

ИММУНОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЯСНЫХ ПОРОД КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, РАЗВОДИМОГО НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Елена Борисовна Шукюрова, кандидат биологических наук

Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН — обособленное отделение Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
п. Восточный-1, Хабаровский край, Россия
E-mail: dvniishimgen@mail.ru

Аннотация. Установлена генетическая структура крупного рогатого скота мясных пород, разводимых на Дальнем Востоке по частоте эритроцитарных антигенов. Всего исследовано 2265 голов животных герефордской, абердин-ангусской, калмыцкой и казахской белоголовой пород. Для всех изученных пород характерна высокая частота антигенов $A_2, Y_2, A'_2, C_1, C_2, E, W, X_2, F, V, L, H', Z$ и низкая — I_1, K', B'', M, U, H'' . Отличительная черта для каждой породы: у калмыцкого скота чаще встречаются антигены Z' (EAA-локус), P_2, T_2, B', O', K' (EAB-локус), L' (EAC-локус), $p < 0,001$; у абердин-ангусского — Q (EAB-локус), U'_1 (EAS-локус), $p < 0,001$ и редко R_1 (EAC-локус), $p < 0,01$; у герефордов низкая частота O_1, O_2, Y' (EAB-локус), $p < 0,001$; казахского белоголового — высокая концентрацией антигенов J'_2 (EAB-локус), $p < 0,001$, V (EAF-локус) и низкая — E'_3, Q' (EAB-локус), $p < 0,001$. Анализ генетического сходства и дендрограммы показал, что казахский белоголовый и герефордский скот имеют высокое генетическое сходство, меньшее сходство с этими породами у абердин-ангусского и калмыцкого скота, который формировался в условиях генетического баланса. Полученные материалы будут использованы в дальнейшем для совершенствования селекционной работы с мясными породами в Дальневосточном регионе.

Ключевые слова: Дальний Восток, крупный рогатый скот, мясные породы, эритроцитарные антигены, частота встречаемости, генетическое сходство

IMMUNOGENETIC STRUCTURE OF MEAT BREEDS OF CATTLE BRED IN THE FAR EAST

E.B. Shukyurova, PhD in Biological Sciences

Khabarovsk Federal Research Centre of DVO RAN — Isolating Subdivision the Far East Scientific-Research Institute of Agriculture, Vostochny-1 settlement, Khabarovsk Krai, Russia
E-mail: dvniishimgen@mail.ru

Abstract. The genetic structure of the beef cattle breeding in the Far East relative to the erythrocytic antigens frequency is determined as a result of the researches. In all, 2265 heads of animals of Hereford, Aberdeen-Angus, Kalmyk and Kazakh white-headed breeds have been researched. It is determined that all the researched breeds are characterized by high antigens frequency $A_2, Y_2, A'_2, C_1, C_2, E, W, X_2, F, V, L, H', Z$ and low — I_1, K', B'', M, U, H'' . The distinctive feature of every breed is: for Kalmyk cattle antigens Z' (EAA-locus) P_2, T_2, B', O', K' (EAB-locus), L' (EAC-locus) are met more often, $p < 0,001$; Aberdeen-angus cattle has been distinguished by high frequency of antigens Q (EAB-locus), U'_1 (EAS-locus), $p < 0,001$ and low R_1 (EAC-locus), $p < 0,01$; the low frequency O_1, O_2, Y' (EAB-locus), $p < 0,001$ has been revealed by Hereford cattle; Kazakh white-headed has been distinguished by high concentration of antigens, J'_2 (EAB-locus) $p < 0,001$, V (EAF-locus) and low — E'_3, Q' (EAB-locus), $p < 0,001$. Analysis of the genetic likeness and the dendrogram showed the high genetic likeness between Kazakh white-headed and Hereford cattle. The lower genetic likeness with these breeds is characterized for Aberdeen-Angus cattle and Kalmyk cattle. This fact speaks about the formation of Kalmyk and Aberdeen-Angus breeds in another genetic balance conditions than Kazakh white-headed and Hereford cattle. The materials, received during the researches, will be used in a further perfection of the beef cattle selection in the Far East.

Keywords: the Far East, cattle, beef cattle, erythrocytic antigens, frequency of meeting, genetic likeness

Мясное скотоводство — один из основных жизнеобеспечивающих секторов отечественного аграрного производства. По данным Министерства сельского хозяйства России, в 2020 году поголовье крупного рогатого скота мясных пород в хозяйствах всех категорий составило около 3,91 млн гол. Доля мясного скота — 21,6% общего поголовья КРС. Лидеры по разведению мясных пород — Брянская, Ростовская, Воронежская, Иркутская области, Республика Башкортостан и Краснодарский край. Товарное поголовье коров мясных пород скота сосредоточено в Центральном, Южном и Приволжском федеральных округах (28,3%, 23,8 и 15,4% общего товарного поголовья соответственно). [10] В Дальневосточном

регионе относительно слабый уровень развития мясного животноводства. В 2016 году обеспеченность мясом собственного производства составила всего 25,4%, в 1990 достигала почти 60%. [11]

Крупный рогатый скот мясного направления (герефордская, абердин-ангусская, калмыцкая, казахская белоголовая, шаролезская и другие породы) в Дальневосточном федеральном округе разводят в Амурской и Сахалинской областях, Хабаровском и Приморском краях, Еврейской автономной области и других регионах. Несколько сельхозпредприятий в Амурской, Сахалинской областях и Приморском крае имеют статус племенного хозяйства по разведению КРС мясного направления.

Любая порода обладает своеобразным, уникальным набором генов – генофондом породы, представляет собой продукт мутации, дрейфа генов, эволюции в течение длительного времени, со своим механизмом адаптации к окружающей среде, устойчивостью к эндемичным паразитарным и инфекционным болезням, сложившимся типом кормления и соответствует определенным критериям человеческого общества на территории, где она создавалась. [3] Широкое применение в практике оценки генофонда сельскохозяйственных животных нашли группы крови. Гены групп крови составляют небольшую часть общего генофонда популяции. Однако в отличие от других генов их легче определять у отдельных животных и в популяциях. Эритроцитарные антигены крови, обнаруженные в раннем возрасте, сохраняются на протяжении всей дальнейшей жизни без изменения, характер сочетания их у каждого животного строго индивидуален (исключение – однояйцовые близнецы), наследование идет по кодоминантному типу, при котором все генетические особенности животных проявляются в фенотипических признаках. [2] Эти свойства позволяют использовать группы крови в качестве генетических маркеров (признак, имеющий моногенный тип наследуемости). [8, 15] Применение генетических маркеров в качестве критериев селекционных процессов дает более детально оценить индивидуальные и групповые особенности животных, генетический потенциал стада, пород и отдельно взятых особей, контролировать селекционные процессы в стадах, корректировать их направленность, что дает возможность управлять генетической структурой селекционируемых стад. [4, 7] На практике для этого необходим учет генофонда популяций по маркерным генам.

Результаты многих исследований указывают на заметное различие как между породами, так и внутри одной КРС разных зон разведения в частоте антигенов и их концентрации в пределах локуса и между локусами.

Хорошо изучен генофонд молочных пород КРС, мясных – намного меньше. Генетические особенности крупного рогатого скота мясного направления представлены в трудах ученых. [1, 13, 14]

Цель работы – изучить генетическую структуру по эритроцитарным антигенам групп крови крупного рогатого скота мясных пород, разводимого на Дальнем Востоке, для использования полученных данных в селекционно-племенной работе.

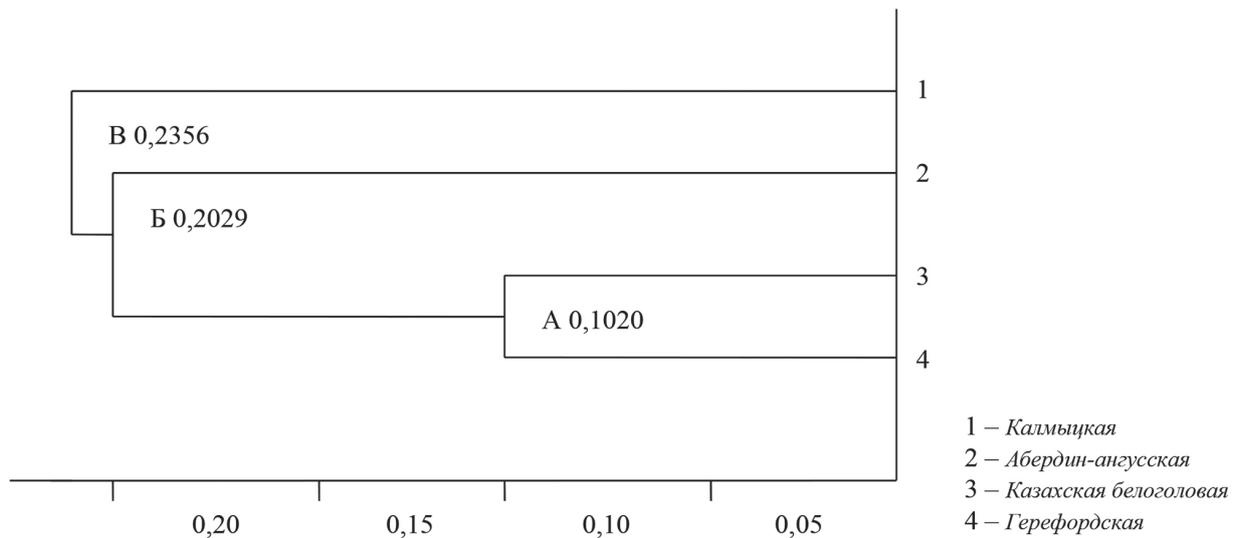
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в лаборатории иммуногенетической экспертизы ХФИЦ ДВО РАН – обособленное подразделение ДВ НИИСХ. Изучали КРС мясных пород (*герфордская, абердин-ангусская, калмыцкая, казахская белоголовая*), разводимый в сельхозпредприятиях Амурской, Сахалинской областей и Еврейской автономной, Хабаровского, Приморского краев. Группу крови определяли общепринятым способом с применением 47 сывороток-реагентов девяти генетических локусов групп крови животных. [9] Частоту антигенов рассчитывали по формуле, предложенной А.М. Машуровым с соавторами. [12]

Таблица 1.
Частота антигенов групп крови у мясных пород, разводимых на Дальнем Востоке

Система групп крови	Антиген	Частота, %				
		герфордская, n=1739	абердин-ангусская, n=416	калмыцкая, n=59	казахская белоголовая, n=51	
EAA	A ₂	54,5	72,8	66,1	56,9	
	Z'	0,8	10,1	22,0*	0	
	B ₂	18,4	35,6	57,6	23,5	
	G ₂	20,7	29,8	45,8	21,6	
	G ₃	20,7	29,8	45,8	21,6	
	I ₁	3,6	4,1	8,5	0	
	I ₂	9,9	19,5	18,6	0	
	K	13,5	6,5	16,9	–	
	O ₁	5,7*	49,6	25,4	7,8	
	O ₁	15,9*	64,0	33,9	7,8	
	P ₂	2,6	3,9	18,6*	7,8	
	Q	12,8	3,9*	22,0	19,6	
	T ₂	2,8	13,7	22,0*	2,0	
	Y ₂	72,2	54,6	40,7	78,4	
	A' ₂	25,8	42,8	37,3	–	
	EAB	B'	2,0	1,7	20,3*	0
		D'	54,7	11,1	37,3	54,9
E' ₃		19,1	73,3	66,1	2,0*	
G'		17,2	18,2	30,5	19,6	
I'		72,9	17,3	30,5	70,6	
O'		15,1	16,3	67,8*	21,6	
K'		2,1	2,4	10,2*	2,0	
J' ₂		1,0	0	11,9	56,9*	
P'		2,4	24,1	15,3	3,92	
Q'		30,2	71,1	66,1	5,9*	
Y'		4,0*	23,3	15,3	7,8	
EAC	B''	1,3	1,2	5,1	0	
	G''	3,8	41,1	37,3	11,8	
	C ₁	79,4	86,1	81,4	23,5	
	C ₂	83,0	86,1	84,7	23,5	
	E	65,2	70,0	72,9	41,2	
	R ₁	44,0	2,1**	11,9	27,5	
	W	68,2	72,9	78,0	58,8	
	X ₂	34,7	43,7	76,3	23,5	
	L'	2,5	5,3	30,5*	3,9	
	F	97,3	95,2	93,2	86,3	
EAF	V	24,6	35,1	49,2	64,7	
	J	14,6	33,2	35,6	39,2	
EAL	L	48,4	36,7	42,4	68,6	
EAM	M	0,8	1,2	0	0	
	S ₁	16,6	16,6	23,7	21,6	
EAS	H'	64,8	82,2	83,1	86,3	
	U	0,2	1,2	0	0	
	U' ₁	4,8	17,6	8,5	2,0	
	H''	4,3	4,1	1,7	0	
EAS	U''	1,1	1,0	13,6	2,0	
	Z	30,6	43,0	69,5	47,1	

Примечание. * – p<0,001, ** – p<0,01.



Дендрограмма, характеризующая генетические расстояния между мясными породами, разводимыми на Дальнем Востоке.

Для установления степени генетической близости животных разных групп использовали индекс генетического сходства (r) и генетическую дистанцию (d) между изученными стадами, которые вычисляли по частотам встречаемости антигенных факторов по формуле, предложенной А.С. Серебровским. [12] Статистическую ошибку индексов генетического сходства (m_r) рассчитывали по формуле Л.А. Животовского. [6] Для графического отображения генетических связей между изученными группами строили дендрограмму методом невзвешенной попарной кластеризации по показателям генетических дистанций. Для проверки значимости различия частот применяли метод χ^2 . [12]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У 2265 исследованных животных выявлено 47 антигенных факторов, контролируемых аллельными генами девяти хромосомных локусов. Частота распространения антигенов варьирует от 0 (антигены K' , P' и другие) до 97,9% (антиген F) (табл. 1). Во всех породах с высокой частотой встречались антигены A_2 (ЕАА-локус), Y_2 , A'_2 (ЕАВ-локус), C_1 , C_2 , E, W, X_2 (ЕАС-локус), F, V (ЕАФ-локус), L (ЕАЛ-локус), H' (ЕАС-локус), Z (ЕАЗ-локус). Носители данных антигенов – 23,5...97,3% животных. С низкой частотой выявлены антигены I_1 , K' , B'' (ЕАВ-локус), M (ЕАМ-локус), U, H'' (ЕАС-локус), носители – 0...10,2% животных. Выявлены значительные различия в частоте встречаемости отдельных антигенов.

В ЕАА-локусе определяли два фактора (A_2 , Z'). Антиген Z' выявлен с низкой частотой у всех пород, кроме калмыцкой. Здесь 22,0% животных носители данного антигена, $p < 0,001$, концентрация антигена A_2 высокая во всех породах (54,5...72,8%).

ЕАВ-локус. Всего определяли 26 антигенов. Выявлены значительные различия в частоте некоторых антигенов. С более высокой частотой у калмыцкого скота встречались антигены P_2 , T_2 , B' , O' , K' , у герефордов значительно реже носители O_1 , O_2 и Y' , $p < 0,001$. У казахского белоголового реже встречались носители E'_3 и Q' антигенов и чаще J'_2 , $p < 0,001$, чем

у остальных исследованных пород. Абердин-ангусский скот отличался более высокой концентрацией антигена Q, $p < 0,001$.

ЕАС-локус. Всего выявлено девять антигенов. В этом локусе отличительная черта абердин-ангусской породы – низкое число носителей R_1 антигена, $p < 0,01$ и высокое – L' антигена у калмыцкой, $p < 0,001$.

ЕАФ-локус. Выявлено два антигена F и V. Первый встречается с высокой частотой, 86,3...97,3% животных – носители данного антигена; второй – реже (исключение – казахский белоголовый скот), носителей в 1,4...2,6 раз больше, чем у других пород.

В однофакторных локусах ЕАJ, ЕАL, ЕАМ и ЕАЗ с более высокой частотой у всех пород встречались антигены L и Z (30,6...69,5%), M – крайне редко, у казахского белоголового и калмыцкого скота не выявлены.

ЕАС-локус. Определяли шесть антигенных факторов. У Абердин-ангусской с более высокой частотой выявлен антиген U'_1 , $p < 0,001$.

На последнем этапе исследований были найдены индексы генетического сходства и генетические дистанции между породами (табл. 2, см. рисунок).

Установлено максимальное сходство между породами герефордской и казахской белоголовой поро-

Таблица 2. Генетическое сходство ($r + m_r$ – вертикаль) и генетическое расстояние (d – горизонталь) между породами, разводимыми на Дальнем Востоке

	Герефордская, n=1739	Абердин-ангусская, n=416	Калмыцкая, n=59	Казахская белоголовая, n=51
Герефордская		0,7971+0,0165	0,7354+0,0447	0,8980+0,0312
Абердин-ангусская	0,2029		0,8406+0,0376	0,7729+0,0471
Калмыцкая	0,2646	0,1594		0,7172+0,0665
Казахская белоголовая	0,1020	0,2271	0,2828	

дами ($0,8980 \pm 0,0312$), меньшее – между *калмыцкой* и *казахской белоголовой* ($0,7172 \pm 0,0665$).

Анализ дендрограммы показал, что *казахский белоголовый* и *геррефордский* скот образуют кластер, это свидетельствует об их высоком генетическом сходстве. На большом удалении находятся *абердин-ангусский* и *калмыцкий* скот, который формировался в условиях генетического баланса, отличающегося от *казахского белоголового* и *геррефордского*.

Таким образом, были получены новые знания по биоразнообразию и иммуногенетической структуре крупного рогатого скота мясных пород, разводимых на Дальнем Востоке. Материалы будут использованы для дальнейшего совершенствования и повышения эффективности селекционно-племенной работы с породами мясного КРС.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Валитов Ф.Р., Долматова И.Ю., Юмагузин И.Ф. Генетическая структура пород крупного рогатого скота по антигенным эритроцитарным факторам // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (52). С. 74–79.
2. Данилкив Э.И. Использование генетических маркеров в селекционно-племенной работе с молочным скотом // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 1. С. 32–37.
3. Дубинин Н.П., Машуров А.М. Сопряженный дрейф аллелей // Докл. АН СССР. 1983. Т. 273. № 6. С. 1487–1490.
4. Дунин И., Данкверт А., Кочетков А. Перспективы развития молочного скотоводства и конкурентоспособность молочного скота, разводимого в Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2013. № 3. С. 1–5.
5. Дунин И.М., Новиков А.А., Романенко М.И. и др. Правила генетической экспертизы племенного материала крупного рогатого скота. М.: Росинформагротех, 2003. 48 с.
6. Животовский Л.А. Показатель сходства популяций по полиморфным признакам // Журн. общей биологии. 1979. Т. 11. № 4. С. 587.
7. Кольцов Д.Н., Багиров, В.А. Романов Ю.Д. Результаты практического использования генетических маркеров – групп крови при изучении воспроизводительной способности крупного рогатого скота // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 1. С. 54–57.
8. Марзанов Н.С. Генетические особенности молочного скота, разводимого в Кабардино-Балкарской Республике // Доклады РАСХН. 2011. № 3. С. 37–41.
9. Машуров А.М., Сухова Н.О., Царев Р.О., Тхань Х.Х. Алгоритмы иммунобиохимической генетики: учебно-метод. пособие. Новосибирск: СО РАСХН, 1998. 112 с.
10. Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2020 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. М., 2021. 231 с.
11. Петрова-Шатохина Т.Р., Реймер В.В. Уровень развития скотоводства в регионах Дальневосточного федерального округа // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1 (361). С. 56–60.
12. Серебровский А.С. Генетический анализ. М.: Наука, 1970. 188 с.
13. Слепцов И.И., Павлова Н.И., Додохов В.В. Системы групп крови и биохимические показатели крупного

рогатого скота калмыцкой породы, разводимой в республике Саха (Якутия) // Вестник КрасГАУ. 2019. № 10 (151). С. 110–115.

14. Яковлев В.С., Коркин А.Ф., Полинковский Л.И., Шошин В.М. Генетические особенности отечественного абердин-ангусского скота и исходных пород // Совершенствование существующих и создание новых пород и типов мясного скота. Сборник науч. тр. ВНИИМС. 1985. С. 32–36.
15. Haeringen H. Applied genetics in Animal Husbandry // The Netherlands. 2001. 18 p.

REFERENCES

1. Valitov F.R., Dolmatova I.Yu., Yumaguzin I.F. Geneticheskaya struktura porod krupnogo rogatogo skota po antigenym eritocitarnym faktoram // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 4 (52). S. 74–79.
2. Danilkiv E.I. Ispol'zovanie geneticheskikh markerov v selekcionno-plemennoj rabote s molochnym skotom // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2008. № 1. S. 32–37.
3. Dubinin N.P., Mashurov A.M. Sopryazhennyj drejff allele // Dokl. AN SSSR. 1983. T. 273. № 6. S. 1487–1490.
4. Dunin I., Dankvert A., Kochetkov A. Perspektivy razvitiya molochnogo skotovodstva i konkurentosposobnost' molochnogo skota, razvodimogo v Rossijskoj Federacii // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2013. № 3. S. 1–5.
5. Dunin I.M., Novikov A.A., Romanenko M.I. i dr. Pravila geneticheskoy ekspertizy plemennogo materiala krupnogo rogatogo skota. M.: Rosinformagrotekh, 2003. 48 s.
6. Zhivotovskij L.A. Pokazatel' skhodstva populyacij po polimorfnyim priznakam // Zhurn. obshchej biologii. 1979. T. 11. № 4. C. 587.
7. Kol'cov D.N., Bagirov, V.A. Romanov Yu.D. Rezul'taty prakticheskogo ispol'zovaniya geneticheskikh markerov – grupp krovi pri izuchenii vosproizvoditel'noj sposobnosti krupnogo rogatogo skota // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014. № 1. S. 54–57.
8. Marzanov N.S. Geneticheskie osobennosti molochnogo skota, razvodimogo v Kabardino-Balkarskoj Respublike // Doklady RASKHN. 2011. № 3. S. 37–41.
9. Mashurov A.M., Suhova N.O., Carev R.O., Than' H.H. Algoritmy immunobiohimicheskoy genetiki: uchebno-metod. posobie. Novosibirsk: SO RASKHN, 1998. 112 s.
10. Nacional'nyj doklad o hode i rezul'tatah realizacii v 2020 godu Gosudarstvennoj programmy razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya. M., 2021. 231 s.
11. Petrova-Shatohina T.R., Rejmer V.V. Uroven' razvitiya skotovodstva v regionah Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2018. № 1 (361). S. 56–60.
12. Serebrovskij A.S. Geneticheskij analiz. M.: Nauka, 1970. 188s.
13. Slepcev I.I., Pavlova N.I., Dodohov V.V. Sistemy grupp krovi i biohimicheskie pokazateli krupnogo rogatogo skota kalmyckoj porody, razvodimoj v respublike Saha (Yakutiya) // Vestnik KrasGAU. 2019. № 10 (151). S. 110–115.
14. Yakovlev V.S., Korkin A.F., Polinkovskij L.I., Shoshin V.M. Geneticheskie osobennosti otechestvennogo aberdin-angusskogo skota i iskhodnyh porod // Sovershenstvovanie sushchestvuyushchih i sozdanie novyh porod i tipov myasnogo skota. Sbornik nauch. tr. VNIIMS. 1985. S. 32–36.
15. Haeringen H. Applied genetics in Animal Husbandry // The Netherlands. 2001. 18 p.