образцы с наклеенными датчиками. При этом способе определения модуля упругости экспериментально устанавливается частота собственных колебаний образца, а по известной частоте вычисляется модуль упругости. В нашем случае мы использовали изгибные колебания.

В случае колебания консоли частота основного тона [4, 5]

$$\bar{f} = \frac{1}{2H} \sqrt{\frac{g}{Y_0}}, \quad (3)$$

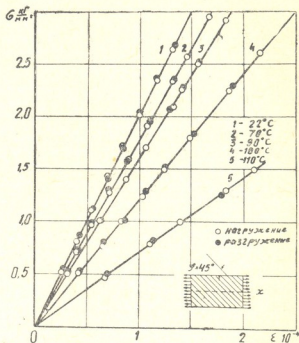


Рис 1. Циклическая диаграмма нагрузки-разгрузки



где $g = 981$ см/см² и для однородной изотропной консоли постоянного сечения

$$Y_0 = \frac{33}{140} \frac{Gl^3}{3EJ}$$

Внося значение Y_0 и J -момента инерции в уравнение (3), получаем

$$E = 38 \frac{G}{b} \left(\frac{l}{100\delta} \right)^3 f^2, \quad (4)$$

где G —все консоли, г; l —длина, см; b —ширина; δ —толщина консоли, см; f —частота собственных колебаний, определенная экспериментально.

Несмотря на то что все вышеуказанные формулы написаны для однородного изотропного тела, пригодность данного способа определения модуля упругости для анизотропного материала доказана в работе [3, 4]. Кроме того, полученные результаты экспериментов с помощью разных методов определения модуля упругости удовлетворительно совпадают друг с другом, что будет показано ниже.

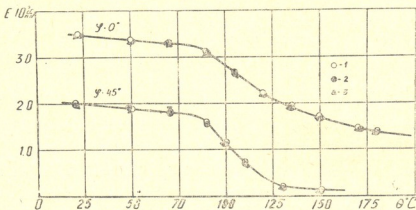


Рис. 2. Зависимость модуля упругости от температуры

На рис. 2 дана зависимость модуля упругости в функции от температуры для образцов, вырезанных под углом $\varphi = 0$ и 45° . Как видно из графика, до определенной температуры наблюдается близкая к линейной зависимости модуля упругости от температуры, после достижения $\sim 85^\circ$ С обнаруживается резкое падение модуля (Юнга). Указанная температура соответствует температуре стеклования полимера связующего, что лишний раз доказывает определяющее значение полимера связующего в развитии нелинейных деформаций в стеклопластике. На последнем участке зависимость E от температуры выравнивается и почти не зависит от температуры, наступает равновесное состояние полимера. График строился с помощью экспериментально полученных значений, определенных тремя разными способами. Как видно из графика, точки удовлетворительно совпадают.

На рис. 3 дан график влияния температуры на коэффициент Пуассона для образцов $\varphi = 0, 45^\circ$. Как видно из графика, для образцов $\varphi = 0^\circ$ коэффициент Пуассона в начальный момент слабо зависит от температуры. В районе температуры стеклования полимера-связующего наблю-

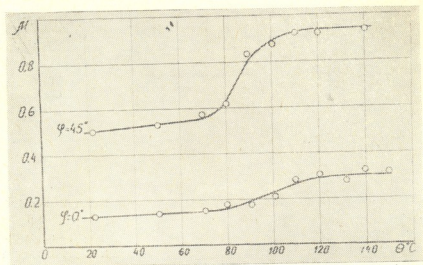


Рис. 3. Зависимость коэффициента Пуассона от температуры

дается более интенсивная зависимость коэффициента от температуры. Для образцов с $\varphi = 45^\circ$ зависимость выражается более отчетливо.

СВАМ является материалом слоистым и анизотропным—его свойства зависят от направления деформирующей силы. Несмотря на некоторую хаотичность расположения стекловолокна в поперечном сечении пластика, стеклопластики типа СВАМ можно считать ортотропными пластинками, для которых при определенных условиях соблюдается гипотеза прямых нормалей по всей толщине поперечного сечения образца [1]. Поэтому упругие константы и их зависимость от температуры в произвольном направлении можно вычислить по известным формулам теории упругости анизотропного тела [5, 6], располагая четырьмя упругими постоянными: модулем упругости (Юнга) в трех направлениях $\varphi = 0; 90$ и 45° и коэффициентом Пуассона в каком-нибудь направлении. По этой причине в настоящей работе мы ограничились тремя направлениями осей упругой симметрии для определения упругих констант материала $\varphi = 0; 90$ и 45° . Для равнопрочного материала СВАМ направления $\varphi = 0$ и 90° эквивалентны.

При условии соблюдения гипотезы прямых нормалей приближенные формулы для определения констант материала по свойствам его составляющих имеют следующий вид [1, 3]:



$$E_{x,x} = E_0 = E_a F_a (n_a + \lambda_0 n_c)(1 + \alpha) \cong E_a F_a (n_a + \lambda_0 n_c),$$

$$\lambda = \frac{E_{y,y}}{E_{x,x}} = \frac{E_{90}}{E_0} = \frac{n_c + \lambda_0 n_a}{n_a + \lambda_0 n_c}, \quad \left(\frac{E_{90}}{E_0} = \frac{\mu_{90}}{\mu_0} \right),$$

$$\mu_{x,y} = \mu_{90} = \frac{\lambda_0}{n_a + \lambda_0 n_c} (\mu_a F_a + \mu_c F_c), \quad (5)$$

$$G_{x,y} = G_0 = G_a \sqrt{\frac{G_c F_a}{G_a F_c}} \sqrt{\frac{1 + \bar{\chi}_0}{1 + \chi_{90}}} \cong G_a \sqrt{\frac{G_c F_a}{G_a F_c}},$$

где

$$\chi_0 = \frac{E_c F_c}{E_a F_a}, \quad \chi_{90} = \frac{E_c F_a}{F_a F_c}, \quad \bar{\chi}_0 = \frac{G_c F_c}{G_a F_a}, \quad \chi_{90} = \frac{G_c F_a}{G_a F_c}.$$

Для направлений $\varphi = 45^\circ$

$$E_{45} = 4G_0 \frac{1}{1 + (G_0/E_{90})(1 + \lambda - 2\mu_{90})},$$

$$\mu_{45} = 1 - \frac{1}{2} \frac{E_{45}}{E_{90}} (1 + \lambda - 2\mu_{90}). \quad (6)$$

Выше обозначено: $E_{x,x} = E_0$ —модуль упругости по направлению оси X ; $E_{y,y} = E_{90}$ —в перпендикулярном направлении; $\mu_{y,x} = \mu_a$ —коэффициент Пуассона при растяжении по оси X ; $\mu_{x,y} = \mu_{90}$ —в перпендикулярном направлении (во всех обозначениях индекс „а“ относится к стекловолокну, индекс „с“—к смоле); $G_{x,y} = G_0$ —модуль сдвига при растяжении по оси X ; F_a, F_c —относительное объемное содержание стеклянных волокон и связующего, они вычисляются по формуле

$$F_a = x_a \frac{\gamma}{\gamma_a} = \frac{x_a(1 - F_b)}{x_a + x_c(\gamma_a/\gamma_c)},$$

$$F_c = x_c \frac{\gamma}{\gamma_c} = \frac{x_c(1 - F_b)}{x_c + x_a(\gamma_c/\gamma_a)},$$

$$(1 - F_b)/\gamma = (x_a/\gamma_a) + (x_c/\gamma_c); \quad (7)$$

x_a, x_c —относительные весовые содержания стеклянных волокон и связующего в стеклопластике; E_a, μ_a, G_a —модуль упругости, коэффициент Пуассона и модуль сдвига стеклянных волокон, а E_c, μ_c, G_c —аналогичные величины для связующего; $\gamma_a, \gamma_c, \bar{\gamma}$ —удельные веса стеклянных волокон, связующего и стеклопластика; F_b —объемное содержание воздушных включений (пористость), в большинстве случаев ими можно пренебречь, тогда $F_a + F_c = 1$.

Если рассматривать СВМ как ортотропную пластинку при условии, что $E_{45}, E_0, E_{90}, \mu_{90}$ являются независимыми постоянными, формулы для вычисления модуля упругости и коэффициента Пуассона для произвольного угла между осями упругой симметрии и направлением растяжения φ будут иметь следующий вид [5, 6]:

$$E_\varphi = \frac{\lambda E_0}{\lambda \cos^4 \varphi + 2B \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi + \sin^4 \varphi},$$

$$\mu_{\varphi} = \frac{\mu_{90} - (1 + \lambda - 2B) \sin^2 2\varphi / 4}{\lambda \cos^4 \varphi + 2B \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi + \sin^4 \varphi},$$

где

$$\lambda = E_{90}/E_0, \quad 2B = 4(E_{90}/E_{45}) - (1 + \lambda) = (E_{90}/G_0) - 2\mu_{90}.$$

Таким образом, четыре независимые константы анизотропного тела выражаются с помощью констант двух изотропных составляющих.

По вышеуказанным теоретическим формулам были вычислены упругие константы материала. Результаты вычислений помещены в таблице. Нетрудно видеть, что теоретические и экспериментальные значения констант для модуля упругости удовлетворительно совпадают: расхождение не превышает 5%. Теоретические значения коэффициента Пуассона более заметно отличаются от экспериментальных. Такое различие, возможно, является следствием отклонения от гипотезы прямых нормалей, в особенности вблизи свободных границ образца. Это явление подлежит самостоятельному исследованию.

$\theta^{\circ}\text{C}$	φ	$E-10^{-3}$ кг/см ² μ			
		эксперим.	теорет.	эксперим.	теорет.
22	0	350	340	0,13	0,11
	45	200	200	0,5	0,56
50	0	338	332	0,14	0,12
	45	190	188	0,53	0,52
70	0	328	319	0,145	0,126
	45	180	178	0,56	0,53
80	0	325	311	0,16	0,13
	45	177	172	0,63	0,55
90	0	308	294	0,19	—
	45	160	155	0,83	0,68

Теоретические значения констант материала вычислялись только до температуры 90° C, так как отсутствовали экспериментальные данные о константах смолы выше указанного температурного предела. При вычислении данных, приведенных в таблице, постоянные стекловолокон принимались независимыми от температуры, а для полимера использовались данные В. Ф. Бабица и А. Я. Гольдмана [9].

Выводы

1. При определении упругих констант необходимо соблюдать указанную выше скорость деформации, обеспечивающую точное разделение упругой деформации от высокоэластической, независимо от температуры.

2. Получены экспериментальные зависимости модуля упругости и коэффициента Пуассона от температуры для $\varphi = 0$ и 45°.

3. Четыре независимые константы стеклопластика и при повышенных температурах удовлетворительно определяются теоретическими



формулами, полученными в предположении монолитности материала гипотезы прямых нормалей с помощью известных упругих констант стекла и связующего.

4. Удовлетворительное совпадение вычисленного и экспериментального значения упругих констант дает дополнительное свидетельство возможности рассмотрения СВАМа как ортотропного тела и при повышенной температуре.

5. Полученные результаты могут быть использованы при создании новых материалов и расчете конструктивных элементов.

Институт химической физики АН СССР

(Поступило в редакцию 15.4.1966)

საბჭოთავიანეთის მეცნიერებათა აკადემია

ჯ. ზამბახიძე

ორდინტირებული მინაპლასტიკის დრეკადობის კონსტანტების შესახებ მაღალი ტემპერატურის პირობებში

რეზიუმე

დრეკადობის კონსტანტების განსაზღვრის დროს აუცილებელია დავიცვათ ზემოთ აღნიშნული დეფორმაციის სიჩქარე, რომელიც უზრუნველყოფს დრეკადი დეფორმაციის ზუსტ გამოყოფას მაღალელასტიურიდან მაღალი ტემპერატურის პირობებში.

დრეკადობის მოდულისა და პუასონის კოეფიციენტის ექსპერიმენტული დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან მიღებულია $\varphi=0$ და 45° -სათვის.

მინაპლასტიკის ოთხი დამოუკიდებელი კონსტანტა, მაღალი ტემპერატურის პირობებში, დამაკმაყოფილებლად განისაზღვრება თეორიული ფორმულებით, რომლებიც მიღებულია მასალის მონოლითურობისა და პირდაპირი ნორმალეების პიპოთეზის სამართლიანობის შემთხვევაში, მინისა და შემაკავშირებლის ცნობილი დრეკადობის კონსტანტების დანმარებით.

დრეკადობის კონსტანტების გამოთვლითი და ექსპერიმენტული მნიშვნელობების დამაკმაყოფილებელი დამთხვევა დამატებით შესაძლებლობას იძლევა განვიხილოთ „СВАМ“, როგორც ორთოტროპული სხეული, მაღალი ტემპ-ის პირობებშიც.

დადოქმადებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Л. Рабинович. Некоторые основные вопросы механики армированных полимеров. Автореферат, М., 1962.
2. Д. В. Замбахидзе. Установка для испытания стеклопластиков на ползучесть при повышенных температурах. Стандартизация, № 12, 1964.
3. А. Л. Рабинович, И. А. Верховский. Об упругих постоянных ориентированных стеклопластиков. Инженерный журнал, т. IV, вып. 1, 1964.
4. А. Л. Рабинович, М. Г. Штарков, Е. И. Дмитрова. Методы определения и величины упругих постоянных стеклопластика при повышенной температуре. Труды МФТИ, вып. 9, Оборонгиз, 1962.
5. А. Л. Рабинович. Об упругих постоянных и прочности анизотропных материалов. Труды ЦАГИ, № 582, 1946.
6. С. Г. Лехницкий. Теория упругости анизотропного тела. ГТТЛ, М.—Л., 1950.
7. А. Тобольский. Свойства и структура полимеров. Изд. „Химия“, 1964.
8. М. В. Гершберг. Исследование физико-механических свойств древесины вибрационным методом. Труды ЦНИИТСа, вып. XXXVI, Судпромгиз, 1962.
9. А. Я. Гольдман. Определение некоторых механических характеристик жестких сетчатых полимеров-связующих. Технология судостроения, № 4, 1965.

Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик ГССР), Ю. М. КАРТВЕЛИШВИЛИ,
Т. Д. АБУЛАДЗЕ, Т. А. ПЕРАДЗЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАЛЛОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ХЛОРИДА ХРОМА

Высокая эффективность металлотермических реакций обуславливает все более широкое применение этого способа. К числу очевидных преимуществ металлотермии относятся: простота и малые габариты аппаратуры, высокая скорость процесса, практическое отсутствие вторичных реакций между восстановленным металлом и шлаком, возможность получения металлов, даже весьма тугоплавких и др.

В течение последнего столетия собрано значительное количество надежных величин термодинамических констант для металлов и их хлоридов. Эти данные позволяют рассчитывать уравнения свободной энергии для многих металлургических реакций, анализ величин и степень развития рассматриваемой реакции, а также влияние температуры и давления на результаты. Чем больше разность между значениями свободной энергии исходного и образующегося хлоридов, тем лучше и полнее протекает реакция. Отсюда следует, что более активным восстановителем будет такой металл, при хлорировании которого значение $-\Delta F$ будет большим; в противном случае реакции восстановления будут протекать неполностью и получаемый сплав будет иметь повышенную концентрацию металла-восстановителя.

В табл. 1 приведены свободные энергии образования (ΔF) хлоридов из элементов в зависимости от температуры.

Металлический хром может быть вытеснен из своего хлорида в том случае, если свободная энергия образования хлорида восстанавливающего металла будет больше, чем для CrCl_2 . С увеличением температуры отрицательная величина свободной энергии образования хлоридов уменьшается. При этом значение $-\Delta F$ для хлорида хрома во всем интервале температур меньше, чем для NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 , ZnCl_2 . Отсюда следует, что металлотермическое восстановление CrCl_2 возможно Na, Ca, Mg и Zn и невозможно такими металлами, как Fe, Ni. Наоборот, последние металлы, сопровождающие CrCl_2 как примеси, будут восстанавливаться в первую очередь. Поэтому при получении чистого ме-

Таблица 1

— ΔF кал/г-сек

Реакция	473°K	573°K	586°K	673°K	773°K	873°K	922°K	973°K	987°K	1055°K	1073°K	1173°K	1273°K
$Zn + Cl_2 \rightarrow ZnCl_2$	40886	30230	30000	37772	36404	35404	35036	33669	—	—	—	—	—
$Ni + Cl_2 \rightarrow NiCl_2$	24957	21315	—	19474	17035	13478	—	11075	—	—	8735	5738	—
$2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$	21722	23072	—	22422	22772	23122	—	23472	—	—	—	23882	—
$Mg + Cl_2 \rightarrow MgCl_2$	67345	65493	—	63679	61895	60139	59291	—	58128	—	56960	55000	54441
$2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$	87857	85497	—	83137	80777	78417	—	76057	—	—	—	—	—
$2Cr + 3Cl_2 \rightarrow 2Cr_2Cl_3$	35415	33438	—	31783	29994	28223	—	—	—	—	—	—	—
$Ca + Cl_2 \rightarrow CaCl_2$	80850	85150	—	83150	81750	80050	—	78350	—	76905	—	—	—

Таблица 2

— ΔF кал/моль

№ п/п	Реакция	673°K	773°K	873°K	973°K	1055°K	1073°K
1	$CrCl_3 + 2/3 CaH_2 \rightarrow Cr + 2/3 CaCl_2 + 3/2 H_2$	116863,53	121680,52	126472,91	130695,25	131052,55	122626,18
2	$CrCl_3 + 2/3 CaH_2 \rightarrow Cr + 1/3 CaCl_2 + 2/3 HCl$	31976,35	35182,48	38104,8	42988,75	44867,98	44572,99
3	$CrCl_3 + 1/2 CaH_2 \rightarrow CrCl_2 + 1/2 CaCl_2 + 1/2 H_2$	47701	49932,5	52170,8	54387	56193,50	51718,11
4	$CrCl_3 + 1/3 CaH_2 \rightarrow CrCl_2 + 1/3 CaCl_2 + 1/3 HCl$	23971,57	26335,25	28740,3	31101,88	33035,5	33393,58

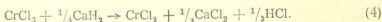
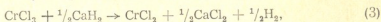


таллического хрома исходный хлорид хрома должен быть свободен от этих примесей.

С экономической точки зрения желательно, чтобы атомное отношение хлора к восстановителю в хлориде восстановителя было высоким. Для $MgCl_2$ оно равно 2,92; для $CaCl_2$ —1,7; для $NaCl$ —1,5; для $ZnCl_2$ —1,0.

Из рассмотренных нами металлов-восстановителей для восстановления хлорида хрома рациональнее использовать магний и натрий, так как они имеют более высокую чистоту и расход их на 1 кг хрома меньше. К тому же магний и натрий с хромом не образуют интерметаллических соединений. Эти ценные свойства магния и натрия позволяют выбрать их в качестве восстановителя хлорида хрома. Что касается Zn как восстановителя, то продуктом процесса восстановления является сплав цинка с хромом, из которого цинк хотя и можно удалить возгонкой в вакууме или растворением в азотной кислоте, однако содержание хрома в сплаве получается низким, что ставит под сомнение экономическую выгодность данного способа.

Для восстановления хлоридов до соответствующих металлов может быть применен также гидрид кальция, который является сильным реакционноспособным соединением. При восстановлении хлорида хрома гидридом кальция могут иметь место следующие реакции:



Свободные энергии образования этих реакций определяем из стандартных данных по формуле

$$\Delta F_T = \Delta H_T - T\Delta S = \Delta H_{298} + \int_{298}^T \Delta C_p dT - T \left(\Delta S_{298} + \int_{298}^T \frac{\Delta C_p}{dT} \right) \quad (1)$$

Для CaH_2 отсутствует уравнение высокотемпературной теплоемкости, составленной на основе экспериментальных данных. В литературе известен ряд приближенных методов для расчета теплоемкостей твердых тел при высоких температурах [1—5]. В настоящей работе был применен ускоренный метод определения коэффициентов a , b , c эмпирического уравнения Майера и Келли— $C_p^{ам} = a + bT - cT^{-2}$ [6] для зависимости атомной теплоемкости вещества при постоянном давлении $C_p^{ат}$ от абсолютной температуры [7]:



$$C_p^{at} = \left(5,96 - \frac{a_0 \cdot C_{p298}^{at} \cdot \Theta}{T_{пл}} \right) + \frac{b_0 \cdot C_{p298}^{at}}{T_{пл}} \cdot T - cT^{-2}, \quad (2)$$

где a_0 и b_0 являются постоянными для разных типов соединений:

$$a_0 = 0,3; \quad b_0 = 0,34,$$

а Θ —дебаевская характеристическая температура, которая рассчитывается по величине стандартной атомной энтропии S_{298}^{at} согласно формуле [8]

$$\Theta = 1130 \left[\exp \left(\frac{S_{298}^{at}}{3} \right) - 0,78 \right]^{-1/2}. \quad (3)$$

Для CaH_2 известны $S_{298} = 9,9$; $S_{298}^{at} \frac{9,9}{3} = 3,3$; $T_{пл} = 1089^\circ\text{K}$.

Исходя из правила Коппа—Неймана, C_{p298} для CaH_2 равняется $C_{p298} = 6,2 + 2 \cdot 2,3 = 10,8$ кал/град·моль.

Отсюда, $C_{p298}^{at} = \frac{10,8}{3} = 3,6$ кал/град·моль.

Следовательно,

$$\Theta = 1130 \left[\exp \left(\frac{3,3}{3} \right) - 0,78 \right]^{-1/2} = 760^\circ\text{K}.$$

В формуле (2)

$$a = 5,96 - \frac{a_0 \cdot C_{p298}^{at} \cdot \Theta}{T_{пл}}, \quad b = \frac{b_0 \cdot C_{p298}^{at}}{T_{пл}},$$

а коэффициент c вычисляется по величине C_{p298} [7]:

$$c = 0,9 (a + b \cdot 298 - C_{p298}^{at}) \cdot 10^5.$$

Итак,

$$a = 5,96 - \frac{0,3 \cdot 3,6 \cdot 760}{1089} = 5,21,$$

$$b = \frac{0,34 \cdot 3,6}{1089} = 1,12 \cdot 10^{-3},$$

$$c = 0,9 (5,21 + 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot 298 - 3,6) \cdot 10^5 = 1,74 \cdot 10^5.$$

Подставляя полученные данные в формулу (2), получаем

$$C_p^{at} = 5,21 + 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot T - 1,74 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}.$$

Таким образом,

$$C_p = 15,63 + 3,36 \cdot 10^{-3} T - 5,22 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}$$

для T в пределах $298 \div 1089^\circ\text{K}$.



Исходя из стандартных данных и значений Sr для CaH_2 , полученных нами, рассчитываем свободные энергии образования реакций (1)–(4) по формуле (1).

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Из рассмотрения полученных результатов видно, что в исследуемом интервале температур (298–1079°K) наиболее вероятна реакция взаимодействия хлорида хрома с гидридом кальция [1] с образованием металлического хрома и хлористого кальция.

Таким образом, проведенный нами термодинамический расчет позволяет сделать вывод, что при восстановлении хлорида хрома рациональнее использовать как металлические магний и натрий, так и гидрид кальция.

Грузинский институт металлургии

(Поступило в редакцию 9.4.1966)

შეტაღწერა

ფ. თაბაქაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი),
 ი. ჭარბთელიშვილი, თ. აბულაძე, თ. ფირობაძე

ქრომის ქლორიდის აღდგენის თეორიული საფუძვლები

რეზიუმე

შრომაში განხილულია ქრომის ქლორიდის აღდგენის შესაძლებლობა სხვადასხვა ლითონებით. გათვლილი თერმოდინამიური მონაცემების საფუძველზე დადგენილია, რომ ქრომის ქლორიდის აღსადგენად რაციონალურია გამოყენებულ იქნეს მაგნიუმი და ნატრიუმი, ვინაიდან მათ ახასიათებთ მაღალი სისუფთავე და 1 კგ ქრომზე მათი ხარჯი უფრო ნაკლებია, ვიდრე სხვა ლითონებისა. ამასთან, მაგნიუმი და ნატრიუმი ქრომთან არ წარმოქმნიან ინტერმეტალურ შენადნობებს.

დადგენილია, აგრეთვე, ქრომის ქლორიდის აღდგენის შესაძლებლობა CaH_2 . CaH_2 -სთვის არ არსებობს მაღალტემპერატურული თბოტევადობის განტოლება, შედგენილი ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე. შრომაში გამოყენებულია სწრაფი მეთოდი მაურისა და კელისა $Cp^b = a + bT + cT^{-2}$ ემპირიულ განტოლებაში a, b, c კოეფიციენტების გათვლისა მუდმივი წნევის დროს, რის საფუძველზე შედგენილია განტოლება თავისუფალი ენერჯისა, ქრომის ქლორიდის აღდგენის CaH_2 რეაქციისათვის.



1. А. Н. Крестовников, Л. П. Владимиров, Д. С. Гуляницкий, А. Я. Шифер. Справочник по расчетам равновесий металлургических реакций. М., 1959.
2. Н. А. Ландия. Расчет высокотемпературных теплоемкостей неорганических веществ по одному значению низкотемпературной теплоемкости. Журнал физической химии, т. 27, 1953, 624.
3. В. А. Киреев. Термодинамика одноптипных химических реакций и одноптипных соединений. Журнал физической химии, т. 35, 1961, 1393.
4. Л. И. Иванова. Зависимость между теплоемкостью твердых веществ и температурой первого фазового периода. Журнал физической химии, т. 35, 1961.
5. Н. А. Ландия. Расчет высокотемпературных] теплоемкостей твердых неорганических веществ по стандартной энтропии. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1962.
6. G. Maier, K. Kelley. An equation for the representation of high-temperature heat-content data. J. Amer. chem. Soc., vol. 52, 3243, 1932.
7. Д. Ш. Цагарейшвили, Г. Г. Гвелесiani. Ускоренный метод расчета высокотемпературных теплоемкостей твердых неорганических соединений. Сообщения АН ГССР, XXXVII:3, 1965, 581.
8. Н. Н. Ландия, Д. Ш. Цагарейшвили. Упрощенные уравнения для расчета теплоемкости, энтропии и характеристической температуры твердых веществ. Труды Ин-та металлургии АН ГССР, т. XII, 1961.

Т. А. ЧУБИНИДЗЕ, М. А. КЕКЕЛИДЗЕ

ВЛИЯНИЕ ОКИСИ МАГНИЯ НА ВЯЗКОСТЬ И УДЕЛЬНУЮ
ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ РАСПЛАВОВ СИСТЕМЫ ЗАКИСЬ
МАРГАНЦА-ОКИСЬ КАЛЬЦИЯ-КРЕМНЕЗЕМ ПРИ 10%
ГЛИНОЗЕМА

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 28.4.1966)

В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом значительные усилия исследователей направлены на изучение физико-химических свойств шлаков. Повышенный интерес к изучению этих свойств вызван тем, что их знание позволяет правильнее подойти к решению практических вопросов при освоении новой и совершенствовании уже действующей технологии производства определяющими в этом отношении свойствами шлаков являются вязкость и удельная электропроводность.

Для ферросплавного производства определяющими в этом отношении свойствами шлаков являются вязкость и удельная электропроводность. Изучение их дает, кроме того, возможность вскрыть ряд особенностей строения шлаков в расплавленном состоянии.

Исследованию влияния магнезии на физические свойства шлаков посвящен ряд работ. Основательно изучено влияние магнезии на вязкость расплавов системы $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ [1—5]. В работе [6] изучены вязкость и электропроводность магнезиальных шлаков электроплавки медно-никелевой руды. Однако данные о влиянии окиси магния на физические свойства марганецсодержащих шлаков весьма скудны [7—9]. Полностью отсутствуют данные о влиянии магнезии на физические свойства силикомарганцевых или близких к ним синтетических шлаков.

Исследованию влияния магнезии на вязкость шлаков ферромарганца посвящена работа [7]. В работе [8] изучена вязкость синтетических магнезиальных доменных шлаков и сделан вывод о том, что увеличение содержания магнезии при одновременном уменьшении закиси марганца вызывает некоторое уменьшение вязкости. Влияние основности и добавок окиси магния на вязкость и электропроводность шлаков ферромарганца изучалось в работе [9]. Содержание закиси марганца в этих шлаках изменялось от 11,4 до 13,9%. Установлено, что в интервале температур 1500—1400°C вязкость шлаков ферромарганца с добавкой магнезии в 1,5—2 раза меньше, чем известковых шлаков, и на изотермах вязкости магнезиальных шлаков при основности 1,6 обнаружен минимум, подтверждающий вероятность процесса диссоциации комплексных анионов.

Вышедшая ранее работа [10] была посвящена изучению вязкости и электропроводности системы закись марганца-окись кальция-кремнезем при 10% глинозема, отвечающей составам шлаков силикомарганца, полученных при применении в шихте известки или шлака среднего углеродистого ферромарганца. В данной работе приводятся результаты исследования влияния окиси магния на вязкость и удельную электропроводность расплавов системы закись марганца-окись кальция-крем-

незем при 10% глинозема, представляющего интерес в случаях введения доломита в шихту силикомарганца.

Таблица 1

Расчетный состав исследованных шлаков

№ шлаков	Химический состав, вес. %					CaO + MgO SiO ₂	№ шлаков	Химический состав, вес. %				
	MnO	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃			MnO	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃
1	20	15	50	5	10	0,4	21	20	10	50	10	10
2	20	20	45	5	10	0,55	22	20	15	45	10	10
3	20	25	40	5	10	0,75	23	20	20	40	10	10
4	20	27,5	37,5	5	10	0,86	24	20	22,5	37,5	10	10
5	20	30	35	5	10	1,0	25	20	25	35	10	10
6	15	20	50	5	10	0,5	26	15	15	50	10	10
7	15	25	45	5	10	0,66	27	15	20	45	10	10
8	15	30	40	5	10	0,87	28	15	25	40	10	10
9	15	32,5	37,5	5	10	1,0	29	15	27,5	37,5	10	10
10	15	35	35	5	10	1,14	30	15	30	35	10	10
11	10	25	50	5	10	0,6	31	10	20	50	10	10
12	10	30	45	5	10	0,77	32	10	25	45	10	10
13	10	35	40	5	10	1,0	33	10	30	40	10	10
14	10	37,5	37,5	5	10	1,13	34	10	32,5	37,5	10	10
15	10	40	35	5	10	1,28	35	10	35	35	10	10
16	5	30	50	5	10	0,7	36	5	25	50	10	10
17	5	35	45	5	10	0,88	37	5	30	45	10	10
18	5	40	40	5	10	1,13	38	5	35	40	10	10
19	5	42,5	37,5	5	10	1,27	39	5	37,5	37,5	10	10
20	5	45	35	5	10	1,43	40	5	40	35	10	10

Химический состав исследованных шлаков приведен в табл. 1. Результаты замеров вязкости и электропроводности, выполненных по ранее описанной методике [10], представлены в табл. 2 и 3.

Данные измерений нанесены на псевдотройную диаграмму MnO—CaO—SiO₂ при постоянном содержании окиси магния (5 и 10%) и глинозема (10%) для температур 1600 и 1500°C (рис. 1 и 2).

Точки равной вязкости (изокомы) соединены сплошными линиями, пунктиром показаны линии равной электропроводности (изоэлектропроводности). Цифры на линиях показывают значения вязкости, н·сек/м², для данной изокомы или электропроводности, ом⁻¹·м⁻¹, для линии изоэлектропроводности.

Как видно из диаграмм (рис. 1 и 2), в исследуемых пределах по мере повышения содержания окиси кальция за счет кремнезема вязкость шлаков уменьшается, а электропроводность увеличивается. Уменьшение закиси марганца от 20 до 5% и соответственное увеличение окиси кальция ведет к незначительному понижению вязкости и сильному уменьшению электропроводности.

Из сравнения рис. 1 и 2 видно, что увеличение содержания окиси магния от 5 до 10% влечет за собой уменьшение вязкости и некоторое повышение электропроводности.

Аналогичные диаграммы для остальных температур нами не приводятся, поскольку зависимость вязкости и электропроводности от изменения соотношения концентрации компонентов и температуры более наглядно выражается в изотермах вязкости и электропроводности.

Показатели вязкости исследованных шлаков

№ шлаков	Вязкость, н·сек/м ² , при температуре, °С										
	1700	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1250	1200
1	0,13	0,14	0,17	0,21	0,28	0,36	0,47	0,67	1,13	1,78	2,65
2	0,10	0,11	0,13	0,17	0,23	0,30	0,41	0,64	1,07	1,84	2,86
3	0,09	0,09	0,11	0,14	0,19	0,25	0,33	0,52	0,95	1,98	2,93
4	0,07	0,08	0,11	0,13	0,17	0,27	0,36	0,48	0,87	1,60	2,75
5	0,07	0,08	0,09	0,12	0,15	0,24	0,43	0,66	1,07	2,52	—
6	0,12	0,13	0,16	0,19	0,27	0,40	0,53	0,70	1,07	2,18	2,87
7	0,10	0,11	0,13	0,17	0,23	0,34	0,47	0,64	1,25	2,24	3,39
8	0,09	0,09	0,11	0,14	0,17	0,32	0,43	0,78	1,47	2,41	4,05
9	0,09	0,09	0,10	0,13	0,16	0,32	0,48	0,94	1,72	3,10	—
10	0,07	0,08	0,10	0,13	0,15	0,30	0,53	1,02	1,91	5,00	—
11	0,11	0,13	0,15	0,19	0,27	0,46	0,5	1,00	1,58	2,55	4,20
12	0,09	0,10	0,12	0,15	0,21	0,32	0,52	0,88	1,67	2,78	4,60
13	0,08	0,09	0,10	0,13	0,17	0,27	0,50	0,76	1,12	3,70	—
14	0,07	0,08	0,09	0,12	0,16	0,33	0,52	0,73	1,47	—	—
15	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,36	0,65	1,96	4,80	—	—
16	0,11	0,11	0,14	0,18	0,26	0,42	0,72	1,19	1,83	2,86	5,19
17	0,09	0,11	0,13	0,16	0,22	0,39	0,63	1,12	2,17	3,33	6,50
18	0,08	0,09	0,10	0,12	0,17	0,30	0,62	1,21	3,00	5,60	—
19	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,27	0,68	1,51	5,00	—	—
20	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,36	0,14	5,80	—	—	—
21	0,10	0,12	0,13	0,18	0,23	0,30	0,45	0,65	1,16	1,60	2,50
22	0,09	0,10	0,12	0,14	0,17	0,25	0,37	0,60	1,05	1,82	2,75
23	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14	0,23	0,28	0,47	0,80	1,60	2,90
24	0,08	0,08	0,10	0,12	0,13	0,22	0,33	0,49	0,97	2,00	3,25
25	0,07	0,07	0,09	0,11	0,13	0,20	0,37	0,56	1,06	2,30	—
26	0,10	0,12	0,14	0,16	0,23	0,32	0,53	0,65	0,95	2,00	2,80
27	0,09	0,09	0,12	0,14	0,17	0,30	0,43	0,55	0,80	1,85	3,05
28	0,08	0,09	0,10	0,13	0,14	0,26	0,37	0,67	1,16	2,20	3,40
29	0,07	0,08	0,09	0,10	0,13	0,23	0,42	0,73	1,40	2,80	—
30	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,20	0,45	0,76	1,50	4,57	—
31	0,10	0,11	0,13	0,16	0,20	0,30	0,55	0,67	1,10	2,20	3,70
32	0,09	0,10	0,11	0,13	0,16	0,27	0,45	0,70	1,40	2,60	4,20
33	0,08	0,09	0,10	0,11	0,14	0,25	0,40	0,90	1,65	3,00	4,80
34	0,07	0,08	0,09	0,09	0,12	0,23	0,42	0,78	1,46	5,00	—
35	0,06	0,07	0,08	0,09	0,12	0,25	0,56	1,34	4,30	—	—
36	0,09	0,10	0,12	0,14	0,18	0,30	0,60	0,94	1,49	2,38	4,60
37	0,08	0,09	0,12	0,14	0,17	0,28	0,50	0,87	1,65	2,67	5,40
38	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,26	0,46	0,72	2,30	4,7	—
39	0,06	0,06	0,07	0,08	0,10	0,24	0,58	1,21	4,5	—	—
40	0,05	0,06	0,06	0,08	0,10	0,29	1,03	4,90	—	—	—

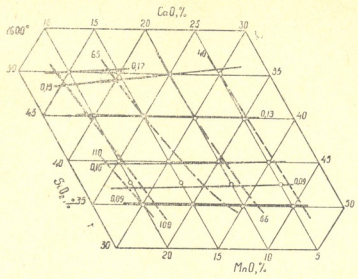
Для установления влияния окиси магния на физические свойства шлаков изучаемой системы с постоянным содержанием MnO (10%) построены изотермы вязкости и электропроводности последних для 5 и 10% MgO при замещении кремнезема окисью кальция (рис. 3).

Как показывает сопоставление изотерм (рис. 3), увеличение в шлаках концентрации MgO от 5 до 10% (при неизменном соотношении $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2}$) уменьшает вязкость и приводит к некоторому увеличению электропроводности во всех исследованных интервалах составов и температур. Так, например, при 5% MgO (рис. 3, а) шлак, содержащий

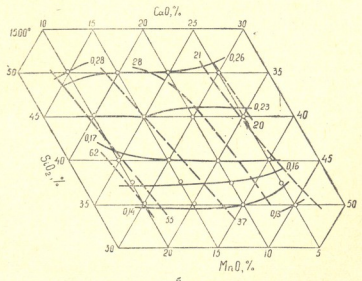
Показатели удельной электропроводности исследованных шлаков

№ шлаков	Удельная электропроводность, $\text{ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$, при температуре, $^{\circ}\text{C}$									
	1700	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1250
1	143,0	119,2	90,0	66,6	49,7	35,5	23,3	14,3	7,9	5,0
2	154,0	125,0	95,0	71,5	52,3	37,9	24,9	15,1	8,2	5,8
3	156,5	137,0	102,5	76,3	56,5	40,3	27,3	16,0	9,8	5,0
4	158,2	138,7	106,7	78,0	58,0	41,0	28,0	18,0	10,0	6,6
5	163,5	140,0	110,0	80,0	62,1	43,7	29,6	19,8	10,3	4,0
6	114,0	85,0	62,4	46,5	31,9	24,4	17,8	12,5	9,0	5,0
7	119,5	88,0	65,6	50,0	36,9	27,8	19,5	14,8	8,3	5,0
8	121,0	92,0	67,5	54,0	37,8	29,0	21,6	14,1	8,9	5,5
9	123,0	93,5	69,3	56,3	39,9	30,0	22,9	16,4	8,1	4,6
10	127,0	95,0	71,5	59,0	42,0	32,0	23,4	16,7	7,8	—
11	86,8	70,5	56,7	43,3	25,1	18,6	18,9	8,6	5,6	3,0
12	92,5	73,0	57,7	45,7	29,8	19,8	12,9	8,10	5,4	2,8
13	98,5	78,5	59,5	47,7	32,7	21,6	13,9	9,0	6,6	2,5
14	99,9	79,0	63,3	48,9	33,3	22,3	14,3	9,8	6,0	—
15	106,0	80,5	63,5	51,0	34,2	23,9	15,0	8,4	—	—
16	72,0	53,0	40,0	28,0	20,0	15,5	8,9	6,5	4,0	2,8
17	76,3	55,6	41,3	30,0	20,4	17,2	10,0	7,7	3,8	2,5
18	78,9	58,4	42,9	31,0	21,8	17,6	11,7	6,3	3,0	—
19	81,6	59,0	45,1	33,0	22,3	18,0	10,3	6,1	—	—
20	84,6	61,0	45,0	33,2	23,5	18,5	5,7	—	—	—
21	148,5	126,0	97,0	70,0	50,0	40,0	25,0	16,3	8,7	5,0
22	153,5	132,5	103,7	73,5	52,7	39,2	26,0	17,0	9,2	6,0
23	158,0	137,8	109,2	78,0	60,0	43,7	28,2	18,0	10,9	8,0
24	162,0	140,0	110,0	80,2	63,7	45,8	29,1	18,0	10,7	5,0
25	167,0	143,0	115,0	82,8	64,5	47,2	31,3	19,8	9,7	5,0
26	115,5	86,0	66,0	53,3	36,8	28,0	17,6	12,6	8,0	5,0
27	119,9	88,8	66,7	54,7	38,5	27,9	19,8	14,7	9,5	5,5
28	123,8	91,5	69,0	57,0	40,5	30,3	21,7	15,5	8,9	4,5
29	125,6	94,3	70,3	59,1	41,9	31,9	22,2	16,0	7,8	—
30	128,5	95,4	71,9	60,0	45,6	33,3	24,0	17,0	8,0	—
31	90,0	72,9	56,7	43,0	26,5	17,7	12,9	8,3	6,0	3,7
32	96,8	74,0	59,4	45,6	29,4	19,8	13,8	9,6	6,5	3,0
33	104,0	79,6	61,0	48,0	33,7	22,2	14,6	9,0	6,0	2,7
34	106,8	80,0	63,0	49,9	33,8	23,0	15,7	11,3	6,6	—
35	110,0	82,6	64,6	51,6	35,0	24,6	16,8	10,3	—	—
36	72,7	53,5	39,9	29,0	20,7	16,0	9,0	5,7	4,5	3,0
37	77,7	56,9	42,0	31,1	22,7	16,5	10,0	6,7	4,0	3,0
38	82,5	58,7	44,0	33,7	24,0	17,5	10,9	8,4	3,0	—
39	84,0	60,1	44,9	35,0	25,2	17,8	12,8	6,9	—	—
40	86,5	62,0	46,5	36,3	26,2	19,0	6,8	—	—	—

50% SiO_2 , при 1500°C имеет вязкость $0,27 \text{ н}\cdot\text{сек}/\text{м}^2$ и электропроводность $25,1 \text{ ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$, а шлак с 10% MgO (рис. 3, б) имеет вязкость $0,2 \text{ н}\cdot\text{сек}/\text{м}^2$ и электропроводность $26,5 \text{ ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$, т. е. увеличение MgO от 5 до 10% в шлаке за счет CaO приводит к уменьшению вязкости на 26% и повышению электропроводности на 5,5%. Уменьшение SiO_2 до 35% при 1500°C и соответственное увеличение окиси кальция от 25 до 40% для шлаков с 5% MgO понижает вязкость до $0,14 \text{ н}\cdot\text{сек}/\text{м}^2$ и повышает электропроводность до $34,2 \text{ ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$, а при 10% MgO вызывает понижение вязкости до $0,12 \text{ н}\cdot\text{сек}/\text{м}^2$ и повышение электропроводности до $35 \text{ ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$.



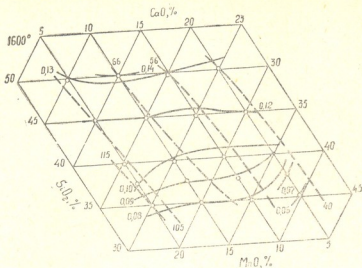
а



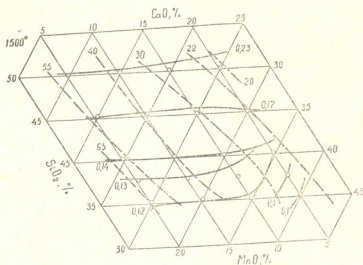
б

Рис. 1. Вязкость и удельная электропроводность шлаков при 5% MgO и 10% Al₂O₃ для 1600 и 1500°C (цифры на сплошных линиях—вязкость, н·сек/м², на пунктирных линиях—электропрдводность, ом⁻¹·м⁻¹)

Уменьшение вязкости и некоторое увеличение электропроводности с повышением MgO от 5 до 10% за счет соответствующего понижения



а



б

Рис. 2. Вязкость и удельная электропроводность шлаков при 10% MgO и 10% Al_2O_3 для 1600 и 1500°C (обозначения те же, что на рис. 1)

концентрации CaO, вероятно, вызвано тем, что магnezия вносит в шлак в 1,4 раза больше ионов кислорода — O^{2-} , чем CaO, что и является основной причиной разукрупнения кремнекислородных анионов и снижения вязкости шлаков [11].

Увеличение содержания магnezии от 5 до 10% расширяет область жидкотекучести шлаков. Так, например, при 1400°C у шлака с 5% MgO (рис. 3, а), содержащего 35% SiO_2 и 40% CaO, вязкость составляет 0,74

н·сек/м², в то время как у шлака с 10% MgO при той же температуре при содержании 35% SiO₂ и 35% CaO вязкость равна 0,5 н·сек/м², т. е.

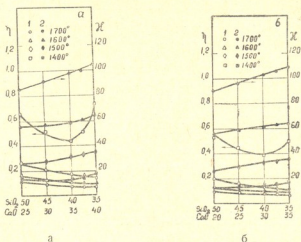


Рис. 3. Влияние замены кремнезема окисью кальция на вязкость, η , н·сек/м², (1) и на удельную электропроводность, χ , ом⁻¹·м⁻¹, (2) шлаков при различных температурах (содержание закиси марганца—10%, глинозема—10%): а — при 5% MgO, б — при 10% MgO

увеличение содержания MgO от 5 до 10% приводит к уменьшению вязкости на 33%, что, очевидно, объясняется уменьшением температуры ликвидуса шлаков.

Описанный характер влияния замещения окиси кальция окисью магния сохраняется при содержании 20, 15 и 5% закиси марганца.

Выводы

1. Исследовано влияние окиси магния на вязкость и удельную электропроводность синтетических шлаков системы Mn—CaO—SiO₂, при 10% Al₂O₃, состав которых изменялся в пределах 5—20% MnO, 10—45% CaO, 35—50%, SiO₂ 5—10% MgO.

На основе полученных результатов были построены тройные диаграммы вязкости и электропроводности шлаков системы MnO—CaO—SiO₂ при постоянных содержаниях MgO (5 и 10%) и Al₂O₃ (10%).

2. Влияние окиси магния на вязкость и удельную электропроводность расплавов изучаемой системы выражается в следующем:

а) Замена окиси кальция окисью магния без изменения соотношения $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2}$ приводит к значительному понижению вязкости и некоторому повышению электропроводности.

б) Увеличение содержания магнезита от 5 до 10% за счет окиси кальция расширяет область жидкотекучести шлаков.

3. Полученные результаты могут быть использованы при установлении шлакового режима в случае применения доломита в шихте силикомарганца.

Грузинский институт металлургии

(Поступило в редакцию 28.4.1966)

თ. ჩუბინიძე, მ. კეკელიძე

მაგნიუმის ჟანგის ბავშვანა „მანბანუმის კვიჟანგი-კალციუმის ჟანგი-კაჟმიწა“ სისტემის ნალღობების სიბლანტესა და ელექტროგამტარობაზე მათში თიხამიწის 10% შიჭულოგისას

რეზიუმე

შრომში გამოკვლეულია მაგნიუმის ჟანგის გავლენა $MnO-CaO-SiO_2-Al_2O_3$ სისტემის წიღური ნალღობების სიბლანტესა და ელექტროგამტარობაზე. აგებულია სიბლანტისა და ელექტროგამტარობის საშუალო დიაგრამები 5 და 10% მაგნიუმის ჟანგისათვის. დადგენილია, რომ:

1. კალციუმის ჟანგის მაგნიუმის ჟანგით შეცვლა იწვევს სიბლანტის მნიშვნელოვან შემცირებასა და ელექტროგამტარობის მცირედ გაზრდას.
2. მაგნიუმის ჟანგის გაზრდა 5%-დან 10%-მდე აფართოებს თხევადენობის არეს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. J. S. Machin, Tin Boo Yee. Viscosity Studies of System $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$; IV 50 a. 65% SiO_2 . Variation of Viscosity When CaO , MgO and Al_2O_3 Are Constant. J. American Ceramic Soc., 37, № 4, 1954, 177—186.
2. E. E. Hofmann. Viskositätsverhalten von synthetischen Schlacken in Abhängigkeit von der Zusammenetzung und der Temperatur. Stahl und Eisen, 79, № 12, 1959 846—853.
3. Г. И. Жмойдин, И. С. Куликов. Физические свойства доменных шлаков и влияние на них окиси магния, серы, марганца и железа. Изв. АН СССР, ОТН, металлургия и топливо, № 5, 1960, 25—32.
4. Н. Л. Жило. О влиянии магнезии на физико-химические свойства доменных шлаков. Сб. научно-технических трудов НИИ металлургии Челябинского совнархоза, вып. I, Челябинск, 1960, 33—40.
5. И. И. Гулять. Влияние глинозема на вязкость шлаков системы окись кальция-окись магния-кремнезем. Изв. АН СССР, ОТН, Металлургия и топливо, 1962, № 5, 52—65.
6. В. А. Ванюков, О. М. Катков. Вязкость и электропроводность магнезиальных шлаков медно-никелевой руды. Науч. труды Московск. ин-та «Цветметзолото», № 25, 1955, 98—111.
7. Р. Ф. Яковенко, В. В. Кондаков. Исследование влияния магнезии на вязкость шлака ферромарганца. «Доменное производство», приложение к журналу «Сталь», 1959, 95—109.
8. М. А. Кекелидзе, Ш. М. Микишвили, Г. Н. Одилавадзе. К исследованию вязкости синтетических магнезиальных доменных шлаков. Труды Ин-та металлургии АН ГССР, т. XIII, 1962, 51—56.
9. О. В. Курнушко. Электропроводность и вязкость известковых и магнезиальных шлаков ферромарганца. Труды VI конфер. по физико-химическим основам производства стали, изд. «Наука», 1964, 158—168.
10. Т. А. Чубинидзе, М. А. Кекелидзе. Вязкость и удельная электропроводность шлаковых расплавов системы закись марганца-окись кальция-кремнезем при 10% глинозема. Сообщения АН ГССР, XLIII: 3, 1966.
11. А. М. Чернышев, Л. М. Цылев, Л. В. Руднева. О механизме вязкости доменных шлаков. Изв. АН СССР, ОТН, № 7, 1953, 1044—1057.



МЕТАЛЛУРГИЯ

Г. Н. ЗВИАДАДЗЕ, Д. Ш. ОЗИАШВИЛИ, Д. В. ВАЦАДЗЕ

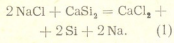
КИНЕТИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ХЛОРИДА НАТРИЯ СИЛИКОКАЛЬЦИЕМ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 19.3.1966)

В литературе фактически не освещены реакции галогенидов металлов с силикокальцием. Вместе с тем на основе этих взаимодействий могут быть разработаны процессы получения ряда металлов.

В данной статье приведены некоторые результаты исследования кинетики и механизма восстановления хлорида натрия силикокальцием.

Кальций в техническом силикокальции представлен в виде фазы бисилицида [1]. Кроме того, в нем содержатся излишки кремния и силицидов железа. Экспериментально установлено, что элементарный кремний и силициды железа не восстанавливают натрий из его хлорида, а взаимодействие силикокальция с хлоридом натрия не отличается от процесса восстановления его синтетическим бисилицидом кальция. По этим данным и анализам продуктов взаимодействия хлорида натрия с силикокальцием его химизм можно представить в виде конечной реакции



При восстановлении натрия в вакууме он из-за высокой летучести выделяется в виде пара.

Процесс взаимодействия силикокальция с хлоридом натрия исследовался двумя методами: методом непрерывной регистрации убыли веса шихты при постоянной температуре и электрохимическим методом—определением поляризации силикокальциевого электрода в хлористом натрии. Сущность второго метода заключается в быст-

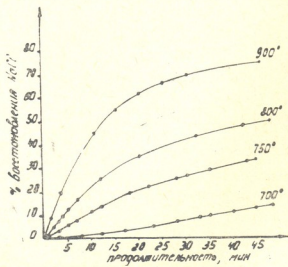


Рис. 1. Кинетические кривые восстановления хлорида натрия в вакууме

ром снятия кривых: сила поляризующего тока—величина поляризации. При этом величина плотности тока характеризует скорость процесса, а поляризация оценивает кинетическое затруднение.

Для опытов в первом методе использовали брикеты весом 2 г, диаметром 15 мм, толщиной 4,5 мм. Их изготовляли из смеси порошков хлорида натрия марки ХЧ и силикокальция с содержанием CaSi_2 67%. Молярное соотношение $\text{CaSi}_2:\text{NaCl}$ равнялось 1.

Для исследования по второму методу силикокальциевый электрод специально готовился засасыванием жидкого силикокальция в фарфоровую трубку.

На рис. 1 представлены кинетические кривые восстановления хлорида натрия при различных температурах в вакууме порядка $2-3 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст., которые показывают, что восстановление натрия наблюдается уже при 600° и с повышением температуры скорость реакции увеличивается.

В таблице показана степень испарения хлорида натрия за время его восстановления силикокальцием при различных температурах.

T °C	600	625	650	675	700	750	850	875
Степень испарения, %	17,6	17,6	14,6	13,4	13,4	14,6	19,0	19,0

Испарение хлорида натрия мало меняется с понижением температуры, в то время как рост температуры резко увеличивает скорость

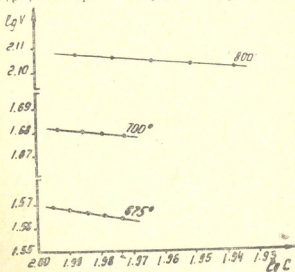


Рис. 2. Кинетические кривые восстановления хлорида натрия в аргоне при давлении 5 мм рт. ст.

восстановления натрия. Таким образом, оптимальным следует считать восстановление хлорида натрия при температурах выше 800° .

Опыты по восстановлению хлорида натрия в атмосфере аргона при давлении последнего 5, 10, 15, 20, 50 мм рт. ст. показали последовательное снижение скоростей восстановления хлорида натрия, по сравнению с вакуумным процессом.

На рис. 2 представлены кинетические кривые восстановления хлорида натрия при давлении аргона 5 мм рт. ст.

Хлорид кальция, образующийся в результате взаимодействия силикокальция с хлоридом натрия, растворяется в последнем, что должно приводить к снижению его активности.

Учитывая это обстоятельство, можно предположить подчинение функциональной зависимости скорости процесса от времени взаимодействия диффузионным закономерностям. Формальным признаком этого могла бы служить возможность использования уравнения кинетики для реакций первого порядка при обработке кинетических данных. Однако, как показала такая обработка экспериментальных данных уравнениями для реакции первого, а также второго и третьего порядка, кинетика взаимодействия силикокальция с хлоридом натрия указанным закономерностям не подчиняется.

Ввиду этого порядок реакции был определен графическим дифференцированием кинетических

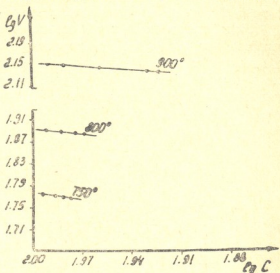


Рис. 3. Зависимость скорости восстановления в вакууме от концентрации хлорида натрия

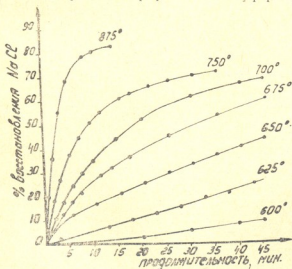


Рис. 4. Зависимость скорости восстановления в атмосфере аргона от концентрации хлорида натрия

становления натрия в вакууме подчиняется уравнению

$$V = RC^{0,17} \quad (2)$$



Дробный порядок реакции (1) может быть объяснен тем, что реакция восстановления натрия рассматривается как электрохимическое взаимодействие между силицидом кальция и хлоридом натрия.

Подобный подход к объяснению механизма реакции становится естественным при рассмотрении кристаллохимических данных для хлоридов щелочных металлов и силицида кальция. В частности, известно, что в структуре хлоридов щелочных металлов хлор и соответствующий щелочной металл представлены разноименно заряженными ионами, которые в различных хлоридах по-разному поляризованы, однако в целом

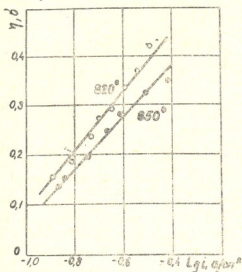
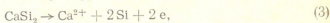


Рис. 5. Поляризационные кривые силикокальциевого электрода в хлориде натрия

для хлоридов щелочных металлов характерны ионные связи между компонентами структуры. Преимущественно ионный характер связи сохраняется и при расплавлении хлоридов щелочных металлов, о чем свидетельствует весь комплекс физико-химических данных по указанным хлоридам в жидком состоянии [2]. В структуре силицида кальция слои кальция чередуются со слоями кремния [3]. При этом кальций заряжен положительно, а кремний — отрицательно [4]. В силициде кальция доля ионной связи должна быть представлена в значительной степени, и если это соединение не чисто ионное, то оно относится к ионometаллическим. При электрохимическом процессе на поверхности раздела силицида кальция и хлорида натрия реакция взаимодействия между ними суммирует два этапа:



Следовательно, реакцию (1) можно рассматривать итогом работы короткозамкнутого элемента, в котором происходят анодное окисление отрицательных ионов кремния и катодное восстановление ионов натрия.

При поляризации силицида кальция в хлористом натрии, благодаря удалению электронов реакции (3), реакция (4) подавляется, и снятием поляризационной кривой можно изучить кинетику первого этапа, который, вероятно, является наиболее медленным.

На рис. 5 представлены поляризационные кривые силикокальция в расплавленном хлориде натрия, построенные вышеописанным методом в координатах: логарифм плотности тока—величина поляризации. Зависимость поляризации от плотности тока выше $1 \cdot 10^{-2}$ а/см², прямолинейная и описывается уравнением типа

$$\eta = a + b \lg i, \quad (5)$$

где

a —постоянная величина;

b —тангенс угла наклона прямой, численно равный величине $\frac{2,3 RT}{\alpha F}$.

Экспериментально определенные значения коэффициента b при 820 и 850° равняются 0,61 и 0,53 соответственно. Если допустить, что поляризация обусловлена замедленностью этапа (3), то коэффициент b должен равняться $\frac{2,3 RT}{\alpha 2 F}$, что составляет 0,18—0,21. Этот результат свидетельствует о том, что кинетика электродного процесса определяется не концентрационной поляризацией, а химической. Скорость электродной реакции подчиняется уравнению типа

$$V = Kc^x, \quad (6)$$

который имеет тот же вид, что и найденное при изучении кинетики взаимодействия силикокальция с хлоридом натрия первым методом.

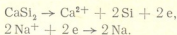
Расчеты кажущейся энергии активации на основе рассеяния поляризационных кривых изопотенциальными прямыми и построенные зависимости логарифма плотности тока от обратной величины температуры дали для $E=20317$ кал/моль. Эта величина близка кажущейся энергии активации реакции восстановления натрия, полученной из кинетических данных по первому методу.

Выводы

Экспериментально исследована кинетика взаимодействия силикокальция с хлоридом натрия и установлено, что скорость процесса находится в степенной зависимости от его концентрации, причем показатель степени имеет дробный порядок.

Механизм силицидотермического восстановления определяется электрохимическим взаимодействием реагентов, что подтверждено результатами изучения поляризации силикокальциевого электрода в расплавленном хлориде натрия.

Реакция взаимодействия силикокальция с хлоридом натрия суммирует следующие этапы работы короткозамкнутого гальванического элемента:



Грузинский институт металлургии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 19.3.1966)



ბ. ზვიადაძე, დ. ოზიაშვილი, დ. ვაჭაძე

ნატრიუმის ქლორიდის სილიკოკალციუმის ალდგენის კინეტიკა

რ ე ზ ი შ ე

სტატიაში ნაჩვენებია ნატრიუმის მიღების შესაძლებლობა მისი ქლორიდთან სილიკოკალციუმით ალდგენის შემთხვევაში. შესწავლილია ნატრიუმის ქლორიდის სილიკოკალციუმით ალდგენის კინეტიკა და მიღებულია, რომ პროცესის სიჩქარე ხარისხობრივ დამოკიდებულებაშია ქლორიდის კონცენტრაციასთან ამასთან ერთად ხარისხი წარმოადგენს წილადს.

სილიციდოთერმული ალდგენის შექანიზმი განისაზღვრება რეაგენტების ელექტროქიმიური ურთიერთქმედებით, რაც დამტკიცებულია გამღვალ მარილში სილიკოკალციუმის ელექტროდის პოლარიზაციის შესწავლით.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. В. Самсонов. Силициды и их использование в технике. Изд. АН УССР, 1959.
2. А. И. Беляев, Е. А. Жемчужина, Л. А. Фирсанова. Физическая химия расплавленных солей. Металлургия, 1957.
3. Г. Б. Бокий. Введение в кристаллохимию. Изд. Московского ун-та, 1954.
4. Ю. М. Голутвин. Теплоты образования и типы химической связи в неорганических кристаллах. Изд. АН СССР, 1962.

ივრის შუა დაბლობის მცენარეული ლანდშაფტების ისტორიისათვის

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ნ. კეცხოველმა 30. 4. 1966)

ივრის შუა დაბლობი, რომელიც ცივ-გომბორის ქედის სამხრეთით მდებარეობს, ამჟამად უტყეო ტერიტორიას წარმოადგენს. მოშიშვლებულია აგრეთვე კახეთის ქედის სამხრეთი ფერდობების წინაკალთები, სადაც ფართოფოთლოვანი ტყე ქვედა სარტყელში გაჩეხილია, ხოლო შედარებით მაღლა შერჩენილია მათი დაჯაგული დერევატები ჯაგრცხილის, რცხილისა და მუხის მონაწილეობით. მდ. იორი მოედინება ამ დაბლობში ჩაჭრილი კალაპოტით. დაბლობზე დღესაც არის შერჩენილი დაჭაობებული სივრცეები ჭაობის მცენარეულობის ფრაგმენტებით, მაგრამ ამ მცენარეულობის ფართობები საკმაოდ შემცირებულია უკანასკნელ ათეულ წლებში სადრენაჟო ღონისძიებების ჩატარების შედეგად. ამ დაბლობს ზოგან კვეთს ქედიდან მდინარე იორამდე ვიწრო და ღრმა ხრამები, რომელთა გასწვრივ ვიწრო ზოლად ჩაუყვებიან მუხა, თელა, ვერხვები, ტირიფები, ღვედკეცი, ეკალღჭი, კატაბარდა და სხვა.

საქართველოს დაბლობის ტყის ისტორია დიდი ხანია იპყრობს გეობოტანიკოსთა ყურადღებას. აქ გავრცელებული ტყეების ბედი, მათი დაკნინებისა და განადგურების გზები დამაჯერებლად გვიჩვენა ნ. კეცხოველმა თავის გამოკვლევებში [1, 2].

დაბლობის მცენარეულობის შესწავლა, მათი წარსული სურათის აღდგენა დღევანდელ ეტაპებზე ახალი მეთოდების გამოყენებასთან დაკავშირებით მეტად რთულ ამოცანას წარმოადგენს, ვინაიდან აქაა თავმოყრილი ერთმანეთისაგან ეკოლოგიური ბუნებით განსხვავებული დაჯგუფებანი და თანამედროვე ელემენტებთან შერწყმულია ისეთი მცენარეები, რომლებიც ყოფილი ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობებისთვისაა დამახასიათებელი. ეს მეტად მოზაიკურ და რთულ სურათს ჰქმნის.

მრავალი გეომორფოლოგიური გამოკვლევებით ცნობილია, რომ მდინარისპირა, ისევე როგორც ტბისპირა დაბლობის მორფოლოგიური შენება განუწყვეტლივ იცვლება მთელი რიგი პროცესების მეშვეობით, რაც გავლენას ახდენს მცენარეული საფარის განვითარებაზე [3, 4].

ძირითადი ფაქტორები — ეროზია და აკუმულაცია, რომლებიც აპირობებენ დაბლობის გეოგრაფიული ლანდშაფტების წარმოქმნასა და მათ დინამიკას, დაკავშირებულია დაბლობის ზედაპირის განვითარების ციკლთან, რომელსაც ადგილი ჰქონდა მეოთხეული პერიოდის განმავლობაში. კერძოდ, ბაქოურისწინა პერიოდში მოხდა ივრისა და ალაზნის წყალგამყოფების აწევა. ამ დროს აკუმულაციურ ცივ-გომბორის ქედის ჩამოყალიბებას იაღლო-საგურამოსა და სხალტბას-

თან ერთად. ხაზარულ პერიოდში ხდება მდინარე ივრის დაბლობზე ალუვიური დანალექების გადალექვა, რომლებიც ამჟამად 80—90 მეტრის სიმაღლის ტერასებით არის წარმოდგენილი [5]. შემდეგი ქვედა სერიის ტერასები, რომლებიც მდებარეობენ მტკვრისპირას თბილისსა და მინგჩაურს შორის, 35—40 მეტრის ზოგან კი 20—30 მეტრის სიმაღლეზე წარმოიქმნენ ხვალისურ დროს [6].

ხვალისურის შემდგომი ფაზა აგრეთვე ხასიათდება ტექტონიკური მოძრაობებით — გრძელდება კავკასიონის აწევა და ამასთან დაკავშირებით ეროზიის ბაზისის დადაბლება. ვ ა რ დ ა ნ ი ა ნ ც ი ამ ფაზაში, ისე როგორც წინა ფაზების დროს, მიუთითებს კლიმატური დებარეების არსებობაზე, რომელსაც მოჰყვა ძლიერი მდინარეული ღვარების წარმოქმნა, ქედების გადარეცხვა და ალუვიური და პროალუვიური მასალის დალექვა, ხვალისური ტერასის ფორმირება და მდინარეების კალაპოტის ჩაჭრა.

ამგვარად, ზედამეთხეულ პერიოდში მოხდა რელიეფის საბოლოო ჩამოყალიბება, ჰიდროგრაფიული ქსელის დაახლოებით თანამედროვე სახით ფორმირება და სხვა.

ცნობილია, რომ მდინარე დიდ როლს ასრულებს დაბლობის რელიეფის ჩამოყალიბებაში. იგი თავის შუა ნაწილში ერთსა და იმავე დროს რეცხს და აკუმულირებს, გადააქვს და ლექავს, შლის ადრე წარმოქმნილ ტერასებს. ამ პროცესების ჯაჭვი მკვეთრ გულენას ასდენს მცენარეული დაჯგუფებების ურთიერთობაზე და აპირობებს მათ დინამიკას.

აღნიშნულ დაბლობს აქვს თავისი, ადგილობრივად მოქმედი ეროზიის ბაზისი, რომელიც იცვლებოდა საერთო ტექტონიკურ მოძრაობებთან დაკავშირებით, და რომლის ყოველი დაწევა იწვევდა ტერასების დიფერენციაციას, იცვლებოდა რა ჰიდროლოგიური რეჟიმი, დაბლობის გეომორფოლოგია და მასთან დაკავშირებით მცენარეული საფარი.

თუ ეროზიის ბაზისის დაცემისას ხდებოდა არსებული ტერასების დიფერენციაცია; ეროზიის აწევას კი უკავშირდება მდინარის ადიდება და ალუვიურ-ტბური და ალუვიური დანალექების წარმოქმნა (რაც ზოგან დაფარულია დელუვიური შლექებით), მისი სისქე 4—15 მეტრამდე მერყეობს. ამ დანალექებით დაფარულია კახეთის ქედის წინაკალთები [5]. დელუვიური შლექებით ჩამოუყვებიან ჯაგ-ეკლიანი დაჯგუფებანი და ღრმად იჭრებიან ივრის დაბლობზე. ოდნავ დადაბლებულ ადგილებში კი, სადაც არ ემჩნევა დელუვიური დანალექები, ზოგან განვითარებულია ტორფი სისქით 50—75 სმ, რომელიც უშუალოდ ტბიურ დანალექებს ფარავს. აღნიშნული დანალექები მტკრისა და სპორის ანალიზის ჩატარებისათვის კვლევის საუკეთესო ობიექტს წარმოადგენს.

ალუვიური და ალუვიურ-ტბური დანალექების შესწავლა დაკავშირებულია მთელ რიგ სიძნელეებთან. უპირველეს ყოვლისა ესაა მდინარის მიერ მოტანილი მტკრის მარცვლის იზოლაციის საკითხი.

ვ. გ რ ი ხ უ კ ი ს გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ალუვიური დანალექების მტკრის სპექტრი, რომელიც მცირე რაოდენობით შეიცავს წყლითა და ჰაერით მოტანილ მტკრის მარცვალს, ზუსტად ასახავს მცენარეული საფარის თავისებურებას გარკვეული ტერიტორიისათვის. მიუხედავად ამისა, სასურვე-

ლი და აუცილებელია შემოტანილი მტვრის მარცვლის გამოყოფა, ვინაიდან ასეთი მტვერი სპექტრში ირეკლება თავისებურად და ხშირ შემთხვევაში მოცემულ სურათს საგრძნობლად ცვლის.

ამიტომ, გამორკვევის დროს ყურადღება უნდა მიექცეს გარდა გადამარზვის ხარისხისა, იმ მცენარის ეკოლოგიურ ბუნებას, რომლის მტვრის მარცვალსაც ანალიზის დროს ვპოულობთ. უნდა მოხდეს თანამედროვესთან მისი დაპირისპირება, რის შედეგადაც გამოვლინებულ იქნება შემოტანილი მტვრის მარცვალი.

ალუვიური დანალექების შესწავლისას ტარდება განმეორებითი ანალიზი ცალკეულ კომპონენტებს შორის შეფარდების დასადგენად. ზდება, აგრეთვე (შექლებისდაგვარად) ზოგიერთი ჯიშის სახეობამდე რკვევა, რაც აუცილებელია ცალკეული ჰორიზონტის ფლორის დასახასიათებლად და იმ კლიმატური გარემოს აღსადგენად, როდესაც შესწავლილი დანალექების ფორმირება ხდებოდა.

აღნიშნული დაბლობის მცენარეულობით დასახლება დაიწყო ზვალინურის შემდგომ პერიოდში, მას შემდეგ, რაც მოხდა მდინარე ივრის კალაპოტის ჩაჭრა. დაბლობის საკმაო ნაწილი თანდათან გათავისუფლდა წყლისაგან, რომელსაც პერიოდულად მთლიანად ეკავა დაბლობი. მდინარე ამ პერიოდებში მოედინებოდა მდორედ, აპირობებდა რა ალუვიური და ალუვიურ-ტბიური დანალექების წარმოქმნას.

ბუნებრივია, რომ დაბლობის ტყის მცენარეულობით დასახლება არ მიმდინარეობდა თანაბრად და ერთდროულად. ტყეს ამ დროისათვის ეკავა მომიჯნავე ფერდობები. ტექტონიკური პროცესების ადგილობრივი თავისებურებანი და ტაფობის რელიეფის ბუნება აპირობებდა ტყის მასივის მომატებასა და ზოგჯერ შემცირებას. ტყის მცირე კორომები წყლის მოქცევის დროს ბორცვებზე გადაინახებოდა, საიდანაც შემდეგ შესაფერისი პარობების დადგომისას თვით დაბლობზე ვრცელდებოდა. პარალელურად დაბლობზე იყო ისეთი ადგილები, სადაც გრუნტის წყლების ჭარბად და ხანგრძლივად დგომის გამო ვითარდებოდა ჭაობის მცენარეულობა. ამგვარად, აღნიშნულ ტაფობზე გავრცელებული ტყე არ წარმოადგენდა ეკოლოგიურად და ფატოცენოლოგიურად ერთიან ტიპს. ცალკეულ უბნებზე ტყის მცენარეულობა განვითარების სხვადასხვა საფეხურზე იმყოფებოდა, დაწყებული ჭაობის ტყიდან მთისწინა სარტყლის ტყის ტიპამდე, რომელსაც ეკავა ყველაზე ამაღელებელი ბორცვები.

ყოველივე ზემოთქმული კარგად ეთანხმება მტვრის მარცვლის ანალიზის შედეგად მიღებულ სპექტრებს. მტვრის მარცვლის ანალიზი საშუალებას გვაძლევს აღვადგინოთ ტყის დასახლებისა და მისი განვითარების წარსული სურათი, წარმოვიდგინოთ ის ბოტანიკური ლანდშაფტები, რომელსაც ადგილი ჰქონდა ზვალინურისშემდგომი პერიოდის მანძილზე, განვსაზღვროთ ტაფობის პალეოგეოგრაფია.

შესწავლილ ნიმუშებში ძირითადად ფიქსირებულია შემდეგი ხე და ბუჩქის მტვრის მარცვალი: ფიჭვი, მურყანი, წიფელი, მუხა, რცხილა, ჯაგრცხილა, თელა, ტირიფები, კაკალი, ლაფანი, ცაცხვი, თხილი, ნეკერჩხალი და სხვა რო-

გორც ვხედავთ, კომპლექსის შერეული და მრავალფეროვანია. ასეთი მრავალფეროვნება დღესაც შეიმჩნევა ამ ტერიტორიაზე შერჩენილ მცენარეულობაში.

წარსულში ეს მდიდარი, ძირითადად ტყის მცენარეულობა გარკვეული კანონზომიერებით იყო განაწილებული აღნიშნულ ტერიტორიაზე, რაც შესატყვისადაა ასახული სხვადასხვა პუნქტებიდან აღებულ ნიმუშებში. კერძოდ, მშრალი ფერდობები დაკავებული ჰქონდა მუხას, რცხილას, ხოლო შემდეგში ჯაგ-რცხილას. შედარებით მშრალ პერიოდებში ტყის ეს ფორმაცია მიიწვედა წინ და იკავებდა დადაბლებულ ადგილებსაც, სადაც მათი არსებობა წყლებოდა გრუნტის წყლების აწევის დროს, რასაც არაერთხელ ჰქონდა ადგილი ხვალისურის შემდგომ პერიოდში და რამაც გადამწყვეტი როლი შეასრულა მცენარეთა განაწილებაში.

დადაბლებულ-დატენიანებულ ადგილებზე კი ვითარდებოდა: მურყნარი, ჭიაობების ტირიფნარი, თელნარი და სხვა. თავის მხრივ თვით ტაფობზე მცენარეთა ერთგვარ დიფერენციაციას ჰქონდა ადგილი, რაც უკავშირდებოდა მდინარე ივრის წყლის რეჟიმის შეცვლას.

ცნობილია, რომ ვერხვი კარგად იტანს სუზონურად დამდგარ წყალს და ასეთ პირობებში დომინანტობს სხვა ჯიშებზე. მაგრამ ვერხვის მტერის მარცვალი გარსის სისუსტის გამო არ გადაიმარხება ან, თუ გადაიმარხა, ძლიერ სახეშეცვლილია და მცირე პროცენტითაა წარმოდგენილი. ამიტომ, ვფიქრობთ, რომ ის ჰორიზონტები, სადაც ხე-მცენარეთა მტერის საერთო რაოდენობა შემცირებულია და ძირითადად წარმოდგენილია ტირიფისა და მურყანის მტერის მარცვლებით, შეესატყვისება ვერხვნარის მასობრივ გავრცელებას. ამრიგად, თანამედროვე მცენარეთა გავრცელება, მათი ეკოლოგიური ბუნება საშუალებას გვაძლევს გავაკონტროლოთ ნამარხი ნიმუშების ანალიზის შედეგები და, პირიქით, ნამარხ მდგომარეობაში ისეთი ხე-მცენარის მტერის მარცვლის აღმოჩენა, როგორცაა *Inglans regia*, ადასტურებს იმ მოსაზრებას, რომ კაკალი აბორიგენული ჯიშია კავკასიისათვის.

ქვედა ჰორიზონტებიდან აღწერილია ლაფნის მტერის მარცვალი მცირე რაოდენობით, რაც უთუოდ განპირობებულია თვით ხეთა სიმცირით. შემდეგ ლაფნის მტვერი აღარ გვხვდება, რაც ალბათ, გამოწვეულია მისი მოსპობით, ჰავის გაკონტინენტებასთან და მდინარე ივრის კალაპოტის ჩაჭრასთან დაკავშირებით.

მატულობს მუხის, რცხილისა და ბოლოს ჯაგრცხილის პროცენტული მაჩვენებელი. იზრდება *Chenopodiaceae*, *Compositae*, განსაკუთრებით *Artemisia*, ამასთან მცირდება ჭალის ტყეების ფართობი, რომელიც შემდეგში ძირითადად შენარჩუნებულია წყლისპირებზე. ეს უკვე ასახავს ადამიანის ზეგავლენას ამ დაბლობის მცენარეულობაზე, რომელსაც საკმარისად დიდი ხანგრძლივობა აქვს.

ნამარხი მტერის მარცვლის სპექტრი, რომელიც გვიჩვენებს მცენარეთა კომპლექსების მრავალფეროვნებას შესატყვისება ამ დაბლობის დღევანდელი საგან განსხვავებულ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებს; ეს კი საშუალებას გვაძლევს ნაწილობრივ მანინც აღვადგინოთ ტაფობის პალეოგეოგრაფია.

ჩვენ მიერ მოპოვებული მასალის საფუძველზე შეიძლება გამოვიტყუოთ შემდეგი დასკვნები: მთელი ტერიტორია წარმოდგენილი იყო დებრესიით, რომელიც გარკვეული პერიოდით დაფარული იყო წყლით. ამ პერიოდებს შეესატყვისება მტკრის მარცვლით ლარიბი სპექტრები; ხე-მცენარეების მტკერი ძირითადად წარმოდგენილია მომიჯნავე ფერდობებზე მოზარდი მცენარეების მტკრის მარცვლით (იხ. ცხრილი).

ცხრილი 1

მტკრის მარცვლის შედეგები ალუვიურ-ტბურ დანალექებში მდ. ივრის შუა დაბლობიდან

სიღრმე	Pinus	Alnus	Carpin.	Querc.	Ulmus.	Tilia	Acer	Fagus	Juglans	Pteroc.	Salix	სიღრმე	Pinus	Alnus	Carpin	Querc.	Ulmus	Tilia	Acer	Fagus	Juglans	Pteroc	Salix
0,25	38	2	25	7	5	—	6	—	2	—	15	10,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,75	39	5	17	10	8	—	5	—	2	—	14	10,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,25	47	5	22	14	5	—	7	—	+	+	+	11,00	11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1,75	20	4	28	27	8	—	10	—	+	+	+	11,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,25	25	12	20	5	20	—	7	—	2	—	9	11,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,75	22	10	20	8	24	3	7	—	2	—	4	12,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,25	19	15	21	12	17	3	8	—	3	—	+	12,50	21	2	7	19	12	—	—	—	—	—	—
3,50	22	6	21	21	14	4	9	—	2	—	+	12,75	20	2	11	19	12	12	18	17	3	—	2
3,75	15	11	20	23	7	4	12	—	2	—	3	13,00	33	3	12	17	—	11	16	15	+	15	23
4,25	10	6	31	23	4	5	9	—	10	—	2	13,25	17	7	12	10	3	—	+	9	+	12	17
5,00	15	7	10	19	7	1	10	—	11	—	20	13,50	+	+	7	2	—	—	+	+	+	+	+
5,50	9	15	9	12	3	2	8	4	9	—	29	13,75	+	+	+	1	—	+	+	+	+	+	+
5,75	10	21	9	9	2	5	7	3	8	—	26	14,00	+	10	+	7	13	—	+	+	8	8	—
6,00	8	16	10	10	14	6	4	+	7	—	25	14,50	+	9	17	18	10	—	9	10	5	7	+
6,25	18	14	10	7	12	3	5	+	+	—	31	14,75	+	12	9	5	10	—	10	18	4	+	+
6,50	18	6	11	3	15	3	4	3	—	—	17	15,25	—	—	—	—	—	—	—	18	3	+	+
6,75	17	14	12	2	15	4	11	4	—	—	21	15,75	+	+	+	+	—	—	+	+	+	+	+
7,00	18	14	8	2	15	7	9	5	+	+	22	16,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,25	18	15	8	2	15	8	9	5	4	—	16	16,75	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—
8,50	19	4	9	3	16	7	8	6	3	—	25	17,00	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—
9,00	13	8	10	8	12	2	2	8	10	—	27	17,25	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
9,25	20	18	5	5	2	+	2	10	12	3	23	18,00	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
10,00	—	5	3	6	—	—	—	—	—	—	—	18,75	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
10,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,00	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+

ნიმუშების პეტროგრაფიული შენების მიხედვით და მტკრის მარცვლის ანალიზის შედეგებით დადგენილია, რომ შესწავლილ ტაფობზე წყლის მოქცევას რამდენჯერმე ჰქონდა ადგილი. ამ დროის შესატყვის დანალექებში ჰარბობს მთავარი კავკასიონის ნამსხვრევი მასალა, რაც თავის მხრივ მიუთითებს მდინარე ივრის დიდ ეროზიულ ძალაზე. ასეთი ნიმუშები თითქმის სულ არ შეიცავენ მტკრის მარცვალს.

შემდგომ ეტაპებზე ტაფობი სრულიად თავისუფლდება წყლისაგან, თუ მწველობაში არ მივიღებთ იმ ცალკეულ ადგილებს, სადაც გროვდებოდა კახეთის ქედიდან გამოწარი გრუნტის წყლები და ამით შენარჩუნებული იყო დაჭაობებული სივრცეები. ამ ჰაობში უკანასკნელ დრომდე ზოგან ხდებოდა



ტორფის წარმოქმნა, რომლის პალინოლოგიურმა ანალიზმა მოგვცა მცენარეული ლობის თანამედროვე მდგომარეობის ამსახველი სპექტრები.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ბოტანიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მიუვლიდა 30.4.1966)

БОТАНИКА

Л. ГОГИЧАЙШВИЛИ

К ИСТОРИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕИОР-СКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Резюме

Для восстановления истории растительных ландшафтов ныне безлесных низменного и предгорного поясов особое значение приобретает метод спорово-пыльцевого анализа. Этим методом мы обрабатывали озерно-аллювиальные и озерные осадки, приуроченные к среднеиорской равнине. Изучение пыльцевых спектров с разных мест и глубин показало богатство и разнообразие состава лесной растительности, занимавшей данную территорию.

Здесь одновременно существовали экологически и фитоценологически разные типы лесов, находящиеся на разных стадиях развития — от пойменных лесов до лесов предгорной полосы, участки которых занимали возвышенные места.

По данным пыльцевых и петрографических анализов, вся территория в послехвалыинское время представляла собой депрессию, которая временами покрывалась широкими разливами р. Иори. Для соответствующих горизонтов характерно малое количество древесной пыльцы (см. таблицу), в основном представленной теми породами, которые спускались по ближайшим южным склонам Кахетинского хребта.

Общие тектонические движения, колебания базиса эрозии, меняли режим стока речных вод, менялась и геоморфология долины, а в связи с этим и растительный покров.

После заметного иссушения климата в среднем голоцене и окончательного освобождения низменности Иори от речных разливов всю низменность заселяют пойменные леса весьма разнообразного состава.

Здесь же в местах выхода грунтовых вод все еще развита болотная растительность и до последнего времени шло образование торфа, палинологический анализ которого показал отмеченное выше состояние растительного покрова на данной территории до уничтожения лесов человеком.

დავითობაული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. ჯეცხოველი. საქართველოს მცენარეული საფარი, 1960.
2. Б. ჯეცხოველი. აღმოსავლეთ საქართველოს ტალის ტყეები. საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის შრომები, XVII, 1942.
3. И. М. Крашенинников. Географические работы. Географиз, М., 1951.
4. И. И. Тумаджанов. К постлициозной истории лесной растительности Сев. Кавказа. Труды Тбил. ботан. ин-та, XVII, 1955.
5. Д. В. Церетели. Рельеф и четвертичные отложения Гаре-Кахетинского плоскогорья. Фонды Ин-та географии им. Вахушти АН ГССР, 1954 (на груз. яз.).
6. А. А. Варданянц. Постлициозная история... Ереван, 1949.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Л. И. ДЖАПАРИДЗЕ (академик АН ГССР), Д. В. КОТАЕВА,
Е. И. ЧХУБИАНИШВИЛИ

ДИНАМИКА НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ В ЛИСТЬЯХ НЕКОТОРЫХ ЛИСТОПАДНЫХ ПОРОД В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИИ

Настоящее исследование проведено в связи с изучением половых различий в составе и содержании нуклеиновых кислот у двудомных растений. Этот вопрос не затронут в доступной нам литературе и, по-видимому, только начинает привлекать к себе внимание исследователей [1].

Исследовались листья двудомных древесных листопадных пород, произрастающих в Тбилиском ботаническом саду. Подготовка материала для анализа состояла в замораживании измельченных листьев и их лиофильной сушке при температуре жидкого азота по методике Б. Б. Вартапетяна [2], а также в обработке ацетоном для удаления пигментов [3]. В таком материале нуклеиновые кислоты определялись по Шнейдеру, как это описано у А. Н. Белозерского и Н. И. Проскурьякова [4]. ДНК определялась по Дише, а РНК вычислялась по разности между НК и ДНК. Сроки взятия образцов приурочены к фенофазам, отражающим основные моменты в вегетации растений.

В настоящем сообщении представлены результаты исследования трех видов растений: туты (*Morus alba* L.), фисташника (*Pistacia taurica* F. et Mey.) и айланты (*Ailanthus glandulosa* Desf.). Данные анализов сведены в таблицу.

Оказалось, что общее содержание НК в листьях закономерно изменяется в течение вегетации. В первую половину вегетации содержание НК быстро снижается и доходит до минимума ко времени цветения. В дальнейшем, с середины июня, их содержание уже так резко не меняется и держится почти на одном уровне (отклонение отмечено в двух случаях: в мае у туты и в сентябре у фисташника).

ДНК снижается к моменту цветения у всех растений, но характер дальнейших изменений различен у отдельных видов: у айланты в средние сроки отмечено резкое снижение, у фисташника колебания происходят в узких пределах, а у туты выражено постепенное повышение со снижением в июне, к цветению.

В соответствии с означенными изменениями содержание РНК постепенно и закономерно снижается от весны к осени, но в последнем, сентябрьском, сроке оно показывает повышение.

Итак, для листьев листопадных пород отмечено закономерное изменение содержания НК в течение вегетации. Основное общее изменение состоит в значительном снижении НК в первую половину веге-

Содержание нуклеиновых кислот в % от сухого веса ($M \pm m$)

Сроки и фазы вегетации	Кислоты	Тута	Фисташник	Айлант	Среднее
Апрель. Почки в покое- щемся состоя- нии	НК	1,56±0,25	3,60±0,09	4,02±0,85	3,06±0,37
	ДНК	0,024±0,001	0,012±0,002	0,039±0,009	0,025±0,004
	РНК	1,40±0,12	3,52±0,06	4,36±1,20	3,09±0,46
Май, 1-я половина. Распускание поч- ек и рост листьев	НК	1,89±0,25	2,7±0,16	3,57±0,25	2,72±0,22
	ДНК	0,033±0,005	0,009±0,001	0,032±0,003	0,024±0,003
	РНК	1,98±0,13	2,72±0,29	3,54±0,25	2,75±0,22
Май, 2-я половина. Оформившиеся листья	НК	0,77±0,14	1,73±0,08	1,31±0,04	1,27±0,09
	ДНК	0,041±0,009	0,007±0,001	0,018±0,002	0,022±0,004
	РНК	0,72±0,11	1,72±0,07	1,29±0,05	1,24±0,08
Июнь. Цветение	НК	0,76±0,11	1,60±0,09	1,04±0,19	1,13±0,13
	ДНК	0,040±0,005	0,008±0,001	0,018±0,006	0,022±0,002
	РНК	0,37±0,007	1,57±0,09	1,02±0,10	0,70±0,07
Июль. Развитие плодов (у туты—созре- вание)	НК	0,42±0,04	1,44±0,09	1,10±0,16	0,70±0,10
	ДНК	0,035±0,005	0,012±0,001	0,022±0,002	0,023±0,003
	РНК	0,43±0,04	1,46±0,10	1,07±0,21	0,99±0,12
Сентябрь. Созревание пло- дов	НК	0,36±0,06	1,90±0,18	0,78±0,34	1,01±0,19
	ДНК	0,036±0,006	0,012±0,0004	0,038±0,0005	0,032±0,0023
	РНК	0,31±0,05	1,66±0,10	0,14±0,02	0,70±0,06

тации до минимума в период цветения. Такая динамика связана не только с увеличением массы листьев, так как изменения в содержании НК наблюдаются и после их полного оформления. Видовые особенности накладывают свой отпечаток на содержание нуклеиновых кислот: меньше всего их у туты, а высокое содержание отмечено у айланта.

Академия наук Грузинской ССР
Институт ботаники

(Поступило в редакцию 26.2.1966)

გვანარმეთ ფიზიოლოგია

ლ. ჯაფარიძე (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი) დ. კოტაევა,
ე. ჩხუბინა

ნუკლეინის მჟავების დინამიკა ზოგიერთი ფოთოლცვენისა ჯივის
ფოთლებში მებეჭადის მანძილზე

რ ე ზ ი ე მ ე

გამოკვლევა ჩატარდა ორსახლიან მკენარეებში ნუკლეინის მჟავების შედ-
გენილობისა და შემცველობის სქესობრივ სხვაობათა შესწავლასთან დაკავში-
რებით. ხელმისაწვდომ ლიტერატურაში ეს საკითხი არ განხილულა და, რო-
გორც ჩანს, მხოლოდ ეხლა იპყრობს მკვლევართა ყურადღებას [1].



გამოკვლეული იყო თბილისის ბოტანიკურ ბაღში მოზარდი ორსახლიანი ფოთოლცვენია მერქნიანი მცენარეების ფოთლები. საანალიზო მასალის მომზადება მდგომარეობდა იმაში, რომ დაქუცმაცებული ფოთლები იყინებოდა და ლიოფილურად შრებოდა თხევადი აზოტის ტემპერატურაზე, თანამად ვართაპეტიანის მეთოდისა [2]. რის შემდეგ მუშავდებოდა აცეტონით, პიგმენტების მოსაცილებლად [3]. ამ მასალაში ნუკლეინის მჟავები განისაზღვრა შნიდერის მიხედვით. როგორც ეს აღწერილი აქვთ ბელოზერსკის და პროსკურიაკოვს [4]. დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა განსაზღვრული იყო დიშეს მიხედვით, ხოლო რიბონუკლეინის მჟავა გამოთვლილია ნმ და დნმ შორის სხვაობიდან. ნიმუშების აღების ვადები შეესაბამებოდა მცენარეების ვეგეტაციის ძირითადი მომენტების ამსახველ ფენოფაზებს.

წინამდებარე წერილში მოგვყავს სამი სახეობის მცენარეთა გამოკვლევის მონაცემები: თუთის (*Morus alba* L.), სალსადაჯის (*Pistacia mutica* F. et Mey) და ხემყარალასი (*Ailanthus glandulosa* Desf.). ანალიზების შედეგები მოცემულია 1 ცხრილში.

აღმოჩნდა, რომ ფოთლებში ნმ შემცველობა კანონზომიერად იცვლება ვეგეტაციის მანძილზე. ვეგეტაციის პირველ ნახევარში ნუკლეინის მჟავათა რაოდენობა სწრაფად კლებულობს და მინიმუმამდის ეცემა ყვავილობის დროისათვის. შემდეგში, ივნისის შუარიცხებიდან მათი შემცველობა უკვე ისეთ მკვეთრ ცვლილებებს აღარ განიცდის და თითქმის ერთ დონეზეა წარმოდგენილი (გადახრა აღინიშნა ორ შემთხვევაში: თუთისათვის მაისში და სალსადაჯისათვის სექტემბერში).

დნმ კლებულობს ყველა მცენარეებში, ყვავილობის დროისათვის, ხოლო შემდეგი ცვლილებები განსხვავებულია ცალკეულ სახეობებში: ხემყარალასათვის აღინიშნება მკვეთრი შემცირება შუა ვადებში, სალსადაჯში მერყეობა არ სცილდება ვიწრო ფარგლებს, ხოლო თუთაში — გამოსახულია თანდათანობითი მატება (ერთი შემცირებით ივნისში, ყვავილობისას).

აღნიშნულ ცვლილებათა შესაბამისად, რნმ-ს შემცველობა თანდათანობით კანონზომიერად კლებულობს გაზაფხულიდან შემოდგომამდის, მაგრამ ბოლო ვადაში — სექტემბერში, აქვს მომატება.

ამგვარად, ფოთოლცვენია ჯიშების ფოთლებისათვის აღინიშნა ნუკლეინის მჟავების შემცველობის კანონზომიერი ცვლილებები ვეგეტაციის მანძილზე. ძირითადი, შესწავლილი მცენარეებისათვის საერთო ცვლილება გამოიხატება ნმ-ის მნიშვნელოვან დაკლებაში ვეგეტაციის პირველ ნახევარში და მინიმუმამდე დაცემაში ყვავილობის პერიოდში. რამდენად ნმ-ის შემცველობის ცვლილებები ფოთლების სრული გაფორმების შემდეგაც აღინიშნება, იმდენად ამგვარი დინამიკა არ არის დაკავშირებული მხოლოდ ფოთლის მასის მატებასთან.

სახეობრივი თავისებურებანი გარკვეულ დაღს ასვამენ ნუკლეინის მჟავათა რაოდენობაზე: თუთაში მათი რაოდენობა მცირეა, ხოლო მაღალი შემცველობა დადგენილია ხემყარალას ფოთლებისათვის.



დაბეჭდილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. И. Кубарев. О различиях между мужскими и женскими соцветиями кукурузы по содержанию нуклеиновых кислот. Физиология растений, т. 12, вып. 6, 1965, 968—970.
2. Б. Б. Вартапетян. Упрощенная модель лабораторного прибора для высушивания биологических материалов методом быстрого замораживания — высушивания. Физиология растений, т. 7, вып. 6, 1960, 740—741.
3. Д. В. Котаева. О содержании нуклеиновых кислот в активной зоне корней виноградной лозы. Сообщения АН ГССР, XXXVI: 1, 1964, 157—160.
4. А. Н. Белозерский и Н. И. Проскуряков. Практическое руководство по биохимии растений. М., 1951.

МИКРОБИОЛОГИЯ

М. М. ИВАНОВ, Т. Л. КОБАХИДЗЕ

БИОХИМИЧЕСКИЕ И СЕРОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
VIBRIO AVIUM И МЕТОД ЕГО ЛИОФИЛИЗАЦИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. П. Каландадзе 25.3.1966)

В процессе изучения вибриозной инфекции у птиц Грузинской ССР в крупных птицеводческих хозяйствах у кур были выделены культуры вибрионов, из которых нами изучаются шесть штаммов. Микробы выделались из печени и желчи павших и забитых кур (табл. 1).

Таблица 1

Наименование и происхождение штаммов изучаемых нами вибрионов

№ штамма	Дата выделения	Наименование хозяйств	Возраст птиц	Вибрионы выделены из
2	12.I.65	Тбилисская птицефабрика	Курица-несушка	желчи
3	20.II.65	Самгорский племптице-совхоз	Молодняк 108 дней	печени
6	2.III.65	Тбилисская птицефабрика	Курица-несушка	желчи
7	3.IV.65	Тамарисская птицефабрика	Курица-несушка	печени, желчи
8	14.IV.65	" "	Молодняк 3,5 месяца	желчи
9	25.V.65	Тбилисская птицефабрика	Молодняк 3 месяцев	печени, желчи

С целью определения видовой принадлежности вибрионов нами проведены биохимические и серологические исследования изучаемых штаммов.

Для определения биохимических свойств изучаемые микробы параллельно с *Vibrio Metschnikovi* — штаммом № 115 и *Vibrio paracholera* (водные вибрионы) — штаммом № 51 культивировались на специальных питательных средах и учитывались их биохимические свойства (табл. 2).

Как видно из табл. 2, вибрионы, выделенные у кур, резко отличаются от известных штаммов и они каталазапозитивны, не ферментируют углеводы, не образуют сероводород и индол, ощелачивают среду, не растут на полужидком агаре (ПЖА) с добавлением 3,5% NaCl и 1%



глицина. При этом метод Флорана [1] — дифференциация видов вибрионов по образованию сероводорода и по росту на среде с 1% глицина — имеет только вспомогательное значение.

Таблица 2

Биохимические свойства изучаемых нами вибрионов

№ штамма	Отношение к CO ₂	Каталаза	Индол	Щелочное-разование	Кислооб-разование	Рост на питательных средах			Сероводо-род (H ₂ S)	Глюкоза	Сахароза	Лактоза
						ПЖА с 2% бичи-желчи	ПЖА с 3,5% NaCl	ПЖА с 1% гли-цина				
2	Факульт. анаэроб.	+	—	+	—	+	—	—	—	—	—	—
3	•	++	—	++	—	++	—	—	—	—	—	—
6	•	++	—	++	—	++	—	—	—	—	—	—
7	•	+	—	++	—	+	—	—	—	—	—	—
8	•	++	—	++	—	++	—	—	—	—	—	—
9	•	++	—	++	—	++	—	—	—	—	—	—
115	аэроб.	++	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+
51	•	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+

Для изучения серологических свойств изучаемых нами штаммов (2, 3, 6, 7, 8, 9) нами изготовлены антигены и гипериммунные сыворотки. С целью определения их видовой принадлежности были поставлены перекрестные реакции агглютинации (РА) с антигенами и гипериммунными сыворотками известных вибрионов I типа — *Vibrio veneralis* - 98 и II типа *Vibrio intestinalis* - 28. Антигены этих штаммов были получены из Государственного научно-контрольного института ветеринарных препаратов МСХ СССР, гипериммунные сыворотки — из Витебской биофабрики.

Результаты серологических исследований по РА отражены в табл. 3, которая показывает, что антигенные свойства изучаемых нами штаммов, выделенных от кур, отличаются от других серологических типов вибрионов. Куриные вибриозные антигены в РА обладали выраженной видовой специфичностью с сыворотками гомологического типа.

Антигены из штаммов 98 (I тип) и 28 (II тип) давали отрицательную реакцию с сыворотками штаммов куриных вибрионов.

Из изучаемых нами штаммов куриных вибрионов два (2 и 6) по своей серологической специфичности отличались от всех остальных. Изучение этих двух штаммов продолжается.

С целью стандартизации и длительного хранения вибрионов нами разработана методика лиофилизации микробов их сублимацией, при которой в качестве защитной среды применяется обезжиренное коровье молоко. Высушенные нами вибрионы штаммов (2, 3, 6, 7, 8, 9) под надлежащим вакуумом сохраняют свои биологические и другие свойства не менее 6 месяцев (срок наблюдения), и получается типичный рост вибрионов на искусственных питательных средах.

Таблица 3

Результаты серологического исследования по РА изучаемых нами (2, 3, 6, 7, 8, 9) и ГНК (98 и 28) штаммов вибрионов

Гипериммунная сыворотка	Антиген штамма 2				Антиген штамма 3								Антиген штамма 6							
	25	50	100	200	25	50	100	200	400	800	1600	3200	25	50	100	200	400	800	1600	3200
Штамм 2	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X		XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	
	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X		XX	X	X	X	X			
• 3	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	X	X		
• 6	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	—	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	—	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
• 7	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	—	XX	XX	XX	XX	X	—	—	—
	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	—	X	X	X					
• 8	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	XX	XX	XX	X	—	—	—	—
	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	—	X	X						
• 9	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	—	—	—	—	—	—	—	—
	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—
• 98	XX	XX	XX	XX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	X	X	X	X																
• 28	XX	XX	XX	XX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	X	X	X	X																
Контроль на само-агглютинацию антигенов	Штамм-диссоциант				Отрицательный								Отрицательный							



Продолжение таблицы 3

Гипериммунная сыворотка	Антиген штамма 7								Антиген штамма 8								Антиген штамма 9								
	25	50	100	200	400	800	1600	3200	25	50	100	200	400	800	1600	3200	25	50	100	200	400	800	1600	3200	
Штамм 2	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XXX	XX
3	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XXX	XX
6	XXX	XX	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	XX	—	—	—	—	—	—	—	
7	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
8	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
9	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Контроль на само-агглютинирующую антигенов	Отрицательный								Отрицательный								Отрицательный								

М. М. Иванов, Т. А. Косыгина

Гипериммунная сыворотка	Антиген штамма 98, I тип				Антиген штамма 28, II тип			
	25	100	200	400	25	50	100	200
Штамм 2	—	—	—	—	—	—	—	—
" 3	—	—	—	—	—	—	—	—
" 6	—	—	—	—	—	—	—	—
" 7	—	—	—	—	—	—	—	—
" 8	—	—	—	—	—	—	—	—
" 9	—	—	—	—	—	—	—	—
" 98	xx xx	xx xx	xx xx	xx xx	—	—	—	—
" 28	—	—	—	—	xx xx	xx xx	xx xx	xx xx
Контроль на само-агглютинацию антигенов	Отрицательный				Отрицательный			

Выводы

1. На основании комплексного изучения биохимических свойств штаммов вибрионов, выделенных у кур, в сравнении с *Vibrio Metschnikovii* и *Vibrio paracholera*, и серологических свойств антигенов и сывороток в прямом и перекрестном опытах по РА и *Vibrio venerealis*-98 и *Vibrio intestinalis*-28 установлено наличие самостоятельного вида куриного вибриона, который назван *Vibrio avium*.

2. Комплексное изучение морфологических, биохимических и серологических свойств вибрионов позволяет определить их видовую принадлежность.

3. Разработанный нами метод лиофилизации вибрионов сублимацией, при котором в качестве защитной среды используется обезжиренное коровье молоко, дает возможность длительного хранения вибрионов с сохранением биологических и других свойств.

Грузинский зоотехническо-ветеринарный
учебно-исследовательский институт

(Поступило в редакцию 29.3.1966)

მიკრობიოლოგია

ა. ივანოვი, თ. კობახიძე

VIBRIO AVIUM-ს ბიოქიმიური და სეროლოგიური თვისებები
და მისი ლიოფილიზაციის მეთოდი

რეზიუმე

ჩვენ მიერ ფრინველის ვიბრიოზის აღმძვრელის თვისებების შესწავლისას დადგინდა იქნა, რომ ისინი მორფოლოგიური, ბიოქიმიური და სეროლოგიურა



თვისებებით განსხვავდებიან *Vibrio Metschnikovii*-სა და *Vibrio paracholerae* მიკრობებისაგან. ქათმებისაგან გამოყოფილი ვიბრიონები მკვეთრად განიჩევიან ცნობილი ვიბრიონების შტამებისაგან, არიან კატალიზაზოზიტურნი, არ აღდენენ შაქრების ფერმენტაციას, ვოგირდწყალბადისა და ინდოლის წარმოშობას, არ იზრდებიან 3,5% სუფრის მარილისა და 1% გლიცინის ნახევრად თხიერ აგარზე. ამგვარად, ფლორანის [1] მიერ მოწოდებული მეთოდი იმის შესახებ, რომ ვიბრიონების დიფერენციაციისათვის საკმარისია კატალაზის წარმოშობა და 1% გლიცინის საკვებ ნიადაგებზე ზრდა, წარმოადგენს მხოლოდ დამხმარე მეთოდს.

ქათმებისაგან გამოყოფილი ვიბრიონების ანტიგენური თვისებების შესწავლისას როგორც პირდაპირ, ისე ჯვარედინ აგლუტინაციის რეაქციაში ნათლად ჩანს, რომ ისინი მკვეთრად განსხვავდებიან სხვა სეროლოგიური ტიპის ვიბრიონებისაგან. ქათმების ვიბრიონების ანტიგენებს აგლუტინაციის რეაქციაში აქვთ სახეობრივი სპეციფიკურობის უნარი გომოლოგიური ტიპის შრატებთან. I ტიპის *Vibrio venerealis* და II ტიპის *Vibrio intestinalis* ანტიგენებმა, ქათმების გაპერიმუნულ შრატებთან მოგვეცეს უარყოფითი რეაქცია.

ჩვენ მიერ შემუშავებულ იქნა ფრინველის ვიბრიოზის შტამების ლიოფილიზირებული გამშრობა სუბლიმაციის გზით. ყველა გამშრალი შტამი ინარჩუნებს თავის ბიოლოგიურ თვისებებს არანაკლებ 6 თვისა (დაკვირვების ვადა).

დასოფნებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Florent. Les deux vibrions génitales du bétail bovin. La vibrionose vénérienne due à *Vibrio fetus venerealis* et la vibrionose d'origine intestinale due à *Vibrio fetus intestinalis*. Proc. 16-th Intern. Vet. Congress. Madrid, 2, 1959, 953.
2. Б. И. Збарский, И. И. Иванов, С. Р. Магдашев. Биологическая химия. М., Медгиз, 1960, 132—134.
3. М. М. Иванов, В. В. Павловский, И. Г. Левина. Этиологическое значение различных видов вибрионов, обитающих в организме сельскохозяйственных животных и основы диагностики вибриозных инфекций. Труды ГНКИ, т. XII, 1964, 163—171.
4. И. Г. Левина. Биологические свойства вибриозных штаммов. Труды ГНКИ, т. XII, 1964, 186.
5. В. В. Павловский. Оценка качества антигенов и методики постановки серологических реакций диагностики вибриоза у крупного рогатого скота. Труды ГНКИ, т. XI, 1962, 87—93.



ჰიპოთეზები

ზ. კირილიძე

სიონის წყალსაცავის ჰიპოთეზური რეჟიმის შესწავლისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. კალანდიაძემ 25.4.1966)

წყალსაცავის ჰიდროლოგიური რეჟიმის შესწავლას აქვს როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული მნიშვნელობა. წყალსაცავის პელაგიალისა და ბენტალის მოსახლეობის ფორმირება მჭიდროდაა დაკავშირებული მისი ჰიდროლოგიური რეჟიმის ფორმირებასთან. ამიტომ ჰიდროლოგიური რეჟიმის ცოდნის გარეშე შეუძლებელია ნათელი წარმოდგენა ვიქონიოთ წყალსაცავის სიცოცხლის პირობებისა და მისი სათევზმეურნეო თვალსაზრისით გამოყენების შესახებ.

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ინტენსიურ მშენებლობასთან დაკავშირებით, ამჟამად გაცხოველებული მუშაობა მიმდინარეობს წყალსატევების ბიოლოგიის შესასწავლად. როგორც ვ. ჟაღინი [1] მიუთითებს, დღეს მსოფლიოს სხვადასხვა ენებზე მრავალი შრომა ეძღვნება წყალსაცავების ბიოლოგიის შესწავლას.

ჩვენ რესპუბლიკაშიც თანდათანობით იზრდება ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მშენებლობა და წყალსაცავების რიცხვი, რომელიც ამჟამად 10-ზე მეტია (ტყიბულის, შაორის, ხრამის, თბილისის, ოკამის, მარაბდის, ყვარლის; სიონისა და სხვა). ზოგი მათგანი შესწავლილია ჰიდრობიოლოგიურად, ხოლო ნაწილი შეუსწავლელია.

სიონი ახლადშექმნილი წყალსაცავია (1963 წლის მარტში მოხდა მისი წყლით გავსება) და ჯერჯერობით ჰიდრობიოლოგიურად შეუსწავლელია. ჩვენ მიზნად დავისახეთ წყალსაცავის ზოოპლანქტონისა და ჰიდროლოგიური რეჟიმის შესწავლა. ყოველთვიურად მასალის აღება და დაკვირვებები მიმდინარეობს 1964 წლიდან და ამჟამადაც გრძელდება. ჯერჯერობით შესწავლილი გვაქვს ზოოპლანქტონის თვისობრივი შედგენილობა და ცალკეულ კომპონენტთა ზოგადი რაოდენობრივი დინამიკა [2].

ამასთან, ჩვენ მიერ საერთოდ მიღებული მეთოდის [3] საფუძველზე შესწავლებოდა ჰიდროლოგიური რეჟიმი და მისი ცალკეული კომპონენტის ცვალებადობა წლის განმავლობაში (ტემპერატურა, ჟანგბადი, აქტიური რეაქცია, თავისუფალი ნახშირორჟანგის შემცველობა, გამჟვინვალობა, წყლის ქიმიური შედგენილობა). ჰიდრობიოლოგიური საშუალებების ჩატარებისათვის წყალსაცავზე შერჩეულია 12 სადგური, რომლებიც ისეა განლაგებული, რომ წყალსაცავის ყველა ძირითად უბანს მოიცავს.



ტემპერატურა. ტემპერატურული რეჟიმის შესწავლას ვაწარმოებდით ყოველთვიურად (თვის შუა რიცხვებში) ყველა სადგურში.

ტემპერატურას ვზომავდით წყლის ყოველ 5 მეტრის შრეში ზედაპირიდან ფსკერამდე ცვიკერტის სისტემის გადმოსაპირქვევებელი თერმომეტრით. გაზომვის შედეგების მიხედვით ვადგენდით ყოველთვიური ტემპერატურული რეჟიმის ცხრილს ყველა სადგურისათვის და შემდეგ ვანგარიშობდით საშუალო სიღიდევებს თითოეული შრისათვის.

საბოლოოდ შედგა წლიური ტემპერატურული რეჟიმის ცხრილი (იხ. ცხრილი 1), საიდანაც ჩანს, რომ ზამთარში (დეკემბერი, იანვარი, თებერვალი) და ადრე გაზაფხულზე (მარტში წყალსაცავში სრული ჰომოთერმიაა. იანვარში ყველა შრეში 4,1°-ია თებერვალში 3,6°-დან 3,3°-მდე მერყეობს, დეკემბერში 7,5°-დან 7,1°-მდე. ასეთივე სურათია მარტში.

ცხრილი 1

სიონის წყალსაცავის ტემპერატურული რეჟიმი გრადუსობით (1964 — 1965 წლების მიხედვით)

სიღრმე მ-ით	თ ვ ე ე ბ ი											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	4,1	3,6	3,2	12,5	16,2	19,8	21,3	22,3	19,2	14,3	11,6	7,5
5	4,1	3,5	3,2	7,5	14,1	18,3	18,9	21,4	18,8	14,3	11,6	7,5
10	4,1	3,5	3,2	6,6	11,3	14,3	17,3	20,8	18,3	14,3	11,6	7,4
15	4,1	3,5	3,2	5,9	10,3	12,3	15,4	17,4	17,4	14,3	11,5	7,4
20	4,1	3,4	3,2	5,3	9,8	10,1	13,2	14,5	15,6	14,1	11,5	7,4
25	4,1	3,4	3,2	5,1	7,4	9,1	12,2	13,3	14,2	14,2	11,4	7,4
30	4,1	3,4	3,2	4,8	5,9	7,4	9,9	11,4	12,6	13,8	11,3	7,4
35	4,1	3,4	3,1	4,8	5,6	6,7	8,9	10,2	11,2	13,3	11,2	7,4
40	4,1	3,3	3,1	4,8	5,2	5,8	8,2	8,8	9,8	13,3	10,2	7,3
45	—	—	—	4,8	5,1	5,7	7,5	7,7	8,7	12,2	9,4	7,3
50	—	—	—	—	5,1	5,1	6,3	6,5	6,8	9,3	7,8	7,1
55	—	—	—	—	—	—	6,1	6,3	6,6	7,7	—	—
60	—	—	—	—	—	—	6,0	6,2	6,4	—	—	—

აპრილიდან იწყება წყლის ზედა ფენების თანდათანობითი გათბობა და გრძელდება სექტემბრამდე. ამ პერიოდში ადგილი აქვს ტემპერატურის პირდაპირ სტრატოფიკაციას. სექტემბრიდან ზედა შრეების ტემპერატურა თანდათან ეცემა და დეკემბერში უთანაბრდება წყლის ქვედა შრეების ტემპერატურას.

გაზაფხულზე (აპრილი, მაისი) ტემპერატურულ ნახტომს ადგილი აქვს ზედა შრეებში (0—10 მ-მდე). ასე, მაგ., აპრილში 0 მ-ზე 12,5°-ია, ხოლო 10 მ-ზე 6,6°. ამგვარად, ამპლიტუდა უდრის 5,9°-ს. ასევე, მაისში—ზედაპირზე იგი აღწევს 16,2°-ს, ხოლო 10 მ-ზე უდრის 11,3°-ს; ამპლიტუდა კი 4,9°-ის ტოლია. ქვედა შრეებში ამ დროს ჰომოთერმიაა.

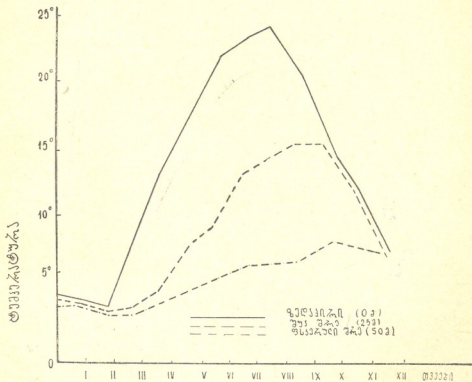
ზაფხულში ტემპერატურის პირდაპირ სტრატოფიკაციას აქვს ადგილი. ზოგიერთ შრეში ვხედავთ მნიშვნელოვან ტემპერატურულ ნახტომებს.

შემოდგომაზე წყალსაცავში ზედაპირიდან 40 მ-მდე თითქმის ჰომოთერმია ან პირდაპირ სტრატოფიკაციაა, ხოლო ფსკერულ შრეებში (40—60 მ) ტემპერატურული ნახტომებია. ამპლიტუდა 10 მეტრზე 3—4°-ია.

საერთოდ ტემპერატურა წლის განმავლობაში შემდეგ ფარგლებში ცვალებადობს: ზედაპირზე 3,2°-დან 22,3°-მდე; შუა შრეებში (25 მ) 3,2°-დან 14,2°-მდე, ხოლო ფსკერულ შრეში (50) 6,0°-დან 9,3°-მდე.

რადგან წლის განმავლობაში სიონის წყალსაცავის წყლის დონე მეტად მერყეობს, ზოგიერთ თვეში ტემპერატურის შესახებ მონაცემები 1 ცხრილში არაა მოცემული უდიდეს სიღრმემდე.

მოგვყავს ტემპერატურული რეჟიმის წლის განმავლობაში ცვალებადობის გრაფიკული სურათი (იხ. სურ. 1).



სურ. 1.

გამჭვირვალობა. წყლის გამჭვირვალობას ვსაზღვრავდით ყველა სადგურში სეკის დისკის საშუალებით. გამჭვირვალობა ცვალებადობს როგორც სეზონურად, ისე ცალკეულ სადგურებშიც ერთსა და იმავე დროს. სხვა სეზონებთან შედარებით წყალი გაზაფხულზე ყველაზე უფრო ნაკლებგამჭვირვალეა. ასე, მაგ., აპრილში მდინარის შესართავთან გამჭვირვალობა 0,25 მ-ია, წყალსაცავის შუა წელში 0,7—1 მ-ია, ხოლო ჭებირთან — 0,8—0,9 მ-ია. შემოდგომაზე გამჭვირვალობა შესართავთან 2,1 მ იყო, შუა წელსა და ჭებირთან კი — 2,5—2,6 მ.

გარდა ამისა, გამჭვირვალობა ცვალებადობს ატმოსფერული ნალექების, ლეღვისა და სხვა გარემო ფაქტორების მოქმედებით.



ქანგბადის შემცველობა. ყოველ სადგურში ბატომეტრული მუშაობით შრეებრივად ვილებდით წყლის სინჯებს და გადაგვექონდა მუქედლებიან, მილესილსაცობიან ქანგბადის ბოთლებში. სინჯებს ადგილზევე ვაფიქსირებდით $MnCl_2$ -ისა და $NaOH + Rj$ -ის ხსნარებით, რომლის დროს ქანგბადი იბოჰება და ნალექის სახით $[Mn(OH)_2]$ ეშვება ჭურჭლის ფსკერზე. შემდეგ წყლის სინჯები მოგვექონდა ლაბორატორიაში, სადაც ვინკლერის მეთოდით ვსაზღვრავდით ქანგბადის შემცველობას 1 ლ წყალში (მგ/ლ). ერთი წლის განმავლობაში ჩატარებული გამოკვლევების შედეგები მოგვყავს მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

სონის წყალსაცავის წყალში O_2 -ის საშუალო შემცველობის (მგ/ლ-ში) ცვლებადობა წლის განმავლობაში (1964—65 წლების მიხედვით)

სიღრმე მეტრებით	თ ვ ე ე ბ ი											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	12,42	12,40	12,86	11,74	10,36	8,94	8,72	8,44	8,52	7,70	8,20	10,62
10	12,34	12,46	12,84	11,64	10,12	8,94	7,68	8,44	8,34	7,46	8,14	9,92
20	12,30	11,96	12,92	11,26	9,92	8,94	7,46	8,15	6,50	7,64	8,00	9,76
30	11,92	11,72	13,16	11,12	9,92	9,56	7,94	8,00	5,62	6,28	7,34	9,44
40	11,52	11,64	13,12	10,70	9,92	9,56	8,00	7,20	6,56	6,00	7,16	8,80
50	—	—	—	10,42	10,04	9,64	8,12	7,14	6,42	5,90	6,42	8,16
60	—	—	—	—	—	9,56	7,70	7,00	6,12	5,42	—	—

როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, ზამთარში, როდესაც სრული ჰომოთერმიაა, ქანგბადი ზედაპირიდან ქვედა ფენებისაკენ კლებულობს, ე. ი. ადგილი აქვს პირდაპირ სტრატოფიკაციას. ამ პერიოდში ქანგბადი საკმაოდ ჭარბადაა წარმოდგენილი (10,62—12,42 მგ/ლ ზედა ფენებში და 8,16-დან 11,64 მგ/ლ-მდე ფსკერულ ფენებში).

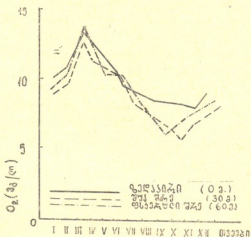
ადრე გაზაფხულზე (მარტი) სრული ჰომოთერმიაა წყალსაცავში, მაგრამ ამ დროს ქანგბადის შებრუნებული სტრატოფიკაცია გვაქვს. ამ პერიოდში წლის განმავლობაში ყველაზე ჭარბადაა წარმოდგენილი ქანგბადი, განსაკუთრებით წყალსატევის ღრმა შრეებში. აქ ქანგბადის შემცველობა 13,2 მგ/ლ-მდე აღწევს (110%), ე. ი. ეს შრეები ზედმეტად გაჯერებულია ქანგბადით, მაგრამ არც ზედაპირზეა იგი მცირე რაოდენობით (12,89 მგ/ლ).

შებრუნებული სტრატოფიკაცია და ქანგბადის დიდი რაოდენობით შემცველობა, ჩვენი აზრით, უნდა აიხსნას ჯერ ერთი იმით, რომ 1965 წლის მარტის პირველი ნახევარი ხასიათდებოდა ძლიერი ქარებით და, ცხადია, წყალსაცავის დიდი ღელვით, რამაც გამოიწვია წყლის შრეების ძლიერი აღრევა. ამასთან, წყლის ტემპერატურა ამ პერიოდში ძალზე დაცემულია (3,4-დან 3,1° მ-დე).

აპრილიდან ქანგბადის შემცველობა თანდათან მცირდება და ოქტომბერში გვაქვს მინიმუმი (ზედა შრეებში 7,70 მგ/ლ, ხოლო ფსკერზე 5,42 მგ/ლ), ამ ხნის განმავლობაში ძირითადად ადგილი აქვს პირდაპირ სტრატოფიკაციას.

წყალსაცავის სამი სხვადასხვა შრისათვის დამახასიათებელი სურათი მოცემულ გეგმეს გრაფიკულად (იხ. სურ. 2).

ამავე დროს წლის განმავლობაში ყანგბადის შემცველობა შემდეგ ფარგლებში ცვალებადობს: ზედაპირზე 7,70-დან 12,96 მგ/ლ-მდე; შუა შრეებში 5,62-დან 13,16 მგ/ლ-მდე, ხოლო ფსკერზე 5,42-დან 9,56 მგ/ლ-მდე. საერთოდ კი 5,42 მგ/ლ-დან 13,2 მგ/ლ-მდე.



სურ. 2.

თავისუფალი ნახშირორჟანგი. თავისუფალი ნახშირორჟანგის შემცველობას ვსწავლობდით სეზონურად. CO₂-ის განსაზღვრას ადგილზევე ვახდენდით შემდეგი თანმიმდევრობით: ბატომეტრით შრეებრივად აღებული წყლის სინჯიდან ვიღებდით 100 მლ წყალს, ვუმატებდით 0,1 მლ ფენოლტალეინს და ვტიტრავდით 0,1 ნორმალობის ნატრიუმის ტუტის ხსნარით სუსტი ვარდისფერი შეფერვის მიღებამდე. გატიტრას ვაწარმოებდით ადგილზევე დანაყოფებიანი პიპეტის საშუალებით. შედეგები მოგვყავს მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3
 სიონის წყალსაცავის წყალში თავისუფალი CO₂-ის შემცველობის (მგ/ლ) ცვალებადობა სეზონურად (1964 — 1965 წწ მიხედვით)

სიღრმე მეტროებით	ს ე ზ ო ნ ი			
	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	ზამთარი
0	3,96	3,92	5,28	4,24
10	3,52	3,96	6,16	4,40
20	4,84	4,18	6,16	4,92
30	5,12	4,62	6,18	5,12
40	5,28	5,20	6,34	5,38
50	5,72	5,82	6,60	5,62
60	6,20	—	—	—

მე-3 ცხრილიდან ჩანს, რომ გაზაფხულზე და ზაფხულში გაცილებით დაბალია სხვაობა ნახშირორჟანგის შემცველობაში ზედაპირსა და ფსკერულ შრეებს შორის, ვიდრე შემოდგომასა და ზამთარში. საერთოდ, ყველა სეზონში CO_2 -ის შემცველობა ზედაპირიდან ფსკერისაკენ იზრდება. ზედაპირზე CO_2 წლის განმავლობაში 3,96 მგ/ლ-დან 5,28 მგ/ლ-მდე ცვალებადობს, ხოლო ფსკერულ შრეში 5,6 მგ/ლ-დან 6,6 მგ/ლ-მდე, საერთოდ კი—3,52 მგ/ლ-დან 6,6 მგ/ლ-მდე.

წყალბადიონთა კონცენტრაცია (pH) ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი აბიოტური ფაქტორია ჰიდრობიონტებისათვის. როგორც ყველა აბიოტური ფაქტორი, pH ცვალებადობს წყალსატევში სეზონურად და სიღრმის მიხედვით. მისი ცვალებადობის მცირე ფარგლები დადებით მომენტს წარმოადგენს წყალსატევის ცხოვრებაში. მის მკვეთრ ცვლილებებს, რაც უარყოფითად მოქმედებს ჰიდრობიონტებზე, იწვევს CO_2 -ისა და O_2 -ის მკვეთრი ცვლილებები. ს. ზერნოვი [4] მიუთითებს, რომ ნორმალური სიცოცხლე წყალსატევში დამოკიდებულია pH-ის მუდმივობაზე, ხოლო მისი მკვეთრი ცვლილებები სასიკვდილო (დამღუპველ) გავლენას ახდენს წყალსატევის ცოცხალ მოსახლეობაზე.

აქტიურ რეაქციას ვსაზღვრავდით ყველა სადგურში ადგილზევე კოლორიმეტრული მეთოდით (მაკრომიხაელის აპარატით). განსაზღვრა ხდებოდა 0,1 სიზუსტით.

ჩვენს მიერ ჩატარებული დაკვირვებების მიხედვით სიონის წყალსაცავში წყალბადიონთა კონცენტრაცია წლის განმავლობაში მცირე ფარგლებში ცვალებადობს (6,8-დან 7,6-მდე), რაც ფაქტის მხრივ დადებითი მოვლენაა. ზამთარში pH ნაკლები ცვალებადობით ხასიათდება და დაბალია (6,8-დან 7,2-მდე). მაქსიმუმს აქტიური რეაქცია ზაფხულში აღწევს [7, 6]; ეს ცხადია, რადგან ამ დროს გაძლიერებულია ფოტოსინთეზი, რაც განსაკუთრებით ზედა შრეებში იწვევს ნახშირორჟანგის შთანთქმას და ქანგბადის ინტენსიურ გამოყოფას, ხოლო ეს pH-ს მაღლა სწევს.

pH ცვალებადობს არა მარტო სეზონურად, არამედ სიღრმეების მიხედვითაც: ზედა შრეებში იგი მეტია ფსკერულ შრეებთან შედარებით (განსაკუთრებით ზაფხულში). საერთოდ კი სიონის წყალსაცავის წყალი ნეიტრალური ან სუსტი ტუტე რეაქციისა, რომელიც უმნიშვნელო ცვალებადობას განიცდის სეზონურად და სიღრმეების მიხედვით.

წყლის ქიმიური შედგენილობა. სიონის წყალსაცავიდან სეზონურად ვიღებდით წყლის სინჯებს, რომელთა სრული ქიმიური ანალიზი რესპუბლიკურ სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიურ სადგურში ხდებოდა.

სიონის წყალსაცავის წყალი მარილების კონცენტრაციის მიხედვით მიეკუთვნება ოლიგოჰალინურ (მტკნარი) წყალსატევთა ტიპს. მასში მარილიანობა 0,15%-დან 0,19%-მდე მერყეობს.

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ ქლორიდებისა და სულფატების რაოდენობა მცირდება გაზაფხულზე და ზამთარში, ხოლო ზაფხულსა და შემოდგომაზე მათი რაოდენობა იზრდება. კარბონატების რაოდენობა, პირიქით, გაზაფხულსა და ზამთარში უფრო მეტია, ვიდრე ზაფხულსა და შემოდგომაზე.

N_2O_3 და N_2O_5 მცირე რაოდენობითაა გაზაფხულსა და ზამთარში, ზაფხულში მხოლოდ N_2O_3 -ია მცირე რაოდენობით, ხოლო შემოდგომაზე სრულიად არაა არცერთი.

სიონის წყალსაცავის წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ კლასს და კალციუმიან ჯგუფს. აზოტის შემცველი ბიოგენური ელემენტების შემცველობა მეტად უმნიშვნელოა.

ამგვარად, სიონის წყალსაცავის წყალში მთელი წლის განმავლობაში ჰარბადაა ქანგბადი და დაკვირვების პერიოდში (1964—1965 წწ) არ შეინიშნება მისი დეფიციტი. გარდა ამისა, მცირე ფარგლებში ცვალებადობს pH, რაც თავის მხრივ დადებითი მომენტი. წყლის შემადგენლობაში არის ძირითადი ქიმიური ელემენტები, რომლებიც აუცილებელია წყალში ცოცხალი ორგანიზმების არსებობისა და გამრავლებისათვის. აღსანიშნავია ისიც, რომ დაკვირვების პერიოდში წყალსაცავის ზედაპირი ზამთარში არ გაყინულა.

შეიძლება დავასკვნათ, რომ სიონის წყალსაცავში სიცოცხლის კარგი პირობებია ზოოლანქტონისა და ფიტოპლანქტონის არსებობისა და გამრავლებისათვის. ამდენად, წყალსაცავი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სათევზმეურნეო თვალსაზრისით, რაც შემდგომში წყალსაცავის კომპლექსური გამოკვლევის შემდეგ მოხდება.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 25.4.1966)

ГИДРОБИОЛОГИЯ

З. М. КЕРЕСЕЛИДЗЕ

К ИЗУЧЕНИЮ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СИОНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Резюме

Изучение гидрологического режима водохранилища имеет большое теоретическое и практическое значение.

В 1964—1965 гг. нами исследовался гидрологический режим Сионского водохранилища. Были изучены температурный режим водохранилища, годовая динамика прозрачности, активной реакции (pH), растворенного в воде кислорода, свободной углекислоты и химический состав воды.

Термический режим Сионского водохранилища характеризуется прямой стратификацией температур летом, осенью и весной; в это время в поверхностных слоях наблюдаются температурные скачки. Зимой и ранней весной (март) имеет место полная гомотермия водных масс.

Сезонная динамика содержания растворенного в воде кислорода характеризуется следующими показателями: содержание кислорода достигает максимальных величин ранней весной (март) -- в поверх-

ნობილური სლოჲ 12,8 მგ/ლ, ნა დნე 13,2 მგ/ლ; მინიმუმ ნაბლადეაქსე ოსენოჲ (ოქტაბრე)—ვ პოვერხნობიურ სლოჲ 7,7 მგ/ლ, ა ნა დნე 5,4 მგ/ლ. სვობოდნაა უგლესილთა ნა ტეჩენე გოდა მენაქსე პრთივოპოლოჲო იზმენიამ სოდერჲანია კისლორდა.

ლეთო ნი ზიმოჲ აქტივნა რეაქცია პოვერხნობიურ სლოე ვოდა ლეჲიტ ვ სლაბოშელოჩნოი ობლასტი, პრიდონურ — ვ სლაბოკისლოი ილი ბეიტრალნოი ობლასტი. ვესნოი ნი ოსენოჲ აქტივნა რეაქცია სლაბოშელოჩნაა ვო ვსემ ვოდოხრანილიშე.

ვოდა სიონსკო ვოდოხრანილიშა პრინადლექიტ კ გიდროკარბონატნოი კლასსუ, კ კალციევი გრუპე. სოდერჲანე აზოტსოდერჲანო ბიოგენურ ელემენტო ნეზნაჩიტელნო.

იზუჩენე გოდოვი დინამიკი აბიოტიქსურ ფაქტორო ვოდა სიონსკო ვოდოხრანილიშა პოკაზალო, ქო ვ ვოდოხრანილიშე ვ ტეჩენე გოდა ჲიზნენურე უსლოვია ბლაგოპრიატნოი დია სუშესტვოვანია ნი რაზმნოჲენია ჲოოპლანქტონი ნი ვოობჲე კორმოვი ბაზი რიბ.

ტაკიმ ობრავო, ნა ოსნოვე პოლუქენურ ნამი პრედვარიტელნო დანიურ ნი რეკომენდოვარ ვოდოხრანილიშე დია რიბნოი Ჲოზაჲსთა. ნო ეტო ვოპროს ტრებუეტ დალნეიშე ბოლეს პოვრბოიო იზუქენია.

დასრუბოვული ლიბერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ვ. ა. ჲადინი ნი მ. ბ. ივანოვა, ობზორ მიროვი ლიტერატურა ო ვოდოხრანილიშა. ტრუდუ VI სოვეშანია პო პრობლემამ ბიოლოგი ვიურთნურ ვოდ, 1956.
2. ჲ. კერესელიძე, სიონის წყალსაკევი ჲოოპლანქტონის სისტემატიქური შემადგენლობის შესწავლისათვის, საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLII:1, 1966.
3. ო. ა. ალექინ, მეთოდი ისლედოვანია ფიზიქსურ სოიქსთა ნი Ჲიმიქსო გოსთანა ვოდა. ჲიზნე პრესნურ ვოდ სსსრ, ტ. IV, ქ. 2, მ.—ლ., 1959.
4. ს. ა. ჲერნოვ, ობჲა გიდრობიოლოგია, მ.—ლ., 1949.

ლ. ჩუბინიძე

ძვლისა და ძვლის ტვინის კაპილარების ასაკობრივი თავისებურებანი

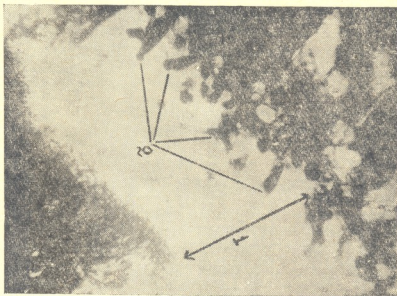
(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ჯავახიშვილმა 5.4.1966)

ძვლის ტვინის კაპილარები ნაკლებადაა შესწავლილი, რადგან არ არსებობს ძვლის ტვინის სისხლის ძარღვების გამომჟღავნების დამაკმაყოფილებელი მეთოდი.

ჩვენ შევისწავლეთ ძვლისა და ძვლის ტვინის კაპილარები სხვადასხვა ასაკის 30 ძალზე. სისხლძარღვების ინექცია კეთდებოდა ტუშ-ყელატინის მასით მ. კონახიძის მეთოდით. საინექციო მასა შეგვყავდა სუბეიტალურად ეთერის ნარკოზით დასწვრივი აორტიდან. საინექციო მასის შედეგების შემდეგ (ჩვეულებრივ 24 საათის შემდეგ) ვაწარმოებდით ძვლების ამოსახვრას. შესასწავლ მასალას ვაფიქსირებდით ფორმალინში, შემდეგ ვაწარმოებდით ძვლების დეკალცინაციას 15%-იან აზოტმეავეში (დეკალცინაციის ვადები დამოკიდებულია ძვლის კომპაქტური ნივთიერების სისქეზე; ჩვეულებრივ 2—7 დღე) და ვყალიბებდით პარაფინში. პრეპარატები იჭრებოდა 100—200 მიკრ. სისქის ანათლელად. მზადდებოდა აგრეთვე 7—10 მიკრ. სისქის ანათლებიც, რომლებიც იღებებოდა ჰემატოქსილინ-ეოზინით.

ლექვებში, დაბადებიდან 1 წლამდე, ბარძაყისა და დიდი წვივის ძვლების ეპიფიზებისა და დიაფიზის ძვლის ტვინის სისხლის ძარღვები ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელია; ეპიფიზების ვენები და არტერიები განცალკევებულნი არიან დიაფიზის სისხლძარღვებისაგან საზრდელი ხრტილით. ზრდის პროცესში ასაკის მატებასთან ერთად ეპიფიზების სისხლის ძარღვები შეიჭრებიან დიაფიზში საზრდელი ხრტილის გავლით; დიაფიზის სისხლძარღვები კი, მიღწევენ რა ეპიფიზურ ხრტილს, არასდროს არ გადიან მასში (სურ. 1). ეპიფიზების ძვლის ტვინის ვენური წნულები მდებარეობენ ღრუბლისებური ნივთიერების სივრცეებში. ამ წნულების სიდიდე დამოკიდებულია ღრუბლისებური ნივთიერების სივრცეების მოყვანილობაზე; მაგალითად, ბარძაყის ძვლის ყელის მიდამოში აღნიშნული წნულები უფრო მსხვილია, თავის მიდამოში კი — წვრილი. ვენური წნულები არასწორი, წვრილი მრავალკუთხიანი ფორმის მარყუქებიანა წარმოადგენილი. ეპიფიზების ძვლის ტვინის ვენური წნულის აგებულების ასაკობრივი ცვლილებები ჩვენ მიერ შესწავლილ მასალაზე დაბადებიდან ერთ წლამდე არ გამომჟღავნდა.

გრძელი ლულისებრი ძვლების ეპიფიზების ძვლის ტვინში დიდი რაოდენობით აღინიშნება სხვადასხვა ფორმისა და სიდიდის ფუნქციურად მნიშვნელოვანი ვენტური გაფართოებები — სინუსოიდები, რომლებიც ძალღებში 1 წლამდე შედარებით დიდი ზომისაა. ლულისებრ ძვლებში სინუსოიდების მკვეთრი განსაზღვრა ყოველთვის არაა შესაძლებელი.

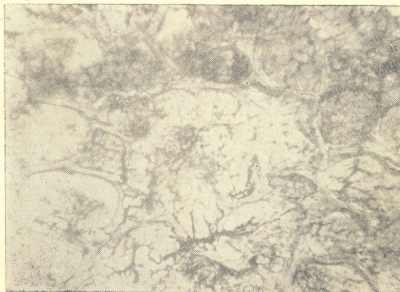


სურ. 1. 2 თვის ლევის დიდი წვივის ძვლის ზემო ეპიფიზი: 1—საზრდელი ხრტილი; 2—ეპიფიზის სისხლის ძარღვების შეჭრა საზრდელ ხრტილში

გრძელი ლულისებრი ძვლების ეპიფიზებში ნათლად ჩანს სამი განსხვავებული ხასიათის სისხლძარღვოვანი ქსელი. ერთი, რომელიც მოთავსებულია კომპაქტურ ნივთიერებაში. წარმოდგენილია მრავალკუთხიანი წაგრძელებული მარყუქებით და მოსაზღვრულია კაპილარებით. ღრუბლისებურ ნივთიერებაში ეს ქსელი ძირითადად წარმოდგენილია საინექციო მასის ლაქებით, რომელთა შორის შეიძლება ვნახოთ კაპილარები. საზრდელი ხრტილის ვასკულარიზაცია ხდება ეპიფიზიდან შეჭრილი სისხლის ძარღვებით. საზრდელი ხრტილის მიმართულებით ეს სისხლის ძარღვები ჰქმნიან მტევნისებურ გაგანიერებებს (მრავალი ჯიბითა და გამობერილობებით). ზოგიერთი სისხლის ძარღვი მთელ სიგრძეზე ჰკვეთს საზრდელ ხრტილს და უკავშირდება დიაფიზის სისხლის ძარღვებს. გრძელი ლულისებრი ძვლების ეპიფიზების ღრუბლისებურ ნივთიერებაში საინექციო მასის ლაქების მიერ შექმნილი ქსელი მსხვილია, კაპილარები ნაკლები რაოდენობით აღინიშნება. ამ ლაქისებური ქსელიდან საზრდელ ხრტილში შეიჭრება თითისებური წანაზარდების მსგავსი სისხლის ძარღვები, რომელთა უმ-

რავლესობა ბრმად თავდება. მაგრამ პარკის შექმნამდე საზრდელი ხრტილმსხლის ძარღვები წარმოდგენილია არა ერთი ღეროთი, არამედ კაბილარების წნულით.

1 წლის ასაკამდე ძაღლების გრძელი ლულისებრი ძვლების ეპიფიზებში საინექციო მასა ასევე ლაქების სახით მოთავსებულია მხოლოდ თავისუფალ სივრცეებში. რამდენადაც ხრტილოვანი და ძვლოვანი ქსოვილი ამ ასაკში შედარებით უფრო ძლიერადაა განვითარებული, ამიტომ ლაქისებური ქსელიც ბევრად უფრო იშვიათად გვხვდება, ვიდრე წინამორბედ ასაკებში. საგულისხმოა, რომ ცალკეულ ვაზალურ ლაქებს შორის კავშირი ხორციელდება ფორმირებული სისხლის ძარღვებით, რომლებიც ხრტილოვან-ძვლოვან ნივთიერებაში გაივლიან. საზრდელი ხრტილისაკენ მიმართული სისხლის ძარღვები ამ შემთხვევაშიც იჩენენ ტენდენციას ბრმად დამთავრებისაკენ, მაგრამ არ ჰქვნიან დამახასიათებელ დაწნულ წანაზარდებს, რომლებსაც უფრო ადრეულ ასაკში აქვს ადგილი.



სურ. 2. № 4 წლის ძაღლის დიდი წვივის ძელის ზნო ეპიფიზი. ძელის ტენის ყველა სისხლძარღვოვანი უბანი ჰქმნის ერთიან სისხლძარღვოვან სისტემას.

მოზრდილ ასაკში ძაღლების გრძელი ლულისებრი ძვლების ეპიფიზებში ქსელი გაშლილია ღრუბლისებური ნივთიერების ღრუებში. ცალკეული სივრცეების ქსელები ერთმანეთს უკავშირდება საკმაოდ ფართო სისხლის ძარღვებით, რომელთა კონტურები წარმოდგენილია სხვადასხვა ინტენსივობის მასით. ვარ-

და ამისა, ძვლოვან-ხრტილოვან ფირფიტებში არსებობს სივრცეები, შიდაც გაივლიან სრულიად ფორმირებული კაპილარები. ეს უკანასკნელი ერთმანეთთან აკავშირებენ სივრცეებში არსებულ ქსელებს.

გრძელი ლულისებრი ძვლების მეტაფიზების ძვლის ტვინის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ადრეულ ასაკებში შენების მხრივ ისინი თითქმის არ განსხვავდებიან ეპიფიზების ძვლის ტვინის კაპილარებისაგან. ძვლს ტვინის გაცხიმება და კაპილარული ქსელის შესაბამისი ცვლილებები მეტაფიზებში, განსხვავებით ეპიფიზებისაგან შემდგომ, ასაკებში მკვეთრადაა გამოხატული.

ლექვების გრძელი ლულისებრი ძვლების მეტაფიზების კომპაქტურ ნივთიერებაში კაპილარები ჰქმნიან წაგრძელებულ მარყუჟოვან ქსელს. ხრტილოვან-ძვლოვან ფირფიტებში ფორმირებული სისხლის ძარღვები ერთმანეთთან აკავშირებენ ღრუბლისებური ნივთიერების სივრცეებში არსებულ ლაქებს.

1 წლის ძალღების გრძელი ლულისებრი ძვლების მეტაფიზებში საინექციო მასით მოსაზღვრულია კაპილარული ქსელი, რომელსაც არ აქვს მკვეთრი და სწორი კონტური. კაპილარული მარყუჟების მოყვანილობა მრავალკუთხაინია და მოსაზღვრავს მომრგვალო-ოვალურ სივრცეებს, რომლებიც ცხიმოვანი უჯრედების კვალია.

მოზრდილ ასაკებში გრძელი ლულისებრი ძვლების მეტაფიზებში ღრუბლისებური ნივთიერების სივრცეები უფრო დიდია, ვიდრე ადრეულ ასაკებში და მათში არსებული კაპილარული ქსელი უფრო მკვეთრად კონტურირებული სისხლის ძარღვებისაგან შედგება. კომპაქტურ ნივთიერებაში ჩანს სრულიად გაფორმებული სისხლის ძარღვები და კაპილარები მკვეთრად შემოსაზღვრული კონტურით, რომელთა განშტოებანი, შედის რა ღრუბლისებური ნივთიერების სივრცეებში, ჰქმნის ზემოთ დასახელებულ ქსელს. ძვლის ტვინის უჯრედები ჭგუფებადაა განაწილებული. რომლებიც, ერთი შეხედვით, ქსელის შთაბეჭდილებას ტოვებენ. უჯრედების გროვებს შორის აღინიშნება როგორც საკმარისად მსხვილი ძარღვი გაფორმებული კედლით, არტერიოლებისა და ვენულების ყალიბისა, ისე საინექციო მასის გროვები, რომლებიც სივრცეებშია ჩასხმული. უჯრედოვანი ჭგუფები მოსაზღვრავენ მომრგვალო-ოვალურ სივრცეებს, სადაც ჩალაგებულია ცხიმი.

გრძელი ლულისებრი ძვლების ღრუბლისებრი ნივთიერების ფირფიტების რადიალურ განლაგებას შეესატყვისება ძირითადი დიაფიზური არტერიის მიმართულებაც. ძვლის ტვინის მთავარი ვენური კოლექტორი — დიაფიზური ვენა — მკვეზავი ხვრელით გამოდის.

1 წლის შემდეგ, როცა ძალღების გრძელი ძვლების გაძვლების პროცესი მთლიანად დამთავრებულია, ძვლის ტვინის ყველა სისხლძარღვოვანი უბანი ერთიმეორესთან მჭიდროდაა შეკავშირებული და ჰქმნის ერთიან სისხლძარღვოვან სისტემას (სურ. 2).

მოკლე ლულოვანი ძვლებიდან შევისწავლეთ ნების I და წინა ტერფის I ძვლის სისხლის ძარღვები. ნების I ძვლის სისხლის ძარღვები ახალშობილ ლექვებში ერთმანეთისაგან განცალკევებულია. კავშირი დიაფიზისა და ეპიფი-

ზის სისხლის ძარღვებს შორის არ აღინიშნება. ზრდასთან ერთად სინოსტოზის განვითარების შემდეგ ეს განცალკევება ქრება — სისხლის ძარღვები ერთმანეთს უკავშირდებიან. სიბერეში სისხლის ძარღვების ყალიბი მცირდება და მათი რაოდენობა კლებულობს.

ძვლის ტენის ვენური სისტემა ნების I ძვალში ჰქმნის ერთიან წნულს, რომელიც ძვალშიდა და ძვლისსაზრდელას ნაწილებისაგან შედგება. ეპიფიზის ღრუბლისებრი ნივთიერების ვენური სისტემა შედგება დიდი რაოდენობის ხისმაგვარად დატოტიანებული ძარღვებისაგან. დიაფიზის ვენა შეიქმნება პროქსიმალური და დისტალური ხისმაგვარად დატოტიანებული ღეროებისაგან. ძვლისშიდა ძირითადი ვენური ღეროები არტერიებს მიჰყვებიან მხოლოდ მსხვილი ტოტების ფარგლებში. სისხლძარღვის ყალიბის შემცირებასთან ერთად არტერიებსა და ვენებს შორის მანძილი მატულობს, ხოლო წვრილი ვენები და არტერიები განცალკევებულად მდებარეობენ. ანალშობილი ლეკვების ნების I ძვლის ხრტილოვანი ეპიფიზები შეიცავენ ერთმანეთისაგან განცალკევებულ სისხლის ძარღვებს, რომლებიც წარმოდგენილია არტერიული და ვენური ღეროებითა და კაბილარების ბადით.



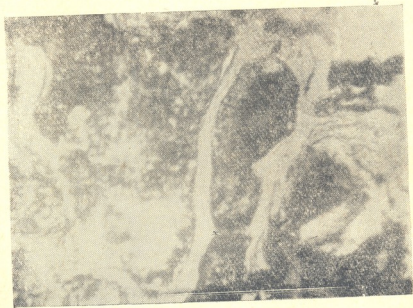
სურ. 3. 2 თვის ლეკვის გულმკერდის მე-12 მალის სხეული. მალის ძვლოვანი ნაწილის სისხლის ძარღვები განცალკევებულია ხრტილოვანი ჩანაფენებით.

წინა ტერფის I ძვლის სისხლის ძარღვები თავისი ძირითადი არქიტექტურით თითქმის არ განსხვავდებიან ნების I ძვლის სისხლის ძარღვებისაგან. ანალშობილი ლეკვების ძვლისშიდა სისხლის ძარღვები განცალკევებულია ერთმა-

ნეთისაგან. ეპიფიზური ხრტილი ერთმანეთისაგან ანცალკევებს ეპიფიზებისა და ღიაფიზის სისხლის ძარღვებს. ყველაზე მკაფიო ასაკობრივ ცვლილებებს ამჟღავნებს ღიაფიზის მთავარი არტერია. რაც გამოიხატება მისი ყალიბის შემცირებაში და დატოტიანების რადიალური ტიპის მაგისტრალური ტიპით შეცვლაში. პირველი წლის ბოლოს მეტაფიზის არტერიები ენასტომოზება ღიაფიზის არტერიებს.

ლულისებრი ძვლების არტერიული ქსელის ცვლილებები უშუალოდაა დაკავშირებული ცხოველის ზრდასა და გაძვლების პროცესთან. სისხლის ძარღვების ასაკობრივი ცვლილებები არსად არაა ისე მკვეთრად გამოხატული, როგორც ძვლების სისხლის ძარღვებში, ჩადგან არცერთი ორგანი არ იცვლება ასაკთან ერთად ისე მკვეთრად, როგორც ჩონჩხი.

ბრტყელი ძვლები (ნეკნები, ბეჭი, მკერდის ძვალი) მდიდარია წვრილი სისხლის ძარღვებით და ღარიბია კაპილარებით.



სურ. 4. 8 წლის ძაღლის გულმკერდის მე-12 მალის სხეული. სისხლის ძარღვები კვნიან ერთიან სისტემას.

ბეჭის ვასკულარიზაცია წააგავს ლულოვანი ძვლების სისხლის ძარღვების განაწილებას. ბეჭის სისხლის ძარღვებიც წარმოდგენილია კორტიკალური და პერიოსტალური სისხლის ძარღვებით. ახალშობილ ლეკვს აქვს კარგად განვითარებული ბეჭის ლატერალური კიდე, გარეთა კუთხე და მორჩები. ბეჭის ძვლის სისხლძარღვების განაწილება შეეფარდება ამ ძვლის არქიტექტურასა და განვითარებას.

ნეკნების ძვლისშიდა არტერიები ძირითადად წარმოდგენილია სისხლძარღვოვანი ქსელით. აღნიშნული ქსელი ხშირია და წვრილმარყუჟოვანი იქ, სადაც ნეკნის ძვლოვანი ნაწილი ხრტილოვანში გადადის. ქსელის სიმჭიდროვე პირობადებულია უწვრილესი ანასტომოზების დიდი რაოდენობით. სისხლძარღვების განაწილება შეესაბამება ენქონდრალურ და პერიქონდრალურ გაძვლებას და ნეკნების ღრუბლისებური ნივთიერების შენებას. ძვლისა და მოლიანად ორგანიზმის ზრდის პროცესის მანძილზე ხდება ძვლის სისხლძარღვების წარმოქმნა და უკუგანვითარება. დასაწყისში ძვლისშიდა არტერიები ერთიმეორესთან მცირერიცხოვანი ანასტომოზებით არიან დაკავშირებულნი. ასაკის მომატებასთან ერთად ანასტომოზების რიცხვი თანდათან მატულობს და ზოგჯერ ეს სისხლძარღვოვანი კავშირები იმდენად ძლიერია, რომ შეიძლება შესცვალოს პირველადი სისხლძარღვები, მათი უკუგანვითარების შემთხვევაში. აღინიშნება აგრეთვე წვრილი ანასტომოზების თანდათანობით გაძლიერება, ვითარდება ახალი განშტოებანი; ჩნდება არკადები და რკალები, რომლებიც ასაკთან ერთად თანდათან სულ უფრო და უფრო ძლიერდებიან.

მოკლე ღრუბლისებრი ძვლებისა და ლულისებრი ძვლების ეპიფიზების ძვლისშიდა სისხლძარღვების არქიტექტურა ერთგვარია, რაც აიხსნება ამ ძვლების განვითარებისა და შენების მსგავსებით.

1 წლამდე ასაკის ლეკვებში მალის სხეულის სისხლძარღვოვანი უბნები განცალკევებულია ხრტილოვანი ჩანაფენებით (სურ. 3). მალაში სინოსტოზის განვითარებასთან ერთად ხდება მისი ყველა ცალკეული ნაწილის სისხლძარღვების ერთიმეორესთან დაკავშირება და შეიქმნება ერთიანი არტერიული სისტემა (სურ. 4). ღრუბლისებრი ნივთიერება სიბერეში შეიცავს სისხლის ძარღვების მსხვილმარყუჟოვან ქსელს, ძვლოვანი ნივთიერების განლევის გამო; სისხლძარღვების სანათური მცირდება, ხოლო ნაწილი სისხლის ძარღვებისა ობლიტერაციას განიცდის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

აღ. ნათიშვილის სახელობის

ექსპერიმენტალური მორფოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 5.4.1966)

АНАТОМИЯ

А. Г. ЧУБЕНИДЗЕ

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАПИЛЛЯРОВ КОСТИ И КОСТНОГО МОЗГА

Резюме

На материале 30 собак разного возраста были изучены капилляры кости и костного мозга. Инъекции производились тушь-желатиновой массой по Комахидзе, под общим наркозом. Кости фиксировались в



10% растворе формалина, декальцинировались в 15% растворе азотной кислоты и после обезвоживания в спиртах возрастающей концентрации заливались в парафин. Изготавливались срезы толщиной в 7–10 и 100–200 мк. Тонкие срезы окрашивались гематоксилин-эозином.

Возрастные изменения сосудистого русла длинных и коротких трубчатых костей соответствуют процессу окостенения. В неонатальном периоде сосудистое русло кости представлено обособленными сосудистыми областями (эпифизарные, метафизарные, диафизарные), которые не сообщаются между собой. В процессе роста с развитием синостозов между сосудами эпифиза и метафиза устанавливаются связи через эпифизарный хрящ. Развитие соустьев между сосудами различных частей кости в конечном счете ведет к формированию единой внутрикостной сосудистой системы. В старческом возрасте сосудистая сеть кости становится беднее, происходит перекалибровка сосудов в сторону уменьшения просвета.

Архитектура сосудистого русла ребер отображает энхондральный и перихондральный процесс окостенения и соответствует строению губчатого вещества ребер. Вначале между отдельными внутрикостными артериями имеются лишь единичные и тончайшие анастомозы, с возрастом анастомозы постепенно разрабатываются, увеличиваются как числом, так и в калибре и иногда настолько, что анастомоз может заменить первичный сосуд в случае его обратного развития. С возрастом отмечается новообразование капилляров, образование аркад и дуг.

Сосудистая система лопатки соответствует строению этой кости и ее развитию. По принципу сосудоснабжения лопатки сходно с васкуляризацией трубчатых костей: оно также обеспечено кортикальными и периостальными сосудами.

Устройство сосудистого русла позвонка тесно связано с процессом окостенения. По мере срастания частей позвонка все внутрикостные сосуды объединяются между собой анастомозами, образуя единую артериальную сеть.

С. А. ЧХЕНКЕЛИ

О РОЛИ АФФЕРЕНТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ИЗ ЖЕЛУДКА В ФОРМИРОВАНИИ НАСЫЩЕНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Н. Бакурадзе 26.4.1966)

В литературе накопился большой фактический материал, указывающий на значение состава крови, а именно сахара крови, который может воздействовать на определенные нервные центры, регулирующие пищевое поведение. Однако не менее важное значение придается в этом отношении импульсам, исходящим из пищеварительного тракта.

В настоящее время состояние голода и насыщения связывают со степенью утилизации глюкозы в гипоталамических отделах пищевого центра, особенно чувствительных к глюкозе [1, 2]. Наличие в вентромедиальном гипоталамусе клеток, избирательно чувствительных к глюкозе, было показано в опытах с применением золототиоглюкозы [3]. Окончательно это было доказано А н а н д о м [4] при помощи прямых электрофизиологических наблюдений с применением микроэлектродной техники. Однако, несмотря на эти убедительные доводы, трудно себе представить, чтобы в формировании пищевого поведения рецепция желудочно-кишечного тракта не имела бы никакого значения. На это указывают наблюдения многих исследователей, в том числе и И. П. Павлова [5], который, объясняя факт торможения пищевого центра после поступления пищи в желудок, писал: «Это происходит, несомненно, от желудка — или от соприкосновения его с пищей, или от начальных стадий секреторной деятельности, вообще оттого что в желудок попала пища. Следовательно, передо мной рефлекторное задерживание пищевого центра». Это сомнение укрепляется также наблюдениями, в которых высококалорийная, но незначительная по объему пища не вызывала при ее приеме чувства насыщения и пищевого удовлетворения. Многими исследователями было показано, что поглощение пищи животными зависит от состояния наполнения желудка, которое имитировалось раздуванием тонкостенного резинового баллона, введенного в желудок через фистулу [6, 7, 8]. Ряд авторов наблюдал при растяжении желудка появление импульсации в афферентных волокнах блуждающего нерва ([9] и др.). В то же время необходимо отметить тот факт, что такие исследователи, как Клод Бернар, Шеррингтон и др., не обнаружили изменений аппетита после перерезки блуждающих нервов.

В специальных опытах было показано, что прием большого или малого количества пищи при одновременном растяжении стенок желудка резиновым баллоном понижает возбудимость пищевого центра. Одновременно с этим имеет место повышение уровня сахара в крови. Наблюдаемые явления связаны с развивающимся при насыщении раз-



литым торможением в центральной нервной системе, в том числе и в пищевом центре [6, 7].

Опыты проводились на четырех собаках, имеющих фистулу желудка по Басову. Всего было поставлено 104 опыта. Прежде всего устанавливалось «фоновое», т. е. исходное количество пищи, поглощавшееся собаками в обычных условиях. С этой целью собак кормили лишь раз в сутки в строго определенное время. Пища состояла из мелко накрошеного хлеба, нарезанного мелкими кусочками, вареного мяса и теплого мясного бульона, которые смешивались в постоянных для всех опытов пропорциях. В ряде опытов для раздражения механорецепторов желудка производилось растяжение желудка путем введения теплой воды (t 36—38°) в тонкостенный резиновый баллон, помещенный заранее в желудок. Одновременно производилось определение содержания сахара в крови по методу Хагедорна—Иенсена.

Для анализа наблюдаемых явлений применялись фармакологические вещества (адреналин, прозерин, атропин) и перерезка нервов—билатеральная трансторакальная ваготомия.

В первой серии опытов было показано, что при одновременной даче пищи и раздувании баллона количество пищи, поглощавшейся собаками, резко сокращалось, причем тем более, чем больше воды вводилось в баллон, введенной ранее в баллон. Например, собака Рыжий, съела такое количество пищи, которое по объему соответствовало количеству воды, введенной ранее в баллон. Например, собака Рыжий, съевшая обычно 1000 г пищи, при одновременном раздувании баллона и даче пищи съела всего 250 г пищи, в то время как в баллоне было 1000 мл воды; по извлечении воды собака съела еще 750 г (надо отметить, что 1000 мл воды по объему соответствуют 800 г пищи). При раздувании баллона до дачи пищи до размеров, соответствовавших обычно принимаемому количеству пищи, собака отказывалась от еды.

В целой серии опытов для уменьшения тонуса желудка мы пытались воспользоваться адреналином и атропином. Однако нам не удалось сделать каких-либо выводов из этих наблюдений ввиду того, что адреналин в дозах 0,15—0,17 мг/кг вызывал резкое учащение сердечной деятельности, вследствие чего приходилось во избежание осложнений прерывать опыты. В опытах с применением атропина в дозах 0,08—0,04 мг/кг наблюдалось уменьшение саливации, нарушавшее акт еды.

Таким образом, для уменьшения тонуса желудка мы вынуждены были прибегнуть к двусторонней трансторакальной ваготомии, производившейся ниже места отхождения сердечных ветвей блуждающего нерва. При этом количество поглощавшейся собаками пищи резко увеличивалось. Например, если собака до ваготомии съела 960—1000 г пищи, то после ваготомии количество пищи, поглощавшейся собаками, увеличивалось до 1210—1250 г. Также увеличивалось количество воды, которое надо было ввести в баллон, находящийся в желудке, чтобы прекратить акт еды. Если до ваготомии при введении в желудок 1250—1300 мл воды собака отказывалась от еды, то теперь она съела еще дополнительно 500—600 г пищи. Таким образом, после ваготомии и вследствие этого при пониженном тонусе мускулатуры желудка количество пищи, поедаемой собаками, резко возросло.

Для повышения тонуса желудка мы применяли прозерин (неосггин) в дозе 0,08 мг/кг. Начало действия прозерина отмечалось

по изменению сердечной деятельности и увеличению саливации. Через 20—30 минут после инъекции прозерина собаке давалась пища. В результате этой серии опытов было обнаружено, что количество пищи, поглощавшейся собаками, резко уменьшалось по сравнению с фоновым после инъекции прозерина. Этот факт мы объясняли ваготропным эффектом прозерина, который, как известно, препятствует разрушению ацетилхолина, являющегося вагальным медиатором. В результате усиления тонуса, как мы предполагаем, увеличивается афферентная импульсация из желудка, связанная с его наполнением, и, таким образом, вызывается торможение пищевого центра.

С целью исключения возможного предположения о том, что сам прозерин вызывает торможение акта еды, действуя на пищевой центр, нами были произведены опыты с перерезкой обоих блуждающих нервов. Как и в предыдущих опытах, вводился прозерин за 20—30 минут до еды. Наблюдения показали, что после перерезки обоих блуждающих нервов прозерин не вызывал уменьшения количества поглощавшейся собаками пищи (см. табл. 1).

Таблица 1

Воздействия		Статистические показатели			
		M	σ	m	Коэфф. достов. разницы P
Собака Рыжий	До ваготомии	950 г	$\pm 70,50$	$\pm 28,60$	P < 0,001
	После ваготомии	1210 г	$\pm 89,20$	$\pm 29,70$	
Собака Черный	До ваготомии и до введения прозерина	1020 г	$\pm 88,40$	$\pm 31,35$	P < 0,001
	После введения прозерина	700 „	$\pm 50,00$	$\pm 17,00$	
	После ваготомии	1400 „	$\pm 122,50$	$\pm 54,70$	P > 0,5
	Действие прозерина после ваготомии	1370 „	$\pm 149,50$	$\pm 56,60$	

С целью изучения содержания сахара в крови при насыщении и искусственном механическом раздражении желудка нами был проведен целый ряд опытов. Вначале нами изучалось изменение содержания сахара в крови в результате приема пищи. Нами был подтвержден тот факт, что после приема пищи почти сразу наблюдается резкий подъем уровня сахара в крови на 40—50 мг%. Вызванная приемом пищи гипергликемия возвращалась к норме и даже опускалась ниже исходного уровня через полтора часа после приема пищи, т. е. наблюдалась обычная гликемическая кривая.

Помимо изучения динамики содержания сахара в крови после приема пищи, нами были проведены опыты с раздуванием теплой водой заранее введенного через фистулу в желудок тонкостенного резинового баллона. Вода вводилась в объеме, соответствовавшем обычно погло-

щаемому собакой объему пищи. Было показано, что раздувание баллона водой приводит к увеличению содержания сахара в крови на 25—45 мг%. В течение часа и даже менее уровень сахара в крови возвращался к норме. С целью исследования роли блуждающих нервов в осуществлении этого рефлекса производилась двусторонняя трансплевральная ваготомия. После ваготомии увеличения содержания сахара в крови в ответ на раздувание в желудке баллона не происходило (см. табл. 2, собака Черный).

Таблица 2

В о з д е й с т в и я	В р е м я			
	Фон	5—10 мин	30 мин	60 мин
После приема пищи	92 мг %	143 мг %	159 мг %	96 мг %
После введения в баллон воды	87 мг %	116 мг %	102 мг %	89 мг %
Введение воды в баллон после ваготомии	90 мг %	83 мг %	92 мг %	87 мг %

Таким образом, наши данные подтверждают положение о том, что афферентным путем рефлекса, вызывающего повышение уровня сахара в крови в ответ на механическое раздражение желудка, являются блуждающие нервы [7]. Как нами было показано ранее в экспериментах со студентами-добровольцами [10], при пищевом насыщении наблюдается электроэнцефалографически выражающееся в появлении медленных потенциалов высокой амплитуды разлитое торможение в коре головного мозга, что связывалось нами с понижением восходящего активирующего влияния ретикулярной формации ствола мозга. Повышение же содержания сахара в крови при механическом раздражении желудка, очевидно, является результатом индуктивного возбуждения подкорковых центров, регулирующих содержание сахара в крови.

В ы в о д ы

Растяжение стенок желудка путем раздувания теплой водой тонкостенного резинового баллона, введенного в желудок через фистулу, или сочетание приема пищи с одновременным растяжением стенок желудка до объема, соответствующего объему обычно поглощаемой собаками пищи, вызывает повышение уровня сахара в крови и отказ животного от приема пищи; после введения прозерина собака поглощает меньше пищи и раньше отказывается от продолжения еды.

В результате двусторонней трансторакальной ваготомии ниже места отхождения сердечных ветвей наблюдается увеличение количества поглощаемой пищи и исчезновение гипергликемии в ответ на наполнение желудка. Данные факты, по-видимому, нужно объяснить исключением афферентной импульсации из желудка, идущей по блуждающим нервам и при их целостности вызывающей гипергликемию и торможение пищевого центра. На значение афферентной импульсации из желудка в торможении пищевого центра указывают также опыты с

применением прозерина. Очевидно, прозерин повышает тонус мускулатуры желудка и, таким образом, обуславливает насыщение при поедании значительно меньшего количества пищи, усиливая импульсацию по афферентным путям из желудка.

Все вышеизложенное дает нам право сделать заключение, что в механизме насыщения одним из важных моментов является афферентная импульсация из желудка, осуществляемая посредством блуждающих нервов. Повышение уровня сахара в крови при еде, во всяком случае в первую, рефлекторную фазу, должно оказывать влияние на хемосенситивные структуры гипоталамуса и вызывать соответственное изменение функционального состояния пищевого центра, выражающееся в снижении его возбудимости. Афферентная импульсация из желудка при растяжении его стенок пищей вызывает снижение возбудимости пищевого центра, по-видимому, через повышение уровня сахара в крови, оказывающее действие на хемосенситивные структуры гипоталамуса.

Тбилисский государственный
медицинский институт

(Поступило в редакцию 26.4.1966)

ფიზიოლოგია

ს. ჩხენკელი

კუჭიდან მომდინარე აფერენტული იმპულსაციის როლის შისახებ გაძღობის ფორმირებაში

რეზიუმე

კუჭის მექანორეცეპტორების გაღიზიანება, კუჭში წინასწარ შეყვანილ რეზინის თხევადლიანი ბალონის თბილი წყლით გაბერვის საშუალებით, ან კუჭის კედლების გაჭიმვისა და საკვების მიღების შეუღლებით (ძალღებში) იწვევს სისხლში შაქრის მომატებას და საკვების შეწყვეტას. პროზერინის შეყვანის შემდეგ ძალი ჭამს ნაკლებს და უფრო ადრე ანებებს თავს საკვების ჭამას.

ორმხრივი ტრანსტორაკალური ვაგოტომიის შედეგად ძალი ჭამს საკვების მეტ რაოდენობას, ამასთან სისხლში შაქრის მომატების რეფლექსი კუჭის კედლების გაჭიმვაზე ქრება. მიღებული ფაქტები, ჩვენი აზრით, უნდა აიხსნას ვაგალური აფერენტული იმპულსაციის გამოთიშვით. კუჭიდან მომდინარე აფერენტული იმპულსაციის მნიშვნელობაზე კვების ცენტრის შეკავებაში მიგვიითებებს აგრეთვე ცდები პროზერინის გამოყენებით. სავარაუდოა, რომ პროზერინი იწვევს კუჭის ტონუსის მომატებას და ამ გზით აპირობებს გაძღობას საკვების ნაკლები რაოდენობით მიღებისას.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნული გვაძლევს უფლებას დავასკვნათ, რომ გაძღობის მექანიზმში ერთ-ერთ ძირითად მომენტად შეიძლება ჩავთვალოთ კუჭიდან მომდინარე აფერენტული იმპულსაცია, რაც ხორციელდება ცდომილი ნერვის საშუალებით და რაც იწვევს სისხლში შაქრის მომატების რეფლექსს.



შაქრის მომატებამ სისხლში საკვების მიღებისას ამ გზით, ყოველ შემთხვევაში, პირველ, რეფლექსურ ფაზაში, უნდა მოახდინოს გავლენა ჰიპოთალამუსის ქემოსენსიტურ სტრუქტურებზე და გამოიწვიოს კვების ცენტრის ფუნქციური მდგომარეობის შეცვლა, რაც გამოიხატება მისი აგზნებადობის დაქვეითებაში. კუჭიდან მომდინარე აფერენტული იმპულსაცაა იწვევს სისხლში შაქრის მომატებას და ეს გავლენას ახდენს ჰიპოთალამუსის ქემოსენსიტურ სტრუქტურებზე, აქვეითებს კვების ცენტრის აგზნებადობას.

დასაწყობადი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. J. Mayer. XX-e Congress Intern. de Physiol. Bruxelles, 1956.
2. T. B. Van Itallie. Proc. Soc. Exptl. Biol. and Med., 84, 1953, 713.
3. N. Marshall, R. Barnett, J. Mayer. Proc. Soc. Exptl. Biol. and Med., 90, 1955, 240.
4. B. K. Anand. Abstracts of papers presented at XXIII Intern. Congress of Physiol. Sciences, 1965.
5. И. П. Павлов. Полное собрание сочинений, 3, 1, изд. АН СССР, М.—Л., 1951.
6. А. Н. Бакурадзе. О влиянии раздражения механорецепторов желудка на функциональное состояние коры больших полушарий головного мозга. Сб., посвященный 70-летию со дня рождения К. М. Быкова. Изд. АН СССР, М.—Л., 1957.
7. А. ი. Бакурадзе, А. Абესაძე, А. Сихარულიძე. Изменения функционального состояния пищевого центра при голоде и насыщении. Изд. «Мецნიერება», Тбилиси, 1965.
8. В. Н. Черниговский. Интероцепторы, 1960.
9. A. S. Paintal. J. Physiol. 126, 1954, 255.
10. С. А. Чхенкели. Об электроэнцефалограмме человека при голоде и насыщении. Сообщения АН ГССР, XXXI:3, 1963.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Л. К. ШАРАШИДЗЕ, Л. А. КУТУБИДЗЕ

ГИСТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ, ГЛИКОЛИТИЧЕСКИХ И ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ В ИНДУЦИРОВАННЫХ РАБДОМИОСАРКОМАХ

(Представлено академиком К. Д. Эристави 12. 5. 1966)

В изучении метаболических особенностей опухолевого роста особое место занимают гистохимические методы исследования, позволяющие одновременно изучить структуру и химическую организацию различных тканевых и клеточных образований.

За последние годы, благодаря усовершенствованию методов гистохимического выявления ферментов, появилась возможность получить сведения об энергетических нарушениях в клеточных элементах в процессе их опухолевого превращения.

В литературе накопилось большое количество работ, посвященных выявлению гистохимических особенностей различных ферментов в различных опухолях [1—6]. Несмотря на многочисленные исследования в области энергетических механизмов злокачественного роста, полученные показатели неоднородны, а порой даже противоречивы. В большинстве исследований изучена активность определенной группы ферментов; как правило, изучены уже оформившиеся опухоли без динамического освещения гистохимических изменений активности ферментов в процессе становления опухолевого процесса.

Исходя из вышесказанного, мы постарались проследить за динамикой гистохимических превращений активности ряда окислительно-восстановительных, гликолитических и гидролитических ферментов в процессе возникновения и развития индуцированной рабдомиосаркомы мышцы бедра у белых крыс.

Эксперименты проводились на 110 белых крысах, которым в толщу бедренной мышцы вводили канцерогенное вещество (2 мг 9,10-диметил-1,2-бензантрацена, растворенного в 0,2 см³ бензола). Контрольным животным вводили чистый бензол. Крысы забивались в различные сроки от начала опытов. Материал, взятый сразу же после забития животных, немедленно замораживался сухой углекислотой. Срезы толщиной 15—20 мк готовились в криостате при —20°C.

Исследовались следующие ферменты: сукциндегидрогеназа (по Нахласу и др.), цитохромоксидаза (по Нахласу и др.), ДНП- и ТПН-диафоразы (по Гессу и др.), лактикодегидрогеназа (по Гессу и др.), фосфоорилаза (по Такеучи), щелочная и кислая фосфатазы (по Гомори).

Спустя 24 часа после введения канцерогена в мышечных волокнах, подвергшихся некрозу, обнаруживалось полное отсутствие активности всех исследованных нами ферментов. Полное исчезновение в мышечных волокнах активности всех окислительно-восстановительных,

гликолитических и гидролитических ферментов спустя 24 часа после введения канцерогена свидетельствует о том, что в данном случае налицо полный некроз мышечных волокон с необратимо-денатурационными сдвигами.

На 2—3-и сутки в области введения канцерогена отмечается полный некроз мышечных волокон и других тканевых элементов, расположенных в этом участке. Мышечные волокна, размещенные вокруг очага некроза, претерпевают дистрофические, а также регенеративные изменения в виде образования миобластов. Последние характеризуются низкой активностью всех исследуемых ферментов, за исключением лактикодегидрогеназы, активность которой в них очень высока. Исходя из этого, вполне очевидно, что в миобластах преобладает гликолитический тип обмена, по сравнению с окислительным фосфорилированием. Некротизированные мышечные волокна характеризуются исчезновением окислительно-восстановительных, гликолитических и гидролитических ферментов.

На 5-й день от начала опыта в области введения канцерогена, наряду с некробиотически и дистрофически измененными мышечными волокнами и миобластами, появляются миосимпласты и новообразованные мышечные трубки и волокна, в которых отмечается слабая активность цитохромоксидазы, ДПН- и ТПН-диафораз, слабоумеренная активность сукциндегидрогеназы и фосфорилазы и высокая активность лактикодегидрогеназы. Активность фосфатаз в них, как и в нормальных мышечных волокнах, слабо выражена. Можно думать, что, изменившись однажды, энергетический процесс существенно не изменяется при дифференциации мышечных элементов. В новообразованных же мышечных волокнах обмен гликолитического типа превалирует над окислительным фосфорилированием.

На 10—12-й день после введения канцерогена в этой области имеются небольшие очаги некроза в стадии организации. Окружающая мышечная ткань характеризуется резко выраженными признаками регенерации, с последующей дифференциацией. Здесь обнаруживаются все переходящие формы, начиная от миобластов до новообразованных мышечных волокон, которые отличаются меньшим диаметром, наличием в них большого количества ядер. Некоторые мышечные волокна претерпевают дистрофические и некробиотические изменения в виде набухания, гомогенизации и фрагментации.

Все клеточные элементы мышечного происхождения, начиная от миобластов и кончая новообразованными мышечными волокнами, характеризуются низкими показателями активности цитохромоксидазы, сукциндегидрогеназы, ДПН- и ТПН-диафораз, фосфорилазы в фосфатаз и высоким показателем активности лактикодегидрогеназы.

Спустя 30—40 дней после введения канцерогена в этой зоне обнаруживаются явления организации некротического участка с замещением некротизированных структур жировой тканью. Мышечная ткань, окружающая эту зону, представлена преимущественно мышечными волокнами со сравнительно мелким калибром и наличием большого количества ядер, расположенных местами по центральной оси. В некоторых таких мышечных волокнах различается поперечнополосатая исчерченность. В новообразованных мышечных волокнах обнаруживается слабая или же слабоумеренная активность цитохромоксидазы,

сукциндегидрогеназы, ДПН- и ТПН-диафораз, фосфорилазы, щелочной и кислой фосфатаз. В них же выявляется очень высокая активность дегидрогеназы молочной кислоты.

Таким образом, спустя 30—40 дней от начала эксперимента процесс дифференциации мышечных элементов продолжается, завершаясь образованием новых мышечных волокон, которые характеризуются новым несколько измененным и отличным от нормы типом обмена. Это выражается в преобладании в них гликолитического типа обмена над окислительно-восстановительным.

Последующие наблюдения показывают, что новообразованные мышечные волокна в дальнейшем опять подвергаются дистрофическим изменениям типа миолиза с образованием незрелых мышечных элементов в виде миобластов и миосимпластов. Эта дистрофия мышечных волокон является вторичной, учитывая, что аналогичные процессы имели место и в ранние сроки введения канцерогена (уже спустя 24 часа).

В области введения канцерогена спустя 70—80 дней после начала опыта отмечаются организация и замещение некротического участка жировой и нежнволокнистой соединительной тканями. Окружающая мышечная ткань представлена мышечными волокнами различной зрелости.

Значительная часть мышечных волокон имеет малый диаметр, содержит большое количество ядер, расположенных как по периферии, так и центрально. Некоторые мышечные волокна лишены поперечной полосатости, саркоплазма в них расположена центрально и содержит множество пузырькообразных ядер, расположенных в виде цепочек.

Мышечные волокна с меньшим диаметром и с большим количеством ядер характеризуются низкой активностью окислительно-восстановительных ферментов, фосфорилазы и фосфатаз и высокой активностью дегидрогеназы молочной кислоты.

Таким образом, незрелые мышечные элементы, возникшие в результате вторичной дистрофии новообразованных мышечных волокон, в дальнейшем опять подвергаются дифференциации. Спустя 20—30 дней, т. е. на 70—80-е сутки от начала опыта, обнаруживается большое количество новообразованных мышечных трубок и структурно не совсем оформленных новых мышечных волокон.

Гистохимически они повторяют черты, обнаруженные в аналогичных мышечных элементах, появившихся вслед за первичной дистрофией преформированных мышечных волокон.

Спустя 90—100 дней после начала опыта наблюдаются, с одной стороны, явления миолиза как новообразованных, так и преформированных мышечных волокон и, с другой стороны, образование большого количества мелких миобластов, расположенных хаотически вокруг организованного очага некроза и пронизывающих пространства между сохранившимися мышечными волокнами. Обращает на себя внимание наличие огромного количества митозов, имеющих местами неправильные формы: количество и размеры хромосом увеличены, попадают многополюсные митозы и митозы с деформированными хромосомами.

Цитоплазма этих миобластов дает слабую реакцию на цитохром-оксидазу, сукциндегидрогеназу, ДПН- и ТПН-диафоруазу. В них низка также активность фосфорилазы и фосфатаз. Высокой активностью в них отличается дегидрогеназа молочной кислоты.



Как и в предыдущих стадиях, на данном этапе эксперимента гипертрофия и миолиз новообразованных мышечных волокон сопровождаются образованием и размножением молодых, незрелых мышечных клеток—миобластов. Однако, в отличие от предыдущих стадий, в данном случае новообразованные миобласты обнаруживают признаки малигнизации. Преобладание в них гликолитического типа обмена над окислительным становится еще более выраженным, чем при первичном и вторичном образовании миобластов.

Спустя 4—5 месяцев после введения канцерогена в этой области появлялась истинная опухоль, состоящая из вытянутых в длину веретенообразных клеток типа миобластов. Местами встречались гигантские клетки. Цитоплазма как миобластов, так и гигантских клеток характеризовалась низкой активностью цитохромоксидазы и сукциндегидрогеназы, довольно низкой активностью диафораз, особенно ТПН-диафоразы, и весьма высокой активностью лактикодегидрогеназы. Из гидролитических ферментов наиболее высокой активностью отличалась кислая фосфатаза. Активность щелочной фосфатазы, а также фосфорилазы в этих клетках отсутствует. Довольно высокая активность щелочной фосфатазы выявляется в эндотелиальных клетках внутриопухолевых сосудов.

Таким образом, в клетках злокачественных опухолей, по сравнению с гомологичными нормальными тканями, снижена активность цитохромоксидазы, сукциндегидрогеназы, ДПН- и ТПН-диафораз. Активность лактикодегидрогеназы в них высокая. Получается, что в опухолевых клетках гликолитический тип обмена преобладает над окислительным.

Институт клинической и экспериментальной хирургии и гематологии АМН СССР

(Поступило в редакцию 12.5.1966)

ქვეყნის მეცნიერებათა აკადემიის მიერ

ლ. შაშიძემ, ლ. კუტუბიძემ

შანგვა-ალდგენითი, გლიკოლიზური და ჰიდროლიზური ფერმენტების
 კისტოქიმიური შესწავლისათვის ინდუცირებულ
 რაბდომიოსარკომაში

რეზიუმე

კისტოქიმიური მეთოდებით შესწავლილია შანგვა-ალდგენითი გლიკოლიზური და ჰიდროლიზური ფერმენტების აქტივობა 9, 10-დემეთილ-1, 2 ბენზანტრაქენით ინდუცირებულ რაბდომიოსარკომაში. მიღებული მონაცემები მიუთითებენ, რომ სიმსივნურ უჯრედებში ნივთიერებითი ცვლის გლიკოლიზური ტიპი ჭარბობს შანგვა-ალდგენით პროცესებს.

დასოფნაგული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Преснов. Фосфатазы при опухолевом росте. Вопросы онкологии, 2, 2, 1956.
2. Н. Т. Райхли. ДПН-диафороза, ТПН-диафороза и сукциндегидрогеназа в предраковых и раковых тканях. Вопросы онкологии, т. 7, 3, 1961, 41—48.
3. M. J. Hanibal, M. M. Nachlas a. A. M. Seligman. Histochemical localization of cytochrome oxidase in human tissues and neoplasms. Cancer, vol. 13, № 5, 1960, 1008—1016.
4. R. D. Goldman, N. O. Kaplan, T. C. Hall. Lactic dehydrogenase in human neoplastic tissues. Cancer Research, vol. 24, 1964, 389—399.

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

В. И. МЧЕДЛИШВИЛИ

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ВОЗРАСТА НА КЛИНИЧЕСКОЕ
ПРОЯВЛЕНИЕ ХРОНИЧЕСКОЙ ДИЗЕНТЕРИИ

(Представлено академиком К. Д. Эристави 17.8.1966)

Среди кишечных инфекций дизентерия по распространенности и частоте в настоящее время все еще занимает значительное место. Проблема эта остается одной из актуальных и требует тщательного изучения.

На данном этапе острая дизентерия утратила свою типичность и в большинстве случаев протекает легко, в виде стертых форм [1—3], что еще более осложняет правильную диагностику и своевременное лечение. С другой стороны, по этой же причине участились случаи перехода ее в хронические формы.

Исходя из вышесказанного, изучение своеобразия клинических проявлений этого заболевания имеет важное значение, тем более что бактериологическое исследование (малое высеивание дизмикробов) оказывает незначительную помощь в деле правильного диагностирования и больные хронической дизентерией являются основным резервуаром распространения дизентерии среди здорового населения.

Различным вопросам дизентерии среди детей и взрослых посвящено множество работ [4—8]. Однако клиника и лечение дизентерии в пожилом и старческом возрасте почти не изучена. Особенно это касается хронической дизентерии [2, 9, 10].

Целью настоящей работы являлось: 1) изучение на собственном материале своеобразия клинического течения хронической дизентерии среди лиц пожилого и старческого возраста; 2) изучение вопроса клинического диагностирования заболевания; 3) выявление своеобразия клинического течения хронической дизентерии в связи с возрастом.

Клинические наблюдения проводились в клинике инфекционных заболеваний (зав. проф. Г. В. Квиташвили).

Изучено 400 больных хронической дизентерией различной тяжести, среди них: до 40 лет — 200 больных, свыше 50 лет — 200.

Обследование больных проводилось комплексным методом диагностики — клинико-эпидемиологически, копрологически, ректороманоскопически, серологически, бактериологически и т. д.

Контингент пожилого и старческого возраста распределялся следующим образом: 50—60 лет — 122 больных, 61—69 лет — 37, 70—80 лет — 26, свыше 80 лет — 15. До 40 лет такое деление нами не проводилось, ввиду того что реактивность во всех случаях была аналогичной.

По профессии среди взрослых были рабочие, колхозники, служащие, учащиеся, т. е. работоспособный контингент. Группу больных 50

лет и старше составляли в основном пенсионеры и домохозяйки, в нее входили также служащие.

Вышесказанное говорит о широком распространении дизентерии среди населения.

Давность заболевания от 3 месяцев до 1 года в старческом возрасте отмечалась в 17,5% случаев (у взрослых в 43,9% случаев); от 1 до 3 лет — в 27% (24,8%); от 3 до 5 лет — в 15,5% (11,4%); от 5 до 10 лет — в 18,5% (10,7%); от 10 до 20 лет — в 21,5% (9,2%).

До поступления в стационар на протяжении ряда лет в разных лечебных учреждениях лечилось 24% больных старческого возраста и 51,5% больных взрослого возраста.

Бактериологический диагноз в нашем стационаре был подтвержден у больных пожилого и старческого возраста в 18% и у взрослых в 44% случаев. В обеих группах в большинстве случаев (50—88%) заболевание было вызвано дизмикробами группы Флекснера, затем — бактериями Зонне, Штуцер — Шмица и т. д.

По данным Н. П. Седлова [11], высевание дизмикробов среди больных хронической дизентерией равнялось 33%, по данным А. А. Андросовой — 16% [12].

В обеих группах у 28%, т. е. почти у 1/3 больных, отмечалось нарушение питания в той или иной степени, что определенно влияло на клиническое проявление болезни и эффективность лечения.

Среди клинических симптомов заболевания у больных пожилого и старческого возраста чаще всего отмечаются общая слабость, резкая потеря аппетита, вздутые животы, глухие боли и урчание в животе, отрыжка (96—98%), рвота (11%). Субфебрильная температура отмечалась лишь в 18% случаев, а в 82% заболевание протекало на фоне нормальной температуры.

Больные взрослого возраста имели аналогичные жалобы в 26,5% случаев, при рецидивах заболевания их больше беспокоили реактивные явления: острые, приступообразные боли в животе (65,5%), повышение температуры в той или иной степени, тошнота и рвота (49,7%), частые ложные позывы, учащение пульса, беспокойство и др.

Таким образом, в пожилом и старческом возрасте в результате ослабления общей резистентности организма и защитных иммунологических механизмов заболевание клинически носило ареактивный, атипичный характер и проявлялось в общих симптомах. У взрослых лиц с реактивным организмом дизентерия протекала с характерными жалобами и резко выраженными симптомами.

Все вышесказанное подтверждается также частотой дефекаций, результатами копрологического исследования, своеобразием данных ректороманоскопии.

При хронической дизентерии у больных пожилого и старческого возраста отмечались постоянные запоры (40%), запоры, которые иногда (временно) сменялись расстройством (44,5%). Таким образом, можно определенно высказать мнение, что хроническая дизентерия в пожилом и старческом возрасте протекает с запором в большинстве случаев (84,5%). У взрослых же больных, наоборот, запоры отмечались лишь в 6,2% случаев, ускорение же дефекации — в 93,8%.

Этот факт должны учитывать врачи практической сети. При диагностировании данного заболевания запоры не следует считать физио-

логическим явлением для пожилого и старческого возраста. Именно такие невыявленные больные являются источником распространения дизентерии среди здорового населения.

При макро-микроскопическом изучении в кале больных пожилого и старческого возраста примесь слизи отмечалась в 66% случаев, кровянисто-слизистый кал — только в 3% (у взрослых в 29,1%), кал без крови и слизи — в 31%, из коих в 27% кал был вполне оформленный, т. е. вполне нормальный. Этот факт указывает на еще одно своеобразие проявления хронической дизентерии у больных пожилого и старческого возраста, что может стать источником диагностической ошибки.

Микроскопическое исследование кала выявило нормальное содержание лейкоцитов у 64% больных пожилого и старческого возраста и лишь у 25,9% взрослых. У этих же больных в материале, полученном при ректороманоскопии, гнойные шарики отмечались в большом количестве.

Эритроциты в кале микроскопически отмечены в 19% случаев (у взрослых в 68,5%). Таким образом, копрологическое исследование больных пожилого и старческого возраста также не является убедительным для правильного диагностирования и не отображает реальности инфекционного процесса, так как в результате пониженной реактивности воспалительный процесс развивается поверхностно и протекает вяло.

Сопоставление данных ректороманоскопии выявило решающее влияние возраста на течение болезни. В частности, явления катарального колита отмечались у 73% больных пожилого и старческого возраста, катарально-фиброзные явления — в 10%; фиброзно-гнойные и язвенные — в 8%, тогда как у взрослых больных катаральный колит установлен в 42%, катарально-фиброзный — в 24,7% и фиброзно-гнойный и язвенные повреждения слизистой кишок — в 33,3%.

Таким образом, в старческом возрасте воспалительные изменения в слизистой дистальной части толстой кишки носят чаще характер поверхностного (катарального) колита; у взрослых больных та же инфекция вызывает довольно сильно выраженные глубокие воспалительные явления диффузионного характера и в 1/3 случаев процесс доходит до образования язв, что, по нашему мнению, можно объяснить своеобразием макроорганизма взрослого больного, который реагирует большим развитием локальных воспалительных явлений. Это, в свою очередь, является показателем полноценной направленности процессов дезинтоксикации и других защитных процессов, и заболевание характеризуется сравнительно типичным клиническим симптомокомплексом.

Весьма интересны показатели влияния возраста с точки зрения частоты развития полипоза и раковой болезни. Полипоз толстых кишок в обеих группах встречается в одинаковом количестве случаев (2,7—2,5%). Что касается сочетания хронической дизентерии и рака, на нашем материале у взрослых оно ограничивается 1%, в старческом же возрасте достигает 4%.

Возможно, что хронический воспалительный процесс, протекающий на протяжении ряда лет, способствует развитию полипоза и в дальнейшем под влиянием определенных условий — перерождению полипоза в злокачественную опухоль.



Объективные данные исследования желудочно-кишечного тракта у больных старческого возраста следующие: язык обложен у 79%, гиповитаминоз у 27% (у взрослых в 9,2% случаев), вздутие живота у 80%, явления левого колита лишь у 37% (у взрослых в 61,8% случаев), изолированный правый колит у 2%, явления панколита у 51%.

Кислотность желудочного сока (исследовано 100 больных) оказалась нормальной у 17 больных, пониженной — у 64, полная ахилия отмечена у 19 больных.

Гематологические данные: в старческом возрасте с лейкопенией заболевание протекало у 33%, с нормоцитозом — у 17%, относительный лейкоцитоз с нейтрофилизом (16%) отмечался при осложнениях и сопутствующих заболеваниях, эозинофилия имела место у 20% больных (у взрослых в 4,5% случаев), что, по мнению некоторых авторов [13], является гематологическим своеобразием старческого возраста (на их материале у 7 из 30 больных была эозинофилия). Мы считаем, что эозинофилия является показателем развития аллергических реакций и часто зависит от беспорядочного применения антибиотиков.

У больных старческого возраста среди осложнений следует отметить геморрой — 30% (у взрослых в 14,8% случаев), гиповитаминозный гастрит—65% (у взрослых в 42%) и неврастению—65% (у взрослых в 4 случаях). Таким образом, специфические осложнения у больных пожилого и старческого возраста встречаются гораздо чаще, чем у взрослых больных.

Что касается тяжести заболевания, то у больных пожилого и старческого возраста в 49% случаев заболевание носило атипичный легкий характер с нерезко выраженным клиническим симптомокомплексом. У взрослых больных заболевание в большинстве случаев было средней тяжести, а у 11% больных наряду с резким колитическим синдромом была выражена тяжелая интоксикация.

Данные об эффективности лечения и исходе болезни в возрастном аспекте будут представлены в виде отдельной работы.

В результате суммирования материала выяснилось, что в пожилом и старческом возрасте часто (84,5%) причиной стойкого спастического запора является невыявленная хроническая дизентерия, а не «запор старческого возраста», как ошибочно считали раньше. Поэтому необходимо тщательное комплексное обследование для правильного диагностирования и обеспечения выздоровления больного.

Выводы

1. В пожилом и старческом возрасте хроническая дизентерия в основном представлена нетипичными симптомами общего характера, тогда как у взрослых болезнь протекает с резко выраженными клиническими симптомами.
2. Ведущим симптомом клинического проявления хронической дизентерии у больных пожилого и старческого возраста являются запоры, но не расстройство. У взрослых в большинстве случаев отмечается ускорение дефекаций. Это своеобразие имеет определенное значение для диагностирования хронической дизентерии.
3. При хронической дизентерии у больных пожилого и старческого возраста в 2/3 случаев в кале отмечается лишь примесь слизи, в 1/3

случаев кал макроскопически вполне нормальный, что может быть причиной диагностической ошибки.

4. Скудные данные копрологического исследования на нашем материале можно объяснить поверхностным воспалительным процессом в толстой кишке (катаральный колит), атрофией слизистой кишки и сегментарным характером поражения.

У взрослых же диффузная воспалительная реакция со стороны слизистой кишки (фиброзного или язвенного характера) обуславливает характерные копрологические данные.

5. Специфические осложнения хронической дизентерии (геморрой, гипоанатидный гастрит, неврастения) чаще встречаются у больных пожилого и старческого возраста.

Тбилисский государственный
 медицинский институт

(Поступило в редакцию 19.8.1966)

კლინიკური მდიცინა

3. მამალიშვილი

ქრონიკული დიზენტერიის კლინიკურ გამოვლინებაზე ასაკის
 გავლენის საკითხისათვის

რეზიუმე

ხანშიშესულებსა და მოხუცებულებში ქრონიკული დიზენტერია ძირითადად წარმოდგენილია ამ დაავადებისათვის არატიპიური ზოგადი ხასიათის სიმპტომებით მაშინ, როდესაც მოზრდილი ასაკის პირებში დაავადება მიმდინარეობს მკვეთრად გამოხატული კლინიკური ნიშნებით.

ქრონიკული დიზენტერიის კლინიკური გამოვლენების წამყვან სიმპტომს მოხუცებულებში წარმოადგენს ყაბზობა და არა ფალარათი. მოზრდილთა შორის შემთხვევების დიდ უმრავლესობაში აღინიშნება დეფეკაციის აჩქარება. ამ თავისებურებას გარკვეული მნიშვნელობა უნდა მიეცეს ქრონიკული დიზენტერიის დიაგნოსტიკისათვის.

ქრონიკული დიზენტერიის დროს ხანშიშესულებსა და მოხუცებულ ავადმყოფებში შემთხვევათა ორმესამედს განავალში აღინიშნება მხოლოდ ლორწოს მინარევი, ერთ მესამედში — მაკროსკოპულად სრულიად ნორმალური განავალი, რაც შეიძლება გახდეს დიაგნოზური შეცდომის მიზეზი.

ჩვენს მასალაზე მიღებული კოპროლოგიურად ღარიბი მონაცემები მოხუცთა შორის შეიძლება აიხსნას მსხვილ ნაწლავებში განვითარებული ზერელე ანთებითი პროცესით (კატარული კოლიტი). ნაწლავის ლორწოვანის ატროფიითა და სეგმენტური ხასიათის დაზიანებით; მოზრდილებში კი ნაწლავის ლორწოვანის მრავ დიფუზური ანთებითი რეაქცია (ფიბრინული, ან წყლულოვანი ხასიათისა) აპირობადებს დამახასიათებელ კოპროლოგიურ მონაცემებს.

ქრონიკული დიზენტერიის სპეციფიური გართულებანი (ბუასილი, ჰიპოანაციდური გასტრიტი, ნევრასთენია) უპირატესად ხანში შესულთა და მოხუცებულთა კონტიგენტისათვის არის დამახასიათებელი.

სამედიცინო ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ф. Библин. Клинические формы дизентерии и их лечение. Медгиз, М., 1956, 3—20.
2. Г. П. Руднев. Особенности клинического течения современной дизентерии и методы ее лечения (у взрослых больных). Сб. трудов Центрального ин-та усовершенствования врачей. Лечение инфекционных больных, вып. 4, 1960, 14—22.
3. თ. კვიციანი, ვ. შვედიანი. ბაქტერიული დიზენტერიის კლინიკისა და მკურნალობის საკითხისათვის. ს. ვირსალაძის სახ. შალარის და სამედიც. პარაზ. ინსტიტუტის ბულეტენი, № 1 (25), 1956, 57—66.
4. В. М. Жданов. Новые задачи в борьбе с дизентерией. ЖМЭИ, 4, 1954, 3—10.
5. Е. Д. Равич-Биргер и В. Г. Заруцкина. Микробиологическая характеристика дизентерийных микробов. Зонне. ЖМЭИ, 4, 1954, 40—45.
6. И. А. Богданов. Научно-практические задачи в борьбе с дизентерией среди взрослых. ЖМЭИ, 5, 1952, 34—37.
7. Г. Н. Сперанский. Дизентерия у детей раннего возраста. Вопросы профилактики и лечения дизентерии. М., 1952, 183—193.
8. И. С. Полянский. Об устойчивых к бактериофагам случаях бациллярной дизентерии. Клиническая медицина, т. 24, вып. 6, 1946, 61—63.
9. К. И. Пархон. Возрастная биология, клинические и экспериментальные исследования. Под ред. акад. Штеерна, МИАК, изд. лит-ры на иностр. яз. Бухарест, 1959, 18—26.
10. Л. Бине, Ф. Бульера. Основы геронтологии, пер. с франц., под ред. проф. В. В. Алпатова и В. Д. Зайратьяна. Медгиз, 1960, 253.
11. М. П. Седловец. Вакциноterapia острой и хронической дизентерии. Автореферат, 1953.
12. А. А. Андросова. Дальнейший опыт вакцинотерапии хронической дизентерии. ЖМЭИ, 4, 1952, 20—21.
13. D. H. Law, H. Steinberg, M. H. Steisenger. Ulcerative colitis with onset after the age of fifty. Gastroenterology, 41, 5, 1961, 457—464.



КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

С. Ш. ХУНДАДЗЕ, А. Г. ДВАЛИ

К ВОПРОСУ ТЕХНИКИ СПЛЕНОПОРТОГРАФИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Джавахишвили 5. 4. 1966)

Спленопортография — ценный метод диагностики. Ее применение показано в основном при выявлении нарушений в системе воротной вены (портальная гипертензия и др.).

В клинике госпитальной хирургии лечебного факультета Тбилгос-мединститута спленопортография и спленотонометрия применяются с 1957 г. [1]. За период 1957—1959 гг. спленопортография и спленотонометрия произведены 10 больным [1]. С 1959 г. до настоящего времени — еще в 10 случаях.

В клинике принято спленопортографию применять в случае спленомегалии. При неувеличенной селезенке широко производить чрезкожную спленопортографию и спленотонометрию не рекомендуется.

Абсолютные противопоказания для спленопортографии: повышенная чувствительность больного к препаратам йода, повышенная кровоточивость, нарушение выделительной функции почек, пороки сердца в стадии декомпенсации, далеко зашедшая гипертоническая болезнь, тяжелое широтическое поражение паренхимы печени, обострение гепатита, склероз мозга, тяжелая кахексия.

Относительные противопоказания: тиреотоксикоз, рассеянный склероз, пороки сердца в стадии компенсации, сравнительно ранние стадии гипертонической болезни.

Следует помнить, что спленопортография противопоказана во всех случаях, когда проведение ее чревато опасностью ухудшения общего состояния больного.

В качестве контрастных веществ при спленопортографии применяются 70%-ные растворы органических соединений йода: кардиограф, диодон, йодурон, диодраст и др. Применение сергозина не рекомендуется — он вызывает некроз селезеночной ткани.

Перед производством спленопортографии проводится тщательное клиническое исследование больного. Как правило, делается коагулограмма (время спонтанного свертывания цельной крови по Ли и Уайту, уколочная проба по Дьюку, ретракция сгустка, тромбопластическая активность крови по Улитниной и Кудряшеву). За 2—3 дня до исследования проверяют чувствительность больного к препаратам йода. Для этого в вену вводят 1 мл диодона. В случае положительной пробы в течение первых 3—4 часов наблюдается реакция: головокружение, головная боль, тошнота, рвота, повышенная температура, покраснение лица, появление сыпи или красных пятен на теле.

У больных асцитом часа за 2—3 до исследования эвакуируют жидкость из брюшной полости.

С целью подготовки кишечника в течение 2 дней больной получает карболен (0,5×3 раза в день) и синтомицин (0,5×4 раза в день). Накануне вечером и утром в день исследования больному делается очистительная клизма. Утром также следует при помощи зонда отсосать содержимое желудка.

За 15 минут до начала исследования больному вводят подкожно 1%-ный пантопон — 2,0; 0,1%-ный атропин — 1,0; 20%-ную камфару—3,0.

Место для пункции селезенки определяется накануне исследования в палате.

При резко увеличенной селезенке (выступающей из-под реберной дуги на 8—12 см и больше) пункция производится на 1 см ниже края реберной дуги по средней подмышечной линии. При увеличенной селезенке пункция производится в IX или X межреберье, на середине расстояния между задней и средней подмышечной линиями. При незначительно увеличенной селезенке пункция производится в VIII межреберье по задней подмышечной линии.

Больной укладывается на рентгеновский стол в положении на спине с отведенной за голову левой рукой. Верхний край кассеты кладется на 2 см выше правого купола диафрагмы.

Врач становится с левой стороны от больного. Кожа грудной и брюшной стенок в области, соответствующей расположению селезенки, широко обрабатывается йодом, производится анестезия кожи и всех мягких тканей до брюшины 0,25%-ным раствором новокаина. В намеченной точке пункционной иглой (длина иглы 12—14 см, диаметр отверстия 1,2—1,4 мм) делается прокол до брюшины, и затем больному предлагают задержать дыхание, после чего иглу продвигают вперед до проникновения в ткань селезенки. Игла продвигается по направлению селезенки под острым углом (15—20°) к плоскости рентгеновского стола. Если пункция селезенки выполнена правильно, появляются капли крови и игла движется с дыхательными экскурсиями больного. После этого иглу продвигают вперед еще на 1—2 см. Иногда после продвижения иглы вперед прекращается вытекание капель крови, что чаще всего оказывается следствием попадания в иглу кусочка селезеночной ткани. Для контроля нахождения иглы в ткани селезенки следует ввести при помощи шприца 2—3 мл новокаина. Если игла в селезенке, обратно вытекают капли новокаина, окрашенные кровью, а затем — капли чистой крови.

Убедившись, что пункция селезенки выполнена технически правильно, измеряют внутриселезеночное давление. С этой целью к игле присоединяют водный флеботонометр Вальдмана, который заранее заполняется стерильным физиологическим раствором. Величина внутриселезеночного давления определяется по уровню водяного столба в стеклянной трубке, установленной на шкале.

После измерения давления флеботонометр отключается, и в иглу при помощи шприца с хорошо разработанным поршнем в течение 3—4 секунд вводят контрастное вещество в количестве 20 мл. В том случае, когда исследование производится с помощью рентгеновского аппарата с автоматической подачей пленки для серийных снимков, первый снимок делается после введения 8—10—12 мл диодона, последующие сним-

ки — с интервалом в 1,5—2 секунды (всего 4—6 снимков). При пользовании простым рентгеновским аппаратом серийные снимки можно делать вручную (при помощи деревянной приставки) или же, как предлагают некоторые авторы [2], снимать один раз при условии максимального насыщения системы воротной вены контрастным веществом, соответствующего моменту окончания инъекции.

После введения контрастного вещества игла извлекается, место укола смазывается йодом и накладывается повязка.

Больному предписывается постельный режим, на область левого подреберья на 1—2 часа прикладывается пузырь со льдом, назначается 10%-ный хлористый кальций внутрь. При болях применяются наркотики. Ведется врачебное наблюдение.

Среди ошибок нужно отметить недостаточное контрастирование сосудов портальной системы, причинами которого могут быть медленное введение контрастного вещества, недостаточно глубокое введение иглы в ткань селезенки, вызывающее ретроградное вытекание диодона, а также прокалывание селезенки насквозь.

Среди осложнений следует отметить боли, вызванные введением контрастного вещества, особенно если оно не попало по назначению. В некоторых случаях боли носят острый и продолжительный характер.

Приводим выписку из истории болезни.

Больной Ч., 35 лет (история болезни № 7648), поступил в госпитальную хирургическую клинику лечебного факультета Тбилгосмединститута 19/XI—1965 г. с диагнозом цирроз печени (?) Йодистая проба отрицательная. Коагулограмма без отклонений. 6/XII—1965 г. произведена спленопортография при помощи рентгеноустановки ЛЭМА. Спустя 15—20 минут после окончания манипуляции у больного начались боли в животе, которые постепенно усиливались. Пульс и АД без изменений. Ему сделали морфин, приложили пузырь со льдом на область левого подреберья. Больной успокоился но через 3,5—4 часа опять пришлось прибегнуть к наркотикам, после чего боли не повторялись.

К тяжелым осложнениям относится внутрибрюшное кровотечение, вызванное разрывом селезенки. Для предупреждения указанного грозного осложнения некоторые авторы ([3] и др.) предлагают пользоваться резиновой надставкой (длина резиновой трубочки 4—5 см), которая вставляется между иглой и шприцем; врач фиксирует в руках не иглу, а резиновую надставку, что в известной мере предупреждает травму селезенки.

В заключение следует подчеркнуть, что спленопортография не требует сложных приспособлений, доступна широкому кругу врачей, работающих как в городских, так и в крупных районных больницах. При соответствующем практическом навыке и соблюдении необходимых мер предосторожности спленопортография безопасна для больного.

Тбилисский государственный
медицинский институт

(Поступило в редакцию 5.4.1966)



ს. ხუნდაძე, ლ. დვალი

სპლენოპორტოგრაფიის ტექნიკის საპრობისათვის

რეზიუმე

სტატიაში დეტალურად აღწერილია სპლენოპორტოგრაფიის წარმოების ტექნიკა. სპლენოპორტოგრაფიისათვის საჭირო არაა რთული აპარატურა. იგი ხელმისაწვდომია როგორც კლინიკაში, ისე ქალაქისა და რაიონული ცენტრის საავადმყოფოებში მომუშავე ექიმებისათვის.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Э. Комахидзе. Хирургия селезенки. Тбилиси, 1959.
2. М. Д. Пациора. Синдром портальной гипертензии и его хирургическое лечение. Автореферат, М., 1960.
3. В. В. Сергеевни. Спленопортография и спленотонометрия. М., 1960.

ზელოწერილია დასაბეჭდად 28.9.1966; შკვ. № 1356; ანაწყოების ზომა 7×11; ქალაქის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომე. ფურცლებს რაოდენობა 19,0; ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 17,0; უე 02782; ტირაჟი 1300

Подписано к печати 28.9.1966; зак. № 1356; размер набора 7×11; размер бумаги 70×108; количество уч.-изд. листов 19,0; количество печатных листов 17,0; УЭ 02782; тираж 1300

გამომცემლობა „მეცნიერების“ სტამბა, თბილისი 60, კუტუზოვის ქ. № 15.
 Типография Издательства «Мецниереба», Тбилиси 60, ул. Кутузова 15.



შიხარისი — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENTS

ათემატიკა — МАТЕМАТИКА — MATHEMATICS

Г. С. Дадунაშვილი. Некоторые свойства нереплексивных банаховых и локально выпуклых пространств	1
*გ. დადუნაშვილი. არარეფლექსური ბანახის ლოკალურად ამონევილი სივრცეების თვისებების შესახებ	5
Г. С. Датуაშვილი. О спектре обобщенного матричного полинома	7
*გ. დათუაშვილი. განზოგადებული მატრიცული მრავალწევრის სპექტრის შესახებ	9
М. Р. Тетрашвили. Некоторые вопросы теории инвариантной меры в топологических группах	11
*მ. თეთრაშვილი. ტოპოლოგიურ ჯგუფში ინვარიანტული ზომის თეორიის ზოგიერთი საკითხი	18

კიბერნეტიკა — КИБЕРНЕТИКА — CYBERNETICS

В. В. Чавчанидзе. К вопросу о расшифровке кода ДНК (РНК) и биологических соединениях включения	19
*ვ. ჭავეჭავაძე. დნმ (რნმ) კოდის გაშიფვრისა და ბიოლოგიური ჩართვის ნაერთების საკითხისათვის	26
Т. Д. Эбралидзе. Термодинамический подход к двоичному каналу с шумом	27
*ტ. ებრალიძე. ხმაურის მქონე ორობითი არხისადმი თერმოდინამიკური მიდგომა	30

ფიზიკა — ФИЗИКА — PHYSICS

М. М. Мирианшвили (член-корреспондент АН ГССР), Т. И. Какушадзе. Магнитный момент катиона в решетке феррита	31
*მ. მირიანაშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ტ. კაკუშაძე. ფერიტის მესტრში მყოფი კატიონის მაგნიტური მომენტი	36
Д. А. Гиунашвили. Установка для исследования процесса испарения и порообразования под напряжением	37
*დ. გიუნაშვილი. დანადგარი მეტალების აორთქლებისა და ფორმების შესწავლისათვის დამუშავებული ზეგავლენით	41
В. А. Агламазов, Л. Д. Гедеванишвили, Л. Ш. Коходзе, З. П. Робакидзе, И. И. Сакварелидзе, Н. Г. Хазарадзе. Об одном методе определения полного числа частиц и координат точки прохождения оси широкого атмосферного ливня космического излучения	43
*ვ. აგლამაზოვი, ლ. გედევანიშვილი, ლ. კოხოძე, ზ. რობაკიძე, ი. სავარელიძე, ნ. ხაზარაძე. კოსმოსური გამოსხივების ფართო ატმოსფერული დენის ნაწილაკთა სრული რიცხვისა და დენის გავლის წერტილის კოორდინატების განსაზღვრის ერთი მეთოდის შესახებ	48

ბოეფიზიკა — ГЕОФИЗИКА — GEOPHYSICS

М. Л. Челишвили. Возможность применения магнитометрического метода для поисков марганцевых руд	51
*მ. ქელიშვილი. მაგნიტური მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობა მარგანეცის ძიებისათვის	57

* ეარსკვლავით აღნიშნული სათაური გკუთვნის წინა წერილის რეზიუმეს ან თარგმანს.
 * Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме или к переводу предшествующей статьи.
 * A title marked with an asterisk applies to a summary or translation of the preceding article.



ბიბლიო—ХИМИЯ—CHEMISTRY

Г. А. Головки, Е. И. Борзенко, Г. В. Цицишвили (академик АН ГССР), Т. Г. Андроникашвили. Неравновесные изобары адсорбции-десорбции аргона и кислорода на синтетических цеолитах 59

*რ. გოლოვკო, ე. ბორზენკო, გ. ციციშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), თ. ანდრონიკაშვილი. არგონისა და ჟანგბადის აღსორბედა-დესორბციის არაწონასწორული იზობარები სინთეზურ ცეოლითებზე 64

Х. И. Арешидзе (член-корреспондент АН ГССР), Е. М. Бенашвили, Т. Т. Курашвили. Дегидратация циклогексанола на природном и синтетических цеолитах 67

*ქრ. არეშიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ე. ბენაშვილი, თ. ყურაშვილი. ციკლოპექსანოლის დეჰიდრატაცია ბუნებრივ და სინთეზურ ცეოლითებზე 73

П. Р. Мустафаева, А. К. Аскеров, С. И. Садых-заде, Л. Д. Меликадзе, Р. А. Эйвазова. Димеризация 3-метил- и 3,5-диметил-α-метилстиролов 75

*პ. მუსტაფაევა, ა. ასკეროვი, ს. სადიხ-ზადე, ლ. მელიქაძე, რ. ეივაზოვა. 3-მეთილ- და 3,5-დიმეთილ-α-მეთილსტიროლების დიმერიზაცია 82

Р. М. Лагидзе, Н. С. Саникидзе. Конденсация бензола с 2,4-диокси-3-метилолпентаном в присутствии хлористого алюминия 83

*რ. ლაგიდზე, ნ. სანიკიძე. 2,4-დიოქსი-3-მეთილოლპენტანის კონდენსაცია ბენზოლთან ტლორიანი ალუმინის თანდასწრებით 90

ბიბლიო ბიქნოლოგია—ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ—CHEMICAL TECHNOLOGY

Дж. Ф. Гвелесиани, Р. И. Агладзе (академик АН ГССР), Л. Л. Рубеш. Гидротермальная очистка растворов бихромата натрия, полученных электролизом из феррохрома 91

*ჯ. გველესიანი, რ. აგლაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), ლ. რუბეში. ფეროქრომიდან ელექტროლიზით მიღებული ნატრიუმის ბიქრომატის ხსნარების პიდროფორმალური გაწმენდა 96

ბიოქიმიკა—БИОХИМИЯ—BIOCHEMISTRY

М. М. Заалишвили, Г. В. Микадзе, Т. Г. Сургуладзе. Получение и свойства протенна М гладкой мышцы 99

*მ. ზაალიშვილი, გ. მიქაძე, თ. სურგულაძე. გლუვი კუნთის პროტეინ M-ის მიღება და თვისებები 105

Б. აღეკსიძე. ენჯეო-აიდგენითი სისტემების გავლენა თავის თავის ტვინის ქოლინესთერაზულ აქტივობაზე 107

*ნ. გ. ალექსიძე. Влияние окислительно-восстановительных систем на холинэстеразную активность головного мозга белых мышей 113

გეოგრაფია—ГЕОГРАФИЯ—GEOGRAPHY

ჯ. წერეთელი. ახალგაზრდა ტექტონიკური მოძრაობების როლი ჯავახეთის ვულკანური მონანეთის რელიეფის ძირითადი ფორმების ჩამოყალიბებაში 115

*დ. დ. Церетели. Роль новейших тектонических движений в формировании основных форм рельефа Джавахетского вулканического нагорья 120

გეოლოგია—ГЕОЛОГИЯ—GEOLOGY

С. И. Кулошвили, В. М. Шапошников. О возможности применения морфометрического метода поисков тектонических структур в межгорных впадинах (на примере Карталинской депрессии) 123

*ს. ყულოშვილი, ვ. შაპოვნაიკოვი. მთათშორის დაბლობებში ტექტონიკურ-სტრუქტურების ძეგლის დროის მორფომეტრული მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობის შესახებ (ქართლის დებრესიის მაგალითზე) 130

Г. Д. Ананишвили. Описание разреза миоценовых отложений бассейна р. Инцра (Западная Грузия) 131

*გ. ინანიშვილი. მიოცენური ნალექების კრილის აღწერა შდ. ინწრას ხეობაში 135

პეტროგრაფია—ПЕТРОГРАФИЯ—PETROGRAPHY

Д. Н. Кецохели. Явления гибридности в Цейском массиве (Северный Кавказ) 137

*დ. კეცხელი. ჰიბრიდიზმის მოვლენები ცეის მასივში (ჩრდილო კავკასია) 142

დ. კეცხელი. ჰიათურისა და ჩხარ-აჯამეთის სილიციტები 143

*დ. Г. Челидзе. Силициты Чиатура-Чхар-Аджаметской полосы 148

მინერალოგია—МИНЕРАЛОГИЯ—MINERALOGY

Р. М. Манвелидзе. О кали-натровых полевых шпатах Хевской интрузии 151

*რ. მანველიძე. ხევის ინტრუზიის კალიუმ-ნატრიუმის მინდვრის შპატების შესახებ 156

ბენიკა—ТЕХНИКА—ENGINEERING GENERAL

Л. Г. Абелишвили (член-корреспондент АН Грузинской ССР), Г. Д. Цискаришвили. Определение веса поезда по нагреванию тяговых электрических машин 159

*ლ. აბელიშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), გ. ცისკარიშვილი. მატარებლის წონის განსაზღვრა ელექტრულ მანქანათა გახურების პირობით 163

სამშენებლო მექანიკა—СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА—STRUCTURAL MECHANICS

О. И. Квициридзе, С. М. Гулиев, Л. О. Гвелесиани, Б. М. Григolahshvili. Многоканальное регулирование температуры и влажности среды при исследовании реологических свойств строительных материалов и конструкций 165

*ო. კვიციარიძე, ს. გულიევი, ლ. გველესიანი, ბ. გრიგოლაშვილი. გარემოს ტემპერატურისა და ტენიანობის მრავალარხობიანი რეგულირება სამშენებლო მასალებისა და კონსტრუქციების რეოლოგიური თვისებების გამოკვლევის დროს 170

Д. В. Замбахидзе. Об упругих константах ориентированных стеклопластиков при повышенных температурах 173

*დ. ვამბახიძე. ორიენტირებული მინაპლასტიკების დრეკადობის კონსტანტების შესახებ მაღალი ტემპერატურის პირობებში 180

მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY

Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР), Ю. М. Картвелишвили, Т. Д. Абуладзе, Т. А. Перадзе. Теоретические основы металлургического восстановления хлорида хрома 181

*ფ. თავაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), თ. ქართველიშვილი, თ. აბულაძე, თ. ფერაძე. ქრომის ქლორიდის აღდგენის თეორიული საფუძვლები 185

Т. А. Чубинидзе, М. А. Кекелидзе. Влияние окиси магния на вязкость и удельную электропроводность расплавов системы закись марганца-окись кальция-кремнезем при 10% глинозема 187

*თ. ჩუბინიძე, მ. კეკელიძე. მანგიუმის ფანგის გავლენა „მანგანუმის ქვეფანგი-კალციუმის ფანგი-კაჟმიწა“ სისტემის ნალღობების სიბლანტესა და ელექტროგამტარობაზე მათში თიხამწის 10% შეტულობისას 194



Г. Н. Звиададзе, Д. Ш. Озиашвили, Д. В. Вацадзе. Кинетика роста и новления хлорида натрия силикокальцием	200
*გ. ზვიადაძე, დ. ოზიაშვილი, დ. ვაწაძე. ნატრიუმის ქლორიდის სილიკოკალციუმის აღდგენის კინეტიკა	200

ბოტანიკა—БОТАНИКА—BOTANY

ლ. გოგინაიშვილი. ივრის შუა დაბლობის მცენარეული ლანდშაფტების ისტორიისათვის	201
*Л. Гогичайшвили. К истории растительных ландшафтов средненорской низменности	206

**მცენარეთა ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ—
PHYSIOLOGY OF PLANTS**

Л. И. Джапаридзе (академик АН ГССР), Д. В. Котаева, Е. И. Чхубинишвили. Динамика нуклеиновых кислот в листьях некоторых листопадных пород в течение вегетации	207
*ლ. ჯაფარიძე (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), დ. კოტაევა, ე. ჩხუბიაიშვილი. ნუკლეინის მფავეების დინამიკა ზოგიერთი ფოთლოცენიანი მცენარეების ფოთლებში ვეგეტაციის მანძილზე	208

მიკრობიოლოგია—МИКРОБИОЛОГИЯ—MICROBIOLOGY

М. М. Иванов, Т. Л. Кобахидзе. Биохимические и серологические свойства... и метод его лиофилизации	211
*მ. ივანოვი, თ. კობახიძე. ...ბიოქიმიური და სეროლოგიური თვისებები და მისი ლიოფილიზაციის მეთოდი	215

ჰიდრობიოლოგია—ГИДРОБИОЛОГИЯ—HYDROBIOLOGY

ზ. კერესელიძე. სიონის წყალსაცავის ჰიდროლოგიური რეჟიმის შესწავლისათვის	217
*З. М. Кереселидзе. К изучению гидрологического режима Сионского водохранилища	223

ანატომია—АНАТОМИЯ—ANATOMY

ლ. ჩუბინიძე. ძვლისა და ძვლის ტენის კაპილარების ასაკობრივი თავისებურებანი	225
*Л. Г. Чубинидзе. Возрастные особенности капилляров кости и костного мозга	231

ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ—PHYSIOLOGY

С. А. Чхенкели. О роли афферентных импульсов из желудка в формировании насыщения	233
*ს. ჩხენკელი. კუჭიდან მომდინარე აფერენტული იმპულსაციის როლის შესახებ გაძღობის ფორმირებაში	237

**მასპერიმენტალურ მედიცინა—ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА—
EXPERIMENTAL MEDICINE**

Л. К. Шарашидзе, Л. А. Кутубидзе. Гистохимическое исследование окислительно-восстановительных, гликолитических и гидролитических ферментов в индуцированных рабдомиосаркомах	239
*ლ. შარაშიძე, ლ. კუტუბიძე. ქანჯვა-აღდგენითი, გლიკოლიზური და ჰიდროლიზური ფერმენტების ჰისტოქიმიური შესწავლისათვის ინდუცირებულ რაბდომიოსარკომაში	242

**კლინიკური მედიცინა—КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА—
CLINICAL MEDICINE**

В. И. Мchedlishvili. К вопросу о влиянии возраста на клиническое проявление хронической дизентерии	243
*ვ. მჭედლიშვილი. ქრონიკული დიზენტერიის კლინიკურ გამოვლინებაზე ასაკის გავლენის საკითხისათვის	247
С. Ш. Хундадзе, Л. Г. Двали. К вопросу техники спленопортографии	249
*ს. ხუნდაძე, ლ. დვალაი. სპლენოპორტოგრაფიის ტექნიკის საკითხისათვის	252

УТВЕРЖДЕНО
Президиумом Академии наук
Грузинской ССР
28.3.1963

ПОЛОЖЕНИЕ О «СООБЩЕНИЯХ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР»

1. В «Сообщениях Академии наук Грузинской ССР» публикуются статьи научных работников Академии наук Грузинской ССР и других ученых, содержащие сжатое изложение основных результатов их исследований.
2. «Сообщениями» руководит редакционная коллегия, избираемая общим собранием Академии наук Грузинской ССР.
3. «Сообщения» выходят ежемесячно отдельными выпусками приблизительно в объеме 16 печатных листов каждый. Выпуски каждого квартала (три выпуска) составляют один том.
4. Статьи должны быть представлены на двух языках: на грузинском и русском. На одном из них, по желанию автора,—полный текст, а на другом языке—краткое изложение основного текста.
5. Объем статьи, включая иллюстрации, не должен превышать 20 000 типографских знаков (8 страниц журнала). Разделение статьи на отдельные части для опубликования в разных выпусках «Сообщений» не допускается.
6. Статьи действительных членов и членов-корреспондентов Академии наук Грузинской ССР сдаются непосредственно в редакцию «Сообщений» для опубликования, а статьи других авторов публикуются только по представлению действительных членов или членов-корреспондентов Академии. Статьи, поступившие без представления, направляются редакцией одному из действительных членов или членов-корреспондентов Академии на рассмотрение, с тем чтобы в случае положительной оценки статья была представлена для опубликования.
7. Статьи (а также соответствующие иллюстрации и чертежи) должны быть представлены автором в одном экземпляре, в совершенно готовом для печатания виде. Формулы должны быть четко вписаны в текст от руки. Текстовые части из иллюстрациях должны быть выполнены на обоих языках. Никакие исправления и дополнения после принятия к печати не допускаются.
8. Данные о цитированной литературе должны быть по возможности полными: необходимо указать полное заглавие статьи, название журнала, в котором опубликована статья, номер серии, тома, выпуска, год издания; если имеется ссылка на книгу, то необходимо указать полное наименование книги, место и год издания.
9. Цитируемая литература должна приводиться в конце статьи в виде списка. При ссылке на литературу в тексте статьи или в подстрочных примечаниях следует указывать номер по списку, заключая его в квадратные скобки.
10. В конце текста статьи автор на соответствующем языке должен указать название и местонахождение того научного учреждения, где выполнена работа. Статья датируется днем поступления ее в редакцию.
11. Автору представляется одна корректура в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или напечатать ее без виза автора.
12. Автор получает бесплатно 10 оттисков своей статьи.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: ТБИЛИСИ, ул. КУТУЗОВА, 15

Телефон 7-18-05, доб. 3-42

Условия подписки: на 1 год—12 руб., на 6 месяцев—6 руб.

და ბ ე ჯ ა მ ი
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
პრეზიდიუმის მიერ 28.3.1963

„საბარტომელოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“
დ ე ბ უ ლ ე ბ ა

1. „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ იბეჭდება აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბე“ გამოდის თვეში ერთხელ, ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 16 ბეჭდური თაბაში. ყოველი კვარტალის ნაკვეთები (სამი ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.
4. „მოამბეში“ დასაბეჭდად წერილები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ორ ენაზე: ქართულად და რუსულად. ერთ-ერთ მათგანზე, ავტორის სურვილისამებრ, —სრული ძირითადი ტექსტი, ხოლო მეორეზე —ძირითადი ტექსტის შემოკლებული გამოცემა.
5. წერილის მოცულობა (ორივე ტექსტისა), ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 20.000 სასტამბო ნიშანს (ეჟრნალის 8 გვერდს); არ შეიძლება წერილის დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.
6. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორების წერილები იბეჭდება აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარდგინებით. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსაზღვრულად, რათა მან, დადებითად შეფასების შემთხვევაში, წარმოადგინოს იგი დასაბეჭდად.
7. წერილები (აგრეთვე სათანადო ილუსტრაციები და ნახაზები) ავტორმა უნდა წარმოადგინოს თითო ცალად, დასაბეჭდად საესებით მომზადებული. ფორმულები ხელით უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტში მკაფიოდ. ილუსტრაციებზე ტექსტობრივი წარწერები ორგვე ენაზე უნდა იყოს შესრულებული. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში შესწორებებისა და დამატებების შეტანა ალარ შეიძლება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები შეძლებისდა გვარად სრული უნდა იყოს: საჭიროა აღინიშნოს წერილის სრული სათაური, სახელწოდება ეჟრნალისა, რომელშიც დაბეჭდილია წერილი, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი; თუ დამოწმებულია წიგნი, საკლდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის ადგილისა და წელის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის სია წერილს ერთვის ბოლოში. ლიტერატურის მი სათითებლად ტექსტში თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იქნეს შესაბამისი ნომერი სიის ნიხედვით.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა შესაბამის ენაზე უნდა აღნიშნოს იმ დაწვებულების სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად არა უმეტეს ორი დღისა). თუ კორექტურა დადგენილი ვადისათვის არ იქნა წარმოდგენილი, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიხის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 10 ამონაბეჭდი.

რ ე დ ა ბ ე ჯ ა მ ი ს მ ი ს ა მ ა რ თ ი: თბილისი, კობულაძის ქ. 15

ტელეფონი 7-18-05, დამ. 3-42

ხ ე ლ მ ი წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: 1 წლით—12 მან., 6 თვით—6 მან.