

УДК 56:551.79:599.323.43:551.7.02

## ПОДХОД К УНИФИКАЦИИ МЕЖЗОНАЛЬНЫХ И МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ ФАУНИСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ШИРОТНЫХ ЗОНАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ (НА ПРИМЕРЕ ФАУН ПОЛЕВОК ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА)

© 2019 г. А. В. Бородин<sup>a, b, \*</sup>, Е. А. Маркова<sup>a, \*\*</sup>, Т. В. Струкова<sup>a, \*\*\*</sup>

<sup>a</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург 620144, Россия

<sup>b</sup>Уральский федеральный университет, Екатеринбург 620002, Россия

\*e-mail: bor@ipae.uran.ru

\*\*e-mail: e.markova@ipae.uran.ru

\*\*\*e-mail: strukova@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 20.02.2019 г.

После доработки 15.03.2019 г.

Принята к публикации 25.04.2019 г.

Хронологическая корреляция ископаемых фаун — важный этап изучения палеонтологической летописи четвертичного периода (последние 2.6 млн лет), позволяющий решать широкий спектр задач на стыке биологии и геологии. Традиционным объектом для биостратиграфических и биохронологических исследований в Северном полушарии являются полевки (*Arvicolinae*, *Cricetidae*, *Rodentia*). В качестве биохронологических маркеров используются время первого и последнего обнаружения ключевых таксонов в ископаемых комплексах. Однако корреляция эволюционного уровня фаун в масштабах континентов затруднена, т.к. фауны разных биогеографических областей и природных зон различаются по видовому составу. В работе предложен подход к унификации межзональных и межрегиональных корреляций фаун четвертичных мелких млекопитающих, основанный на пересечении ареалов видов полевок различных природных зон. Выявление синхронных эволюционных стадий филетических линий полевок, распространенных в соседних зонах, позволяет сопоставлять фауны регионов с выраженным широтным градиентом условий среды. Показаны возможности и ограничения практического применения данного подхода для изучения истории фауны Зауралья и Западной Сибири во временном интервале от 1.8 до 0.77 млн л. н.

*Ключевые слова:* фаунистический комплекс, широтная зональность, грызуны, эполейстоцен

DOI: 10.1134/S0044513419100052

Корреляция геологических отложений на основании данных палеонтологической летописи является одной из основных функций биостратиграфии и биохронологии — наук на стыке биологии и геологии. Важной тенденцией развития этих дисциплин в применении к четвертичному периоду (последние 2.6 млн лет) в настоящее время является построение сводных геохронологических шкал в масштабах континентов и генерирование единых баз данных (Zastozhnov et al., 2018). Геологическая компонента четвертичной биостратиграфии и биохронологии развивается в настоящее время весьма эффективно, в первую очередь за счет GIS-технологий и геохронологических методов. Развитие биологической составляющей этих дисциплин сопряжено с рядом трудностей, решение которых требует целенаправленных исследований разнообразных аспектов биологии и экологии тех объектов палеонтологической

летописи, расцвет которых соответствовал рассматриваемому временному интервалу. Одной из таких трудностей при корреляции этапов становления наземных фаун в масштабах континентов является проблема учета природной зональности, менявшейся в результате взаимосвязанных процессов изменения абиотических и биотических компонентов биосферы. Как писал Шер (1971), “широкие ареалы многих млекопитающих дают основу для хронологической корреляции фаун (а, следовательно, и отложений) различных регионов. Вместе с тем присутствие специфических видов в отдельных районах позволяет судить о зональном и провинциальном своеобразии фаун млекопитающих”. Действительно, развитие четвертичной биохронологии и биостратиграфии идет в направлении изучения ключевых таксонов и групп, адаптивная радиа-

ция которых была наиболее успешной и привела к образованию видов с широкими ареалами.

Традиционным объектом для биостратиграфических и биохронологических исследований являются полевки (Arvicolinae, Cricetidae, Rodentia), которые характеризуются быстрой эволюцией, обильной ископаемой летописью и широким географическим распространением (Агаджанян, 1979; Вангенгейм и др., 2001; Бородин, 2012 и др.). Время появления и исчезновения ключевого таксона в филетических линиях полевок, терминальными видами в которых являются современные виды, широко используются в настоящее время в качестве ключевых биохронологических маркеров, как в Евразии (Вангенгейм и др., 2001; Maul, Markova, 2007; Вангенгейм, Тесаков, 2008; Тесаков, Титов, 2013), так и в Северной Америке (Bell, 2000).

Предложенные для европейской части России биохроны MQR (Mammal Quaternary Russia) (Вангенгейм и др., 2001) выделены по времени появления и исчезновения ключевого таксона в филетических линиях полевок, терминальными видами в которых являются современные *Lagurus lagurus* Pallas 1773, *Lasiopodomys (Stenocranius) gregalis* Pallas 1779 и *Arvicola amphibius* Linnaeus 1758. Эти биохроны хорошо применимы к степным или лесостепным фаунам. Однако для территорий, где на протяжении четвертичного периода была выражена широтная зональность: южные степные фауны переходили в фауны гипербореального комплекса (Смирнов, 2001), а фауны севера могли быть только лемминговые (Смирнов и др., 1986), прямое сопоставление невозможно. Поэтому необходимо дифференцировать различия в составе и структуре фаун, вызванные изменениями климатических характеристик во времени, от различий, связанных с широтным градиентом климатических условий в пределах одного хроносека.

Ранее (Бородин, 2012) был предложен подход к унификации межзональных и межрегиональных корреляций, основанный на пересечении ареалов видов различных природных зон и предполагающий увеличение числа филетических линий полевок, используемых для выделения биохронов. Цель данной работы – рассмотреть возможности и ограничения практического применения данного подхода для изучения истории фауны Зауралья и Западной Сибири – регионов, охватывающих значительную часть Северной Евразии.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Удобным модельным регионом для отработки схемы межрегиональных и межзональных биохронологических и биостратиграфических сопоставлений может служить территория Западно-

Сибирской равнины (включая Зауральский пене-плен), где на всех этапах четвертичного периода была выражена широтная зональность (Бородин, 2012).

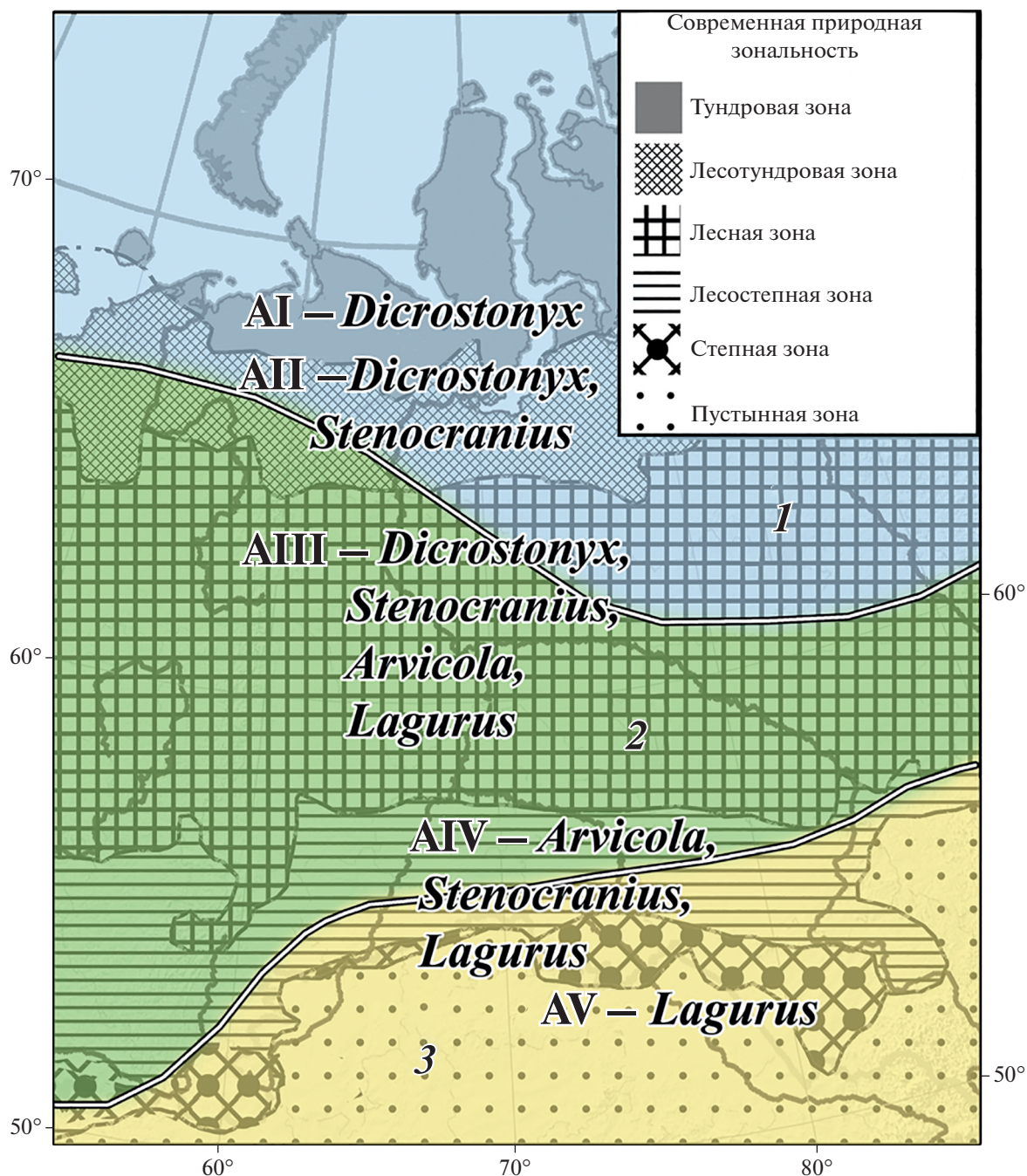
Наличие в составе фаун полевок, характер распространения которых может трактоваться как полизональный или интраполизональный, позволяет провести сопоставление широтных вариантов региональных фаун. На основании широтного распространения представителей филетических линий ключевых таксонов полевок для позднего плейстоцена были выделены пять широтных биохронологических зон (рис. 1). Поскольку эти зоны связаны с ареалами ключевых таксонов, для их обозначения был использован индекс А (от “area” (лат.) – ареал). Нумерация проводится с севера на юг по градиенту увеличения видового разнообразия полевок. Названия широтных биохронологических зон соответствуют названиям терминальных родовых (подродовых) таксонов эволюционных линий полевок, используемых в качестве руководящих форм для относительной датировки:

1. AI – зона распространения линии *Dicrostonyx*;
2. AII – зона распространения линий *Dicrostonyx* и *Stenocranius*;
3. AIII – зона линий *Dicrostonyx*, *Stenocranius*, *Arvicola* и *Lagurus*;
4. AIV – зона линий *Stenocranius*, *Arvicola* и *Lagurus*;
5. AV – зона распространения линии *Lagurus*.

Для выделения как временной, так и географической подзональной специфики могут быть привлечены таксоны других филетических линий. Так, зона AV, получившая название “зона распространения линии *Lagurus*”, подразумевает возможное присутствие в ней и других филетических линий лагурин, а именно, родов *Eolagurus* и †*Lagurodon*.

В данной работе подход, предложенный для позднего плейстоцена, использован для временного интервала от 1.8 до 0.77 млн л. н., что соответствует эпохейстоцену в российской стратиграфической схеме четвертичного периода или второй половине раннего плейстоцена международной геохронологической шкалы.

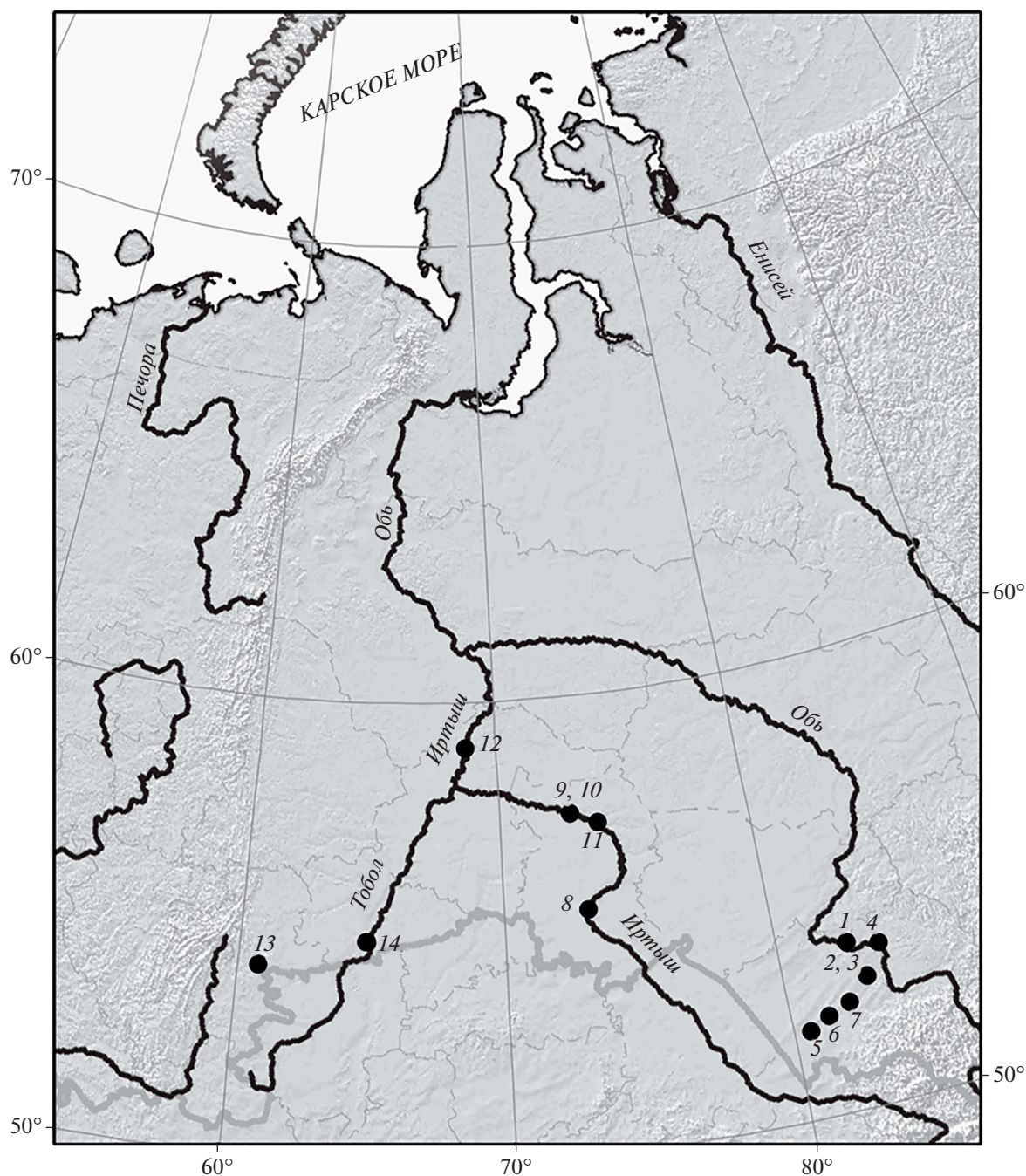
В качестве материала использованы ископаемые комплексы мелких млекопитающих из известных к настоящему времени местонахождений эпохейстоценового возраста (рис. 2). Детальная характеристика рассматриваемых местонахождений и методов их исследования приведена в предыдущих работах (Зажигин, 1980; Смирнов и др., 1986; Стефановский, Бородин, 2002; Krukover, 2007; Бородин, 2012; Borodin et al., 2013; 2019). Названия таксонов ископаемых форм по-



**Рис. 1.** Границы распространения фаун мелких млекопитающих Урала и Западной Сибири в позднем плейстоцене. 1 – тундровые фауны, 2 – гипербореинские фауны, 3 – лесостепные и степные фауны; AI–AV – широтные биохронологические зоны, выделенные на основании совместного распространения руководящих форм полевок.

левок приводятся в соответствии с этими публикациями, но с некоторыми изменениями, учитывающими современные представления о систематике полевок четвертичного периода. В частности, вместо †*Prolagurus praeparannonicus* Torpachevsky 1965 использовано †*Prolagurus ternopolitanus* Torpachevsky 1973; †*Allophaiomys pliocaenicus* Kormos 1932 рассматривается как †*Allophaiomys*

*pliocaenicus sensu lato*, что включает ранее описанные таксоны (Бородин, Ивакина (Погодина), 2000; Стефановский, Бородин, 2002; Стефановский, 2006). Таксон, описанный как †*Dicrostonyx meridionalis* Smirnov et Borodin 1986, рассматриваем как †*Praedicrostonyx meridionalis* (Smirnov et Borodin 1986) в соответствии с последней интерпретацией (Бородин, 2012). Остатки рода †*Plio-*



**Рис. 2.** Основные эоплейстоценовые местонахождения остатков мелких млекопитающих Зауралья и Западной Сибири: 1 – Шелаболиха, 2 – Белово, 3 – Вяткино, 4 – Гоньба, 5 – Кизиха, 6 – Раздолье, Маханово, 7 – Малиновка, 8 – Новотроицкое-2, 9 – Скородум, 10 – Наримановка, 11 – Романово, 12 – Надцы, 13 – Батурино, 14 – обнажение 443-А.

*tus* sp., описанные в местонахождении Романово 1с (Смирнов и др., 1986), мы рассматриваем как *Phenacomys* sp. – род, недавно впервые описанный в фаунах Евразии (Kofschoten et al., 2018). Систематика современных полевок приведена по Абрамсон и Лисовскому (2012).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Вариант использования ключевых таксонов полевок, имеющих широкое географическое распространение, для биохронологической корреляции четвертичных фаун регионов с выраженны-

Возраст, млн. лет	Палео-магнитная шкала	Стратиграфическая шкала					Ключевые таксоны полевок для корреляции фаун и фаунистические комплексы				Биохроны MQR (Тесаков, Титов, 2013)	
		Международная		Российская			Зона АIII		Зона АIV			
		Отдел	Полуотдел	Ярус	Полярус	Эвено	Таксоны	Комплекс	Таксоны	Комплексы		
0.4												
0.5												
0.6												
0.7												
0.8												
0.9												
1.0												
1.1												
1.2												
1.3												
1.4												
1.5												
1.6												
1.7												
1.8												
1.9												
2.0												
2.1												
2.2												
2.3												
2.4												
2.5												
2.6												
2.7												

Рис. 3. Хронология фаунистических комплексов мелких млекопитающих эоплейстоцена Зауралья и Западно-Сибирской равнины, построенная с учетом широтной зональности региона исследований (широтные биохронологические зоны АIII и АIV показаны на рис. 1).

ми градиентами окружающей среды в Северной Евразии на примере Зауралья и Западной Сибири представлен на рис. 3.

Фаунистические комплексы, характеризующие широтную зону АIV (табл. 1), выделены по материалам местонахождений Батурино в Южном Зауралье – Чумлякский I–II, Сарыкульский I–II (Стефановский, Бородин, 2002; Borodin et al., 2019) и Вяткино 1–2 на юго-востоке Западно-Сибирской равнины – Вяткинский (Krukover, 2007). В этих местонахождениях известны находки фаун мелких млекопитающих из отложений, характеризующих циклы седиментации, заканчивающиеся формированием палеопочв – сарыкульской и чумлякской в Южном Зауралье (Стефановский, Бородин, 2002) и палеопочвы в разрезах В-I и В-II в обнажениях левого берега Оби вблизи с. Вяткино (Круковер, 1992). Комплексы мелких млекопитающих из этих местонахождений могут быть четко скоррелированы по эволюционному уровню ключевых таксонов полевок с биохронами MQR 10–7, выделенными для европейской части России (Тесаков, Титов, 2013).

Помимо вышеперечисленных местонахождений, вяткинский комплекс мелких млекопитающих (биохрон MQR7) известен из местонахождений Белово 1–2, Малиновка 1–3, Шелаболиха 1–3, Гоньба 1–2, расположенных на юго-востоке Западной Сибири (Krukover, 2007). В Южном Зауралье фаун мелких млекопитающих эволюционного уровня биохрона MQR 7 пока не известно (Borodin et al., 2019), что может быть связано с эрозией отложений этого возраста за счет того, что в конце эоплейстоцена на Урале была максимальная для четвертичного периода тектониче-

ская активность и происходила перестройка гидрографической сети (Пучков, 2000; Puchkov, Danukalova, 2009). Временной интервал, соответствующий биохронам MQR 10–8, в Южном Зауралье охарактеризован последовательно сменяющимися друг друга фаунистическими комплексами мелких млекопитающих из озерно-аллювиальных отложений с полными циклами озерной седиментации (Borodin et al., 2019). На юго-востоке Западной Сибири фауны мелких млекопитающих уровня MQR10–8 происходят, в основном, из аллювиальных отложений и часто представляют собой смешение разновозрастных переотложенных остатков, среди которых, однако, присутствуют и типичные эоплейстоценовые ключевые таксоны. Несмотря на то, что переотложенные комплексы мелких млекопитающих не могут быть эффективно использованы для стратиграфических построений, они служат источником богатого и исключительно ценного материала для реконструкции состава фаунистических комплексов и изучения изменчивости ключевых таксонов. В Зауралье к таким местонахождениям можно отнести обнажение 443-A на р. Тобол (Borodin et al., 2019), а на юго-востоке Западной Сибири – местонахождение на р. Кизиха (Зажигин, 1980).

Для широтной зоны АIII в настоящее время может быть выделен только один фаунистический комплекс – скородумский, представленный в местонахождениях Скородум а-с, Романово 1с, 3 (Смирнов и др., 1986), Надцы (Круковер, 1992), Наримановка (Бондарев и др., 2018). Временной интервал существования этого комплекса охватывает значительный временной интервал в пределах биохронов MQR 10–8. Вероятно, ископае-

**Таблица 1.** Таксономический состав фаунистических комплексов мелких млекопитающих эоплейстоцена Западной Сибири и Зауралья

Таксон	Комплексы					
	Скородумский	Чумлякский		Сарыкульский		Вяткинский
		I	II	I	II	
<i>Sorex</i> sp.	28	+	–	+	+	4
<i>Sorex</i> cf. <i>araneus</i> Linnaeus 1758	–	–	–	–	+	–
<i>Sorex</i> aff. <i>Drepanosorex</i>	–	–	–	–	+	–
<i>Desmana</i> sp.	4	–	–	+	–	–
<i>D.</i> cf. <i>moschata</i> Linnaeus 1766	–	–	–	–	+	–
Mustelidae ex gr. <i>nivalis-erminea</i>	–	–	–	+	–	–
<i>Lepus</i> sp.	+	–	–	–	–	–
<i>Ochotona</i> sp.	+	–	–	–	+	1
<i>Ochotona</i> ex gr. <i>pusilla</i> Pallas 1769	–	–	–	–	–	19
<i>Spermophilus</i> sp.	5	–	–	+	+	148
<i>Marmota</i> sp.	–	–	–	+	+	–
<i>Trogontherium</i> sp.	–	–	–	+	–	–
<i>Sicista</i> sp.	1	+	–	+	+	–
<i>S.</i> cf. <i>vinogradovi</i> Topachevsky 1965	–	–	–	–	+	–
<i>Allactaga</i> sp.	–	–	–	–	–	2
<i>Allactaga</i> ex gr. <i>jaculus</i> Pallas 1778	–	–	–	–	+	–
<i>Allactagulus</i> sp. aut <i>Pygerethmus</i> sp.	–	–	–	–	–	1
<i>Cricetus</i> sp.	–	–	–	–	–	11
<i>Cricetus</i> ex gr. <i>cricetus</i> Linnaeus 1758	–	–	–	+	+	–
<i>Cricetulus</i> sp.	–	–	–	–	–	7
<i>Prosiphneus</i> sp.	–	–	–	–	+	–
<i>Ellobius</i> sp.	–	–	–	–	–	1
<i>Myospalax</i> sp.	–	–	–	–	–	3
<i>Clethrionomys</i> (всего)	62	–	–	2	2	25
<i>Cl.</i> ex gr. <i>sokolovi</i> Topachevsky 1965 (m1)	–	–	–	2	–	–
<i>Cl.</i> ex gr. <i>glareolus</i> Schreber 1870 (m1)	11	–	–	–	–	–
<i>Cl.</i> sp. (?ex gr. <i>rutilis</i> ) (m1)	3	–	–	–	–	–
<i>Cl.</i> sp. (m1)	3	–	–	–	–	–
<i>Borsodia</i> (всего)	–	38	–	–	–	–
<i>B. fejevaryi</i> Kormos 1934 (m1)	–	9	–	–	–	–
<i>B. prolaguroides</i> Zazhigin 1980 (m1)	–	2	–	–	–	–
<i>Prolagurus</i> (всего)	–	–	2	69	16	–
<i>P.</i> ex gr. <i>ternopolitanus</i> – <i>pannonicus</i>	84	–	–	–	–	–
<i>P. ternopolitanus</i> (Topachevsky 1973) (m1)	?	–	–	14	–	–
<i>P. pannonicus</i> Kormos, 1930 (m1)	?	–	–	–	3	4
<i>P.</i> aff. <i>posterius</i> Zazhigin 1969	–	–	–	–	–	48
<i>Eolagurus</i> aff. <i>simplicidentis</i> Young 1934	–	–	–	–	–	7
<i>Lemmus</i> cf. <i>sibiricus</i> Kerr 1792	389	–	–	–	–	–
<i>Phenacomys</i> sp.	+ ?	–	–	–	–	–
<i>Praedicrostonyx meridionalis</i> (Smirnov et Borodin 1986)	37	–	–	–	–	–
<i>Mimomys</i> (всего)	757	7	2	15	51	–

Таблица 1. Окончание

Таксон	Комплексы					
	Скородумский	Чумлякский		Сарыкульский		Вяткинский
		I	II	I	II	
<i>M. ex gr. intermedius</i> Newton 1881 (m1, M3)	14	—	—	6	4	6
<i>M. ex gr. savini</i> Hinton 1910 (m1)	9	—	—	6	6	—
<i>M. pusillus</i> Méhely 1914 (m1, M3)	11	—	—	3	3	15
<i>M. ex gr. polonicus</i> (m1) Kowalski 1960	2	—	—	—	—	—
<i>Allophaiomys</i> (всего)	2052	20	1	98	164	—
<i>A. ex gr. deucalion–plioacaenicus</i>	388	—	—	—	—	—
<i>A. deucalion</i> Kretzoi 1969 (m1)	?	6	1	9	—	—
<i>A. plioacaenicus</i> Kormos 1932 (m1)	?	—	—	12	34	—
<i>Microtus</i> sp. aut <i>Allophaiomys</i> sp.	—	—	—	—	—	7
<i>Microtus</i> cf. <i>nivaloides</i> Major 1902	—	—	—	—	—	37
<i>M. ex gr. hintoni – gregaloides</i>	—	—	—	—	—	92

Примечания. Составлена по материалам опорных местонахождений Скородум а-с (Смирнов и др., 1986), Батурино (Стефановский, Бородин, 2002; Borodin et al., 2019), Вяткино 1 и 2 (Круковер, 1992). m1 – первый нижний зуб, M3 – третий верхний зуб, “+” – присутствие таксона в фауне, “–” – отсутствие таксона, “?” – требуется дифференциальная диагностика морфологически близких форм с целью таксономической идентификации.

мым остаткам из разных разрезов может быть дана более точная биохронологическая характеристика. Это требует тщательной ревизии таксономического состава скородумских фаун с учетом современных данных и представлений о таксономии полевок.

Границы распространения степной зоны, в фаунах которой отсутствовали лемминги, могут быть определены по наиболее северным точкам находок таких фаун в местонахождениях Батурино и Новотроицкое-2, то есть 55°10' с.ш. В местонахождениях скородумской фауны (57° с.ш.) представлены фауны другого типа. В их составе наряду с *Prolagurus*, *Allophaiomys* и *Mimomys*, обитавшими и в степной зоне, встречены предки современных копытных леммингов (род *Praedicrostonyx*), настоящие лемминги *Lemmus* cf. *sibiricus* Kerr 1792, лесные полевки рода *Clethrionomys*, а также род *Phenacomys*, который вымер в Евразии, но оставил потомков в Северной Америке (Kolfshoten et al., 2018).

Присутствие рода *Phenacomys* в скородумском фаунистическом комплексе (местонахождение Романово 1с) установлено недавно (Kolfshoten et al., 2018) на основании уточненной таксономической интерпретации корнезубой формы, ранее определенной как *Pliomys* sp. (Смирнов и др., 1986). Сопоставление размаха изменчивости евразийских представителей рода *Phenacomys* (Kolfshoten et al., 2018) с морфологическими характеристиками других полевок скородумского комплекса позволяет установить, что единичные бескорневые и бесцементные моляры молодых

особей *Phenacomys* ранее могли быть ошибочно отнесены к *P. meridionalis* (например, Смирнов и др., 1986, рис. 16, 9). В таблице видовой состав скородумского фаунистического комплекса приведен с учетом предварительного сопоставления коллекционных материалов из местонахождений Скородум а-с с опубликованными данными по изменчивости *Phenacomys*.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Ключевые таксоны в широтных зонах АПВ Западно-Сибирской равнины и Зауралья совпадают с таковыми, используемыми в европейских схемах. Различия проявляются на уровне выделяемых подзон. Прежде всего, это касается зоны MQR7, для которой на территории Восточной Европы Вангенгейм с соавторами (2001) выделили подзону, связанную со временем существования †*Lagurodon arankae* Kretzoi 1954. В видовых списках комплексов мелких млекопитающих эоплейстоценового возраста на рассматриваемой территории присутствуют †*Prolagurus (L.) arankae* в местонахождениях Кизиха и Маханово юга Западной Сибири (Зажигин, 1980) и †*P. pannonicus-arankae* – в отложениях из парастратотипического разреза увельской свиты Зауралья в обнажении 443-А на р. Тобол (Стефановский, 2006). Ревизия коллекционных материалов из обнажения 443-А показала, что указанные остатки относятся к так называемому аранкоидному морфотипу, соответствующему размаху изменчивости †*P. ternopolitanus* (Borodin et al., 2019). Возможно,

граница распространения †*L. arankae* проходила по южной части зоны AV. Для характеристики подзонального подразделения европейских фаун, вероятно, должны привлекаться роды *Terricola* и *Chionomys*. В настоящее время открытым остается вопрос о таксономической принадлежности остатков †*Microtus* cf. *nivaloides* F. Major 1902, многочисленных в фаунах биохронона MQR 7 юго-востока Западной Сибири (Круковер, 1992). Считается, что вид †*M. nivaloides*, описанный в составе фаун Европы, морфологически схож с *M. arvalinus* Hinton 1923 (Nadachowski, 1982; Maul, Markova, 2007). Однако анализ изменчивости первых нижних зубов, отнесенных к *M. cf. nivaloides* в местонахождениях Вяткино 1 и 2 и Белово 1 и 2, позволяет предполагать, что эта многочисленная группа может представлять собой этап эволюции линии *Allophaiomys*–*Alexandromys*. Необходима ревизия этой группы с целью определения ее биохронологической информативности для корреляции сибирских фаун в пределах зон A III–V, поскольку наиболее северные находки зубов сходной морфологии, определенные как *Microtus* sp., известны из местонахождений Нижнего Прииртышья, например, из местонахождения Ярсина (Смирнов и др., 1986, рис. 42).

По руководящим формам полевков зоны A IV и A V фауны Западной Сибири могут быть сопоставлены с четвертичными фаунами Забайкалья. Так, в Западном Забайкалье додогольская раннеэоплейстоценовая фауна по †*Allophaiomys deucalion* Kretzoi 1969, †*Borsodia laguriformes* Erbaeva, 1973 и прогрессивной форме †*Mimomys* (Erbaeva и др., 2005), на наш взгляд, может быть сопоставлена с фауной чумлякская I Южного Зауралья. Нижнеэоплейстоценовые тологойские фауны (*Ellobius tancrei* Blasius 1884, †*Eolagurus simplicidentis* Young 1934, *Lasiopodomys brandtii* Radde 1861, *L. (St.) gregalis*) и среднеэоплейстоценовые (*Eolagurus* cf. *luteus* Eversmann 1840, *Lagurus* sp., *Clethrionomys rutilus* Pallas 1779, *L. brandtii*, *Alexandromys fortis* Thomas 1911, *A. mongolicus* Radde 1861, *L. (S.) cf. gregalis*) фауны Западного Забайкалья (Erbaeva и др., 2005) по эволюционным стадиям узкочерепной полевки и пеструшек сопоставимы с синхронными фаунами юга Западной Сибири. В позднем плейстоцене общим элементом забайкальских и западно-сибирских фаун является *Lagurus lagurus*.

В Восточном Забайкалье эоплейстоценовая фауна из усть-оборского делювиосолюфлюксия (Erbaeva и др., 2005), включающая †*L. arankae*, †*P. ternopolitanus* и †*Allophaiomys* cf. *deucalion*, по наличию †*P. ternopolitanus* может быть сопоставлена с фауной чумлякская II Южного Зауралья, а нижнеэоплейстоценовые и среднеэоплейстоценовые (†*Eolagurus simplicidentis*, *Lasiopodomys brandtii*) – с фаунами юга Западной Сибири по морфологическим характеристикам желтой пест-

рушки. Как видно, региональная специфика Забайкалья проявляется в более широком распространении линии †*L. arankae* и присутствии таких форм, как *L. brandtii*, *A. fortis*, *A. mongolicus*.

Линия †*Allophaiomys pliocaenicus* → *L. (S.) gregalis* является связующим звеном широтных зон AII–IV, что позволяет использовать ее как биохронологический маркер практически по всей Палеарктике, за исключением Крайнего Севера (зона AI) и южных аридных районов (зона AV). Это относится как к Европейским фаунам (Рековец, 1994; Maul, Markova 2007; Агаджанян, 2009; Cuenca-Bescós et al., 2010 и др.), так и к фаунам Восточной Сибири. †*L. (S.) gregaloides* Hinton 1923 наряду с *M. ex gr. arvalis* и †*Allophaiomys pliocaenicus* aut *Microtus (M.)* sp., входящая в состав фауны мелких млекопитающих из Тандинского местонахождения левобережья р. Алдан (Вангенгейм, 1977), позволяют сопоставить эту якутскую фауну по времени существования с батуринской фауной Южного Зауралья.

В зоне AIII, наряду с руководящими формам зон AIV и AV, появляются копытные лемминги. Это позволяет провести сравнение и корреляцию четвертичных фаун гипербореальной зоны современных умеренных широт Западной Сибири не только с более южными фаунами Евразии, но и с безаналоговыми фаунами и фаунами тундрового облика, как Европы, так и территорий, лежащих к востоку от Западной Сибири.

Морфотипические характеристики †*Praedicrostonyx meridionalis* из нижеиртышской скородумской фауны позволяют предполагать хронологическую близость этой фауны как с европейской фауной Валеро (Les Valerots), в состав которой входит †*P. antiquitatis* Chaline 1972 (Chaline, 1972), так и с ранним вариантом олерской фауны Якутии, где наряду с †*Praedicrostonyx compitalis* Zazhigin 1976 из полевочьих отмечены сибирские лемминги, ранние †*Allophaiomys*, лесные полевки из группы красных (Никольский и др., 2007). В качестве напоминания о неполноте палеонтологической летописи нужно отметить, что род †*Praedicrostonyx* все еще неизвестен в Восточной Европе.

Естественно, все последующие эволюционные стадии в пределах этой эволюционной линии (Агаджанян, 1972; Агаджанян, Глушанкова, 1986, Смирнов и др., 1997; Зажигин, 2003 и др.) могут быть использованы как биохронологические маркеры по всему ареалу рода *Dicrostonyx* в четвертичном периоде (широтные зоны AI–III).

Следует отметить, что для выделения биохронологических зон Яно-Колымского региона и высоких широт в целом, Шер (1984) предложил именно филетическую линию *Dicrostonychini*: *Praedicrostonyx hopkinsi* Guthrie et Matthews 1971 – *P. compitalis* Zazhigin 1976 – *Dicrostonyx renidens*



Zazhigin 1976 – *D. simplicior* Fejfar 1966 – *D. gulielmi* Sanford 1869 – *D. torquatus* Pallas 1779. Скорее всего, этот подход хорошо реализуем в пределах сплошного ареала ключевых видов. В случае дизъюнктивного ареала возникает вопрос о времени образования hiatus и уровня фиксируемых морфологических различий между отдельными изолятами.

Одна из основных проблем, связанных с межрегиональными и межзональными корреляциями – это неравномерность морфологической эволюции, которая для копытных леммингов наиболее отчетлива. Общеизвестный пример – *D. hudsonius* Pallas 1778, демонстрирующий то, как у современного вида сложность жевательной поверхности верхних щечных зубов соответствует средннеоплейстоценовому виду †*D. ex gr. simplicior*. Также известны другие примеры неравномерности темпов эволюционных преобразований морфотипических характеристик в пределах современного ареала *D. torquatus*: очень сложное строение щечных зубов у копытных леммингов с о-ва Врангеля (Смирнов и др., 1986; Смирнов и др., 1997) и архаичный (позднеплейстоценовый) вариант строения жевательной поверхности щечных зубов копытных леммингов с о-ва Большевик (Абрамсон, Смирнов, 2004).

С этих позиций наиболее корректны межрегиональные сравнения и корреляции по нескольким независимым филетическим линиям, что возможно в пределах широтных зон АII–IV. Наиболее интересна в этом плане зона АIII, в которую попадают фауны безаналогового типа. В эту зону попадают не только европейские фауны (Chaline et al., 1989; Maul, Markova, 2007), но и фауны конца среднего и позднего плейстоцена Предбайкалья, описанные Ф.И. Хензыхеновой (Kchenzykchenova, 1999; Хензыхенова, 2003). Для них характерны *Lagurus lagurus*, копытные лемминги, представленные эволюционными стадиями †*Dicrostonyx cf. simplicior* и †*D. cf. henseli*, *Ellobius cf. tancrei* наряду с *Myopus schisticolor* Lilljeborg 1844, *Lemmus amurensis* Vinogradov, 1933 и *L. brandtii*.

Случаи несовпадений между результатами сопоставления разных филетических линий должны быть проанализированы в контексте физико-географических особенностей региона, видового состава фауны, биотических характеристик, что позволит, с одной стороны, охарактеризовать региональные особенности фауны, а с другой – проследить наличие географической изменчивости на фоне изменчивости во времени.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подход, предложенный для межзональных биостратиграфических и биохронологических

корреляций фаун плейстоцена в центральной части Северной Евразии, применим и для фаун эоплейстоценового возраста. Подход основан на пересечении ареалов видов различных природных зон и использовании полевых с наиболее обширными ареалами в качестве связующих звеньев при сравнении фаун в широтном градиенте. Выявление синхронных эволюционных стадий морфологических характеристик полевых, пространственных в соседних зонах, позволяет сопоставлять фауны регионов с выраженным широтным градиентом условий среды. Таким образом, предложенный подход позволяет не только оценить эволюционный уровень (относительный возраст) фауны, но и получить информацию о характеристиках биомов, существовавших в конкретные интервалы времени.

Для эоплейстоцена Зауралья и Западно-Сибирской равнины в настоящее время по фаунам мелких млекопитающих можно установить существование двух природных зон. В степной зоне (AIV) обитали предки современных степных видов. Севернее (зона АIII) были распространены фауны скородумского типа, не имеющие современных аналогов. Вероятно, область распространения таких фаун можно считать эоплейстоценовым вариантом гипербореальной зоны. Он характеризовался большим видовым разнообразием и присутствием как предков современных видов, так и таксонов, не оставивших потомков в современной фауне Евразии (род *Phenacomys*).

Результаты сопоставления фаун двух широтных зон эоплейстоцена позволяют сформулировать основные ограничения подхода, предложенного для межзональных корреляций четвертичных фаун. Во-первых, это объективные факторы, влияющие на неравномерную сохранность комплексов ископаемых остатков в отложениях различных временных интервалов. Различия условий осадконакопления, а в горных регионах и изменения интенсивности тектонической активности, обуславливают неполноту ископаемой летописи. Во-вторых, это необходимость критического анализа тафономических факторов при выделении фаунистических комплексов. И, в-третьих, важно отметить необходимость совершенствования методов таксономической идентификации ископаемых остатков. Несмотря на имеющиеся ограничения, пять широтных биохронологических зон, выделенных на территории центральной части Северной Евразии, представляются удобной моделью для построения схем транс-евразийских фаунистических корреляций на протяжении разных этапов четвертичного периода.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Публикация посвящена 80-летию А.В. Шера, выдающегося отечественного четвертичного зоолога.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН, а также при частичной финансовой поддержке РФФИ (19-04-00966).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамсон Н.И., Лисовский А.А., 2012. Подсемейство Arvicolinae // Млекопитающие России. Систематико-географический справочник. Ред. Павлинов И.Я., Лисовский А.А. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 220–276.
- Абрамсон Н.И., Смирнов Н.Г., 2004. Копытные лемминги острова Большевик (архипелаг Северная Земля) – реликт последней ледниковой эпохи // Доклады Академии Наук. Т. 397. № 4. С. 570–573.
- Агаджанян А.К., 1972. Лемминговые фауны среднего и позднего плейстоцена // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. № 39. С. 65–81.
- Агаджанян А.К., 1979. Изучение истории мелких млекопитающих // Частные методы изучения истории современных экосистем. М.: Наука. С. 164–193.
- Агаджанян А.К., 2009. Мелкие млекопитающие плиоцен-плейстоцена Русской равнины // Труды Палеонтологического института. Т. 289. С. 1–676.
- Агаджанян А.К., Глушанкова Н.И., 1986. Михайловка – опорный разрез плейстоцена Русской равнины. М.: Географический факультет МГУ. 170 с.
- Бондарев А.А., Тесаков А.С., Бородин А.В., 2018. Новые данные по фауне мелких млекопитающих эоплейстоцена Нижнего Прииртышья // Фундаментальная и прикладная палеонтология: Материалы LXIV сессии Палеонтологического о-ва. Ред.: Богданова Т.Н. и др. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ. С. 184–185.
- Бородин А.В., 2012. Полевки (Arvicolinae, Rodentia) Урала и Западной Сибири (эоплейстоцен – современность). Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН. 40 с.
- Бородин А.В., Ивакина (Погодина) Н.В., 2000. Таксономический статус полевков рода *Allophaiotus* (Arvicolidae, Rodentia) Южноуральского региона // Зоологический журнал. Т. 79. № 12. С. 1465–1475.
- Вангенгейм Э.А., 1977. Палеонтологическое обоснование стратиграфии антропогена Северной Азии (по млекопитающим). М.: Наука. 171 с.
- Вангенгейм Э.А., Певзнер М.А., Тесаков А.С., 2001. Зональное расчленение квартера Восточной Европы по мелким млекопитающим // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т. 9. № 3. С. 76–88.
- Вангенгейм Э.А., Тесаков А.С., 2008. Принципы построения биохронологических шкал по млекопитающим плиоцена и плейстоцена. Состояние проблемы // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. № 68. С. 59–69.
- Ербаева М.А., Карасев В.В., Алексеева Н.В., 2005. Новые данные по стратиграфии плиоцен-плейстоценовых отложений Забайкалья // Геология и геофизика. Т. 46. № 4. С. 414–423.
- Зажигин В.С., 1980. Грызуны позднего плиоцена и антропогена юга Западной Сибири. М.: Наука. 156 с.
- Зажигин В.С., 2003. О копытных леммингах (*Dicrostonyx*, Microtinae, Rodentia) Ойгос-Яра Восточной Сибири и о видовом статусе среднеплейстоценового вида рода *Dicrostonyx* // Естественная история Российской Восточной Арктики в плейстоцене и голоцене. Ред. Никольский П.А. и др. М.: ГЕОС. С. 14–26.
- Круковер А.А., 1992. Четвертичные микротериофауны приледниковой и внеледниковой зон Западной Сибири. Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Новосибирск. 19 с.
- Никольский П.А., Зажигин В.С., Басилян А.Э., 2007. Новые данные по фауне млекопитающих и стратиграфии плейстоцена Северной Якутии // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Отв. ред.: Лаврушин Ю.А., Хорева И.М., Чистякова И.А. М.: ГЕОС. С. 298–300.
- Пучков В.Н., 2000. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия. 146 с.
- Рековец Л.И., 1994. Мелкие млекопитающие антропогена юга Восточной Европы. Киев: Наукова Думка. 372 с.
- Смирнов Н.Г., 2001. Зональное распределение млекопитающих в позднем валдае на Урале // Мамонт и его окружение: 200 лет изучения. Отв. ред. Розанов А.Ю. М.: ГЕОС. С. 209–219.
- Смирнов Н.Г., Большаков В.Н., Бородин А.В., 1986. Плейстоценовые грызуны севера Западной Сибири. М.: Наука. 145 с.
- Смирнов Н.Г., Головачев И.Б., Бачура О.П., Кузнецова И.А., Чепраков М.В., 1997. Сложные случаи определения зубов грызунов из отложений позднего плейстоцена и голоцена тундровых районов Северной Евразии. // Материалы по истории и современному состоянию фауны севера Западной Сибири. Ред. Косинцев П.А. Челябинск: Рифей. С. 60–90.
- Стефановский В.В., 2006. Плиоцен и квартал восточного склона Урала и Зауралья. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. 223 с.
- Стефановский В.В., Бородин А.В., 2002. Опорный разрез отложений эоплейстоцена и нижнего неоплейстоцена в Батурином угольном карьере Южного Зауралья // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т. 10. № 4. С. 79–90.
- Тесаков А.С., Титов В.В., 2013. Биостратиграфическая основа расчленения континентального нижнего плейстоцена (гелазий + калабрий) России // Труды VIII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода “Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований”. Гл. ред. Матишов Г.Г. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. С. 628–630.
- Хензыхенова Ф.И., 2003. Мелкие млекопитающие Байкальского региона в среднем неоплейстоцене – раннем голоцене. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 23 с.
- Шер А.В., 1971. Млекопитающие и стратиграфия плейстоцена Крайнего Северо-Востока СССР и Северной Америки. М.: Наука. 310 с.
- Шер А.В., 1984. Возраст четвертичных отложений Яно-Кольмской низменности и ее горного обрамления // Доклады АН СССР. Т. 278. № 3. С. 708–713.

- Bell C.J.*, 2000. Biochronology of North American microtine rodents // Quaternary Geochronology. Eds Noller J.S., Sowers J.M., Lettis W.R. Washington: American Geophysical Union. P. 379–406.
- Borodin A., Markova E., Zinovyev E., Strukova T., Fominikh M., Zikov S.V.*, 2013. Quaternary rodent and insect faunas of the Urals and Western Siberia: connection between Europe and Asia // Quaternary International. V. 284. P. 132–150.
- Borodin A.V., Strukova T.V., Markova E.A.*, 2019. Calabrian (Eopleistocene) micromammal assemblages from the lacustrine and fluvial deposits of the Southern Trans-Urals and chronological position of some regional stratigraphic units // Quaternary International. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.01.033>
- Chaline J.*, 1972. Les rongeurs du Pleistocene moyen et superieur de France (Systematique – Biostratigraphie – Paleoclimatologie). Cahiers de Paléontologie. Paris: C.N.R.S. 410 p.
- Chaline J., Brunet-Lecomte P., Brochet G., Martin F.*, 1989. Les lemmings fossiles du genre *Lemmus* (Arvicolidae, Rodentia) dans le Pleistocene de France // Geobios. V. 22. № 5. P. 613–623.
- Cuenca-Bescós G., Rofes J., López-García J.M., Blai A.H., de Marfá J.R., Galindo-Pellicena M.A., Bennàsar-Serra M.L., Melero-Rubio M., Arsuaga J.L., Bermúdez de Castro J.M., Carbonell E.*, 2010. Biochronology of Spanish Quaternary small vertebrate faunas // Quaternary International. V. 212. P. 109–119.
- Kchenzykchenova F.I.*, 1999. Pleistocene disharmonious faunas of Baikal region (Russia, Siberia) and their implication for palaeogeography // Anthropozoic. № 23. P. 119–124.
- Kolfschoten T. van, Tesakov A.S., Bell C.J.*, 2018. The first record of *Phenacomys* (Mammalia, Rodentia, Cricetidae) in Europe (early Pleistocene, Zuurland, the Netherlands) // Quaternary Science Reviews. V. 192. P. 274–281.
- Krukover A.*, 2007. Quaternary arvicolid faunas of the Southern West Siberian Plain // Courier Forschungsinstitut Senckenberg. V. 259. P. 93–98.
- Maul L.C., Markova A.K.*, 2007. Similarity and regional differences in Quaternary arvicolid evolution in Central and Eastern Europe // Quaternary International. V. 160. P. 81–99.
- Nadachowski A.*, 1982. Late quaternary rodents of Poland with special reference to morphotype dentition analysis of voles. Warszawa et Krakow: Panstwowe Wydawnictwo Naukowe. 110 p.
- Puchkov V., Danukalova G.*, 2009. The Late Pliocene and Pleistocene History of the South Urals Region // Quaternary International. V. 201. P. 4–12.
- Zastrozhnov A., Danukalova G., Shick S., van Kolfschoten T.*, 2018. State of stratigraphic knowledge of Quaternary deposits in European Russia: Unresolved issues and challenges for further research // Quaternary International. V. 478. P. 4–26.

## AN APPROACH TO THE UNIFICATION OF INTER-BIOME AND INTER-REGIONAL CORRELATIONS OF MICROMAMMAL FAUNAL COMPLEXES ACROSS LATITUDINAL ZONES IN NORTHERN EURASIA, QUATERNARY ARVICOLINE FAUNAS TAKEN AS AN EXAMPLE

A. V. Borodin<sup>1,2,\*</sup>, E. A. Markova<sup>1,\*\*</sup>, T. V. Strukova<sup>1,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Plant and Animal Ecology Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg 620144, Russia*

<sup>2</sup>*Ural Federal University, Ekaterinburg 620002, Russia*

\*e-mail: bor@ipae.uran.ru

\*\*e-mail: e.markova@ipae.uran.ru

\*\*\*e-mail: strukova@ipae.uran.ru

Chronological correlation of faunal complexes is an important stage in the study of the fossil record of the Quaternary (last 2.6 million years), allowing for a wide range of problems at the intersection of biology and geology to be solved. Arvicoline rodents (Arvicolinae, Cricetidae, Rodentia) have traditionally been the object of biostratigraphic and biochronological studies in the Northern Hemisphere. The time of the first and last occurrence of key taxa in fossil assemblages may serve as biochronological markers. However, continent-wide correlations of evolutionary levels of regional faunas are hampered by the differences in the species compositions of different biomes and natural zones. The paper proposes an approach to unifying the inter-biome and inter-zonal correlations of the Quaternary mammal faunas, based on the intersections of the distribution ranges of arvicoline species in various natural zones. Identification of synchronous evolutionary stages of the phyletic lineages of arvicolines common to the neighboring zones allows us to compare the faunas of the regions with a pronounced latitudinal gradient of environmental conditions. The strengths and weaknesses of the practical application of this approach for studying the history of the fauna are exemplified for the Trans-Urals and western Siberia within the time interval from 1.8 to 0.77 million years ago.

*Keywords:* Eopleistocene, faunal complex, latitudinal zones, rodents