

НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЙ ИММУНИТЕТ И УРОВЕНЬ ПРОЦЕССОВ ЛИПОПЕРОКСИДАЦИИ В ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ У СПОРТСМЕНОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ГОДИЧНОГО ЦИКЛА

Аннотация. Функциональное состояние нейтрофилов и уровень малонового диальдегида в плазме и эритроцитах периферической крови на различных этапах годичного цикла оценивали у баскетболистов и пловцов. Установлено, что у спортсменов в возрасте 18–21 года функциональное состояние нейтрофилов значительно отличается от такового у не занимающихся спортом. При этом у баскетболистов активность основных бактерицидных систем значимо повышена во все периоды годичного цикла; активность же ферментов, определяющих завершенность фагоцитоза, резко снижена в подготовительном и восстановительном периодах и незначительно возрастает в соревновательном периоде. У пловцов активность всех изученных ферментов и уровень катионных белков во все периоды снижены либо находятся на уровне контроля.

Ключевые слова: нейтрофилы, липопероксидация, периоды годичного тренировочного цикла.

Abstract. The article reads about the analysis of neutrophils functional condition and malondialdehyde level in peripheral blood plasma and erythrocytes in basketball players and swimmers at various stages of a year cycle. The authors have established that neutrophils functional conditions in sportsmen at the age of 18–21 years significantly differs from those of people not connected with sports. Even though the activity of basic bactericidal systems in basketball players' organism is significantly high during all periods of a year cycle; the activity of the enzymes defining completeness of phagocytosis is sharply decreased in the preparatory and regenerative periods and slightly increases in the competitive period. As for swimmers, the activity of all studied enzymes and the level of cationic proteins are decreased or at control level during all the stages of a cycle.

Key words: neutrophils, lipoperoxidation, the periods of a year training cycle.

Введение

Нейтрофилы периферической крови (Нф) являются основным источником кислородных радикалов в крови. «Респираторный взрыв», сопровождающий фагоцитоз Нф, проявляется усиленной продукцией свободнорадикальных форм кислорода [1]. Это явление, с одной стороны, рассматривается как фактор неспецифической иммунной резистентности, с другой – секреция свободных радикалов приводит к усилению перекисного окисления липидов (ПОЛ).

Усиление ПОЛ возникает также при стрессорных реакциях, возникающих на физическую нагрузку [2]. Поскольку любая спортивная работа протекает в условиях повышенного потребления кислорода, а интенсивность мышечной деятельности при этом может часто и многократно меняться, возможно возникновение относительной гипероксии в мышечной ткани, что тоже приводит к активации свободнорадикального окисления [3]. Гипоксические состояния также могут сопровождаться усилением ПОЛ [4]. Установлено, что высокая активность продуктов свободнорадикального окисления

определяет в норме их регуляторное физиологическое действие, заключающееся, в конечном счете, в обратимом изменении функционального состояния биомембран [5]. Активация же ПОЛ является важнейшим звеном в патогенезе самых различных патологических состояний.

Целью исследования была оценка неспецифического иммунитета и перекисного окисления липидов периферической крови у спортсменов на различных этапах годового цикла.

1. Материал и методы исследования

Были обследованы группы баскетболистов и пловцов мужского пола, мастера спорта, кандидаты в мастера спорта и спортсмены I разряда в возрасте 18–21 года. Контрольную группу составляли лица того же возраста и пола, не занимающиеся спортом. Схемы круглогодичной тренировки строились с учетом теории периодизации спортивной тренировки в течение года [6] и включали подготовительный, соревновательный и восстановительный периоды. При обследовании были использованы цитохимические методики определения в Нф уровня миелопероксидазы (МПО) [7, 8], содержание катионных белков (КБ) [9], уровень кислой фосфатазы (КФ) [10] и щелочной фосфатазы (ЩФ) [11]. Результаты выражали в виде среднего цитохимического коэффициента (СЦК). Биохимический метод был использован для определения уровня ПОЛ по содержанию малонового диальдегида (МДА) [12] в плазме крови и эритроцитах.

Распределение полученных данных позволило использовать при статистической обработке критерий Стьюдента. Для выявления взаимосвязи между компонентами бактерицидных систем Нф и уровнем МДА в плазме крови и эритроцитах был проведен корреляционный анализ. Коэффициент корреляции Спирмена (r) рассчитывали с использованием «StatSoft Statistica v.6.0».

2. Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенных исследований установлено существенное повышение абсолютного количества Нф в соревновательном периоде у баскетболистов при одновременном его снижении у пловцов (рис. 1). При этом относительное количество Нф в соревновательном и восстановительном периодах по сравнению с подготовительным у баскетболистов значительно снижалось (с 78,7 до 57 %) и возрастало у пловцов (с 57,3 до 63,9 %). Существует мнение, что лейкоцитоз в период усиленных физических нагрузок развивается из-за усиления гемопоэза и перераспределения крови [13]. Считается также, что лейкоцитоз в этот период может иметь миогенную природу и сопровождаться нейтрофильным лейкоцитозом, степень выраженности которого будет зависеть от видовых особенностей спорта [14]. Таким образом, наблюдаемая динамика абсолютного числа Нф у пловцов укладывается в существующее представление о нормальном функционировании этого звена неспецифического иммунитета.

При хроническом воздействии неадекватной физической нагрузкой возможно развитие лейкопении. Предполагается, что причиной этого может быть истощение миелоидного резерва, либо это может являться результатом перераспределения лейкоцитов в кровеносном русле [15].

Лейкопения, сопровождающаяся у обследуемых нами баскетболистов снижением как абсолютного, так и относительного количества Нф перифери-

ческой крови (рис. 1), может, видимо, рассматриваться как неблагоприятная реакция и ранний признак хронического утомления [13, 16].

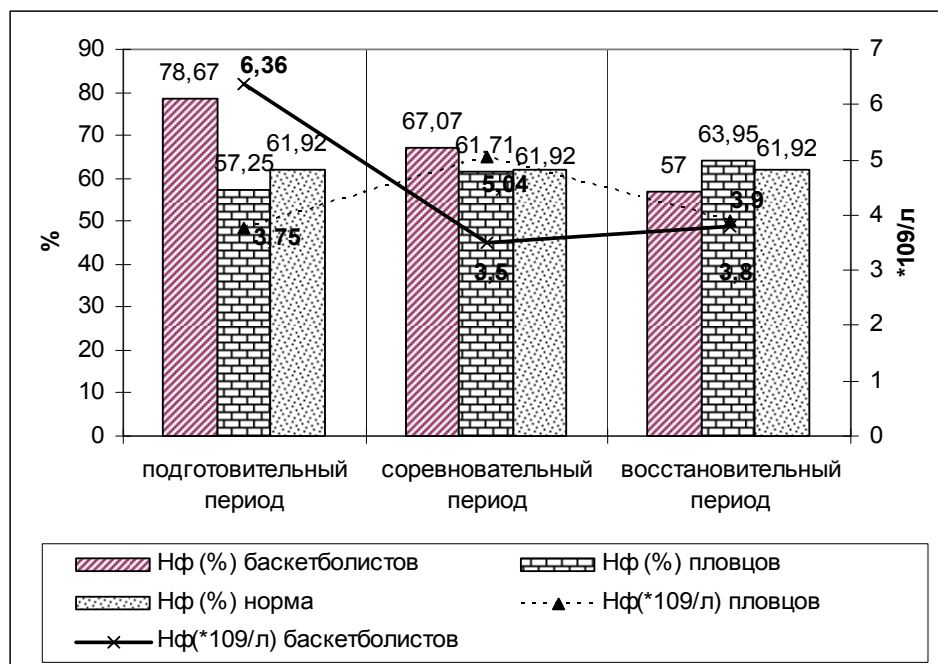


Рис. 1. Динамика абсолютного и относительного количества Нф периферической крови у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса в течение годичного цикла

Регулярные физические нагрузки рассматриваются, как правило, в качестве средства повышения функциональной активности систем транспорта кислорода. Это повышает устойчивость к гипоксии, что и определяет устойчивость к разнородным стрессорным воздействиям на основе феномена перекрестной резистентности. Однако понятия «физическая активность», «занятия физической культурой и спортом» реально предполагают конкретные виды спортивных тренировок. Наиболее важным с физиологической точки зрения является подразделение спортивных нагрузок на так называемые аэробные (циклические виды спорта) и анаэробные (скоростно-силовые и сложнокоординационные виды спорта). При подготовке спортсменов разной специализации преобладают анаэробные или аэробные нагрузки. Согласно данным литературы [17] функциональное состояние Нф периферической крови, а также их способность к спонтанной продукции свободных радикалов зависит от направленности тренировочного процесса.

При оценке функционального состояния Нф периферической крови было обнаружено волнообразное изменения уровня МПО у спортсменов-баскетболистов: резко повышенные по сравнению с контролем показатели МПО в подготовительном периоде в соревновательном периоде снижались до контрольных величин и вновь значительно возрастали в восстановительный период. У спортсменов-пловцов показатели МПО Нф периферической крови, также повышенные в подготовительном периоде, снижались ниже контроля в соревновательном периоде и сохранялись на этом уровне в восстановительный период (табл. 1).

Уровень КБ, значимо не изменявшийся в Нф периферической крови пловцов во всех исследуемых периодах, в Нф баскетболистов был резко повышен в подготовительный период и затем плавно снижался, достигая уровня нормы в восстановительном периоде.

Активность МПО и уровень КБ характеризуют соответственно аэробную и анаэробную цитотоксичность Нф.

В работах В. Н. Волкова с соавт. [18] показано значительное снижение пероксидазной активности Нф у спортсменов при остром утомлении. Одновременно наблюдается увеличение внутриклеточной активности ЩФ [18]. ЩФ и КФ – это гидролитические ферменты специфических гранул, принимающие активное участие в анаэробном метаболизме. Они ответственны за переваривание убитых клеток и других остатков, поглощенных Нф [19].

В результате проведенных исследований установлено, что уровень КФ, значимо сниженный у пловцов и баскетболистов уже в подготовительном периоде, резко снижается у пловцов и повышается, не достигая, однако, нормы, у баскетболистов в соревновательном периоде, оставался сниженным в обеих группах в восстановительном периоде (табл. 1). Практически сходная динамика ЩФ, что в целом, вероятно, может свидетельствовать о возможности наличия незавершенного фагоцитоза Нф периферической крови спортсменов обеих специализаций на всех этапах годичного цикла.

В работах ряда авторов изучена способность Нф генерировать активные формы кислорода [20]. Были также оценены корреляционные связи между состоянием иммунной системы и содержанием продуктов ПОЛ в крови [21]. Считается, что циркулирующие Нф у спортсменов характеризуются увеличением спонтанной продукции кислородных радикалов [22–24], а лейкоцитарная секреция свободных радикалов является фактором индукции ПОЛ [1]. Таким образом, уровень ПОЛ в периферической крови, с одной стороны, возможно, определяется активностью Нф, с другой стороны, ПОЛ – опосредованная стимуляция клиринговой программы Нф, которая вкупе с моноцитами уменьшает вероятность контакта антигенов с лимфоидными клетками и снижает выраженность гуморального иммунного ответа [1].

В результате проведенных исследований было установлено, что уровень МДА в эритроцитах спортсменов обеих групп статистически значимо ниже, чем в контроле (табл. 2). В плазме крови уровень МДА в течение всего годичного цикла у пловцов был значимо ниже контроля; у баскетболистов уровень МДА в плазме крови в подготовительном периоде был выше уровня нормы и затем снижался, достигая минимума в восстановительном периоде.

Анализ полученных данных продемонстрировал наличие достоверных корреляционных взаимосвязей между состоянием Нф и содержанием МДА в крови. Были установлены корреляции средней силы между уровнем КБ и МДА в плазме в соревновательном ($r = 0,37$, $p < 0,05$) и восстановительном ($r = -0,53$, $p < 0,01$) периодах, а также между уровнем КБ и уровнем МДА в эритроцитах в соревновательном ($r = 0,59$, $p < 0,01$) и в восстановительном ($r = -0,50$, $p < 0,05$) периодах. Эти данные, а также отсутствие значимых корреляционных связей между уровнем ПОЛ в плазме и эритроцитах и активностью МПО Нф у спортсменов-баскетболистов не позволяет утверждать, что содержание продуктов ПОЛ в крови отражает интенсивность продукции свободных радикалов нейтрофильными гранулоцитами, но дает основание полагать, что уровень ПОЛ может отражать способность Нф к фагоцитозу [21].

Таблица 1

Показатели функционального состояния Нf периферической крови у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса в течение годичного цикла (СЦК)

Обследуемая группа	Подготовительный период				Соревновательный период				Восстановительный период			
	МПО	КБ	КФ	ЩФ	МПО	КБ	КФ	ЩФ	МПО	КБ	КФ	ЩФ
Баскетболисты	2,54 ± 0,053*	1,58 ± 0,061*	0,56 ± 0,061*	0,48 ± 0,046*	1,14 ± 0,201√	1,14 ± 0,049*√	1,15 ± 0,05*√	0,95 ± 0,062√	2,51 ± 0,086*√	0,93 ± 0,063 ± 0,077*√	0,56 ± 0,075 ± 0,085	
Пловцы	2,18 ± 0,134*	0,92 ± 0,049	0,96 ± 0,046*	1,22 ± 0,056*	0,99 ± 0,069√	0,96 ± 0,048 ± 0,048	0,63 ± 0,058*	0,66 ± 0,042*√	0,92 ± 0,062 ± 0,034	0,89 ± 0,078*	1,30 ± 0,087√	
Контроль	МПО – 1,13±0,103; КБ – 0,97±0,076; КФ – 1,63±0,112; ЩФ – 0,98±0,156											

Примечание. * – данные, статистически значимо отличающиеся от контрольных; √ – данные, статистически значимо отличающиеся от соответствующих данных в предыдущем периоде; СЦК – средний цитохимический коэффициент.

Таблица 2

Уровень МДА (мкмоль/л) и активность каталазы (К) (моль/мин-л) в плазме крови и эритроцитах у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса в разные фазы годичного цикла

Обследуемая группа	Подготовительный период				Соревновательный период				Восстановительный период			
	плазма		эритроциты		плазма		эритроциты		плазма		эритроциты	
Баскетболисты	МДА	К	МДА	К	МДА	К	МДА	К	МДА	К	МДА	К
	5,31 ± 0,474	0,02 ± 0,004*	553,20 ± 52,137*	2,82 ± 50,360*	4,47 ± 0,53	0,172 ± 0,054*√	512,49 ± 14,321*	10,16 ± 1,698√	2,88 ± 0,363*√	0,016 ± 0,003*√	563,99 ± 36,82	3,78 ± 0,019*√
Пловцы	4,23 ± 0,281	0,072 ± 0,014	410,04 ± 81,753*	1,57 ± 0,353*	3,51 ± 0,480*	0,055 ± 0,009*	644,35 ± 43,51*√	10,886 ± 1,935√	2,55 ± 0,178*√	0,088 ± 0,031	369,35 ± 8,966*√	5,784 ± 0,655*√
Контроль	Плазма крови				эритроциты				эритроциты			
	МДА – 4,49 ± 0,628 мкмоль/л Каталаза – 0,097 ± 0,023 моль/мин-л				МДА – 861,81 ± 31,085 мкмоль/л Каталаза – 9,95 ± 1,690 моль/мин-л							

Примечание. * – данные, статистически значимо отличающиеся от контрольных; √ – данные, статистически значимо отличающиеся от соответствующих данных в предыдущем периоде.

Анализ корреляционных взаимосвязей между функциональным состоянием Нф и уровнем МДА у пловцов показал наличие корреляций средней силы между активностью МПО и МДА ($r = -0,382$, $p < 0,01$) в плазме крови и активностью ЩФ и МДА ($r = 0,350$, $p < 0,01$) в эритроцитах в соревновательном периоде. В восстановительном периоде коррелятивные связи установлены между активностью МПО и уровнем МДА в эритроцитах ($r = -0,305$, $p < 0,05$) и активностью ЩФ и уровнем МДА в эритроцитах ($r = 0,335$, $p < 0,01$).

Существует мнение, что отрицательные корреляции, регистрируемые в данном случае между активностью МПО и уровнем МДА как в плазме крови, так и в эритроцитах, могут отражать окислительную деструкцию гидроперекисей жирных кислот в присутствии свободных радикалов, секретируемых Нф [25].

Заключение

В целом результаты проведенного исследования свидетельствуют, что у спортсменов в возрасте 18–21 года уровня I разряда, мастеров спорта и кандидатов в мастера спорта с различной направленностью тренировочного процесса функциональное состояние Нф значительно отличается от такового у не занимающихся спортом того же возраста и пола. При этом у баскетболистов активность основных бактерицидных систем (МПО и КБ) значительно повышена во все периоды годичного цикла; активность же ферментов, определяющих завершенность фагоцитоза (КФ и ЩФ) резко снижена в подготовительном и восстановительном периодах и незначительно возрастает в соревновательном периоде. У пловцов активность всех изученных ферментов и уровень КБ снижены, либо находятся на уровне контроля во все периоды годичного цикла.

Оценка корреляционных взаимодействий позволяет предполагать, что уровень МДА в плазме и эритроцитах может отражать способность Нф к фагоцитозу.

Список литературы

1. **Маянский, А. Н.** Очерки о нейтрофиле и макрофаге / А. Н. Маянский, Д. Н. Маянский. – Новосибирск : Наука, 1989. – 215 с.
2. **Мейерсон, Ф. З.** Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Мейерсон, М. Г. Пшенникова. – М., 1988. – 312 с.
3. **Фактор, Э. А.** Перекисное окисление липидов при физических нагрузках и его коррекции экзогенными средствами с целью повышения физической работоспособности спортсмена : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Фактор Э. А. – СПб., 1995. – 24 с.
4. **Скулачев, В. П.** Старение организма – особая биологическая функция / В. П. Скулачев // Биохимия. – 1997. – Т. 62, Вып. 11. – С. 1394–1399.
5. **Fugita, T.** Formation and removal of reactive oxygen species, lipid peroxides and free radicals, and their biological effects / T. Fugita // Yaryugary Zasshi. – 2002. – V. 122, № 3. – P. 203–218.
6. **Матвеев, Л. П.** Общая теория спорта и ее прикладные аспекты / Л. П. Матвеев. – Краснодар : Лань, 2005. – 250 с.
7. **Карпищенко, А. И.** Медицинские лабораторные технологии / А. И. Карпищенко. – СПб. : Интер-Медика, 1999. – Т. 2. – 656 с.
8. **Меньшиков, В. В.** Лабораторные методы исследования в клинике / В. В. Меньшиков. – М. : Медицина, 1987. – 278 с.

9. **Шубич, М. Г.** Выявление катионного белка в цитоплазме лейкоцитов с помощью бромфенолового синего / М. Г. Шубич // Цитология. – 1974. – Т. 16, № 10. – С. 1321–1322.
10. **Шубич, М. Г.** О специфичности цитохимического выявления кислой фосфатазы в нейтрофильных лейкоцитах / М. Г. Шубич // Лаб. дело. – 1980. – № 25. – С. 150–154.
11. **Шубич, М. Г.** Щелочная фосфатаза лейкоцитов в норме и патологии / М. Г. Шубич, Б. С. Нагоев. – М. : Медицина, 1980. – 224 с.
12. **Андреева, Л. И.** Модификация метода определения перекиси липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой / Л. И. Андреева, А. А. Кожемякин, А. А. Кишкун // Лаб. дело. – 1988. – Т. 11. – С. 86–89.
13. **Лапутин, А. Н.** Морфология периферической крови в условиях максимальной физической нагрузки // Проблемы выносливости в спорте : материалы XI Всесоюзной конференции по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности (26–29 мая 1970 г.). – Свердловск, 1970. – С. 247–249.
14. **Рымжанов, К. С.** Показатели количества лейкоцитов и лейкоцитарной формулы у спортсменов разной квалификации и специализации до и после нагрузки в условиях предгорья / К. С. Рымжанов, Т. Л. Рудакова // Сборник научных трудов. – Душанбе, 1974. – С. 178–180.
15. **Петров, Ю. А.** Адаптация к физическим нагрузкам различных звеньев системы крови у спортсменов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Петров Ю. А. – СПб., 1992. – 25 с.
16. **Яновская, А. С.** Особенности лейкопенической реакции у спортсменов при физической нагрузке / А. С. Яновская // Проблемы выносливости в спорте : материалы XI Всесоюзной научной конференции по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности (26–29 мая 1970 г.). – Свердловск, 1970. – С. 514–516.
17. **Сашенков, С. Л.** Иммунная резистентность организма спортсменов в зависимости от аэробной и анаэробной направленности тренировочного процесса // Бюл. exper. биол. и мед. – 1999. – Т. 128, № 10. – С. 380–382.
18. **Волков, В. Н.** О некоторых функциональных изменениях в нейтрофилах крови у спортсменов при утомлении / В. Н. Волков // Актуальные вопросы возрастной физиологии : сборник докладов. – Челябинск, 1976. – С. 13–15.
19. **Пальцин, А. А.** Некоторые вопросы современного учения о полиморфно-ядерных лейкоцитах / А. А. Пальцин // Архив патологии. – 1988. – № 8. – С. 85–90.
20. **Колупаев, В. А.** Влияние интенсивной двигательной деятельности на показатели хемилюминесценции нейтрофилов периферической крови / В. А. Колупаев, А. В. Окишор, Д. А. Дятлов // Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 4. – С. 24–26.
21. **Волчегорский, И. А.** Уровень перекисленных липидов крови и функциональное состояние иммунной системы у лыжников / И. А. Волчегорский, С. Л. Сашенков, А. В. Зурочка, Г. В. Усков // Теория и практика физической культуры. – 2003. – № 8. – С. 25–55.
22. **Дятлов, Д. А.** Изменение функционального статуса и циркулирующих фагоцитов как критерий риска развития респираторных инфекций у спортсменов-лыжников / Д. А. Дятлов, И. А. Волчегорский, Е. Д. Пушкарев // Иммунология. – 1988. – № 5. – С. 59–61.
23. **Павлинский, С. Л.** Роль лейкоцитарного звена в активации процессов перекисного окисления липидов в организме / С. Л. Павлинский, П. В. Пигаревский, В. Н. Загольсая // Физиология человека. – 1997. – Т. 25, № 5. – С. 99–104.

24. **Ortega, E.** Effect of physical activity stress on the phagocytic process of peritoneal macrophages from old guinea pigs / E.Ortega, M. E. Collazos, C. Barriga, M. De la Fuente // *Mech Ageing Dev.* – 1992. – V. 65, № 2–3. – P. 157–65.
25. **Волчегорский, И. А.** «Средние молекулы» и продукты перекисного окисления липидов как система окисления неспецифических регуляторов гемодинамики у спортсменов-лыжников / И. А. Волчегорский, Д. А. Дятлов, А. М. Куликов // *Физиология человека.* – 1996. – Т. 22, № 6. – С. 106–111.

Генинг Татьяна Петровна

доктор биологических наук, профессор,
заведующая кафедрой физиологии
и патофизиологии, Ульяновский
государственный университет

E-mail: Naum-53@yandex.ru

Gening Tatyana Petrovna

Doctor of biological sciences, professor,
head of sub-department of physiology
and pathophysiology, Ulyanovsk
State University

Абакумова Татьяна Владимировна

кандидат биологических наук, ассистент,
кафедра физиологии и патофизиологии,
Ульяновский государственный
университет

E-mail: taty-abakumova@yandex.ru

Abakumova Tatyana Vladimirovna

Candidate of biological sciences, assistant,
sub-department of physiology
and pathophysiology, Ulyanovsk
State University

Величко Татьяна Ивановна

аспирант, Ульяновский
государственный университет

E-mail: tivelichko@mail.ru

Velichko Tatyana Ivanovna

Postgraduate student, sub-department
of physiology and pathophysiology,
Ulyanovsk State University

УДК 616-006.6-07:618.11-006-07

Генинг, Т. П.

Неспецифический иммунитет и уровень процессов липопероксидации в периферической крови у спортсменов на различных этапах годичного цикла / Т. П. Генинг, Т. В. Абакумова, Т. И. Величко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2011. – № 2 (18). – С. 25–32.