

РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ СРЕДЫ ПРИОБЬЯ И ПРИИРТЫШЬЯ ПО ИСКОПАЕМОЙ ФАУНЕ ГРЫЗУНОВ

© 2023 г. С. Е. Голованов^{a, b, *}, Д. Г. Маликов^a

^aИнститут геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
Россия 630090 Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3

^bНовосибирский государственный университет, Россия 630090 Новосибирск, ул. Пирогова, 1

*e-mail: svrgolovanov@gmail.com

Поступила в редакцию 26.06.2022 г.

После доработки 05.12.2022 г.

Принята к публикации 16.12.2022 г.

В работе сопоставляются разные подходы при реконструкции условий среды по ископаемым комплексам грызунов (биоклиматический метод и метод реконструкции почвенно-растительных условий по полевкам). Для реконструкции использованы данные по 10 западно-сибирским местонахождениям, датированным второй половиной среднего плейстоцена. Биоклиматический метод реконструирует аридную климатическую зону на юге Западной Сибири (Предалтайская равнина и Среднее Прииртышье) и умеренно холодный и арктический климат для более северных местонахождений. Метод реконструкции почвенно-растительных условий показывает преобладание ксерофитных растительных сообществ для южных местонахождений и мезофитных, мезогигрофитных и гигрофитных для северных. В качестве дополнительных индикаторов условий среды предлагаются специализированные виды-землерои (алтайский цокор, обыкновенная слепушонка) и бриофаги (сибирский лемминг).

Ключевые слова: грызуны, палеоэкология, климатические зоны, средний плейстоцен, Западная Сибирь

DOI: 10.31857/S0367059723030046, **EDN:** ECEERA

Реконструкция условий среды прошлого является важной составляющей четвертичной геологии. Понимание этих процессов особенно актуально в свете современных климатических изменений и их влияния на биоту. Для подобных реконструкций могут использоваться различные данные: литологические, геохимические, палеонтологические и т.д. [1–5]. Важным источником информации являются фаунистические данные из местонахождений мелких млекопитающих, в особенности грызунов, благодаря наличию среди них большого количества специализированных видов [6–8].

Накопленный массив данных по местонахождениям Западной Сибири, обширные выборки из них и геохронологические датировки позволяют проводить реконструкции среды для определенного времени на сравнительно обширных территориях [2, 7]. В ряде работ [2, 9, 10] по ископаемым комплексам грызунов, в частности полевкам, реконструировали температурные или ландшафтные условия для среднего плейстоцена. При этом в некоторых исследованиях показано, что полевки являются плохим индикатором температурных условий из-за высокой приспособляемости к раз-

личным температурным режимам [8]. Климатические реконструкции по малакафауне и флоре из местонахождений “перигляциальной” микротериофауны также расходились с таковыми по полевкам [11].

Перигляциальная, дисгармоничная или гиперборейная фауна среднего и позднего плейстоцена представляет собой безаналоговый комплекс, где вместе присутствуют остатки типично степных и типично тундровых видов [4, 7, 10]. В настоящее время их ареалы разделены обширной таежной зоной и находятся на большом расстоянии друг от друга. “Дисгармоничность” совместного нахождения этих видов может быть выражена географически (несовпадение ареалов) и климатически (несовпадение климатических параметров внутри ареалов) [4]. Совместное нахождение степных и тундровых грызунов интерпретировалось как доказательство существования тундростепных ландшафтов с относительно низкими температурами [10]. В работах [10, 11] отмечено противоречие этой интерпретации с данными по другим группам, что вносит некоторую путаницу при палеогеографических исследованиях. Решение проблемы интерпретации перигляциальной фауны,

а также детализация палеоэкологических реконструкций по грызунам требуют применения и сопоставления различных подходов, что и сделано в данной работе.

Целью исследования являлась реконструкция условий среды для второй половины среднего плейстоцена на территории Западной Сибири на основании анализа видового состава грызунов из аллювиальных местонахождений. Для достижения этой цели были выбраны два подхода. Первый основан на приуроченности видовых ареалов к современным климатическим зонам, что позволяет реконструировать подобные зоны в прошлом [6]. Второй подход исключает зональный принцип и анализирует привязанность грызунов к фитоценозам, на основании чего возможна реконструкция почвенно-растительных условий [8]. В задачи нашего исследования входило: реконструировать условия среды в рамках каждого из выбранных подходов, сравнить результаты и оценить перспективы их совместного либо альтернативного использования при изучении условий среды Западной Сибири во второй половине среднего плейстоцена. Оба подхода впервые использованы для реконструкции условий среды данного региона в среднем плейстоцене. Учитывая тот факт, что предшествующие реконструкции по ископаемым комплексам млекопитающих не всегда согласуются с результатами реконструкций по другим компонентам биоты, оценку возможности использования новых палеоэкологических подходов и их сопоставление можно рассматривать как важную методическую задачу в рамках четвертичной палеоэкологии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Местонахождения фауны. Для анализа нами были выбраны 10 западно-сибирских местонахождений грызунов, датированных второй половиной среднего плейстоцена (рис. 1), которые расположены в районах Предальтайской равнины, Среднего Приобья, Среднего и Нижнего Прииртышья. Данные по фауне местонахождений Солоновка, Петропавловское и частично Малиновка-4 были получены авторами данной работы [12]. Фаунистический состав местонахождений Калманка, Чембакчино, Бобровка-2, Кривошеино, Татарка, Новотроицкое и частично Малиновка-4 был взят из литературных источников [9–13]. Биостратиграфический, геохронологический (ЭПР, OSL и U/Th датировки) и другие методы датировали эти местонахождения второй половиной среднего плейстоцена по международной стратиграфической шкале или средним неоплейстоценом по общей стратиграфической шкале [9–25]. Все местонахождения являются аллювиальными. Для некоторых характерно частичное переотложение фауны из более древних слоев. При анали-

зе была использована только фауна “послеваткинского” возраста, т.е. таксоны, существовавшие во второй половине среднего плейстоцена и позднее. В соответствии со списками таксонов для местонахождений, включенных в данную работу, мы рассматриваем экологические характеристики для следующих представителей отряда Rodentia: *Lagurus lagurus*, *Lagurus* sp., *Lagurus* ex gr. *transiens*, *Eolagurus luteus*, *Alexandromys* (= *Microtus*) *oeconomus*, *Lasiopodomys* (= *Microtus*) *gregalis*, *Myospalax myospalax*, *Myospalax* cf. *myospalax*, *Myospalax* sp., *Myodes* (= *Clethrionomys*) *glareolus*, *Craseomys* (= *Clethrionomys*) *rufocanus*, *Myodes* (= *Clethrionomys*) *rutilus*, *Clethrionomys* sp., *Arvicola amphibius* (= *terrestris*), *Arvicola* aff. *terrestris*, *Arvicola kalmankensis*, *Arvicola* aff. *mosbachensis*, *Microtus* ex gr. *arvalis-agrestis*, *Ellobius talpinus*, *Ellobius* sp., *Dicrostonyx* ex gr. *guillemi-henseli*, *Dicrostonyx* cf. *simplicior*, *Lemmus sibiricus*, *Lemmus* cf. *sibiricus*, *Microtus* ex gr. *middendorffi-hyperboreus*, *Allactaga major*, *Cricetus cricetus*, *Urocitellus* (= *Spermophilus*) *undulatus*. Экологическая характеристика для вымерших таксонов дана по экологическим предпочтениям современных таксонов соответствующей филетической линии. Если в литературе применялась открытая номенклатура, то таксон либо не учитывали из-за высокой вариативности экологической интерпретации (*Microtus* sp.), либо давали усредненную и наиболее вероятную интерпретацию (*Microtus* ex gr. *arvalis-agrestis*, *Microtus* ex gr. *middendorffi-hyperboreus*, *Lagurus* sp., *Myospalax* sp., *Clethrionomys* sp., *Ellobius* sp.).

Методы реконструкций условий среды по грызунам. При анализе материала были использованы и сопоставлены два подхода для реконструкций среды на основе ископаемых фаун млекопитающих. Биоклиматический анализ основывается на приуроченности современных ареалов грызунов к тем или иным климатическим зонам [26, 27]. Метод реконструкции почвенно-растительных условий, напротив, прослеживает связь полевков с определенными фитоценозами, которые могут располагаться в различных климатических зонах [8].

Биоклиматический дискриминантный анализ разработан профессором М. Фернандезом [26]. Метод реконструирует условия среды прошлого по фаунистическому составу ископаемого комплекса, учитывается степень специализации каждого вида по приуроченности их современных ареалов к тем или иным климатическим зонам и сопоставимым с ними зонобиотам. Посредством дискриминантных уравнений определяются первая и вторая наиболее вероятные климатические зоны для ископаемого сообщества.

Продолжением данной методики является реконструкция температурных параметров через множественный регрессионный анализ современных климатических условий, в которых оби-

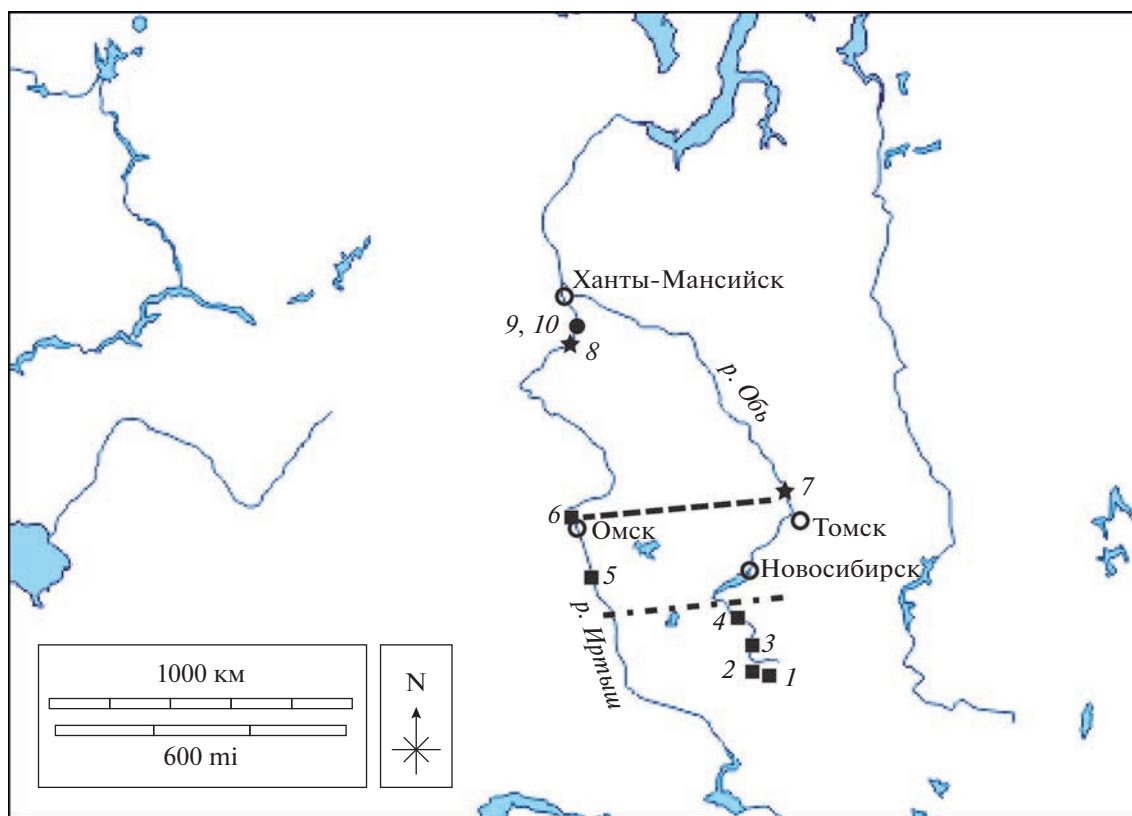


Рис. 1. Исследованные местонахождения грызунов на территории Западной Сибири: Солоновка (1), Петропавловское (2), Калманка (3), Малиновка-4 (4), Татарка (5), Новотроицкое-1 (6), Кривошеино (7), Горная Суббота (8), Бобровка-2 (9), Чембакчино (10); квадрат – аридная климатическая зона, реконструируемая для местонахождений 1–6; звездочка – умеренно холодная зона для местонахождений 7–8; круг – арктическая зона для местонахождений 9–10. Севернее пунктирной линии находятся местонахождения с доминированием грызунов, приуроченных к мезо- и гигрофитным фитоценозам, южнее – местонахождения с доминированием грызунов, приуроченных к ксеро- и мезофитным фитоценозам.

тают сообщества грызунов [27]. Авторами работы [27], в которой была представлена подобная био-климатическая модель для Палеарктики, также был разработан скрипт в среде программирования “R” для вычисления всех параметров. Все расчеты по данной методике были осуществлены нами посредством данного скрипта.

Иная методика реконструкции среды представлена в работе [8]. Согласно данной методике, предложенной Е.А. Марковой, Т.В. Струковой и А.В. Бородиным, почвенно-растительные условия реконструируются через приуроченность современных видов полевок к определенным фитоценозам с наибольшим вниманием к стадиям размножения и переживания неблагоприятных условий. Также учитываются трофическая специализация и условия норения. Авторы этого метода отмечают, что зональный принцип, на котором основан биоклиматический дискриминантный анализ, не может быть использован для реконструкций среды по остаткам мелких млекопитающих [8]. Приводится классификации экологических предпочтений полевок с выделением

4 экологических групп и подгрупп внутри них. В классификации присутствуют следующие группы полевок: виды травянистых сообществ, виды травяно-кустарничковых сообществ, виды растительных сообществ с развитым моховым покровом и виды растительных сообществ с участием древесных и (или) кустарниковых пород, с выраженными защитными свойствами нанорельефа. Помимо этого, можно выделить группы в зависимости от степени увлажнения фитоценозов. В этих группах полевки будут приурочены к ксерофитным, мезофитным и гигрофитным растительным сообществам, а также промежуточным между ними фитоценозам [8].

В оригинальной работе [8] разрешающая способность метода определяется в диапазоне существования современных таксонов на уровне позднего плейстоцена. Вторая половина среднего плейстоцена наиболее близкое к диапазону времени. Мы считаем, что применение данного подхода к местонахождениям этого времени позволяет оценить возможность расширения соответствующего диапазона. При анализе нами учитывались

Таблица 1. Реконструируемые биоклиматическим анализом [27] параметры для местонахождений Западной Сибири

Местонахождение	Cz1 (p1)	Cz2 (p2)	Tmax	Tmin	MAT	MTA
Чембакчино (10)	9 (0.991)	8 (0.009)	9.8	−21.7	−6.6	31.6
Бобровка-2 (9)	9 (0.999)	8 (<0.001)	9.8	−23.2	−7.2	33.1
Горная Суббота (8)	8 (0.893)	9 (0.107)	11.4	−20.9	−5.2	32.3
Кривошеино (7)	8 (0.991)	6 (0.009)	14.7	−19.7	−2.7	34.4
Новотроицкое-1 (6)	7 (0.999)	6 (<0.001)	16.9	−17.9	−0.5	34.9
Татарка (5)	7 (1)	6 (<0.001)	17.6	−16.0	0.8	33.6
Малиновка-4 (4)	7 (1)	6 (<0.001)	18.2	−17.5	0.6	35.7
Калманка (3)	7 (1)	6 (<0.001)	18.7	−15.6	1.7	34.4
Петропавловское (2)	7 (1)	8 (<0.001)	16.1	−24.2	−4.0	40.3
Солоновка (1)	7 (1)	6 (<0.001)	17.6	−18.1	−0.1	35.8

Примечание. Cz1 (Cz2) — первая (вторая) наиболее вероятная климатическая зона для местонахождения; p1 (p2) — значение вероятности реконструкции климатической зоны для местонахождения; Tmax — средняя температура в наиболее жаркий месяц; Tmin — средняя температура в наиболее холодный месяц; MAT (mean annual temperature) — среднегодовая температура; MTA (mean annual thermal amplitude) — средняя температурная амплитуда, рассчитываемая как разница между Tmin и Tmax; 6 — умеренная климатическая зона, 7 — аридная климатическая зона, 8 — умеренно холодная климатическая зона, 9 — арктическая климатическая зона.

остатки алтайского цокора (*Myospalax myospalax*). Хотя данный вид не относится к полевок и не приведен в оригинальной классификации, алтайские цокоры являются специализированными землероями и могут быть сопоставлены с обыкновенными слепушонками (*Ellobius talpinus*) по экологическим предпочтениям.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Посредством среды программирования “R” и скрипта, разработанного для биоклиматического метода [27], для всех 10 местонахождений были реконструированы наиболее вероятные климатические зоны и температурные параметры (табл. 1). Результаты показали зависимость реконструируемой климатической зоны от широтного расположения местонахождения. По ископаемым сообществам юга Западной Сибири с высокой долей вероятности реконструируется аридная климатическая зона. В более северных местонахождениях Нижнего Прииртышья и Среднего Приобья (Горная Суббота и Кривошеино) наиболее вероятна умеренно холодная климатическая зона. Следует отметить, что у местонахождения Горная Суббота наименьший среди всех проанализированных местонахождений коэффициент вероятности первой зоны и наибольший — для второй (арктическая зона). В самых северных из Прииртышских местонахождений (Чембакчино и Бобровка-2) реконструируется арктическая климатическая зона.

Температурные параметры, полученные в ходе расчетов, также показывают взаимосвязь с географическим положением местонахождения. В частности, реконструируемая среднегодовая температура увеличивается по направлению с севера

на юг (см. табл. 1). Исключение составляют южные местонахождения Петропавловское и Солоновка, расположенные в предгорной части Алтая. В обоих местонахождениях среднегодовая температура реконструируется меньше, чем в более северных местонахождениях Калманка и Малиновка-4, приуроченных к Предалтайской равнине.

Реконструкция почвенно-растительных условий по фауне из 10 местонахождений показала постепенное увлажнение фитоценозов по направлению с юга на север. Если на юге Западной Сибири в ископаемых комплексах (Солоновка, Петропавловское, Малиновка-4, Калманка) преобладают виды, приуроченные к ксерофитным и ксеро-мезофитным фитоценозам, то в северных местонахождениях (Чембакчино, Новотроицкое-1, Бобровка, Горная Суббота, Кривошеино) виды, приуроченные к мезофитным, мезогигрофитным и гигрофитным сообществам (рис. 2). В местонахождении Татарка, находящемся между двумя группами местонахождений, реконструируется почти равное распределение экологических групп. В наиболее северном из изученных местонахождений — Чембакчино, виды, приуроченные к ксерофитным и ксеро-мезофитным фитоценозам, занимают наименьшую долю.

Во всех местонахождениях среди грызунов преобладают виды, приуроченные к травянистым растительным сообществам. Важным отличием местонахождений Предалтайской равнины является наличие остатков таких специализированных видов землероев, как алтайский цокор (*Myospalax myospalax*) и обыкновенная слепушонка (*Ellobius talpinus*). Данные виды не встречаются в Прииртышских местонахождениях [10]. При этом в группе северных местонахождений при-

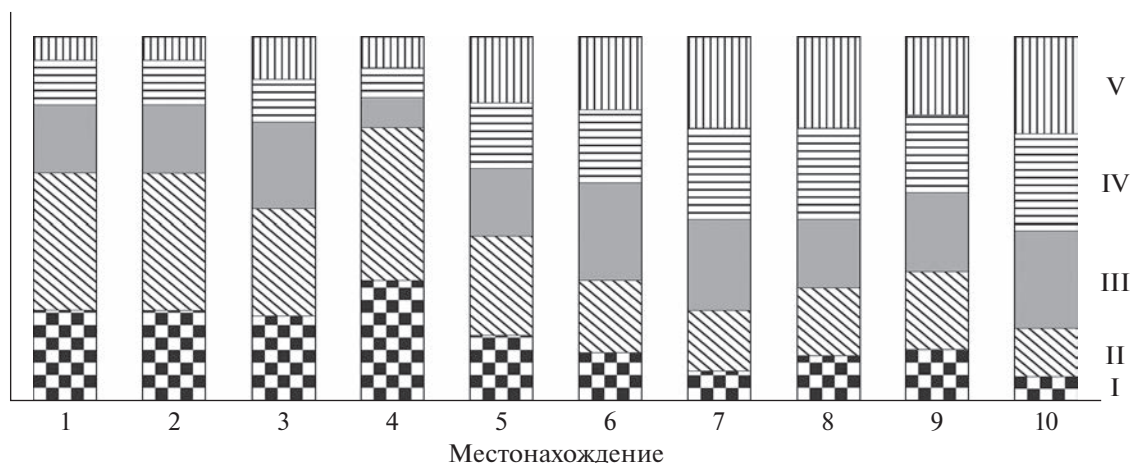


Рис. 2. Соотношение экологических групп полевок в местонахождениях второй половины среднего плейстоцена Западной Сибири: I–V – экологические группы по [8]: I – виды, приуроченные к ксерофитным растительным сообществам, II – мезоксерофитным, III – мезофитным, IV – мезогигрофитным, V – гигрофитным.

сутствуют остатки сибирского лемминга – вида-брюфага, которому необходим развитый моховой покров [8]. В опубликованных палеонтологических коллекциях из местонахождения Татарка отсутствуют остатки как цокоров и слепушонок, так и сибирских леммингов [9, 10], что хорошо согласуется с его промежуточным положением между северными и южными местонахождениями. Исключением является местонахождение Среднего Приобья – Уртам, которое содержит остатки цокоров и сибирских леммингов [10]. К сожалению, отсутствие геохронологических датировок не позволяет достоверно установить верхнюю стратиграфическую границу для данного местонахождения и использовать его при анализе.

ОБСУЖДЕНИЕ

Реконструируемые биоклиматическим методом зоны для исследуемых местонаждений демонстрируют схожую широтную последовательность с современной последовательностью, при этом границы климатических зон смещаются. Так, аридная климатическая зона (степной – пустынный зонобиом) прослеживается до Среднего Прииртышья (Новотроицкое-1). Далее по направлению на север реконструируется незначительная по протяженности зона умеренно холодного климата (Горная Суббота, Кривошеино) до Нижнего Прииртышья, где уже начинается арктическая зона (Чембакчино, Бобровка-2). Данные границы отличаются от современных границ этих зон, где умеренно холодная зона (таежный зонобиом) простирается на более обширной территории, а арктическая зона присутствует лишь на Крайнем Севере Евразии.

Температурные параметры, реконструируемые для местонаждений, имеют более низкие

значения, чем современные температуры с соответствующих территорий (см. табл. 1). По фауне из местонаждений Чембакчино, Бобровка-2 и Горная Суббота реконструируемая среднегодовая температура составляет -6.6 , -7.2 и -5.2°C соответственно. Современные климатические данные за последние 30 лет из базы данных Meteostat выше реконструируемых в среднем на $5-7^{\circ}\text{C}$ для Нижнего Прииртышья.

Для местонаждений Предалтайской равнины характерна большая вариативность температурных параметров. Для равнинных местонаждений среднегодовая температура колеблется в диапазоне от 0.6 до 1.7°C , для предгорных – от -0.1 до -4°C . Для современного климата этой территории не свойственны такие температурные колебания. Разность реконструируемых температур может быть объяснена поступлением материала из горных районов с более низкими температурами, неполнотой фаунистического состава равнинных местонаждений и разным временем их формирования. Возможно, это также является подтверждением неправомерности реконструкции температурных условий по грызунам, что ранее обосновывалось другими исследователями [8]. В пользу этого говорит несоответствие данных по растительности и моллюскам из местонаждений Нижнего Прииртышья, которые реконструируют более теплые обстановки [11], чем показывают данные по фауне млекопитающих.

Метод реконструкции почвенно-растительных условий выявил преобладание ксерофитных и ксеро-мезофитных растительных сообществ на территории Предалтайской равнины (см. рис. 2). Для этих местонаждений характерно преобладание видов, приуроченных к травянистым фитоценозам, что позволяет реконструировать наличие открытых ландшафтов. Такая интерпретация

согласуется с палинологическими данными [15] и не противоречит результатам биоклиматического анализа. Характерным свойством ископаемых комплексов этого региона является наличие специализированных видов-землероев, ведущих преимущественно подземный образ жизни. Таким видам нужна развитая подземная фитомасса, чтобы обеспечить их кормом [8]. При этом данные виды будут избегать регионов с повышенной влажностью или пониженной температурой, что должно затруднить для них рытье нор.

В северных местонахождениях, напротив, встречаются остатки сибирских леммингов, которые могут служить индикаторами наличия развитых моховых покровов, что должно соответствовать большей степени увлажнения. То, что сибирские лемминги и слепушонки с цокорами преимущественно не встречаются совместно в местонахождениях второй половины среднего плейстоцена, позволяет использовать эти виды как хороший палеоэкологический маркер. В исследовании по дисгармоничным фаунам плейстоцена Британии [4] было отмечено, что экстремальные температурные значения по холоду разделяют виды сильнее, чем по теплу. С этой точки зрения наличие или отсутствие данных видов можно интерпретировать как показатель сравнительно низких температур.

Отсутствие этих видов в пограничном местонахождении Татарка можно интерпретировать как существование некоего экотона между ареалами видов-землероев и сибирского лемминга. Поэтому их проникновение в Среднее Прииртышье было ограниченным. Свидетельством существования подобного экотона в Среднем Приобье можно считать местонахождение Уртам, где встречаются остатки цокоров и леммингов [10]. Однако отсутствие геохронологических датировок не позволяет достоверно отнести данное местонахождение ко второй половине среднего плейстоцена и использовать его при анализе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты применения разных подходов для реконструкции условий среды во второй половине среднего плейстоцена хорошо согласуются между собой в южной части Западной Сибири (Предалтайская равнина). Данные, полученные с помощью биоклиматического анализа, можно интерпретировать как существование аридной климатической зоны в этом регионе. Для нее будет характерно наличие ксерофитных и ксеро-мезофитных травянистых растительных сообществ, что и реконструирует второй подход. Не противоречат этому и палинологические данные [15]. Видимо, степи и полупустыни, свойственные современной территории Казахстана, простирались значительно севернее и могли доходить до Среднего Прииртышья, что уже отмечали другие ис-

следователи [7, 9, 10]. Биоклиматический анализ позволил дать качественную оценку этому предположению, выраженную в числовых параметрах наиболее вероятных зон для местонахождений.

Для более северных ископаемых сообществ грызунов оценка условий среды расходится. Биоклиматический анализ реконструирует арктический (тундровый) климат для Нижнего Прииртышья. Такая интерпретация согласуется с реконструкциями, полученными ранее по этим фаунам [10], но противоречит данным по моллюскам и растительности [11]. Хотя биоклиматический метод показал наличие природной зональности, он не смог снять связанные с этим противоречия. С другой стороны, реконструкция почвенно-растительных условий по грызунам демонстрирует преобладание мезофитных, мезогигрофитных и гигрофитных травянистых растительных сообществ. Возможной интерпретацией этих данных является наличие увлажненных, открытых ландшафтов, что менее противоречиво с точки зрения других групп флоры и фауны, так как не предполагает обязательное наличие низких температур.

Оба подхода выявили широтную зональность для второй половины среднего плейстоцена на территории Западной Сибири. Границы выявленных климатических/ландшафтных зон не совпадают с современными. В обоих случаях интерпретации имеют свою логику, что позволяет считать правомерным использование этих подходов. Однако противоречие реконструкции условий среды по биоклиматическому методу с интерпретациями по другим группам биоты вызывает определенные вопросы. Возможно, адаптация метода под регион с большим количеством данных по ареалам видов и их климатической приуроченности решит эту проблему. На данный момент более достоверной для Западной Сибири видится реконструкция среды по экологической приуроченности грызунов к фитоценозам.

В качестве индикаторных видов аридной зоны могут выступать специализированные землерои: алтайский цокор и обыкновенная слепушонка. Наличие их остатков в Предалтайских местонахождениях согласуется с реконструкцией аридных условий для данной территории во второй половине среднего плейстоцена. Отсутствие остатков в более северных местонахождениях среднего плейстоцена также не противоречит результатам по обоим методикам, которые показывают либо более увлажненные, либо более низкотемпературные условия. Показательно, что эти виды в исследованных местонахождениях не встречаются совместно с сибирским леммингом, который является специализированным бриофагом [8, 10]. Таким образом, остатки алтайского цокора, обыкновенной слепушонки и сибирского лем-

минга могут быть использованы как маркёры аридных или увлажненных обстановок.

Сбор материала осуществлен в рамках государственного задания ИГМ СО РАН. Анализ данных выполнен в рамках гранта Президента РФ МК-74.2021.1.5.

Авторы выражают благодарность Е.А. Марковой и Мануэлю Фернандесу-Эрнандесу за консультации в методической части и ценные замечания. Также хотим выразить благодарность Б.Б. Илюшину за помощь при работе со средой программирования “R”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Van Kolfschoten Th.* On the application of fossil mammals to the reconstruction of the palaeoenvironment of northwestern Europe // *Acta Zoologica Cracoviensia*. 1995. V. 38. P. 73–84.
2. *Круковер А.А.* Реконструкция природных условий Казанцевского межледникового на юге Западной Сибири по микротериологическим данным // *Геология и геофизика*. 1999. Т. 40. № 10. С. 1425–1433.
3. *Зыкина В.С., Зыкин В.С.* Лессово-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене. Новосибирск: Академическое изд-во “Гео”, 2012. 477 с.
4. *Polly P.D., Eronen J.T.* Mammal associations in the Pleistocene of Britain: implications of ecological niche modelling and a method for reconstructing palaeoclimate // *Developments in Quaternary Science*. 2011. V. 14. P. 279–304.
5. *Lawing A.M., Polly P.D.* Pleistocene climate, phylogeny, and climate envelope models: An integrative approach to better understand species’ response to climate change // *PLoS ONE*. 2011. V. 6(12): e28554. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028554>
6. *Hernández Fernández M., Peláez-Campomanes P.* The bioclimatic model: a method of palaeoclimatic qualitative inference based on mammal associations // *Global Ecology and Biogeography*. 2003. V. 12. P. 507–517. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00057.x>
7. *Бородин А.В.* Полевки (Arvicolinae, Rodentia) Урала и Западной Сибири (эоплейстоцен–современность): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург, 2012. 40 с.
8. *Маркова Е.А., Струкова Т.В., Бородин А.В.* Полевки (Arvicolinae, Rodentia) как объект палеоэкологических исследований: классификация видов центральной части Северной Евразии по экологическим предпочтениям современных форм // *Зоолог. журн.* 2017. Т. 96. Вып. 10. С. 1254–1266. [*Markova E.A., Strukova T.V., Borodin A.V.* Arvicolines (Arvicolinae, Rodentia) as paleoenvironmental proxies: Classification of species inhabiting the central part of Northern Eurasia based on environmental preferences of their modern representatives // *Biology Bulletin*. 2018. V. 45. № 7. P. 156–166.] <https://doi.org/10.7868/S0044513417080104>
9. *Зажигин В.С.* Грызуны позднего плиоцена и антропогена юга Западной Сибири. М.: Наука, 1980. 156 с.
10. *Круковер А.А.* Четвертичные микротериофауны приледниковой и внеледниковой зон Западной Сибири: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, 1992. 28 с.
11. *Косинцев П.А., Бобковская Н.Е., Бородин А.В.* и др. Трогонтериевый слон Нижнего Иртыша. Екатеринбург: Изд-во “Волот”, 2004. 244 с.
12. *Голованов С.Е.* Реконструкция палеоландшафтов среднего плейстоцена Предалтайской равнины методом биоклиматического дискриминантного анализа мелких млекопитающих // *Материалы XX юбилейной научной конференции (с международным участием) молодых географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 24–29 мая 2021 г.)*, Иркутск, 2021. С. 41–43.
13. *Тесаков А.С.* Эволюция фаун мелких млекопитающих и континентальная биостратиграфия позднего кайнозоя юга Восточной Европы и Западной Азии: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. М., 2021. 167 с.
14. *Шпанский А.В.* Четвертичные крупные млекопитающие Западно-Сибирской равнины: условия обитания и стратиграфическое значение: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Томск, 2018. 45 с.
15. *Зыкин В.С., Зыкина В.С., Смолянинова Л.Г.* и др. Новые данные по стратиграфии четвертичных отложений предгорий Северо-Западного Алтая (долина реки Песчаной) // *Археология, этнография и антропология Евразии*. 2017. Т. 45. № 3. С. 3–16.
16. *Вольвах Н.Е.* Люминесцентная геохронология лёссово-почвенной последовательности неоплейстоцена юго-востока Западно-Сибирской равнины: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, 2022. 26 с.
17. *Зыкина В.С., Вольвах А.О., Зыкин В.С., Вольвах Н.Е.* Особенности строения верхнеплейстоценовой лёссово-почвенной последовательности Колыванского увала Предалтайской равнины // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*. 2018. № 3. С. 54–64.
18. *Архипов С.А., Липке Г.* Результаты ЭПР-датирования раковин *Corbicula tibetensis* из четвертичных отложений Западной Сибири // *Новые данные по геохронологии четвертичного периода*. М.: Наука, 1987. С. 229–235.
19. *Маликов Д.Г., Голованов С.Е.* Морфология первого нижнекоренного зуба *Microtus gregalis* (Rodentia, Arvicolinae) из среднего неоплейстоцена Предалтайской равнины // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*. 2021. № 10с (спецвыпуск). С. 85–90.
20. *Истомин В.Е., Паньчев В.А., Шипицын Ю.Г.* ЭПР-датирование пресноводных раковин *Corbicula tibetensis* из четвертичных отложений Западной Сибири. Новосибирск: ИГИГ, 1988. 8 с.
21. *Максимов Ф.Е., Лаухин С.А., Арсланов Х.А.* и др. Уран-ториевый возраст и условия формирования межледниковых отложений среднего неоплейсто-

- цена на Средней Оби // Вестник СПбГУ. Санкт-Петербург, 2010. Сер. 7, вып. 3. С.103–114.
22. Лаухин С.А. Первые U/Th-даты континентальных отложений верхнего плейстоцена Сибири и их значение для стратиграфии и геохронологии // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2008. № 9. С. 167–182.
23. Волкова В.С. Четвертичные отложения низовьев Иртыша и их биостратиграфическая характеристика. Новосибирск: Наука, 1966. 174 с.
24. Смирнов Н.Г., Большаков В.Н., Бородин А.В. Плейстоценовые грызуны севера Западной Сибири. М.: Наука, 1986. 144 с.
25. Волкова В.С., Архипов С.А., Бабушкин А.Е. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кайнозой Западной Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во “Гео”, 2002. 246 с.
26. Hernández Fernández M. Bioclimatic discriminant capacity of terrestrial mammal faunas // Global Ecol Biogeogr, 2001. V. 10. P. 189–204.
27. Royer A., García Yelo A.B., Laffont R., Hernández Fernández M. New bioclimatic models for the quaternary palaeartic based on insectivore and rodent communities // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2020. V. 560. P. 110040. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.110040>