

УДК 616.1-089.168.1-06:615.38:616.155.18

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/122/28>

## ОСМОТИЧЕСКАЯ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ И ТИПЫ ГЕМОЛИЗА У ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ

©**Эмилбек кызы Г.**, Международная высшая школа медицины,  
г. Чолпон-Ата, Кыргызстан, [akyl.ramanov@mail.ru](mailto:akyl.ramanov@mail.ru)

©**Юсупова М. Э.**, Международная высшая школа медицины,  
г. Чолпон-Ата, Кыргызстан, [milika180275@gmail.ru](mailto:milika180275@gmail.ru)

©**Таалайбекова А. Т.**, SPIN-код: 8396-0293, Международная высшая школа медицины,  
г. Бишкек, Кыргызстан, [taalaibekova1102@mail.ru](mailto:taalaibekova1102@mail.ru)

### OSMOTIC RESISTANCE OF ERYTHROCYTES AND TYPES OF HEMOLYSIS AMONG FOREIGN STUDENTS

©**Emilbek kyzы G.**, International Higher School of Medicine,  
Cholpon-Ata, Kyrgyzstan, [akyl.ramanov@mail.ru](mailto:akyl.ramanov@mail.ru)

©**Iusupova M.**, International Higher School of Medicine,  
Cholpon-Ata, Kyrgyzstan, [milika180275@gmail.ru](mailto:milika180275@gmail.ru)

©**Taalaibekova A.**, SPIN-code: 8396-0293, International Higher School  
of Medicine, Bishkek, Kyrgyzstan, [taalaibekova1102@mail.ru](mailto:taalaibekova1102@mail.ru)

**Аннотация.** Исследование посвящено изучению осмотической резистентности эритроцитов у иностранных студентов, прибывших из Индии для обучения в Кыргызской Республике. Поводом для работы послужило наблюдение, что студенты, приезжающие из других климатических регионов, нередко жалуются на утомляемость, головные боли и слабость в первые недели пребывания в высокогорных условиях. Эти субъективные проявления побудили нас обратить внимание на возможные физиологические сдвиги, в частности — на изменения устойчивости мембран эритроцитов при осмотическом воздействии. Целью исследования было определить уровень осмотической резистентности эритроцитов и проанализировать характер гемолиза в зависимости от концентрации хлорида натрия. Работа проводилась в лаборатории Международной высшей школы медицины (Иссык-Кульский кампус, город Чолпон-Ата). Исследование включало 20 студентов мужского пола в возрасте 18–22 лет, клинически здоровых, не имеющих хронических заболеваний крови. Методика исследования была максимально приближена к классической: кровь отбирали из локтевой вены, далее вносили в серию пробирок с растворами NaCl разной концентрации — от 0,90% до 0,10%. После 30-минутной инкубации и центрифугирования степень гемолиза определяли визуально и с помощью спектрофотометра при длине волны 540 нм. По результатам наблюдения, у большинства студентов (70%) показатели осмотической устойчивости соответствовали нормальным значениям, однако у трети испытуемых отмечалось смещение границ гемолиза в сторону более высоких концентраций соли, что свидетельствует о повышенной хрупкости мембран эритроцитов. Такие изменения можно рассматривать как часть адаптационного процесса организма к новым климатическим и высотным условиям. Полученные результаты имеют не только академический интерес, но и практическое значение. Метод определения осмотической резистентности эритроцитов позволяет в простых лабораторных условиях оценивать степень физиологической адаптации студентов к условиям высокогорья. Эти данные могут использоваться при проведении профилактических осмотров, в учебном процессе, а также при мониторинге здоровья иностранных студентов в первые месяцы их пребывания в Кыргызстане.

*Abstract.* This study explores the osmotic resistance of erythrocytes in foreign students from India who came to study at the International Higher School of Medicine in the Issyk-Kul region of Kyrgyzstan. The work was inspired by observations that students arriving from lower-altitude, warmer climates often report fatigue, headaches, and mild weakness during their first weeks at high altitude. These symptoms suggested possible physiological shifts — particularly changes in red blood cell membrane stability under osmotic stress — that warranted scientific examination. The aim of the study was to determine the level of erythrocyte osmotic resistance and to analyze the patterns of hemolysis across different sodium chloride concentrations. The research included 20 clinically healthy male students aged 18–22 years with no history of hematological disorders. Venous blood was collected under standard conditions and added to a series of NaCl solutions ranging from 0.90% to 0.10%. After incubation for 30 minutes and centrifugation, the degree of hemolysis was assessed visually and by spectrophotometry at 540 nm. The results showed that 70% of participants had normal osmotic stability, while about one-third demonstrated a shift of the hemolysis curve toward higher salt concentrations, indicating increased membrane fragility. These findings are interpreted as part of the physiological adaptation process to high-altitude conditions and environmental change. The obtained data have both academic and practical relevance. The osmotic resistance test provides a simple and informative approach to evaluate the adaptive responses of foreign students living and studying in mountainous regions. This method can be used for preventive health assessments, educational laboratory work, and longitudinal monitoring of adaptation during the early stages of residence in Kyrgyzstan.

*Ключевые слова:* эритроциты, гемолиз, осмотическая резистентность, адаптация, иностранные студенты, высокогорье.

*Keywords:* erythrocytes, hemolysis, osmotic resistance, adaptation, foreign students, high altitude.

Изучение устойчивости эритроцитов к осмотическим воздействиям остаётся важным направлением современной физиологии и лабораторной диагностики. Мембрана эритроцита — это сложная структура, чувствительно реагирующая на изменения внешней и внутренней среды организма. Любые колебания осмотического давления, состава плазмы, уровня электролитов или кислородного насыщения могут нарушить равновесие в клетке и привести к гемолизу. Особый интерес представляет изучение осмотической резистентности у лиц, находящихся в состоянии адаптации к новым климатическим и географическим условиям. В последние годы всё больше иностранных студентов приезжают обучаться медицине в Кыргызстан, где природные и высотные условия заметно отличаются от их родных стран. Высота над уровнем моря, пониженное атмосферное давление, изменённый уровень кислорода и состав питьевой воды — всё это может оказывать влияние на обмен веществ и на свойства клеточных мембран крови. Проблема адаптации иностранных студентов к условиям высокогорья остаётся недостаточно изученной. В отечественной литературе встречаются единичные работы, посвящённые этой теме, но большинство из них рассматривает физиологические аспекты адаптации в целом — пульс, дыхание, давление — тогда как изменения в составе крови и свойствах эритроцитов освещены фрагментарно [1-3].

Настоящее исследование направлено на восполнение этого пробела. Оно представляет собой попытку оценить осмотическую резистентность эритроцитов у иностранных студентов из Индии, проживающих и обучающихся в условиях Иссык-Кульского региона. Особое внимание уделено характеру гемолиза при воздействии растворов различной концентрации

хлорида натрия, что позволяет судить о состоянии мембранных структур клеток и адаптационных возможностях организма.

### *Материал и методы исследования*

Исследование проводилось в учебной лаборатории Международной высшей школы медицины (Иссык-Кульский кампус) в период с октября по ноябрь 2025 года. В исследовании приняли участие 20 иностранных студентов мужского пола из Индии в возрасте от 18 до 22 лет. Все участники были клинически здоровы, не имели хронических заболеваний крови и согласились на участие добровольно.

*Критерии включения:* отсутствие острых заболеваний, отсутствие приема препаратов, влияющих на мембрану эритроцитов. *Критерии исключения:* отсутствие острых заболеваний, отсутствие приема препаратов, влияющих на мембрану эритроцитов.

*Исключение:* анемия, острые инфекции, хронические заболевания. Все участники подписали информированное согласие.

Забор венозной крови осуществлялся утром, натощак, с использованием антикоагулянта (ЭДТА) для предотвращения свёртывания. После взятия кровь использовали в течение двух часов, чтобы избежать изменений в структуре клеточной мембраны. Для определения осмотической резистентности эритроцитов была приготовлена серия растворов хлорида натрия с концентрацией от 0,90% до 0,10% с шагом 0,05%. Каждая пробирка содержала по 2 мл раствора. В каждую пробирку добавляли по 20 мкл исследуемой крови, после чего содержимое аккуратно перемешивали, избегая образования пены и механического повреждения клеток. Инкубацию проводили при стабильной температуре окружающей среды (22–24°C) на 30 минут. Затем все образцы центрифугировали в течение 5 минут при 1500 g. После центрифугирования визуально оценивали интенсивность окраски супернатанта: прозрачная жидкость указывала на отсутствие гемолиза, розоватая — на частичный гемолиз, равномерно красная — на полный.

Для более точной количественной оценки дополнительно использовали спектрофотометрический метод. Оптическую плотность растворов измеряли при длине волны 540 нм, что соответствует максимальному поглощению гемоглобина. Степень гемолиза рассчитывали по стандартной формуле: % гемолиза =  $((OD_{\text{пробы}} - OD_{0\%}) / (OD_{100\%} - OD_{0\%})) \times 100\%$ , где  $OD_{0\%}$  — оптическая плотность раствора без гемолиза (0,9% NaCl), а  $OD_{100\%}$  — плотность при полном гемолизе (в дистиллированной воде). Для построения кривой осмотической резистентности по оси абсцисс откладывали концентрацию NaCl, а по оси ординат — процент гемолизированных эритроцитов. Все измерения выполнялись в трёх повторностях, после чего вычислялись средние значения. Дополнительно моделировались механический гемолиз (встряхивание) и термический (50 °C, 3 минуты).

*Статистика:* среднее±SD. Уровень значимости p<0.05. Статистика: среднее±SD. Уровень значимости p<0.05.

В ходе работы строго соблюдались санитарные нормы и правила биологической безопасности.

### *Результаты и обсуждение*

Анализ полученных данных позволил выделить две основные группы студентов по уровню осмотической устойчивости эритроцитов. У большинства обследованных (70%) показатели соответствовали физиологической норме. У оставшихся 30% отмечено смещение границ гемолиза к более высоким концентрациям раствора NaCl, что свидетельствует о повышенной осмотической хрупкости клеток. Для наглядности распределение результатов представлено в Таблице 1.

Таблица 1  
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ ПО УРОВНЮ  
ОСМОТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ

Группа студентов	Количество человек	Начало гемолиза, % NaCl	Полный гемолиз, % NaCl	Характеристика состояния мембранны
1 - Норма	14 (70%)	0,48–0,44	0,32–0,28	Физиологическая устойчивость мембран
2 - Повышенная хрупкость	6 (30%)	0,60–0,50	0,42–0,35	Сниженная устойчивость, адаптационные изменения

У студентов второй группы мембранны эритроцитов проявляют более низкую устойчивость к гипоосмотическим условиям, что, вероятно, связано с адаптационными изменениями, происходящими в первые недели пребывания в высокогорье. На диаграмме (Рисунок 1) эти различия прослеживаются особенно чётко — большинство испытуемых демонстрируют нормальную устойчивость, тогда как часть студентов выделяется более ранним началом гемолиза.

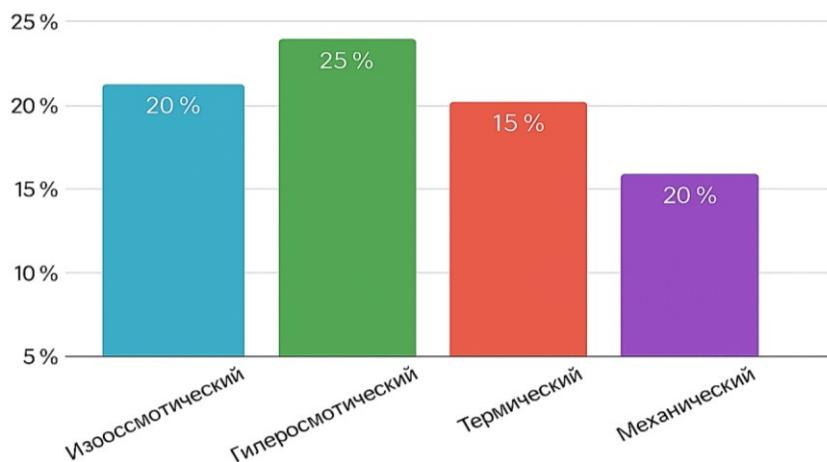


Рисунок 1. Распределение типов гемолиза у студентов

Для подтверждения данных построена кривая осмотической резистентности (Рисунок 2). На ней видно типичное S-образное изменение процента гемолиза по мере снижения концентрации NaCl.

Таблица 2  
СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ОСМОТИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ У СТУДЕНТОВ ИЗ ИНДИИ

Показатель, %	Среднее значение ( $M \pm m$ )	Нормальный диапазон	Интерпретация
Начало гемолиза, NaCl	0,46 $\pm$ 0,02	0,48–0,44	Соответствует норме
Полный гемолиз, NaCl	0,31 $\pm$ 0,03	0,32–0,28	Незначительное отклонение
Доля студентов с повышенной хрупкостью	30	-	Умеренные адаптационные изменения

У наблюдаемых студентов выявленные изменения осмотической устойчивости эритроцитов носили умеренный адаптационный характер. Незначительное повышение хрупкости мембран в первые недели пребывания в высокогорных условиях, вероятно, связано

с перестройкой обменных процессов и реакцией организма на снижение парциального давления кислорода [4]]. Подобные сдвиги обычно являются временными и свидетельствуют о нормальном физиологическом механизме акклиматизации.

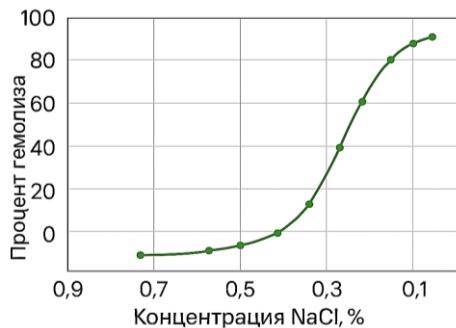


Рисунок 2. Кривая осмотической резистентности эритроцитов (график зависимости процента гемолиза от концентрации NaCl, пик активности при 0,40–0,35%)

Наблюдение за изменением цвета раствора в пробирках подтвердило спектрофотометрические результаты (Рисунок 3). В высоких концентрациях NaCl раствор оставался прозрачным, что соответствовало отсутствию гемолиза; при концентрации 0,5–0,4% появлялась розоватая окраска; при 0,3% и ниже раствор становился равномерно красным, что свидетельствовало о полном разрушении эритроцитов.



Рисунок 3. Визуальные стадии гемолиза в пробирках (фотография с последовательными стадиями гемолиза — от прозрачной плазмы до равномерно окрашенного раствора)

Для оценки степени осмотической резистентности эритроцитов применяли серию растворов хлорида натрия различной концентрации. Последовательное уменьшение концентрации NaCl позволяет проследить момент начала и завершения гемолиза, что отражает устойчивость клеточных мембран к гипоосмотическому воздействию [5-8]. Для иллюстрации использованной методики представлена схема градиента NaCl (Рисунок 4), показывающая последовательное снижение концентрации раствора, применяемое для определения порога разрушения клеточных мембран. Наблюдаемые изменения носят адаптационный характер. У студентов с повышенной осмотической хрупкостью клетки более чувствительны к гипоосмотическому стрессу, однако этот эффект обратим и, как правило, нивелируется через несколько месяцев проживания в условиях высокогорья. Результаты подтверждают, что метод определения осмотической резистентности может служить не только учебным инструментом, но и практическим индикатором адаптационных процессов в организме студентов, прибывающих из других климатических зон.



Рисунок 4. Градиент концентраций NaCl, использованный при исследовании

### Заключение

Проведённое исследование позволило оценить особенности осмотической резистентности эритроцитов у иностранных студентов, прибывших из Индии для обучения в высокогорных условиях Кыргызстана [1]. Результаты показали, что у большинства обследованных осмотическая устойчивость эритроцитов соответствует физиологическим нормам, что свидетельствует о хорошем уровне адаптации к новым климатическим условиям. У части студентов (около 30%) выявлено смещение границ гемолиза к более высоким концентрациям NaCl, что отражает умеренную осмотическую хрупкость мембран эритроцитов [7-14]. Вероятнее всего, это связано с процессами акклиматизации организма к условиям высокогорья и изменению газового состава крови. Эти сдвиги носят временный характер и могут рассматриваться как физиологический этап адаптации. Полученные данные подтверждают, что метод определения осмотической резистентности эритроцитов является простым, информативным и надёжным способом оценки адаптационных возможностей организма. Его можно использовать как в учебных целях, так и при проведении профилактических обследований иностранных студентов, находящихся в периоде акклиматизации. Таким образом, исследование продемонстрировало взаимосвязь между устойчивостью клеточных мембран эритроцитов и адаптационными реакциями организма в изменённых условиях окружающей среды. Дальнейшие работы в этом направлении позволят более глубоко изучить механизмы физиологической адаптации и разработать эффективные методы мониторинга функционального состояния организма студентов, обучающихся в условиях высокогорья.

### Список литературы:

1. Абдуллаев С. Х., Айдыралиева Э. Т. Лабораторные методы оценки устойчивости эритроцитов при адаптации студентов-медиков. Бишкек: ИГМУ, 2023. 46 с.
2. Пальцев М. А., Поляков В. Ю. Патологическая физиология. М., 2020. 688 с.
3. Жданов Д. А. Основы лабораторной диагностики. СПб., 2021. 372 с.
4. Сидорова Е. П. Физиология крови и кроветворных органов. М., 2018. 448 с.
5. Николаев А. В., Румянцева Е. А. Осмотическая устойчивость эритроцитов при различных физиологических состояниях // Клиническая лабораторная диагностика. 2020. №8. С. 25-29.
6. Курманалиева Н. Ж., Токтосунова Б. К. Физиологические адаптационные реакции иностранных студентов в условиях высокогорья Кыргызстана // Вестник Кыргызской медицины. 2023. Т. 9. №2. С. 112-117.
7. Bain B. J., Leach M. Blood cells: a practical guide. John Wiley & Sons, 2025.
8. Dacie J. V. Practical haematology. Churchill, 1950.
9. Ghosh K., Ghosh K. Pathogenesis of anemia in malaria: a concise review // Parasitology research. 2007. V. 101. №6. P. 1463-1469. <https://doi.org/10.1007/s00436-007-0742-1>
10. Mohandas N., Gallagher P. G. Red cell membrane: past, present, and future // Blood. 2008. V. 112. №10. P. 3939-3948.

11. World Health Organization. Manual of Hematology Laboratory Methods. Geneva: WHO, 2022. <https://www.who.int>
12. Bain B. J. Blood Cells: A Practical Guide. Wiley-Blackwell, 2021. 600 p.
13. Dacie J. V., Lewis S. M. Practical Haematology. Churchill Livingstone, 2017. 736 p.
14. Dalal B., Shankarkumar A., Ghosh K. Individualization of antiretroviral therapy-Pharmacogenomic aspect //Indian Journal of Medical Research. – 2015. – Т. 142. – №. 6. – С. 663-674. <https://doi.org/10.4103/0971-5916.174549>

*References:*

1. Abdullaev, S. Kh., & Aidyralieva, E. T. (2023). Laboratornye metody otsenki ustoichivosti eritrocytov pri adaptatsii studentov-medikov. Bishkek.
2. Pal'tsev, M. A., Polyakov, V. Yu. (2020). Patologicheskaya fiziologiya. Moscow. (in Russian).
3. Zhdanov, D. A. (2021). Osnovy laboratornoi diagnostiki. St. Petersburg. (in Russian).
4. Sidorova, E. P. (2018). Fiziologiya krovi i krovetvornikh organov. Moscow. (in Russian).
5. Nikolaev, A. V., & Rumyantseva, E. A. (2020). Osmoticheskaya ustoichivost' eritrocytov pri razlichnykh fiziologicheskikh sostoyaniyakh. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, (8), 25-29. (in Russian).
6. Kurmanalieva, N. Zh., & Toktosunova, B. K. (2023). Fiziologicheskie adaptatsionnye reaktsii inostrannykh studentov v usloviyakh vysokogor'ya Kyrgyzstana. *Vestnik Kyrgyzskoi meditsiny*, 9(2), 112-117. (in Russian).
7. Bain, B. J., & Leach, M. (2025). *Blood cells: a practical guide*. John Wiley & Sons.
8. Dacie, J. V. (1950). *Practical haematology*. Churchill.
9. Ghosh, K., & Ghosh, K. (2007). Pathogenesis of anemia in malaria: a concise review. *Parasitology research*, 101(6), 1463-1469. <https://doi.org/10.1007/s00436-007-0742-1>
10. Mohandas, N., & Gallagher, P. G. (2008). Red cell membrane: past, present, and future. *Blood*, 112(10), 3939-3948.
11. World Health Organization. Manual of Hematology Laboratory Methods. Geneva: WHO, 2022. <https://www.who.int>
12. Bain, B. J. (2021). Blood Cells: A Practical Guide. Wiley-Blackwell.
13. Dacie, J. V., & Lewis, S. M. (2017). Practical Haematology. Churchill Livingstone.
14. Dalal, B., Shankarkumar, A., & Ghosh, K. (2015). Individualization of antiretroviral therapy-Pharmacogenomic aspect. *Indian Journal of Medical Research*, 142(6), 663-674. <https://doi.org/10.4103/0971-5916.174549>

Поступила в редакцию  
17.11.2025 г.

Принята к публикации  
27.11.2025 г.

*Ссылка для цитирования:*

Эмилбек кызы Г., Юсупова М. Э., Таалайбекова А. Т. Осмотическая резистентность эритроцитов и типы гемолиза у иностранных студентов // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №1. С. 254-260. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/122/28>

*Cite as (APA):*

Emilbek kyzы, G., Iusupova, M., & Taalaibekova, A. (2026). Osmotic Resistance of Erythrocytes and Types of Hemolysis among Foreign Students. *Bulletin of Science and Practice*, 12(1), 254-260. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/122/28>