

## BIOREOLOGIYA BIOLOGIK SUYUQLIKLARNI QOVUSHQOQLIGI

**Buzrukov To'lg'in Omonovich**-Termiz Iqtisodiyot va servis universiteti p.f.f.d, PhD, dotsent.

Email: [tolqinbuzrukov5@gmail.com](mailto:tolqinbuzrukov5@gmail.com)

**Allamuradova Tamanno Muhammad Yunusovna**-Termiz Iqtisodiyot va servis universiteti

talabasi. Email: [mustafayunusoglo@gmail.com](mailto:mustafayunusoglo@gmail.com)

### Аннотация

Ushbu maqolada bioreologiya fanining asosiy tushunchalari va biologik suyuqliklarning qovushqoqlik xususiyatlari yoritilgan. Ayniqsa, qonning qovushqoqligi, unga ta'sir etuvchi omillar hamda uning inson organizmidagi ahamiyati tahlil qilingan. Biologik suyuqliklarning Nyuton va no-Nyuton xossalari ko'rib chiqilib, ularning tibbiyotdagi amaliy ahamiyati bayon etilgan. Mazkur tadqiqot bioreologiyaning diagnostika va davolash jarayonlaridagi o'rnini tushunishga yordam beradi.

**Kalit so'zlar:** Bioreologiya, qovushqoqlik, biologik suyuqliklar, qon, viskozlik, gemodinamika, no-Nyuton suyuqlik, biofizika.

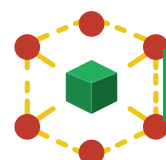
### Аннотация

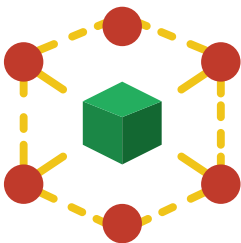
В данной статье рассмотрены основные понятия биореологии и вязкостные свойства биологических жидкостей. Особое внимание уделено вязкости крови, факторам, влияющим на неё, а также её роли в организме человека. Проанализированы ньютоновские и неньютоновские свойства биологических жидкостей, а также их практическое значение в медицине. Работа способствует более глубокому пониманию роли биореологии в диагностике и лечении заболеваний.

**Ключевые слова:** Биореология, вязкость, биологические жидкости, кровь, гемодинамика, неньютоновская жидкость, биофизика.

### Abstract

This article discusses the fundamental concepts of biorheology and the viscosity properties of biological fluids. Special attention is given to blood viscosity, the factors affecting it, and its role in the human body. The Newtonian and non-Newtonian characteristics of biological fluids are analyzed,





along with their practical significance in medicine. The study contributes to a better understanding of the role of biorheology in diagnosis and treatment processes.

**Keywords:** Biorheology, viscosity, biological fluids, blood, hemodynamics, non-Newtonian fluid, biophysics.

## **Kirish**

Bioreologiya — bu tirik organizmlardagi suyuqlik va yumshoq to‘qimalarning oqish, deformatsiya va mexanik xususiyatlarini o‘rganadigan fan sohasidir. Ushbu yo‘nalish biofizika, fiziologiya va tibbiyot bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, inson organizmidagi qon, limfa, hujayra suyuqliklari kabi biologik muhitlarning harakatini tushuntirishga xizmat qiladi.

Biologik suyuqliklarning muhim xususiyatlaridan biri bu ularning qovushqoqligi (viskozligi) bo‘lib, u suyuqlikning oqishga qarshilik ko‘rsatish darajasini ifodalaydi.

## **Bioreologiya tushunchasi**

Bioreologiya quyidagilarni o‘rganadi:

Qon oqimi va uning tomirlardagi harakati

Hujayralar deformatsiyasi

To‘qimalarning elastikligi

Biologik suyuqliklarning mexanik xossalari

Bu fan ayniqsa yurak-qon tomir tizimi kasalliklarini o‘rganishda muhim ahamiyatga ega.

## **Biologik suyuqliklar turlari**

Organizmدا bir nechta asosiy biologik suyuqliklar mavjud:

**Qon** – eng muhim transport suyuqligi

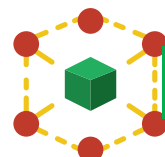
**Limfa** – immun tizim bilan bog‘liq

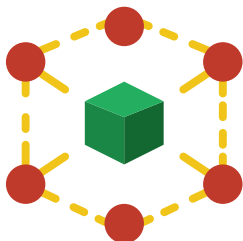
**Hujayra ichi suyuqligi**

**Orqa miya suyuqligi (likvor)**

Har birining qovushqoqligi va oqish xususiyatlari turlicha bo‘ladi.

**Qovushqoqlik (viskozlik) tushunchasi**





Qovushqoqlik — bu suyuqlik qatlamlari orasidagi ichki ishqalanish kuchidir. U quyidagilarga bogʻliq:

- Suyuqlik tarkibi
- Harorat
- Bosim
- Zarrachalar konsentratsiyasi

Qovushqoqlik qancha yuqori boʻlsa, suyuqlik shuncha sekin oqadi.

## Qonning qovushqoqligi

Qon — murakkab biologik suyuqlik boʻlib, uning qovushqoqligi quyidagilarga bogʻliq:

- Eritrotsitlar soni
- Plazma tarkibi
- Oqsillar miqdori

Normal sharoitda qon qovushqoqligi suvnikidan taxminan 3–5 marta yuqori boʻladi.

## Qon qovushqoqligiga taʼsir qiluvchi omillar:

- Gematokrit darajasi (eritrotsitlar ulushi)
- Harorat (harorat oshsa, qovushqoqlik kamayadi)
- Qon oqim tezligi
- Kasalliklar (masalan, qandli diabet, ateroskleroz)

## Neyuton va no-Neyuton suyuqliklar

Biologik suyuqliklar koʻpincha **no-Neyuton suyuqliklar** hisoblanadi:

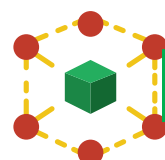
- Qon oqim tezligiga qarab qovushqoqligini oʻzgartiradi
- Tomir torayganda yoki kengayganda xususiyatlari oʻzgaradi

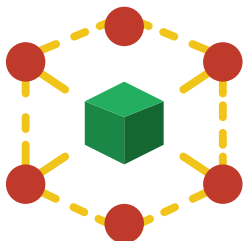
Bu esa ularni oddiy fizik suyuqliklardan farqlaydi.

## Bioreologiyaning tibbiyotdagi ahamiyati

Bioreologiya quyidagi sohalarda muhim:

- Yurak-qon tomir kasalliklarini aniqlash
- Qon aylanishini yaxshilash usullarini ishlab chiqish
- Sunʼiy qon oʻrmini bosuvchi suyuqliklar yaratish





- Jarrohlik va reanimatsiyada qon oqimini nazorat qilish

## Amaliy qo'llanilishi

Bioreologiya natijalari:

- Tibbiy diagnostika qurilmalarida
- Gemodinamika modellarini yaratishda
- Dori vositalarini ishlab chiqishda
- Biotexnologiya va sun'iy organlar yaratishda qo'llaniladi

### Bioreologiyaning chuqur mohiyati

Bioreologiya — bu tirik tizimlarda deformatsiya va oqim jarayonlarini o'rganadi. Ayniqsa, qon kabi murakkab suyuqliklar uchun bu fan:

hujayralararo o'zaro ta'sir

mexanik kuchlar (shear stress)

tomir devori bilan bog'liq jarayonlar

ni tahlil qiladi.

Ilmiy tadqiqotlarga ko'ra, qon oqimi nafaqat suyuqlik xossalariga, balki eritrotsit, leykotsit va trombositlarning mexanik xususiyatlariga ham bog'liq

### Qonning tarkibi va reologik xatti-harakati

Qon — bu:

plazma (Nyuton suyuqligi)

va shaklli elementlar (eritrotsitlar, leykotsitlar)

dan tashkil topgan murakkab tizim.

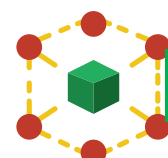
Eritrotsitlar umumiy hajmning taxminan 40–45% ini tashkil etadi va aynan ular qovushqoqlikka asosiy ta'sir ko'rsatadi

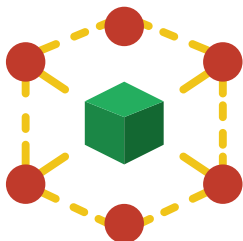
### Qovushqoqlikning fizik-matematik mohiyati

Qovushqoqlik suyuqlikning ichki ishqalanishini ifodalaydi va u:

- tezlik gradientiga
  - zarrachalar soniga
  - haroratga
- bog'liq.

### Poazeyl qonuni (gemodinamika asoslari)





Qon oqimini tushuntirishda Poazeyl qonuni muhim:

- tomir radiusi oshsa → oqim keskin ortadi
- qovushqoqlik oshsa → oqim kamayadi

Bu qon aylanish tizimida qarshilikni aniqlashda asosiy model hisoblanadi.

## No-Nyuton xususiyat va “shear thinning” effekti

Qonning eng muhim xususiyati: → no-Nyuton suyuqlik ekanligi

Ya’ni:

- qovushqoqlik doimiy emas
  - oqim tezligiga bog‘liq
- Ilmiy manbalarga ko‘ra:
- past tezlikda eritrotsitlar agregatsiyalanadi → qovushqoqlik ortadi
  - yuqori tezlikda ular ajraladi → qovushqoqlik kamayadi

Bu hodisa “shear thinning” deb ataladi.

## Eritrotsit deformatsiyasi va uning ahamiyati

Eritrotsitlar:

- diametri kapillyardan katta bo‘lsa ham
- deformatsiyalanib o‘tadi

Bu xususiyat:

- kislorod tashish
- mikrotsirkulyatsiya uchun zarur.

Agar eritrotsit deformatsiyasi buzilsa:

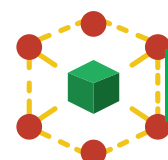
- kapillyarlar tiqilib qoladi
- qon aylanishi yomonlashadi

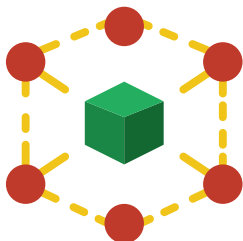
## Mikrotsirkulyatsiya va qovushqoqlik

Mikrotsirkulyatsiya — eng kichik tomirlardagi qon oqimi bo‘lib:

- diametri 3–8 mkm
- past tezlik
- yuqori qovushqoqlik ta’siri bilan xarakterlanadi

Bu yerda:





inertsiya kuchlari deyarli yo‘q  
qovushqoqlik asosiy rol o‘ynaydi

## **Qovushqoqlik va kasalliklar**

Qon qovushqoqligi o‘zgarishi quyidagi kasalliklar bilan bog‘liq:

Yuqori qovushqoqlik:

- gipertoniya
- ateroskleroz
- diabet

Past qovushqoqlik:

- anemiya
- qon yo‘qotish

Masalan:

insult (miya infarkti)da eritrotsit deformatsiyasi kamayadi  
qovushqoqlik ortadi  
to‘qimalarda kislorod yetishmovchiligi yuzaga keladi

## **Bioreologik ko‘rsatkichlar**

Asosiy o‘lchanadigan parametrlar:

- qon qovushqoqligi ( $\eta$ )
- shear stress (kesilish kuchi)
- shear rate (tezlik gradienti)
- gematokrit
- eritrotsit agregatsiyasi

Zamonaviy diagnostikada bu ko‘rsatkichlar muhim biomarker hisoblanadi.

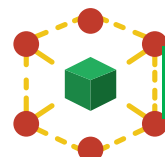
## **Zamonaviy texnologiyalar va tadqiqotlar**

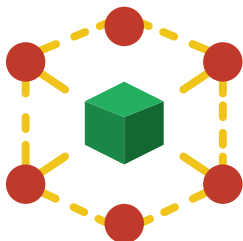
Bugungi kunda bioreologiya quyidagilar orqali rivojlanmoqda:

- kompyuter modellashtirish (CFD)
- mikrofluidik qurilmalar
- sun‘iy qon modellarini yaratish

Masalan, ilmiy modellar qonning xatti-harakatini hujayra darajasida simulyatsiya qilish imkonini beradi

## **Amaliy ahamiyati**





Bioreologiya quyidagi sohalarda qoʻllaniladi:

- yurak-qon tomir kasalliklarini tashxislash
- reanimatsiya va intensiv terapiya
- qon oʻrnini bosuvchi moddalar yaratish
- sport tibbiyoti

## **Xulosa**

Biologik suyuqliklar, ayniqsa qon, oddiy fizik suyuqlik emas, balki murakkab dinamik tizimdir. Uning qovushqoqligi:

hujayralar xususiyatiga

oqim tezligiga

fiziologik holatga

bogʻliq ravishda oʻzgaradi.

Bioreologiya bu jarayonlarni oʻrganish orqali zamonaviy tibbiyotda:

kasalliklarni erta aniqlash

davolash samaradorligini oshirish

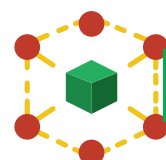
sunʼiy biologik tizimlar yaratish

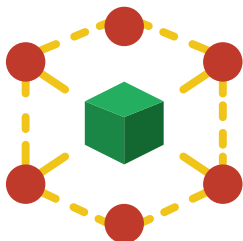
uchun muhim ilmiy asos boʻlib xizmat qiladi.

Bioreologiya biologik suyuqliklarning harakati va mexanik xususiyatlarini oʻrganish orqali organizm faoliyatini chuqur tushunishga yordam beradi. Ayniqsa, qovushqoqlik koʻrsatkichlari qon aylanish tizimi va umumiy sogʻliq holatini baholashda muhim oʻrin tutadi. Ushbu soha tibbiyotda yangi diagnostika va davolash usullarini ishlab chiqishda katta ahamiyatga ega.

## **Foydalanilgan adabiyotlar roʻyxati**

1. Copley A.L., Scott Blair G.W. Biorheology. – Oxford: Pergamon Press, 1973.
2. Thurston G.B. Rheological parameters for the viscosity of blood // Biorheology. – 1993. – Vol. 30. – P. 1–12.
3. Reinhart W.H. Blood viscosity and its regulation // Biorheology. – 2001. – Vol. 38. – P. 203–212.
4. Cho Y.I., Kensey K.R. Effects of the non-Newtonian viscosity of blood on flow in a diseased arterial vessel // Biorheology. – 1991. – Vol. 28. – P. 241–262.
5. Bugliarello G., Sevilla J. Velocity distribution and other characteristics of steady and pulsatile blood flow in fine glass tubes // Biorheology. – 1970. – Vol. 7. – P. 85–107.
6. Lipowsky H.H. Microvascular rheology and hemodynamics // Microcirculation. – 2005. – Vol. 12. – P. 5–15.





7. Fedosov D.A., Caswell B., Karniadakis G.E. A multiscale red blood cell model with accurate mechanics, rheology, and dynamics // *Biophysical Journal*. – 2010. – Vol. 98. – P. 2215–2225.
8. Baskurt O.K., Meiselman H.J. Blood rheology and hemodynamics // *Seminars in Thrombosis and Hemostasis*. – 2003. – Vol. 29. – P. 435–450.
9. Meletis J., Konstantopoulos K. Clinical significance of blood rheology // *Journal of Clinical Medicine*. – 2022. – Vol. 11.
10. Fung Y.C. *Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues*. – New York: Springer, 1993.
11. Cokelet G.R., Meiselman H.J. Rheological properties of human blood and plasma // *Handbook of Physiology*. – 1980.
12. Popel A.S., Johnson P.C. Microcirculation and hemorrheology // *Annual Review of Fluid Mechanics*. – 2005. – Vol. 37. – P. 43–69.
13. Guyton A.C., Hall J.E. *Textbook of Medical Physiology*. – 13th ed. – Philadelphia: Elsevier, 2016.
14. Chien S. Shear dependence of effective cell volume as a determinant of blood viscosity // *Science*. – 1970.
15. International Society of Biorheology. *Scientific reports and materials*.

