

Г.Ю. Ямских*, Н.Ю. Жаринова, Д.Е. Макарчук, А.А. Валенкова

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

**Автор для корреспонденции: yamskikh@mail.ru*

Методы палеореконструкций климатов и растительности голоцена (на примере Красноярской котловины)

В статье приведены геохимические исследования отложений в долине р. Березовка (Красноярская лесостепь), непрерывное накопление которых происходило с конца позднего плейстоцена и весь голоцен (начиная с 20833 ± 519 кал. лет назад). Определены характер и условия формирования отложений левобережной террасы р. Енисей Красноярской лесостепи на основе анализа общей характеристики и особенностей макроморфологического строения. Приведены данные детального геоботанического описания пробной площадки лесостепных ландшафтов территории Красноярской котловины, наименее подверженной антропогенному воздействию, и спорово-пыльцевых спектров (СПС) поверхностных проб для оценки отражения состава растительности в спектрах. Для установления достоверности полученных данных использован коэффициент Дэвиса, который дает возможность рассчитать отношение процентного содержания пыльцы вида в спектре к проценту участия этого вида в составе фитоценоза. Было установлено, что между составом растительного покрова лесостепных ландшафтов и составом спорово-пыльцевых спектров существует прямая корреляция, что дает возможность интерпретировать данные спорово-пыльцевого анализа для реконструкций палеоклиматов и палеоландшафтов голоцена. Представлены результаты малакофаунистического анализа разреза поймы р. Талая, заложённого в северо-западной части Красноярской котловины ($56^{\circ}29'$ с.ш., $93^{\circ}45'$ в.д., абсолютная высота — 213 м) на пойме правого берега одноименной реки, в 1 км на северо-восток от д. Талая.

Ключевые слова: палеогеография, голоцен, спорово-пыльцевой анализ, палеопедологический анализ, палеопочвоведение, малакофаунистический анализ, геохимия, Красноярская котловина.

Введение

В условиях современных климатических изменений и связанных с этих неопределенностей большое значение отводится вопросам прогнозирования природно-климатических условий будущего. Для решения данного вопроса необходимо понимание хода процессов прошлого, связанных с динамикой климатов и ландшафтов последней межледниковой эпохи — голоцена [1].

На территории Красноярской котловины в течение многих лет для реконструкций климатов и растительности широко используются палеогеографические методы — спорово-пыльцевой, малакофаунистический и педологический. Анализ их возможностей представлен в настоящей работе.

В условиях неопределенности одной из важнейших проблем является состояние природной среды, которое часто характеризуется исследователями как неустойчивое. Общеизвестно, что главными носителями информации об условиях окружающей среды являются осадочные горные породы. Их толщи содержат важные характеристики процессов литогенеза, действующих на земной поверхности и зависящих от климатических, биологических и геологических факторов. Почвы и коры выветривания характеризуются своим типом памяти и хранения информации. Почвенная память действует в любой точке земной поверхности, что является процессом общего взаимодействия факторов почвообразования. Эти факторы представлены климатом, материнской породой, рельефом и живыми организмами, взаимодействующими во времени. Основным носителем памяти является твердая фаза покрова, структура которой состоит из минеральных, органических и органоминеральных веществ [2].

Одним из методов при палеогеографических реконструкциях голоцена является малакофаунистический, метод применяется не так часто, несмотря на то, что малакофауна имеет широкое распространение и, преимущественно, хорошую сохранность [3]. На территории Красноярской котловины систематическое изучение раковин голоценовых моллюсков началось с 2010 года. Палеонтологический материал обнаружен преимущественно в толщах пойменных отложений малых рек — притоков р. Енисей.

Методы исследования

Для реконструкции древних ландшафтов производится исследование погребенных почв и их реликтовых признаков. Такой подход все более широко применяется в палеопочвоведении или историческом почвоведении [1, 4–6]. Ископаемые почвы располагаются практически везде, где действовали аккумулятивно-денудационные процессы накопления и перемещения осадочных пород.

Для исследования почв важно применение общих методов почвоведения, с помощью которых происходит определение морфологических и физико-химических свойств почв, отражающих общие закономерности развития, что позволяет восстановить факторы почвообразования, действующие в период формирования того или иного горизонта или профиля в целом.

Макроморфологическое описание разрезов проводилось по стандартной схеме полевого изучения почв и отложений, образцы отобраны в соответствии с методическими рекомендациями [7].

Элементный состав образцов (геохимия) был определен в Государственной высшей школе им. Папы Римского Иоанна Павла II (Польша).

Радиоуглеродное датирование образцов в разрезе Березовка–1 (IV) было произведено в Лаборатории изотопных исследований (Геологический центр коллективного пользования, кафедра геологии и геоэкологии географического факультета, Российский государственный педагогический университет им. Герцена, Санкт-Петербург). Калибровка радиоуглеродного возраста выполнена в программе OxCal 4.4 [8]. Даты представлены в калиброванных годах до настоящего времени (BP; 0 yr BP = 1950 AD), использовались значения 95,4 % вероятности. Верхняя дата, отражающая наиболее поздний (современный) период почвообразования, калибрована только в пределах 68,3 % вероятности.

При извлечении раковин моллюсков из отложений использовались общепринятые методики, описанные в работах V. Ložek [9], А.А. Стеклова [10], С.М. Поповой [11], S.W. Alexandrowicz [12] и S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz [13]. Оценка динамики седиментации исследуемых отложений наряду с малакоценологическими сведениями позволяют выделить компоненты танатоценоза и произвести достоверные палеогеографические реконструкции [3, 11, 14, 15].

Первоначально разрез следует тщательно исследовать с помощью лупы на наличие малакофауны. Отбор образцов объемом 8 дм³ осуществляется снизу-вверх через 5 см из зачищенных стенок шурфов. С целью извлечения раковин моллюсков образец породы замачивается в неглубокой чаше и кисточкой с мягким ворсом собираются всплывшие на поверхность экземпляры. Размокший образец промывается в металлических ситах с диаметром ячеек 0,1–0,25 мм и производится сбор всех целых раковин и их идентифицируемых фрагментов [12, 13]. Промытые и высушенные раковины помещаются в пластиковые контейнеры и документируются. В процессе роста моллюска его раковина приобретает совершенно определенные, свойственные данному виду морфологические и морфометрические особенности. Для установления видовой принадлежности моллюсков под бинокулярным микроскопом определяются следующие диагностические признаки: форма, цвет, размеры раковины; форма и размеры устья; структура и скульптура дефинитивных и эмбриональных оборотов.

Из многих функций, которые несет раковина наземных моллюсков — защита от врагов, от механических и химических воздействий, опоры для мускулатуры, терморегуляции и консервации влаги путем сведения до минимума потерь на испарение, особенно важна последняя. Адаптации раковины к выполнению этой функции весьма разнообразны. Они могут быть непосредственными, прямо обеспечивающими уменьшение потерь влаги, или сложными, облегчающими моллюску возможность совершения определенных действий, ведущих в итоге к достижению той же цели защиты. По этой причине при малакофаунистических исследованиях особенно важна оценка изменчивости морфологии раковин моллюсков. Для целых, сформированных раковин под бинокулярным микроскопом с точностью до 0,1 мм производятся следующие замеры: высота раковины (ВР), ширина раковины (ШР), высота устья (ВУ), ширина устья (ШУ), высота последнего оборота (ВПО), высота завитка (ВЗ) и рассчитываются коэффициенты ШР/ВР, ВЗ/ВР, ВПО/ВР, ВУ/ВР, ШУ/ВУ (рис. 1).

Результаты исследований многочисленных местонахождений моллюсков позволяют установить их видовой состав, распространение во времени и сформировать коллекции палеонтологического материала [16].

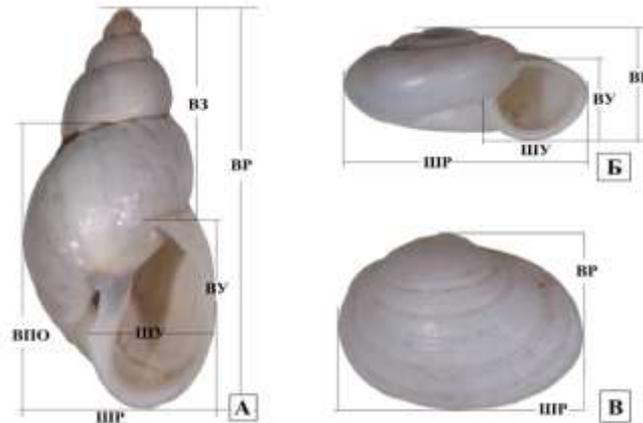


Рисунок 1. Схема основных промеров раковин: *A* — спирально-винтовых; *Б* — спирально-конических и спирально-плоскостных; *В* — двустворчатых раковин (*BP* — высота раковины; *ШП* — ширина раковины; *ВУ* — высота устья; *ШУ* — ширина устья; *ВПО* — высота последнего оборота; *ВЗ* — высота завитка)

При проведении малакофаунистического анализа необходимо правильно интерпретировать данные о видовом составе моллюсков и его изменении в толще исследуемых отложений. Для восстановления условий обитания и типов ландшафтов широко используют метод актуализма. Применительно к малакологии актуалистический подход состоит в анализе образа жизни и условий обитания современных моллюсков для реконструкций природной среды палеомалакофауны геологического прошлого. Определенная экологическая требовательность отдельных видов моллюсков и их групп позволяет выявить особенности растительности, степени увлажнения биотопов, химический и температурный режим водных экосистем [9, 12, 13, 17–21]. Так, например, устанавливается существенное различие видового состава фаун лесных и незалесенных ландшафтов, то есть идентифицируются локальные различия палеогеографических условий, что иными палеонтологическими методами, в частности спорово-пыльцевым анализом, сделать невозможно [9].

По причине отсутствия исследований современной малакофауны Красноярской лесостепи, экологическая приуроченность идентифицированных видов основывалась на материалах об условиях их обитания на территории других регионов Сибири со схожими климатическими условиями. Анализ этих данных показал, что виды моллюсков, встречающиеся в отложениях поймы р. Талая, соответствуют экологическим группам, которые предложены в экологических классификациях [9, 12, 22–24]. Среди наземной малакофауны определены пять групп, которые характерны для биотопов с различной степенью затенения и увлажнения. Пресноводные виды разделены на четыре группы по критериям постоянства водного объекта и характера течения. На основе использования статистических методов были выявлены малакофаунистические ассоциации и их последовательная смена в толще отложений [25].

Радиоуглеродное датирование отложений разреза «Талая» проводилось в Лаборатории археологической технологии Института истории материальной культуры РАН. Значения радиоуглеродного возраста откалиброваны с использованием программы CalPal [26].

Спорово-пыльцевой анализ позволяет выявлять региональную динамику климатических и ландшафтных изменений [27]. Степень насыщенности осадка пыльцой и спорами, видовой состав палиноспектров является надежными показателями реакции растительных сообществ на изменение состояния природной среды, обусловленное общими тенденциями развития климата. В связи с этим спорово-пыльцевые спектры дают надежную информацию о показателях климата и позволяют прогнозировать их изменение в будущем. Поскольку любой вид растений хоть и обитает в определенных благоприятных для него климатических границах, пыльцевая и споровая продуктивность растений, ее сохранность и способность к переносу и переотложению зависят в большой степени от местных условий [28].

Поэтому для каждого региона с различным набором ландшафтных зон необходимо разрабатывать оценочные критерии связей в системе «растительность настоящего–субрецентные палинологические пробы–фоссильные спорово-пыльцевые спектры».

На территории Красноярской котловины таких исследований было немного, поэтому в последние годы основное внимание исследователей и направлено на изучение поверхностных проб с одно-

временным геоботаническим изучением состава современной растительности в местах их отбора и выявления особенностей отражения состава современной растительности в спорово-пыльцевых спектрах субрецентных палинологических проб. Отбор поверхностных проб осуществлялся по стандартной методике [29].

Для учета основных закономерностей формирования спорово-пыльцевых спектров при их интерпретации часто применяются поправочные коэффициенты, которые позволяют перейти от процентного содержания компонентов спектра к процентному содержанию соответствующих растений в растительном покрове. Для выражения зависимости состава растительности в поверхностных СПС был применен коэффициент Дэвиса (K), рассчитывающийся как отношение процентного содержания пыльцы вида в спектре к проценту участия этого вида в составе фитоценоза [30]:

$$K=V/R,$$

где V — доля пыльцы таксона в спорово-пыльцевом спектре; R — объем участия таксона в растительном покрове.

K , равное 1, показывает равный процентный вклад вида растений в СПС и проективное покрытие своего высотного уровня.

$K > 1$ указывает на больший спорово-пыльцевой след, чем на присутствие растения в фитоценозе, что означает либо высокую спорово-пыльцевую продуктивность растений, либо указывает на дополнительное транзитное попадание спор и пыльцы с соседних территорий.

$K < 1$ указывает на низкий процент спор и пыльцы по отношению к обильной встречаемости растения в фитоценозе, что означает низкую сохранность спорово-пыльцевого материала, либо низкую спорово-пыльцевую продуктивность вида растений.

Ввиду того, что рассматриваемые величины вариативны в природной среде, незначительными отклонениями от значения 1 (равновеликие зависимости) следует пренебрегать, так как они находятся в зоне погрешности исследований. Однако следует учитывать, что данные по сопоставлению поверхностных спорово-пыльцевых спектров с составом фитоценозов могут быть эффективно использованы лишь в том случае, если они получены для каждого крупного физико-географического региона в результате изучения большого числа субрецентных спектров поверхностных проб.

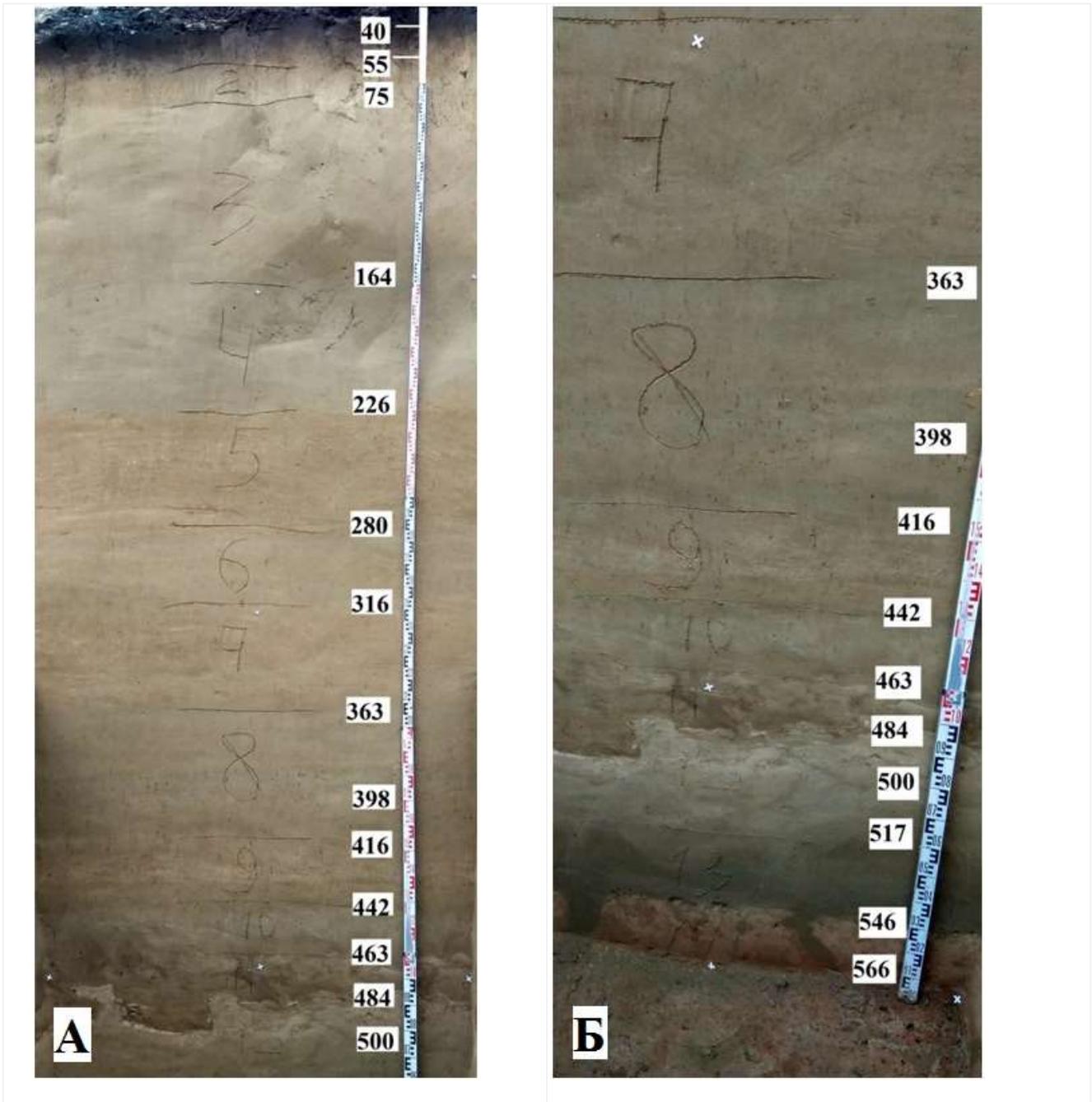
Результаты и обсуждение

Педологический анализ

Характеристики почв и рыхлых отложений на основе морфологического, геохимического, физико-химических анализов (в том числе гранулометрического состава, содержание общего углерода, карбонатов и т.д.) позволяют определить характер и условия формирования отложений, как на современном этапе, так и в более раннее время, установить типы природных процессов, оказывавших влияние на формирование ландшафтов территории исследования. Данные, полученные в результате изучения современных и палеопочв, отражают общие закономерности развития, что позволяет восстановить факторы почвообразования, действующие в период формирования того или иного горизонта или профиля в целом.

Методологической основой исследований почвенного тела при анализе памяти почв является иерархическое морфосубстантивное исследование твердофазного каркаса почв, основанное на детальном изучении морфологических признаков и состава почвы и ее компонентов. Морфология почвы — интегральный показатель всей истории развития почвы [31, 32].

На основе изучения морфологических признаков почв и рыхлых отложений возможно выявить современные процессы и природные условия прошлых эпох. В качестве примера подобных исследований можно привести результаты изучения отложений левобережной террасы р. Енисей Красноярской лесостепи. Здесь была выявлена полная стратиграфическая последовательность разреза, установлено формирование современной почвы — чернозема обыкновенного. Выделены три слаборазвитых погребенных почвенных профиля (рис. 2).



A — верхняя часть разреза; *B* — нижняя часть разреза
 Рисунок 2. Строение отложений левобережной террасы Енисея (Красноярская лесостепь)

Проявление признаков солифлюкционных процессов и наличие мерзлотных клиньев свидетельствует о переувлажнении территории и мерзлотных процессах в финале позднего плейстоцена. Присутствие мелкой субгоризонтальной слоистости и мелкой гальки в отдельных горизонтах явилось признаком деятельности временных или слабых постоянных водотоков. Проявление сизого оттенка и железистых новообразований указало на наличие процесса оглеения. Были установлены гранулометрический состав и наличие карбонатов в профиле. Результаты морфологических исследований показали, что условия образования первого культурного горизонта (поверхность горизонта 75–164 см) и, соответственно, условия жизни древнего человека были приближены к современным лесостепным условиям. Второй культурный горизонт (поверхность горизонта 416–442 см) формировался в условиях переувлажнения и относительно пониженных температур, содержит остаточные проявления деятельности водотоков. Проведенное подробное морфологическое описание отложений имеет практическое значение для организации археологических исследований, а также для создания базы данных

о территориях, имеющих потенциал для развития научного туризма на территории юга Красноярского края [33]. Важным направлением в палеопочвоведении является изучение геохимии отложений и установление индикаторов изменения окружающей среды. Подобные геохимические исследования были проведены в долине р. Березовка на территории Красноярской лесостепи, где непрерывное накопление отложений происходило с конца позднего плейстоцена и весь голоцен (начиная с 20833 ± 519 кал. л. н.) [34].

Согласно В.В. Добровольскому [35], отношение Sr/Ba указывает на гидротермические условия осадконакопления, что подтверждается исследованиями на территории Западной Сибири, где показано, что величина отношения Sr/Ba в отложениях тесно связана с увлажнением климата [36]. Индикаторами потепления/похолодания климата могут выступать Co, Cu, Cr, Zn: в холодные периоды при наличии сезонноталого слоя Cu, Co, Cr, Zn выносятся более интенсивно, понижение значений коэффициентов маркирует наличие похолодания, и наоборот, что отмечается и для территории Восточной Сибири В.В. Ивановой [37]. На основе анализа величины палеомаркера Sr/Ba и индикаторов Cu, Co, Cr, Zn в долине р. Березовка было выявлено, что в позднем голоцене от интервала 291–151 cal. yr BP до современности климат был схож, в позднем голоцене (1241–803 кал. л. н.) и Среднем Голоцене (5477–4985 кал. л. н.) отмечается повышение увлажнения и потепление климата по сравнению с современным. В раннем голоцене (9005–8605 кал. л. н.) климат был более аридным и холодным. Значения палеомаркера для позднего плейстоцена свидетельствует о смене влажных и более теплых (13758–12930 кал. л. н.) на сухие и более холодные периоды в пределах 21352–20314 кал. л. н. (рис. 3). Использование данных палеомаркеров было целесообразно, поскольку полученные данные были подтверждены ранее проведенными палинологическими, литологическими исследованиями А.Ф. Ямских и Г.Ю. Ямских при комплексном изучении отложений 35–40 террасы р. Енисей на территории Красноярской котловины [38].

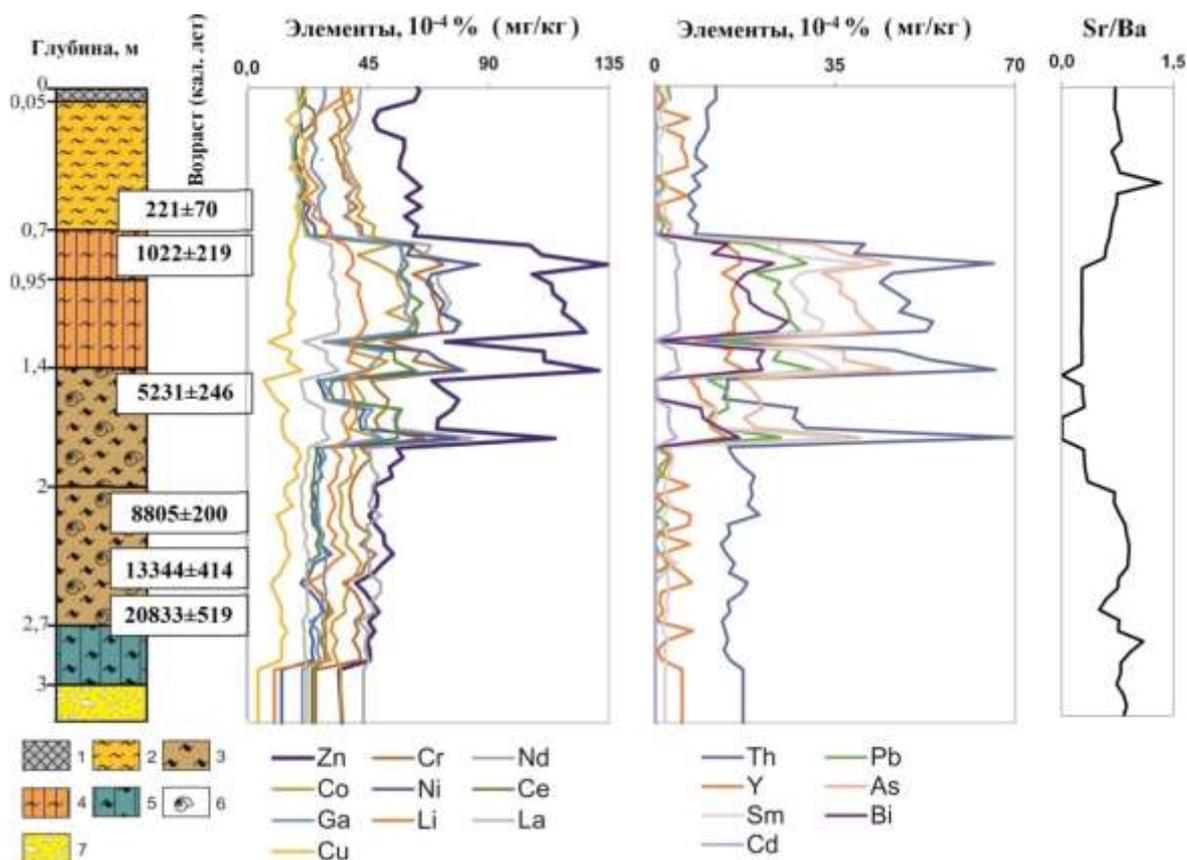


Рисунок 3. Распределение микроэлементов и Sr/Ba в разрезе Березовка1 (IV). Условные обозначения: 1 — дернина; 2 — суглинок легкий; 3 — суглинок тяжелый; 4 — глина; 5 — глина серо-голубого цвета; 6 — раковины моллюсков; 7 — песчано-галечные отложения

Таким образом, изучение почв (в том числе погребенных) и рыхлых отложений имеет большое фундаментальное значение и является важной составляющей исследований при реконструкции условий окружающей среды.

Спорово-пыльцевой анализ

В качестве примера на территории Красноярской котловины, где развита лесостепная растительность, для изучения был взят участок, расположенный в долине р. Базаиха — правого притока р. Енисей. Было сделано геоботаническое описание и изучены поверхностные пробы. Площадка Бз-1. Березово-черемухово-хвощово-кипрейный молодой лес на средней пойме р. Базаиха (рис. 4).



Рисунок 4. Площадка Бз-1, Березово-черемухово-хвощово-кипрейный молодой лес на средней пойме р. Базаиха

Древесный ярус образован березой повислой (*B. pendula*), формула древостоя 10Б, средняя высота яруса — 10 м, сомкнутость крон — 0,7. Хорошо развит подлесок из черемухи птичьей (*P. avium*), сомкнутость яруса — 0,2.

Травяной покров развит фрагментарно, доминантами выступают хвощ зимующий (*Equisetum hyemale*) и кипрей узколистный (*C. angustifolium*), много — белокопытника гладкого, тимофеевки луговой (*P. pratense*), обычны такие виды, как таволга вязолистная (*F. ulmaria*), клевер гибридный (*Trifolium hybridum* L.), вейник Лангсдорфа (*C. langsdorffii*), лютик северный (*R. subborealis*), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.), дудник лесной (*A. sylvestris*), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), лопух войлочный (*A. tomentosum*), камыш лесной (*Scirpus sylvaticus* L.), полынь обыкновенная (*A. vulgaris*), овсяница луговая (*F. pratensis*). Единично встречаются — льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris* Mill.), фиалка удивительная (*Viola mirabilis* L.), люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.), горошек заборный (*V. sepium*), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), манжетка городковатая (*A. subcrenata*). Общее проективное покрытие яруса составляет 55 %. Мохово-лишайниковый покров не развит.

В спорово-пыльцевых спектрах лесостепной зоны отмечено много пыльцы травянистых — до 30–40 % в среднем, пыльца древесных незначительно на разных участках преобладает над травянистой, количество спор не превышает 20 %. Лесообразующими породами здесь являются сосна и береза, содержание их пыльцы в спорово-пыльцевых спектрах может достигать 60–70 %, количество пыльцы пихты и ели не более 10 % [39].

В общем составе СПС (спорово-пыльцевых спектров) в отобранных образцах пыльца древесных пород и кустарников составляет 59,5 %, пыльца травянистых — 32,4 %, спор — 8,1 %. В группе пыльцы древесных около половины приходится на *Betula sp.* (50,2 %), много *Pinus sylvestris* (28,05 %), затем идут *Abies sibirica* (9,55 %), *Picea obovata* (5,45 %), *Pinus sibirica* (2,5 %), *Alnus sp.* (4,35 %). ВСПС среди травна и большее содержание пыльцы семейств *Cyperaceae* (31,2 %), *Rosaceae* (21,8 %), *Ranunculaceae* (14–15 %), заметно участие *Artemisia sp.* (5,2 %) и *Chenopodiaceae* (4,9 %). Среди споровых господствует *Polypodiaceae* (50,7 %), *Lycopodium sp.* (5,4 %), *Equisetum* (2,6 %), *Selaginella* (1,25 %).

В описанном фитоценозе лесостепной зоны из древесных пород отмечается только береза. В составе СПС поверхностных проб отмечается участие всех основных древесных пород: *Betulasp.*, *Picea obovata*, *Abies sibirica*, *Pinus sibirica*, *Pinus sylvestris*.

Информативные материалы получены также при реконструкциях палеосреды жизни древнего человека в долине р. Енисей на археологической стоянке «Пещера Еленева». Послойное палинологическое изучение отложений с их радиоуглеродным датированием и использованием расчетных уравнений регрессии, позволило реконструировать климатические условия жизни древнего человека в голоцене.

Малакофаунистический анализ

Из толщи отложений в интервале глубин 1,2–0,4 м и 0,07–0 м были отобраны сохранившиеся остатки фауны моллюсков, максимальная концентрация которых зафиксирована на глубине 1,1–1,0 м. Отложения разреза характеризуются присутствием 6587 экземпляров раковин, которые принадле-

жат 8 пресноводным и 16 наземным видам моллюсков. В составе ископаемых сообществ преобладают виды семейств Valloniidae Morse, 1864 и Planorbidae Rafinesque, 1815 (рис. 5).

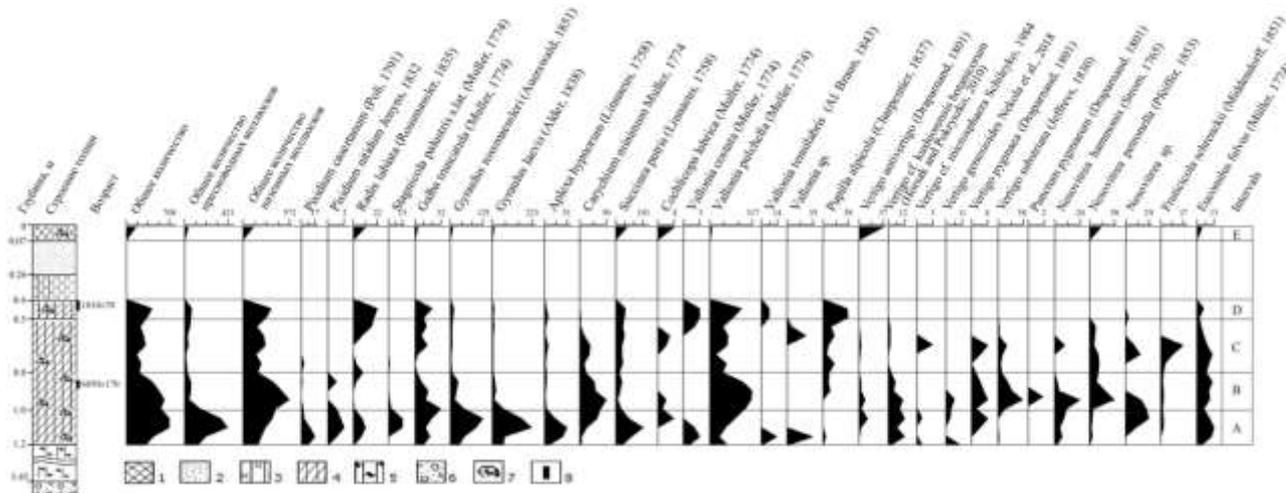


Рисунок 5. Малакофауна отложений разреза «Талая» (рисунок выполнен авторами с использованием программ MicrosoftOfficeExcel и С2): 1 — почвенный слой; 2 — супесь серо-коричневая; 3 — торф светло-коричневый; 4 — суглинок оторфованный коричневый; 5 — глина серо-голубого цвета, с включениями ожелезненной супеси; 6 — галька с прослоями крупнозернистого песка; 7 — раковины моллюсков; 8 — радиоуглеродная дата

На основании проведенного исследования установлено, что процесс осадконакопления при формировании пойменных отложений в интервале глубин 0,5–1,2 м был непрерывным. Осадки, изученные в разрезе, не содержали отложений в виде горизонтов глин, песка и галечных отложений. Имеющиеся данные о динамике развития долины р. Енисей и ее геоморфологического строения указывают на то, что начало формирования оторфованных суглинков с включением раковин ископаемых моллюсков началось на границе раннего и среднего голоцена [Ямских, 1992].

На основании кластерного анализа сукцессия из разреза Талая была разделена на пять основных этапов, охватывающих временные интервалы: (А) начало среднего голоцена; (В) середина среднего голоцена; (С) конец среднего и начало позднего голоцена; (D) середина и конец позднего голоцена (Е).

В начале среднего голоцена (интервал А) формирование фауны моллюсков было связано с развитием преимущественно пресноводных видов. Высокая численность представителей рода *Gyraulus* указывает на существование в это время постоянного водоема. Гидрофильные моллюски характеризовались наибольшим видовым разнообразием как среди всех экологических групп этого интервала, так и за время существования здесь малакофауны. Наиболее многочисленными были *Carychium minimum*, *Succinea putris* и *Vertigo f.kushiorensis botanicorum*. Водно-болотные виды этой же группы *Vertigo cf. microsphaera*, *V. antivertigo*, *V. Genesioides* and *Pupilla alpicola* спорадически присутствовали в составе сообществ на протяжении среднего голоцена. Наиболее характерным представителем незалесенных ландшафтов был *Vallonia pulchella* (около 53 % от количества раковин наземных видов). Мезофильные виды, такие как *Nesovitrea hammonis* и *Euconulus fulvus*, были малочисленны (3 % от общего числа раковин), но постоянно присутствовали. В середине этого интервала обитатели постоянных водоемов (такие как *Pisidium casertanum* и *Gyraulus laevis*) достигли максимальной численности *intherecord* и затем стали уступать место видам эпизодических водоемов *Galbatrun catula*, *Gyraulusros smaessleri* и *Aplexa hypnorum*. Также зафиксировано единичное появление раковин *Fruticicola schrenckii*, живущих в условиях кустарникового леса. Этот период характеризовался быстрым ростом пресноводных видов, особенно к середине интервала, но к концу установилось равное соотношение пресноводных и наземных форм. В верхней части интервала было зафиксировано самое большее количество раковин ископаемых моллюсков.

В среднем голоцене (интервал В) продолжается уменьшение численности моллюсков не только постоянных, но и временных водотоков. Это привело к тому, что в конце периода численность пресноводных видов сократилась в три раза. Двустворчатые и *Radix labiata* стали редким компонентом в составе малакофауны и были встречены в начале и в конце этого интервала виде единичных раковин. Около 6000 л.н. зарегистрирован пик численности наземных моллюсков, за которым последовало

уменьшение или исчезновение некоторых видов вплоть до позднего голоцена. При наименьшем видовом разнообразии в сообществе преобладали виды открытых ландшафтов, доля которых составляла 55 % от общего числа раковин (в основном *Vallonia pulchella*). Мезофильные виды *Vertigo substriata* и *Nesovitrea petronella* увеличили численность до 12 %. В целом сильных изменений в видовом разнообразии не произошло. К существовавшим видам добавился *Punctum pygmaeum*, раковины которого встречены единично в одном образце. Со второй половины интервала вновь появился водно-болотный моллюск *Pupilla alpicola*, который стал постоянным компонентом малакофауны до середины позднего голоцена.

Конец среднего и начало позднего голоцена (интервал C). В конце среднего голоцена доля пресноводных видов снизилась до 12 %. Основной компонент этой фауны представляли моллюски, живущие в мелких или временных водоемах. Доля гидрофильных моллюсков увеличилась до 23 % от общего количества раковин. Также продолжает доминировать *Vallonia pulchella*, но в середине интервала ее численность резко сократилась. Это совпало с ростом числа раковин *Fruticicola schrenckii*, обитающего в залесенных биотопах. Небольшое присутствие раковин этого вида в период развития сообщества свидетельствует о локальном развитии древесного яруса. Наиболее заметная смена видового состава произошла на границе среднего и позднего голоцена, когда вновь появились водно-болотные моллюски *Vertigo antivertigo*, *V. cf. Kushiorensis botanicorum*, *V. cf. microsphaera* и влаголюбивые *Cochlicopa palustris* и *Nesovitrea hammonsii*. В конце интервала они исчезли полностью и заселили территорию снова только в конце голоцена. В начале позднего голоцена исчезли *Fruticicola schrenckii*, *Vertigo pygmaea* и *Vallonia pulchella* восстановила численность. Более многочисленными стали и представители временных водоемов.

В середине позднего голоцена (интервал D) продолжился рост численности пресноводных и наземных видов. При этом видовое разнообразие наземных моллюсков уменьшилось практически в два раза по сравнению со средним голоценом. Исчезли мезофильные виды и *Carychium minimum* около 1810 л.н. при все еще высокой численности водно-болотных *Succinea putris* и *Pupilla alpicola*. Индикаторы незалесенных ландшафтов (*Vallonia costata* и *V. tenuilabris*) снова появились и вместе с типичным *V. pulchella* стали доминирующим компонентом фауны моллюсков (58 %). С 1800 л.н. моллюски отсутствуют.

В конце позднего голоцена (интервал E) малакоценоз включал 7 групп, среди которых доминирующее положение занимали влаголюбивые виды. Общее количество раковин моллюсков в верхней части профиля является минимальным среди обнаруженных в других образцах. На территории современного биотопа моллюски не обнаружены.

Заключение

Таким образом, в статье на примере территории Красноярской котловины представлены возможности использования палеогеографических методов (спорово-пыльцевого, малакофаунистического и педологического) для реконструкций климатов и растительности.

На основании изучения морфологии отложений левобережной террасы р. Енисей в Красноярской лесостепи выявлена полная стратиграфическая последовательность разреза, установлено формирование современной почвы — чернозема обыкновенного. Выделены три слабо развитых погребенных почвенных профиля. Проявление признаков солифлюкционных процессов, наличие мерзлотных клиньев свидетельствовали о переувлажнении территории и мерзлотных процессах в финале позднего плейстоцена. Присутствие мелкой субгоризонтальной слоистости, мелкой гальки свидетельствовало о деятельности временных или слабых постоянных водотоков. Проявление сизых отенков и железистых новообразований явилось результатом процесса оглеения.

Результаты морфологических исследований показали, что условия образования первого культурного горизонта и, соответственно, условия жизни древнего человека, были приближены к современным лесостепным условиям. Второй культурный горизонт формировался в условиях переувлажнения и относительно пониженных температур, содержит остаточные проявления деятельности водотоков.

Согласно радиоуглеродному датированию, исследованный разрез в долине р. Березовка начал формироваться 20833 ± 519 кал. лет назад. Время его развития охватывает весь голоцен (от раннего до позднего) и часть плейстоцена. Значения выбранных палеомаркеров для отложений в долине р. Березовка свидетельствовали об изменении климатических условий в позднем плейстоцене с сухих и

холодных на более влажные и теплые; в голоцене — с аридных и холодных (в раннем голоцене) на современные.

В результате изучения палинологического материала установлено, что общий состав поверхностных проб спорово-пыльцевых спектров наиболее адекватно отражает зональный тип растительного покрова лесостепной зоны. Трудности в определении видов пыльцы травянистых растений не позволяют произвести детальное сравнение соотношений видового состава поверхностных СПС с таксономической структурой травянистой растительности рассматриваемой зоны, чего нельзя сказать о пыльце древесной и кустарниковой растительности. Среди споровых растений прослеживается связь доли спор в СПС и участие в растительном покрове у хвощевых растений и папоротников из семейства *Polypodiaceae* [40].

Увеличение тепло- и влагообеспеченности в среднем голоцене нашло отражение в сукцессионных изменениях малакофауны. Уменьшение численности обитателей постоянных водотоков, а затем и представителей эпизодических водоемов, вероятно, свидетельствует о существовании старичного озера, которое в среднем голоцене начало зарастать и высыхать. Этим объясняется увеличение в составе фауны наземных видов и количества водно-болотных моллюсков. Как результат наступления теплого и влажного климата в конце среднего голоцена, в пойменной части реки Талая началось формирование древесного яруса и заселение территории *Fruticicola schrenckii* при кратковременном уменьшении *Vallonia pulchella*. С начала позднего голоцена в условиях похолодания и уменьшения увлажнения представители незалесенных мест обитания снова доминировали в лесостепных ландшафтах поймы реки Талой вплоть до конца позднего голоцена. Последняя фаза развития фауны моллюсков связана преобладанием водных или влаголюбивых видов.

Список литературы

- 1 Дрозд Е.Н. Использование палинологических данных для палеогеографических реконструкций / Е.Н. Дрозд // XI Всерос. палинолог. конф. «Палинология: теория и практика». — М.: ПИН РАН, 2005. — С. 74.
- 2 Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий / отв. ред. В.О. Таргульян, С.В. Горячкин. — М.: ЛКИ, 2008. — 692 с.
- 3 Ложек В. Значение моллюсков для изучения континентального голоцена / В. Ложек // Голоцен. — М.: Наука, 1969. — С. 58–76.
- 4 Добровольский Г.В. Почвы в биосфере и жизни человека / Г.В. Добровольский, Г.С. Куст, И.Ю. Чернов, Т.Г. Добровольская, Л.В. Лысак, О.В. Андреева, А.Л. Степанов, Н.О. Ковалева, А.О. Макеев, Г.Н. Федотов, В.С. Шалаев, М.С. Соколов, С.Ю. Розов, А.В. Смагин, И.В. Ковалев, О.Е. Медведева, Е.А. Бессонова, Л.В. Попова, М.Е. Рыхликова, А.А. Рахлеева, И.А. Мартыненко. — М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. — 584 с.
- 5 Li M. Archeology of the Lu City: Place memory and urban foundation in Early China / M. Li, H. Fang, T.X. Zheng, A. Rosen, T.H. Wrigth, J. Wright, Y. Wang // Archaeological Research in Asia. — 2018. — Vol. 14. — P. 151-160. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2017.02.006>
- 6 Vorobieva G. Soil Formation, Subaerial Sedimentation Processes and Ancient Cultures during MIS 2 and the Deglaciation Phase MIS 1 in the Baikal–Yenisei Siberia (Russia) / G. Vorobieva, N. Vashukevich, N. Berdnikova, I. Berdnikov, D. Zolotarev, S. Kuklina, E. Lipnina // Geosciences. — 2021. — Vol. 11(8). — P. 323. <https://doi.org/10.3390/geosciences11080323>.
- 7 Ivanov I.V. Problems of genesis and evolution of steppe soils: history and state of the art / I.V. Ivanov, V.A. Demkin // Eurasian Soil Science. — 1996. — Vol. 29(3). — P. 286–296.
- 8 Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates / C. Bronk Ramsey // Radiocarbon. — 2009. — Vol. 51(1). — P. 337–360.
- 9 Ložek V. Quartermollusken der Tschechoslowakei / V. Ložek. — Rozpr. Ustred. Ustavu Geol., 1964. — 374 p.
- 10 Стеклов А.А. Наземные моллюски неогена Предкавказья и их стратиграфическое значение / А.А. Стеклов. — М.: Наука, 1966. — 264 с.
- 11 Попова С.М. Кайнозойская континентальная малакофауна юга Сибири и сопредельных территорий / С.М. Попова. — М.: Наука, 1981. — 188 с.
- 12 Alexandrowicz S.W. Malacofauna of loessin the locality. Krakow-Spadzista Street C2 / S.W. Alexandrowicz, J.K. Kozlowski, K. Sobczyk // The upper Paleolithicsite Krakow — Spadzista Street C2. — Nakledem Uniwersytetu Jagiellonskiego, 1987. — P. 37–93.
- 13 Alexandrowicz S.W. Analizamalakologiczna. Metody Badaniinterpretacji / S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz. — Krakow, 2011. — 301 s.
- 14 Смоликова Л. Стратиграфическое и палеоклиматическое значение четвертичных ископаемых почв Средней Европы: Бюлл. комиссии по изучению Четвертичного периода / Л. Смоликова, В. Ложек. — М.: АН СССР, 1965. — С. 30–41.
- 15 Лебедева Н.В. Моллюски Голоцена Южно-Минусинской котловины: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.02 — «Палеонтология, стратиграфия» / Н.В. Лебедева. — Томск, 2011. — 26 с.

- 16 Макарчук Д.Е. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019620431 «Пресноводные моллюски голоцена Красноярской котловины» / Д.Е. Макарчук, Г.Ю. Ямских. Заявка № 2019620305; заявл. 11.03.2019, дата государственной регистрации в Реестре баз данных. — 19.03.2019.
- 17 Alexandrowicz S.W. Malacofauna of Late Quaternary loess-like deposits in the Polish Carpathians / S.W. Alexandrowicz // *Acta Geologica Polonica*. — 1988. — Vol. 38, No 1–4. — P. 85–106.
- 18 Alexandrowicz W.P. Evolution of the malacological assemblages in North Poland during the late Glacial and early Holocene / W.P. Alexandrowicz // *Folia Quaternaria*. — 1999. — Vol. 70. — P. 39–69.
- 19 Mysák J. Floodplain corridor and slope effects on land mollusc distribution patterns in a riverine valley / J. Mysák, M. Horsák // *Acta Oecologica*. — 2011. — Vol. 37. — P. 146–154.
- 20 Alexandrowicz W.P. Molluscan communities in late Holocene fluvial deposits as an indicator of Human activity: a study in Podhale Basin in South Poland / W.P. Alexandrowicz // *Ekologia (Bratislava)*. — 2013. — Vol. 32, No. 1. — P. 111–125.
- 21 Horácková J. List of malacologically treated Holocene sites with brief review of palaeomalacological research in the Czech and Slovak Republics / J. Horácková, V. Lozek, L. Juricková // *Quaternary International*. — 2014. — Vol. 357. — P. 207–211.
- 22 Ložek V. Paleoeecology of Quaternary Mollusca / V. Ložek // *Sborník geologických věd. Antropozoikum*. — 2000. — Vol. 24. — P. 35–59.
- 23 Piechocki A. Mięczaki (Mollusca), Ślimaki (Gastropoda) / A. Piechocki // *Fauna slodkowana Polski*. — 1979. — № 7. — P. 7–187.
- 24 Санько А.Ф. Малакофауна гляциоплейстоцена и голоцена Беларуси: состав, распространение, история развития: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук: Национальная академия наук; Институт геологических наук / А.Ф. Санько. — Минск, 2000. — 32 с.
- 25 Yamskikh G.Y. Habitat conditions of molluscs in the valleys of the Talaya and Bartat Rivers (Krasnoyarsk forest steppe, Russia) in the middle and late-Holocene / G.Y. Yamskikh, D.E. Makarchuk, N.Y. Zharinova // *The Holocene*. — 2022. — Vol. 32(8). — P. 807–815.
- 26 Danzeglocke U. CalPal-2007 [Electronic resource] / U. Danzeglocke, O. Jöris, B. Weninger. — 2008. — Access mode: <http://www.calpal-online.de>.
- 27 Жолобов А.С. Отражение растительного покрова горно-таежных лесов (заповедник «Столбы») в субфоссильных спектрах / А.С. Жолобов, Г.Ю. Ямских, М.И. Кокова // Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. — 2018. — С. 539–545.
- 28 Сладков А.Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ / А.Н. Сладков. — М.: Наука, 1967. — 267 с.
- 29 Чернова Г.М. Спорово-пыльцевой анализ отложений плейстоцена–голоцена / Г.М. Чернова. — СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2004. — 128 с.
- 30 Overpeck J.T. Quantitative interpretation of fossil pollen spectra, dissimilarity coefficients and the method of modern analogs / J.T. Overpeck // *Quaternary Research*. — 1985. — Vol. 23. — P. 87–108.
- 31 Таргульян В.О. Память почв: теоретические основы концепции, современное состояние и перспективы развития / В.О. Таргульян, М.А. Бронникова // *Почвоведение*. — 2019. — № 3. — С. 259–275.
- 32 Ямских А.А. Полевой почвенный генетический анализ (на примере почв юга Средней Сибири) / А.А. Ямских. — Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2004. — 110 с.
- 33 Жаринова Н.Ю. Морфологическая характеристика отложений левобережной террасы р. Енисей в пределах Красноярской лесостепи / Н.Ю. Жаринова, Г.Ю. Ямских, Д.Е. Макарчук, И.А. Вайсброт // *Географическая среда и живые системы*. — 2022. — № 3. — С. 24–43. <https://doi.org/10.18384/2712-7621-2022-3-24-43>.
- 34 Zharinova N.Yu. Geochemistry of Holocene — Late Pleistocene sediments in the Berezovka River valley (Near-Yenisey Siberia) / N.Yu. Zharinova, G.Yu. Yamskikh, Ł. Zbucki, D.E. Makarchuk // *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*. — 2023. — Vol. 68 (2). — P. 311–330. — Retrieved from <https://doi.org/10.21638/spbu07.2023.206>.
- 35 Добровольский В.В. География микроэлементов: Глобальное рассеивание / В.В. Добровольский. — М.: Мысль, 1983. — 272 с.
- 36 Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири: дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.27 — «Почвоведение» / А.И. Сысо. — Новосибирск, 2004. — 358 с.
- 37 Иванова В.В. Геохимические особенности спектров редкоземельных элементов в отложениях Восточной Сибири как новый индикатор изменения климата позднего плейстоцена в зоне пригляциального литогенеза : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук : 25.00.09 — «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» / В.В. Иванова. — СПб., 2019. — 45 с.
- 38 Ямских А.Ф. О полицикловых террасах в долине Среднего Енисея / А.Ф. Ямских // *Палеогеография Средней Сибири*. — Красноярск, 1987. — С. 6–26.
- 39 Ямских Г.Ю. Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры — основа реконструкций палинологических данных (на примере территории Красноярской котловины и ее горного обрамления) / Г.Ю. Ямских, Д.Е. Макарчук // *Эволюция жизни на Земле: материалы V Междунар. симпози. / отв. ред. В.М. Подобина*. — Томск, 2018. — С. 229, 230.
- 40 Ямских Г.Ю. Отражение состава растительного покрова лесостепных ландшафтов Красноярской котловины в спорово-пыльцевых спектрах поверхностных проб (для целей реконструкции климатов и растительности неоплейстоцен-голоцена) на основе использования коэффициента Дэвиса / Г.Ю. Ямских, В.О. Брунгардт, А.С. Жолобов // *Географические исследования Сибири и Алтае-Саянского трансграничного региона: материалы Междунар. науч.-практ. конф.* — Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2021. — С. 553–559.

Г.Ю. Ямских, Н.Ю. Жаринова, Д.Е. Макаrchук, А.А. Валенкова

Голоценнің климаты мен өсімдіктерін палеожаңғырту әдістері (Красноярск қазаншұңқырының мысалында)

Мақалада Березовка өзенінің алқабындағы (Красноярск орманды даласы) шөгінділердің геохимиялық зерттеулері берілген, олардың үздіксіз жиналуы соңғы плейстоценнің және барлық голоценнен (20833 ± 519 кал. жыл бұрын) басталған. Макроморфологиялық құрылымның жалпы сипаттамасы мен ерекшеліктерін талдау негізінде Красноярск орманды даласының Енисей өзені сол жағалау террасасының шөгінділерінің қалыптасуының сипаты мен шарттары анықталды. Антропогендік әсерге ең аз ұшыраған Красноярск қазаншұңқыры аумағының орманды-дала ландшафтарының сынақ алаңының және спектрлердегі өсімдік құрамының шағылысуын бағалау үшін жерүсті сынамаларының споралы-тозаң спектрлерінің (СТС) егжей-тегжейлі геоботаникалық сипаттамасының деректері келтірілген. Алынған мәліметтердің дәлдігін анықтау үшін Дэвис коэффициенті қолданылды, ол спектрдегі түр тозаңының пайызының осы түрдің фитоценоз құрамына қатысу пайызына қатынасын есептеуге мүмкіндік береді. Орманды-дала ландшафтарының өсімдік жамылғысының құрамы мен споралы-тозаң спектрлерінің құрамы арасында тікелей корреляция бар екендігі анықталды, бұл голоцен палеоклиматтары мен палеоландштейндерін қалпына келтіру үшін споралы-тозаңдық талдау деректерін түсіндіруге мүмкіндік береді. Красноярск қазаншұңқырының солтүстік-батыс бөлігінде (56029 с.е., 93045 ш.б., абсолютті биіктігі — 213 м), яғни Талая аңғарынан солтүстік-шығысқа қарай 1 км жерде осы атас өзеннің оң жағалауының жайылмасында қаланған Талая өзені жайылмасының бөлігінің малакофауналық талдаудың нәтижелері келтірілген.

Кілт сөздер: палеогеография, голоцен, споралы-тозаңдық талдау, палеопедологиялық талдау, палеотыпырақтану, малакофауналық талдау, геохимия, Красноярск қазаншұңқыры.

G.Yu. Yamskikh, N.Yu. Zharinova, D.E. Makarchuk, A.A. Valenkova

Methods for paleoreconstruction of climates and vegetation of the Holocene (using the example of the Krasnoyarsk Basin)

We present geochemical studies of sediments in the valley of the Berezovka River (Krasnoyarsk forest-steppe), and the continuous accumulation that occurred at the Late Pleistocene-Holocene (from 20833 ± 519 calendar years ago). The nature and conditions of formation of deposits on the left bank terrace of the river Yenisei of the Krasnoyarsk forest-steppe based on an analysis of the general characteristics and features of the macromorphological structure have been determined. There are detailed geobotanical description data of a sample plot of forest-steppe landscapes in the territory of the Krasnoyarsk depression, which is least susceptible to anthropogenic impact, and spore-pollen spectra (SPS) of surface samples to assess the reflection of the composition of vegetation in the spectra. To establish the reliability of the data obtained, the Davis coefficient was used, which makes it possible to calculate the ratio of the percentage of pollen of a species in the spectrum to the percentage of participation of this species in the composition of the phytocenosis. It was found that there is a direct correlation between the composition of the vegetation cover of forest-steppe landscapes and the composition of spore-pollen spectra, which makes it possible to interpret the data of spore-pollen analysis for the reconstruction of paleoclimates and paleolandscapes of the Holocene. The results of malacofaunal analysis of the Talaya floodplain section are presented, founded in the northwestern part of the Krasnoyarsk basin (56°29'N, 93°45'E, absolute height — 213 m) on the floodplain of the right bank of the river, 1 km northeast of the village of Talaya.

Keywords: paleogeography, Holocene, spore-pollen analysis, paleopedological analysis, paleosoil science, malacofaunistic analysis, geochemistry, Krasnoyarsk depression.

References

- 1 Drozd, E.N. (2005). Ispolzovaniie palinologicheskikh dannyykh dlia paleogeograficheskikh rekonstruktsii [Use of palynological data for paleogeographic reconstructions]. *XI Vserossiiskaia palinologicheskaiia konferentsiia «Palinologiya: teoriia i praktika — XI All-Russian Palynological Conference "Palinology: theory and practice"*. Moscow: PIN RAN [in Russian].
- 2 Targulian, V.O. & Goryachkin, S.V. (Eds.). (2008). Pamiat pochv: Pochva kak pamiat biosferno-geosferno-antroposfernykh vzaimodeistvii [Soil memory: Soil as a memory of biosphere-geosphere-anthroposphere interactions]. Moscow: LKI [in Russian].
- 3 Lozhek, V. (1969). Znachenie molliuskov dlia izuchenii kontinentalnogo golotsena [The importance of mollusks for the study of the continental Holocene]. *Golotsen — Holocene*, 58–76 [in Russian].
- 4 Dobrovolsky, G.V., Kust, G.S., Chernov, I.Yu., Dobrovolskaya, T.G., Lysak, L.V., Andreeva, O.V., Stepanov, A.L., Kovaleva, N.O., Makeev, A.O., Fedotov, G.N., Shalaev, V.S., Sokolov, M.S., Rozov, S.Yu., Smagin, A.V., Kovalev, I.V., Medvedeva,

- O.E., Bessonova, E.A., Popova, L.V., Rykhlikova, M.E., Rakhleeva, A.A., & Martynenko, I.A. (2012). *Pochvy v biosfere i zhizni cheloveka [Soils in the biosphere and human life]*. Moscow: FGBOU VPO MGUL [in Russian].
- 5 Li, M., Fang, H., Zheng, T.X., Rosen, A., Wrigh, T.H., Wright, J., & Wang, Y. (2018). Archeology of the Lu City: Place memory and urban foundation in Early China. *Archaeological Research in Asia*, 14, 151-160.
- 6 Vorobieva, G., Vashukevich, N., Berdnikova, N., Berdnikov, I., Zolotarev, D., Kuklina, S., & Lipnina, E. (2021). Soil Formation, Subaerial Sedimentation Processes and Ancient Cultures during MIS 2 and the Deglaciation Phase MIS 1 in the Baikal–Yenisei Siberia (Russia). *Geosciences*, 11(8), 323.
- 7 Ivanov, I.V., & Demkin, V.A. (1996). Problems of genesis and evolution of steppe soils: history and state of the art. *Eurasian Soil Science*, 29(3), 286–296.
- 8 Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1); 337–360.
- 9 Ložek, V. (1964). *Quartermollusken der Tschechoslowakei*. Rozpr. Ustred. Ustavu Geol.
- 10 Steklov, A.A. (1966). *Nazemnyye molliuski neogena Predkavkazia i ikh stratigraficheskoe znachenie [Terrestrial mollusks of the Neogene Ciscaucasia and their stratigraphic significance]*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 11 Popova, S.M. (1981). *Kainozoiskaia kontinentalnaia malakofauna yuga Sibiri i sopredelnykh territorii [Cenozoic continental malacofauna of southern Siberia and adjacent territories]*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 12 Alexandrowicz, S.W., Kozłowski, J.K., & Sobczyk, K. (1987). Malacofauna of loessin the locality. Krakow-Spadzista Street C2. *The upper Paleolithic site Krakow – Spadzista Street C2*, 37–93. Nakleodem Uniwersytetu Jagiellonskiego.
- 13 Alexandrowicz, S.W. & Alexandrowicz, W.P. (2011). *Analiz malakologiczna. Metody Badani i interpretacji*. Krakow.
- 14 Smolikova, L. (1965). *Stratigraficheskoe i paleoklimaticeskoe znachenie chetvertichnykh iskopaiemykh pochv Srednei Evropy: Biulleten Komissii po izucheniiu Chetvertichnogo perioda [Stratigraphic and paleoclimatic significance of Quaternary fossil soils of Central Europe: bulletin of Commission for the Study of the Quaternary Period]*. Moscow AN SSSR; 30–41 [in Russian].
- 15 Lebedeva, N.V. (2011). *Molliuski golotsena Yuzhno-Minusinskoj kotloviny [Mollusks of the Holocene of the South Minusinsk depression]. Extended abstract of candidate's thesis*. Tomsk [in Russian].
- 16 Makarchuk, D.E. & Yamskikh, G.Yu. (2019). *Presnovodnye molliuski golotsena Krasnoiaroskoj kotloviny [Certificate of state registration of the database No. 2019620431 "Freshwater mollusks of the Holocene of the Krasnoyarsk depression"]* [in Russian].
- 17 Alexandrowicz, S.W. (1988). Malacofauna of Late Quaternary loess-like deposits in the Polish Carpathians. *Acta Geologica Polonica*, 38 (1–4); 85–106.
- 18 Alexandrowicz, W.P. (1999). Evolution of the malacological assemblages in North Poland during the late Glacial and early Holocene. *Folia Quaternaria*, 70; 39–69.
- 19 Mysák, J. & Horsák, M. (2011). Floodplain corridor and slope effects on land mollusk distribution patterns in a riverine valley. *Acta Oecologica*, 37; 146–154.
- 20 Alexandrowicz, W.P. (2013). Molluscan communities in late Holocene fluvial deposits as an indicator of Human activity: a study in Podhale Basin in South Poland. *Ekologia (Bratislava)*, 32(1); 111–125.
- 21 Horáková, J., Lozek, V., & Juricková, L. (2014). List of malacologically treated Holocene sites with brief review of palaeomalacological research in the Czech and Slovak Republics. *Quaternary International*, 357; 207–211.
- 22 Ložek, V. (2000). Paleoeecology of Quaternary Mollusca. *Sbornik geologických věd. Antropozoikum*, 24; 35–59.
- 23 Piechocki, A. (1979). Mięczaki (Mollusca), Ślimaki (Gastropoda). *Fauna slodkowana Polski*, 7; 7–187.
- 24 Sanko, A.F. (2000). Malakofauna gliatsiopeystotsena i golotsena Belarusi: sostav, rasprostraneniie, istoriia razvitiia [Malacofauna of the Glaciopleistocene and Holocene of Belarus: composition, distribution, history of development]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Minsk [in Russian].
- 25 Yamskikh, G.Y., Makarchuk, D.E., & Zharinova, N.Y. (2022). Habitat conditions of mollusks in the valleys of the Talaya and Bartat Rivers (Krasnoyarsk forest-steppe, Russia) in the middle and late-Holocene. *The Holocene*, 32(8); 807-815.
- 26 Danzeglocke, U., Jöris, O., & Weninger, B. (2008). CalPal-2007. Retrieved from <http://www.calpal-online.de>
- 27 Zhoblov, A.S., Yamskikh, G.Yu., & Kokova, M.I. (2018). Otrazheniie rastitelnogo pokrova gorno-taieznykh lesov (Zapovednik «Stolby») v subfossilnykh spektrakh [Reflection of the vegetation cover of mountain taiga forests (“Stolby” Nature Reserve) in subfossil spectra]. *Sbornik materialov mezhdunarodnykh nauchno-prakticheskikh konferentsii — Book of abstract of International scientific-practical conferences*; 539–545 [in Russian].
- 28 Sladkov, A.N. (1967). *Vvedeniie v sporovo-pyltsevoi analiz [Introduction to spore-pollen analysis]*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 29 Chernova, G.M. (2004). *Sporovo-pyltsevoi analiz otlozhenii pleystotsena–golotsena [Spore-pollen analysis of Pleistocene-Holocene deposits]*. Saint-Petersburg: Sankt-Peterburgskii universitet [in Russian].
- 30 Overpeck, J.T. (1985). Quantitative interpretation of fossil pollen spectra, dissimilarity coefficients and the method of modern analogs. *Quaternary Research*, 23; 87–108.
- 31 Targulyan, V.O. & Bronnikova, M.A. (2019). Pamiat pochv: teoreticheskie osnovy kontseptsii, sovremennoe sostoianie i perspektivy razvitiia [Soil memory: theoretical foundations of the concept, current state and development prospects]. *Soil science*, 3; 259–275 [in Russian].
- 32 Yamskikh, A.A. (2004). *Polevoi pochvennyi geneticheskii analiz (na primere pochv yuga Srednei Sibiri) [Field soil genetic analysis (using the example of soils in the south of Central Siberia)]*. Krasnoyarsk: Krasnoyarskii gosudarstvennyi universitet [in Russian].
- 33 Zharinova, N.Yu., Yamskikh, G.Yu., Makarchuk, D.E., & Weisbrot, I.A. (2022). Morfologicheskaiia kharakteristika otlozhenii levoberezhnoi terrasy r. Yenisei v predelakh Krasnoiaroskoj lesostepi [Morphological characteristics of deposits on the left bank terrace of the river Yenisei within the Krasnoyarsk forest-steppe]. *Geograficheskaiia sreda i zhivye sistemy — Geographical environment and living systems*, 3; 24–43 [in Russian].

34 Zharinova, N.Yu., Yamskikh, G.Yu., Zbucki, Ł., & Makarchuk, D.E. (2023). Geochemistry of Holocene — Late Pleistocene sediments in the Berezovka River valley (Near-Yenisey Siberia). *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 68 (2); 311–330.

35 Dobrovolsky, V.V. (1983). *Geografiia mikroelementov: Globalnoe rasseivanie [Geography of trace elements: Global dispersion]*. Moscow: Mysl [in Russian].

36 Syso, A.I. (2004). *Zakonomernosti raspredeleniia khimicheskikh elementov v pochvoobrazuiushchikh porodakh i pochvakh Zapadnoi Sibiri [Patterns of distribution of chemical elements in soil-forming rocks and soils of Western Siberia]*. Doctor's thesis. Novosibirsk [in Russian].

37 Ivanova, V.V. (2019). Geokhimicheskie osobennosti spektrov redkozemelnykh elementov v otlozheniakh Vostochnoi Sibiri kak novyi indikator izmeneniia klimata pozdnego pleistotsena v zone perigliatsialnogo litogeneza [Geochemical features of the spectra of rare earth elements in sediments of Eastern Siberia as a new indicator of climate change of the late Pleistocene in the zone of periglacial lithogenesis]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Saint-Petersburg [in Russian].

38 Yamskikh, A.F. (1987). O politsiklovnykh terrasakh v doline SrednegoYeniseia [About polycyclic terraces in the valley of the Middle Yenisei]. *Paleogeografiia Srednei Sibiri — Paleogeography of Middle Siberia*. Krasnoyarsk, 6–26 [in Russian].

39 Yamskikh, G.Yu., & Makarchuk, D.E. (2018). Subfossilnye sporovo-pyltsevye spektry — osnova rekonstruktsii palinologicheskikh dannykh (na primere territorii Krasnoyarskoi kotloviny i ee gornogo obramleniia) [Subfossil spore-pollen spectra are the basis for the reconstruction of palynological data (using the example of the territory of the Krasnoyarsk depression and its mountain frame)]. *Evolutsiia zhizni na Zemle: materialy V Mezhdunarodnogo simpoziuma — Life evolution on Earth: materials of V International Symposium*. Tomsk, 229, 230 [in Russian].

40 Yamskikh, G.Yu., Brungardt, V.O., & Zholobov, A.S. (2021). Otrazheniie sostava rastitelnogo pokrova lesostepnykh landshaftov Krasnoyarskoi kotloviny v sporovo-pyltsevykh spektrakh poverkhnostnykh prob (dlia tselei rekonstruktsii klimatov i rastitelnosti neopleistotsen–golotsena) na osnove ispolzovaniia koeffitsienta Devisa [Reflection of the composition of the vegetation cover of forest-steppe landscapes of the Krasnoyarsk depression in the spore-pollen spectra of surface samples (for the purpose of reconstructing Neopleistocene-Holocene climates and vegetation) based on the use of the Davis coefficient]. *Geograficheskie issledovaniia Sibiri i Altae-Saianskogo transgranichnogo regiona: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii – Geographical study of Siberia and Altai-Sayan transborder region: materials of the International Scientific and Practical Conference*. Barnaul: Altaiskii gosudarstvennyi universitet, 553–559 [in Russian].

Information about authors

Yamskikh, Galina Yuryevna — Doctor of geographical sciences, Professor, Head of Geography Department of Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; yamskikh@mail.ru;

Zharinova, Natalya Yuryevna — Candidate of biological sciences, Docent of Geography Department of Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; nata_1986@bk.ru;

Makarchuk, Daria Evgenjevna — Candidate of biological sciences, Docent of Geography Department of Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; bolkunova91@mail.ru;

Valenkova, Anna Alexandrovna — Post-graduate Student of Geography Department, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; valenkova@bk.ru.