

Научная статья

УДК 631.4:551.7.065.12:551.8"628.628"(571.51)
doi:10.52349/0869-7892_2025_104_69-83**Палеогеографическая характеристика
условий формирования палеопочв
каргинского интерстадиала
на примере разреза Татышев
Красноярской котловины****Г. Ю. Ямских¹✉, Н. Ю. Жаринова¹,
А. А. Ямских², Д. Е. Макачук¹, Р. А. Колесников³**¹ Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия,
yamskikh@mail.ru✉² ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть», Красноярск, Россия³ Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия**Ключевые слова:** палеогеография, реконструкции среды, палеопочва, палинология, Красноярская котловина**Для цитирования:** Палеогеографическая характеристика условий формирования палеопочв каргинского интерстадиала на примере разреза Татышев Красноярской котловины / Г. Ю. Ямских [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 69–83. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_69-83

Original article

UDC 631.4:551.7.065.12:551.8"628.628"(571.51)
doi:10.52349/0869-7892_2025_104_69-83**Paleogeographic characteristics
of the Karginsky interstadial paleosols
formation conditions in the Tatyshchev section
of the Krasnoyarsk depression****G. Yu. Yamskikh¹✉, N. Yu. Zharinova¹,
A. A. Yamskikh², D. E. Makarchuk¹, R. A. Kolesnikov³**¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia, yamskikh@mail.ru✉² RN-KrasnoyarskNIPIneft LLC, Krasnoyarsk, Russia³ Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug,
Salekhard, Russia© Ямских Г. Ю., Жаринова Н. Ю.,
Ямских А. А., Макачук Д. Е.,
Колесников Р. А., 2025**Abstract.** The Tatyshchev section of the Karginsky pedocomplex on the 35–45-meter Lagernaya terrace of the Yenisei River was comprehensively studied in the Krasnoyarsk depression. Radiocarbon and thermoluminescence dating demonstrated

Keywords: paleogeography, environmental reconstructions, paleosol, palynology, Krasnoyarsk depression

For citation: Paleogeographic characteristics of the Karginsky interstadial paleosols formation conditions in the Tatyshev section of the Krasnoyarsk depression / G.Yu. Yam-skikh [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 69–83. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_69-83

that the soils were formed in the Early, Middle, and Late Karginsky periods. There were characterized macro- and micromorphological characteristics, physical and chemical properties of the soils: grain-size composition, humus content and its fractional composition, carbonates content, pH, sum of exchangeable bases, and gross macroelement composition. Phytolith and spore-pollen analyses showed the dynamics of climate change and vegetation cover composition during the soil formation within the terrace itself (Tatyshev section) and adjacent elevated areas of the left bank of the Yenisei River valley (Yasnoe-1 section). During the Karginsky interstadial the Krasnoyarsk depression highlights three periods of soil formation and two periods of sedimentation, which correlate well with climate changes in other areas of Siberia in this period. Loess-like deposits from the time of the Karginsky soil formation contain a very small amount of pollen and spores, which is associated not only with the deposits genesis, climatic conditions of their formation, but also with their preservation.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование лессово-почвенных серий в разных регионах мира позволяет восстановить палеоклиматические условия и определить разнообразие климатических параметров в зависимости от их географического положения [1].

Учитывая близость ландшафтно-климатических условий каргинского интерстадиала к современным [2] и минимальное антропогенное воздействие по сравнению с голоценом, палеопочвы этого периода представляют собой достоверный источник данных для изучения динамики природной среды во внутриконтинентальных областях.



Рис. 1. Карта-схема расположения разреза Татышев на спутниковом снимке Landsat 8

Источник: по Google, ©2022–2025 CNES / Airbus, Maxar Technologies*

Fig. 1. Schematic location map of the Tatyshev section in the Landsat 8 satellite image

Source: from Google, ©2022–2025 CNES / Airbus, Maxar Technologies**

* URL: https://earth.google.com/web/@56.01882414,92.89383458,139.56166361a,33222.97711022d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCaggBOgMKATBCAggASg0l_____ARAA (дата обращения: 25.02.2025).

** URL: https://earth.google.com/web/@56.01882414,92.89383458,139.56166361a,33222.97711022d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCaggBOgMKATBCAggASg0l_____ARAA (accessed 25.02.2025).

Реликтовые признаки ископаемых почв содержат информацию о древних ландшафтах, сохраняя в себе следы аккумулятивно-денудационных процессов накопления и перемещения осадочных пород [3–6]. Комплексное изучение палеопочв на основе данных палинологического, палеопочвенного и фитолитного анализов позволяют получить более полную информацию об изменении ландшафтно-климатических условий каргинского времени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Район исследования расположен в центральной части долины р. Енисей в пределах Красноярской лесостепной котловины. Педокомплекс лессово-почвенного разреза Татышев (рис. 1) сформирован на 35–45-метровой террасе левого берега р. Енисей в черте г. Красноярск (рис. 2).

Для установления возраста и корреляции палеопочвенных горизонтов использованы радиоуглеродное датирование почв по гумусу и стратиграфический метод. Учитывая как возможное омоложение, так и удревнение радиоуглеродного возраста, связанные с проникновением молодого или более древнего органического вещества, для проверки был применен люминесцентный анализ [7].

Гранулометрический состав педокомплексов по средней пробе в стоячей воде был изучен методом

пипетки в варианте Н. А. Качинского¹. Определены содержание общего органического углерода (гумуса) мокрым сжиганием по И. В. Тюрину [8], содержание карбонатов — обменным (ацидиметрическим) методом, значения суммы обменных оснований — по Каппену–Гильковицу, анализ pH водных вытяжек — потенциометрически². Изучение группового и фракционного состава гумуса проводилось по методике И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [8]. Микроморфологические исследования шлифов палеопочв выполнены по методическим рекомендациям, предложенным в Международном руководстве [9], с учетом комментариев для корректного русского перевода [10].

Валовое содержание макроэлементов изучено при помощи количественного спектрального анализа (прибор ДФС-8) в испытательном центре АО «Красноярскгеология»³ [11].

По результатам макроэлементного анализа рассчитаны элювиально-иллювиальные коэффициенты ($\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$; $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$)⁴.

Для реконструкции растительности на локальном уровне применен биоморфный анализ с определением таксономической принадлежности фитолитов по методике, предложенной А. А. Гольевой [12].

Для извлечения пыльцы и спор образцы были подвергнуты лабораторной обработке с помощью сепарационного метода В. П. Гричука [13], который применяется для минеральных отложений⁵. Для идентификации пыльцы и спор растений использовались определители⁶ [14–17].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Педокомплекс разреза Татышев представлен ранне- (PIII), средне- (PII) и позднекаргинскими (PI) палеопочвами. В разрезе наблюдаются мерзлотные клинья, заполненные материалом из вышележащих горизонтов. Раннекаргинскую и среднекаргинскую палеопочвы разделяет слой лессовидных отложений, насыщенный карбонатами, выщелоченными из вышележащей (среднекаргинской) палеопочвы (табл. 1).

В разрезе Татышев раннекаргинская палеопочва (PIII) состоит из верхнего темно-бурого мелкокомковатого горизонта и нижнего — бурого среднекомковатого. Палеопочва плотного сложения, повсеместно визуализируются железисто-марганцевые



Рис. 2. Общий вид 35–45-метровой террасы левого берега р. Енисей

Fig. 2. General view of the 35–45 meter terrace of the Yenisei River left bank

¹ Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 335 с.

² Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.

³ Методика НСАМ 210-ЯФ Нейтронно-активационное определение редкоземельных элементов, тория и скандия в горных породах, рудах и минералах. Методика III и IV категории. М.: ВИМС, 1984. 40 с.

⁴ Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов: учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. 230 с.

⁵ Рудая Н. А. Палинологический анализ: учеб.-метод. пособие. Новосибирск, 2010. 46 с.

⁶ Курманов Р. Г., Ишбирдин А. Р. Мелиссопалинология. Уфа: Башк. гос. ун-т, 2014. 128 с.

Макроморфологическое описание педокомплекса каргинского интерстадиала (разрез Татышев)

Table 1. Macromorphological description of the Karginsky interstadial pedocomplex (Tatyshev section)

Палеопочвы	Горизонты	Интервал глубин от дневной поверхности, см	Макроморфологическое описание
—	1	240–315	Светло-бурый, супесчаный, мелкокомковато-пылеватый, плотный, переход к нижележащему горизонту резкий, граница с нижележащим горизонтом волнистая. Материал данного горизонта заполняет морозобойные трещины, пронизывающие педокомплекс
Позднекаргинская (PI)	I [AU]	315–370	Темно-бурый с серым оттенком, среднесуглинистый, ореховатый, уплотненный, выделяются железисто-марганцевые новообразования и среднесуглинистые темно-серые линзы, пятна оглеения, переход к нижележащему горизонту резкий, граница с нижележащим горизонтом ровная
	I [B _{Ca}]	370–390	Бурый, среднесуглинистый, мелкокомковатый, уплотненный, новообразования карбонатов в виде псевдомицелия, железисто-марганцевые новообразования, переход к нижележащему горизонту резкий, граница с нижележащим горизонтом ровная
Среднекаргинская (PII)	II [AU]	390–435	Темно-бурый с серым оттенком, среднесуглинистый, уплотненный, железисто-марганцевые новообразования, переход к нижележащему горизонту резкий, граница с нижележащим горизонтом волнистая, местами клиновидная. Палеопочву пронизывают мерзлотные клинья
	II [B _{Ca1}]	435–455	Бурый, среднесуглинистый, уплотненный, железисто-марганцевые новообразования, карбонаты в виде белоглазки и псевдомицелия, переход к нижележащему горизонту резкий, граница с нижележащим горизонтом ровная
—	II [B _{Ca2}]	455–500	Светло-серый с бурым оттенком, супесчаный, мелкокомковатый, плотный, значительные скопления новообразований карбонатов в виде белоглазки и псевдомицелия, железистые новообразования, переход к нижележащему горизонту ясный, граница с нижележащим горизонтом волнистая
Раннекаргинская (PIII)	III [AU]	500–550	Темно-бурый, среднесуглинистый, мелкокомковатый, уплотненный, карбонаты в виде белоглазки, железисто-марганцевые новообразования, переход к нижележащему горизонту ясный, граница с нижележащим горизонтом волнистая
	III [B _{Ca}]	550–560	Бурый, среднесуглинистый, среднекомковатый, уплотненный, карбонаты в виде белоглазки и псевдомицелия, железисто-марганцевые новообразования, переход к нижележащему горизонту ясный, граница с нижележащим горизонтом волнистая
—	3	560–600	Светло-серый, супесчаный, мелкокомковато-пылеватый, уплотненный, единичные новообразования карбонатов

Источник: по [18; 19]

Source: from [18; 19]



Рис. 3. Новообразования железа в разрезе Татышев

Fig. 3. New iron formations in the Tatyshev section

новообразования, карбонаты в виде белоглазки (табл. 1).

Горизонт лессовидных отложений и среднекаргинская палеопочва (PII) формируют единый почвенный профиль, в котором выделяются три генетических горизонта (табл. 1). Верхний темно-гумусовый горизонт имеет темно-бурый цвет, легкосуглинистый, мелкокомковатый, уплотнен, криотурбирован, переход к нижележащему горизонту II [B_{Ca1}] постепенный. Горизонт II [B_{Ca1}] бурый, мелкокомковатый, легкосуглинистый, имеются новообразования карбонатов в виде псевдомицелия и белоглазки, ожелезнение (охристые пятна) (рис. 3), переход к нижележащему горизонту резкий, граница ровная. Горизонт II [B_{Ca2}] отличается большим количеством карбонатных новообразований.

Радиоуглеродное и люминесцентное датирование палеопочв разреза Татышев

Table 2. Radiocarbon and luminescence dating of the Tatyshev section paleosols

Палеопочвы	Разрез Татышев
Позднекаргинская	29 800 ± 2000 л. н. (ГИН-2466) глубина слоя 315–330 см
	32 200 ± 4200 л. н. (TL-SIB 92-10) глубина слоя 365–385 см
Среднекаргинская	38 640 ± 1000 л. н. (ГИН-2468) глубина слоя 420–430 см

Источник: по [7; 22]

Source: from [7; 22]

Позднекаргинская палеопочва (PI) относится к гидроморфным и представлена двумя горизонтами: верхним — темно-бурым, легкосуглинистым, ореховатым; нижним — бурым, легкосуглинистым, мелкокомковатым (табл. 1). Палеопочва отличается рыхлым сложением, новообразования представлены охристо-глеево-марганцевыми выцветами и линзами темно-серого среднесуглинистого материала.

Таким образом, по макроморфологическим признакам палеопочвы слабо дифференцируются на отдельные генетические горизонты. Визуально можно выделить гумусовые и карбонатные (не всегда). Гумусовые горизонты демонстрируют неоднородное строение. Во всех исследуемых палеопочвах интенсивно проявляется образование железисто-марганцевых соединений, их количество возрастает в верхних частях профилей. Обильные новообразования карбонатов представлены белоглазкой и псевдомицелием, выделяются пятна оглеения. На криогенные процессы указывают серии мерзлотных клиньев, пронизывающих палеопочвы.

Результаты микроморфологического исследования свидетельствуют о формировании палеопочв по черноземовидному типу. Анализ показал, что строение основной массы разреза Татышев преимущественно однородное, преобладают бурые оттенки, плотное губчатое сложение, отмечается хорошая микроагрегированность и пористость. Наличие копролитов и биогенных пор указывает на высокую степень биогенной переработки палеопочв. Основная масса характеризуется высокой гумусированностью, гумус прочно связан с глинистой плазмой и представлен преимущественно тонкодисперсным органическим веществом, реже — органическим пигментом, гумусово-глинистыми пленками на зернах первичных минералов. Присутствие значительного количества железисто-марганцевых новообразований свидетельствует о гидроморфной стадии развития на заключительных этапах развития палеопочв разреза Татышев. Минералогический состав отложений характеризуется доминированием кварца (90–95 %) с примесью плагиоклаза, роговой обманки, ортоклаза и кальцита (от 1 до 6 %), а также единичными зернами эпидота, хлорита, клиноцоизита, биотита, глауконита, кальцита, ортоклаза, микроклина, цоизита, роговой обманки, биотита.

Исследование педокомплекса разреза Татышев позволило отнести позднекаргинские и среднекаргинские палеопочвы к каргинскому интерстадиалу (изотопно-кислородной стадии 3). Данное заключение основано на результатах радиоуглеродного датирования гумуса палеопочв [20; 21] и термолюминесцентного датирования [7] (табл. 2).

Палеопочвы разреза Татышев характеризуются преимущественно легко- и среднесуглинистым гранулометрическим составом. Содержание гумуса в гумусово-аккумулятивных горизонтах очень низкое (<1,75 %) и обусловлено процессами его диагенетического преобразования после погребения. Характерно также высокое содержание карбонатов (до 10 %), что связано как с формированием палеопочв на карбонатных породах, так и с их новообразованием в условиях лесостепной зоны.

Почвы обладают щелочной и сильнощелочной реакцией среды, что подтверждается показателями pH водной вытяжки в диапазоне от 7,6 до 9,5. Содержание суммы обменных оснований варьируется от 11,9 до 49,8 мг · экв/100 г. Верхняя палеопочва характеризуется повышенным содержанием подвижных форм железа по сравнению с нижележащими (рис. 4). Тип гумуса палеопочв относится к гуматно-фульватному с высоким содержанием негидролизуемого остатка (табл. 3).

Рассчитанные элювиально-иллювиальные коэффициенты ($\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$; $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) указывают на процессы разрушения и перемещения основных компонентов валового химического состава палеопочв. Повышение значений элювиально-иллювиальных коэффициентов свидетельствует о процессах выноса полуторных окислов из горизонта почвы¹.

Согласно исследованию валового состава педокомплекса каргинского интерстадиала разреза Татышев Красноярской котловины, в раннекаргинской палеопочве процессы разрушения и миграции основных компонентов валового химического состава почвенной массы проявляются незначительно. Соотношения оксидов ($\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 2,95–3,84; $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 8,36–10,22; $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 4,56–6,39) указывают на слабую интенсивность этих процессов (табл. 4). В основной части профиля наблюдается высокое содержание SiO_2 , концентрация которого уменьшается в нижних горизонтах. Сумма полуторных окислов распределена с незначительной вариацией по профилю. Отмечено накопление K_2O , Na_2O и P_2O_5 в гумусово-аккумулятивном горизонте, связанное с интенсивными процессами почвообразования. Зафиксирован вынос CaO и MgO в нижние горизонты палеопочв, что является результатом слабо выраженных процессов выщелачивания щелочноземельных металлов.

Анализ распределения SiO_2 в среднекаргинской палеопочве (табл. 4) позволил выявить его неоднородность, характеризующуюся наличием нескольких

¹ Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов : учеб. пособие. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1964. 230 с.

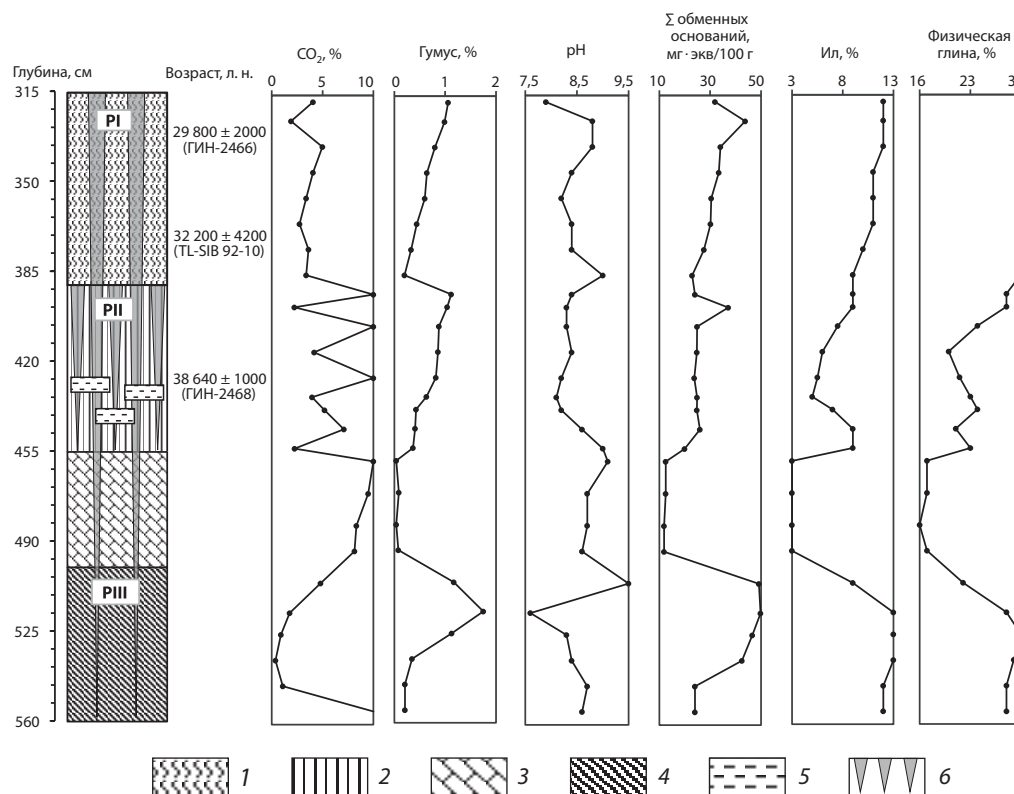


Рис. 4. Физико-химические свойства палеопочвенного комплекса разреза Татышев

1 — позднекаргинская палеопочва (PI); 2 — среднекаргинская палеопочва (PII); 3 — горизонт лессовидных отложений, разделяющий палеопочвы; 4 — раннекаргинская палеопочва (PIII); 5 — скопления карбонатов CO_2 ; 6 — мерзлотные клинья
Источник: по [19; 23]

Fig. 4. Physical and chemical properties of the Tatyshev section paleosol complex

1 — Late Karginsky interstadial paleosol (PI); 2 — Middle Karginsky interstadial paleosol (PII); 3 — loess-like deposits horizon separating paleosols; 4 — Early Karginsky interstadial paleosol (PIII); 5 — CO_2 carbonates accumulations; 6 — permafrost wedges
Source: from [19; 23]

Таблица 3

Групповой и фракционный состав гумуса палеопочв разреза Татышев, в % к общему углероду палеопочв

Table 3. Group and fractional humus composition of the Tatyshev section paleosols, in % of the total carbon of paleosols

Палеопочва	Интервал глубин, см	$C_{\text{общ}}, \%$	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты				Негидролизующий остаток	Сгк/Сфк
			1	2	3	сумма	1	2	3	сумма		
PI	320–325	0,99	5,9	5,7	8,5	20,1	4,6	8	7,3	19,9	60,0	1,0
PI	335–340	0,80	4,1	3,3	6,3	13,7	1,6	4,0	6,7	12,3	74,0	1,1
PII	395–400	1,04	4,8	4,0	10,7	19,5	3,4	3,7	10,0	17,1	63,3	1,1
PII	420–430	0,82	4,2	4,2	10,0	18,4	3,2	3,2	11,0	17,4	64,2	1,1
PIII	513–520	1,75	5,6	4,4	9,0	18,9	0,2	5,9	11,2	17,3	63,8	1,1

Источник: по [19]

Source: from [19]

Валовой состав педокомплекса каргинского интерстадиала разреза Татышев

Table 4. Gross composition of the Karginsky interstadial pedocomplex of the Tatyshev section

Горизонт	Глубина, см	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	R ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃
		10 ⁻⁴ , % на прокаленную навеску												
I [AU]	315–320	65,1	8,2	6,5	11,5	3,6	2,0	2,6	0,1	0,2	14,7	4,4	7,9	10,0
	330–340	62,3	8,2	6,1	13,0	5,4	2,0	2,6	0,1	0,2	14,2	4,4	7,6	10,3
	350–360	65,7	8,3	6,4	11,0	3,6	2,0	2,5	0,1	0,2	14,7	4,5	8,0	10,3
I [B _{Ca}]	380–390	65,1	8,2	6,2	10,2	5,4	2,0	2,4	0,1	0,2	14,5	4,5	7,9	10,4
II [AU]	390–395	52,5	8,2	6,1	22,8	5,4	2,0	2,6	0,1	0,2	14,2	4,2	7,2	9,8
	395–400	65,1	10,3	7,5	8,6	3,6	2,0	2,4	0,1	0,2	17,8	3,7	6,3	8,7
II [AUe]	400–410	52,5	8,2	6,1	22,8	5,4	2,0	2,6	0,1	0,2	14,2	4,2	7,2	9,8
	410–420	65,5	8,4	6,5	11,2	3,7	1,4	2,9	0,1	0,2	15,0	4,4	7,8	10,0
	420–430	52,5	8,2	6,1	22,8	5,4	2,0	2,6	0,1	0,2	14,2	4,2	7,2	9,8
II [B _{Ca1}]	435–440	62,5	8,2	6,3	11,9	5,4	2,6	2,6	0,1	0,2	14,5	4,3	7,7	9,9
	450–455	60,3	10,6	6,8	13,1	3,7	2,0	3,0	0,2	0,2	17,4	3,5	5,7	8,9
II [B _{Ca2}]	455–460	50,3	10,0	5,6	22,9	7,1	1,3	2,3	0,2	0,2	15,7	3,2	5,0	9,0
	465–475	53,1	8,0	5,6	22,3	7,0	1,3	2,3	0,1	0,2	13,6	3,9	6,6	9,5
	480–485	54,1	10,0	5,6	19,1	7,1	1,3	2,3	0,2	0,2	15,7	3,5	5,4	9,6
	490–495	56,8	8,0	5,6	18,6	7,0	1,3	2,3	0,1	0,2	13,6	4,2	7,1	10,1
	500–510	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III [AU]	513–520	64,1	10,4	6,3	11,0	3,6	1,3	2,8	0,1	0,2	16,6	3,9	6,2	10,2
	520–530	63,7	10,4	6,4	10,7	3,6	2,0	2,7	0,1	0,2	16,8	3,8	6,1	9,9
	530–540	63,2	10,3	6,7	11,0	3,6	2,0	2,8	0,1	0,2	17,0	3,7	6,1	9,4
	540–550	64,1	10,0	6,7	10,7	3,5	1,9	2,6	0,1	0,2	16,7	3,8	6,4	9,6
III [B _{Ca}]	550–560	48,4	10,6	5,8	23,6	7,4	1,4	2,3	0,2	0,2	16,4	3,0	4,6	8,4

Источник: по [19; 24]

Source: from [19; 24]

пиков концентрации в различных частях профиля. Высокий достоверный коэффициент корреляции между SiO₂ и фракцией песка мелкого (R = 0,7) указывает на то, что наблюдаемое распределение оксида кремния преимущественно обусловлено процессами осадконакопления, а не почвообразованием.

Профиль палеопочвы характеризуется неоднородным распределением карбонатов. Их повышенное содержание (до 10%) в интервалах глубин 390–395 см, 400–410 см и 455–460 см обусловлено мерзлотным вымораживанием¹. Отмечается выщелачивание щелочноземельных металлов в горизонт II [B_{Ca2}].

Позднекаргинская палеопочва (табл. 4) разреза Татышев является низкогумусированной.

Распределение гумуса носит аккумулятивный характер. Анализ валового состава почвы свидетельствует о слабой степени разрушения и миграции основных компонентов, на что указывают значения соотношений SiO₂/R₂O₃ (4,37–4,49), SiO₂/Fe₂O₃ (9,98–10,43) и SiO₂/Al₂O₃ (7,60–7,95). Отмечается равномерное распределение Al₂O₃, K₂O, MnO. Na₂O преимущественно концентрируется в верхней части палеопочвы, в то время как P₂O₅ выносится из нее. Валовой состав демонстрирует аккумулятивный характер распределения CaO и суммы полуторных окислов. Наблюдается вынос SiO₂ из почвенного профиля.

В изученных палеопочвах разреза Татышев отмечается высокое содержание фитолитов. Зафиксированы пики их содержания на глубинах 315–330 см (PI); 390–400 см и 420–430 см (PII); 500–510 см (PIII). В нижних частях палеопочв количество фитолитов сокращается (рис. 5).

¹ Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта : учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Астрель-2000, 1999. 762 с.

В процентном соотношении в верхних частях всех палеопочв наряду с разнотравьем преобладают луговые злаки. Относительно высокое содержание осок наблюдается для позднекаргинской палеопочвы (верхние горизонты). Содержание лиственных древесных, лесных и степных злаков сокращается. В верхних горизонтах палеопочв отмечено присутствие фитоцитов хвойных, в средней и нижней частях увеличивается доля степных злаков и лиственных древесных, процент луговых злаков уменьшается, а оски вовсе исчезают.

В горизонте лессовидных отложений, разделяющем палеопочвы, установлено небольшое количество фитоцитов (28–30). Верхняя часть горизонта характеризуется присутствием фитоцитов степных и луговых злаков, единичными зернами лесных злаков, разнотравья и хвойных; в средней части фитоциты отсутствуют. Нижняя часть горизонта демонстрирует преобладание фитоцитов степных злаков с заметным количеством луговых злаков, встречаются оски (до 5 %) и хвойные (до 5 %).

Спорово-пыльцевой анализ. Данные спорово-пыльцевого анализа позволили охарактеризовать в общем виде зональные ландшафтно-климатические условия времени формирования каргинских почв. В спорово-пыльцевых спектрах почвенного комплекса и лессовидных отложений 35–45-метровой террасы, содержащих небольшое количество пыльцевого и спорового материала (от 180 в почвах

до 0–50 в лессовидных горизонтах, разделяющих почву), отразился состав растительного покрова, сформированного как на возвышенных пространствах, примыкающих к левобережной части долины р. Енисей, так и на самой Лагерной террасе. В ранее опубликованных палинологических материалах по археологической стоянке Ясное-1 (расположенной в 10 км от разреза Татышев) [25] было установлено, что в **раннекаргинское время** в суровой и влажной климатической обстановке существовали заболоченные таежные ландшафты, состав которых характеризовался присутствием лиственницы, ели и сосны, произрастали зеленые мхи (рис. 6). В дальнейшем произошло сведение таежной растительности, в том числе и вследствие пожаров, поскольку в отложениях были обнаружены частицы древесного угля.

Среднекаргинское время характеризовалось также довольно суровыми климатическими условиями. Обнаруженные в отложениях пыльца ели, кедра, сосны, ольховника, полыни, маревых и споры сфагновых и зеленых мхов (рис. 6) указывают на развитие таежных ландшафтов в достаточно холодных и влажных климатических условиях с чередованием заболоченных разреженных таежных ландшафтов в суровых климатических условиях с эпизодами потеплений.

Отложения **позднекаргинского времени** содержат единичные зерна древесных, травянистых

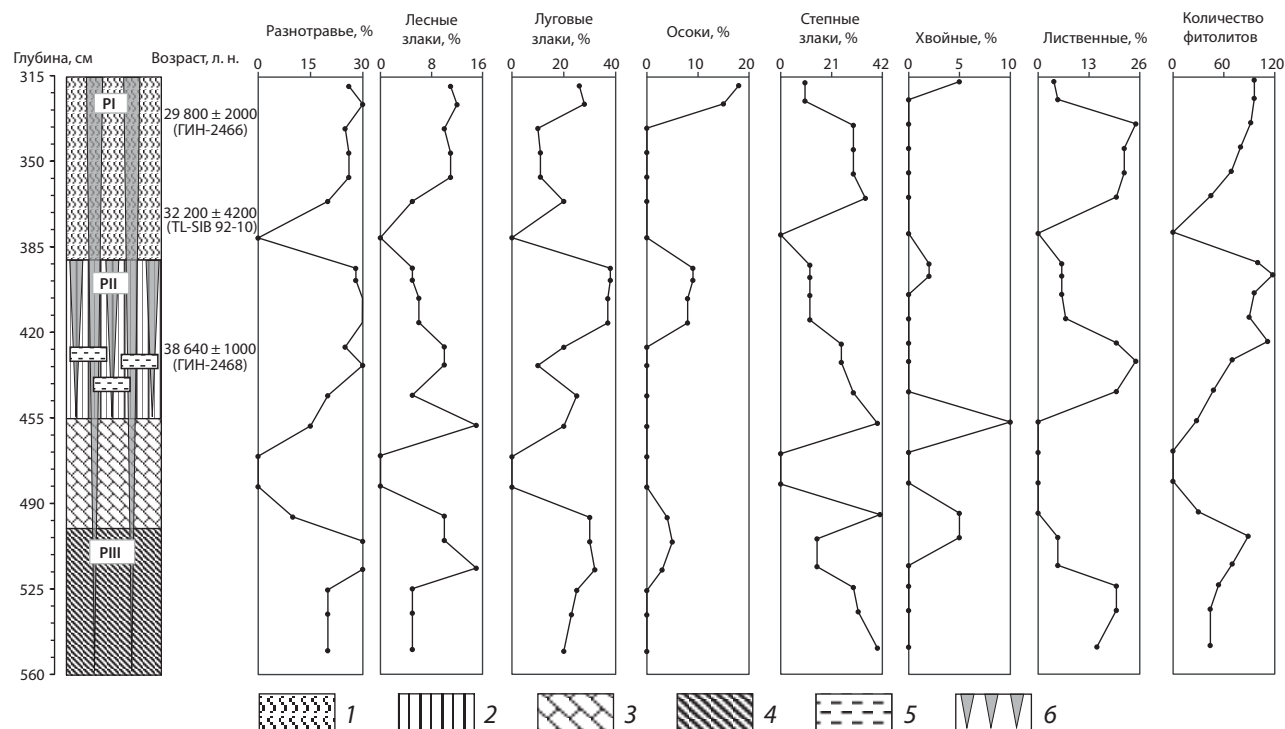


Рис. 5. Содержание фитоцитов в палеопочвенном комплексе разреза Татышев

1 — позднекаргинская палеопочва (PI); 2 — среднекаргинская палеопочва (PII); 3 — горизонт лессовидных отложений, разделяющий палеопочвы; 4 — раннекаргинская палеопочва (PIII); 5 — скопления карбонатов CO_2 ; 6 — мерзлотные клинья

Fig. 5. Phytolith content in the Tatyshev section paleosol complex

1 — Late Karginsky interstadial paleosol (PI); 2 — Middle Karginsky interstadial paleosol (PII); 3 — loess-like deposits horizon separating paleosols; 4 — Early Karginsky interstadial paleosol (PIII); 5 — CO_2 carbonates accumulations; 6 — permafrost wedges

и споровых растений, включающих ель, пихту, сосну обыкновенную, древесную и кустарничковую березку, иву, злаков, маревых и сфагнома. Это указывает на достаточно холодные и влажные климатические условия произрастания хвойных лесов, а также на слабо задернованные травянистой растительностью склоны возвышенных пространств.

На рис. 7 представлен фрагмент спорово-пыльцевой диаграммы, характеризующий палеопочвы разреза Татышев в период их формирования.

Формирование нижней части раннекаргинской почвы происходило в довольно теплых и достаточно аридных условиях, затем в холодных и влажных климатических условиях лесостепной котловинной растительности и таежного окружения гор и водораздельных пространств. Среди пыльцы древесных

растений встречена пыльца лиственницы, ели и сосны; пыльца травянистых растений представлена осоками, полынью и маревыми.

Лессовидный горизонт, разделяющий раннекаргинскую и среднекаргинскую почвы, содержит единичные пыльцевые зерна сосны и березы, а также пыльцу селлагинеллы сибирской — вида колоскового мха, произрастающего на сухих и открытых скалах. Вполне вероятно, что климатические условия этого времени изменились в сторону увеличения сухости климата и соответствовали сухостепным ландшафтам.

Среднекаргинская палеопочва формировалась также в достаточно суровых климатических условиях распространения заболоченных таежных ландшафтов, окружающих лесостепную Красноярскую

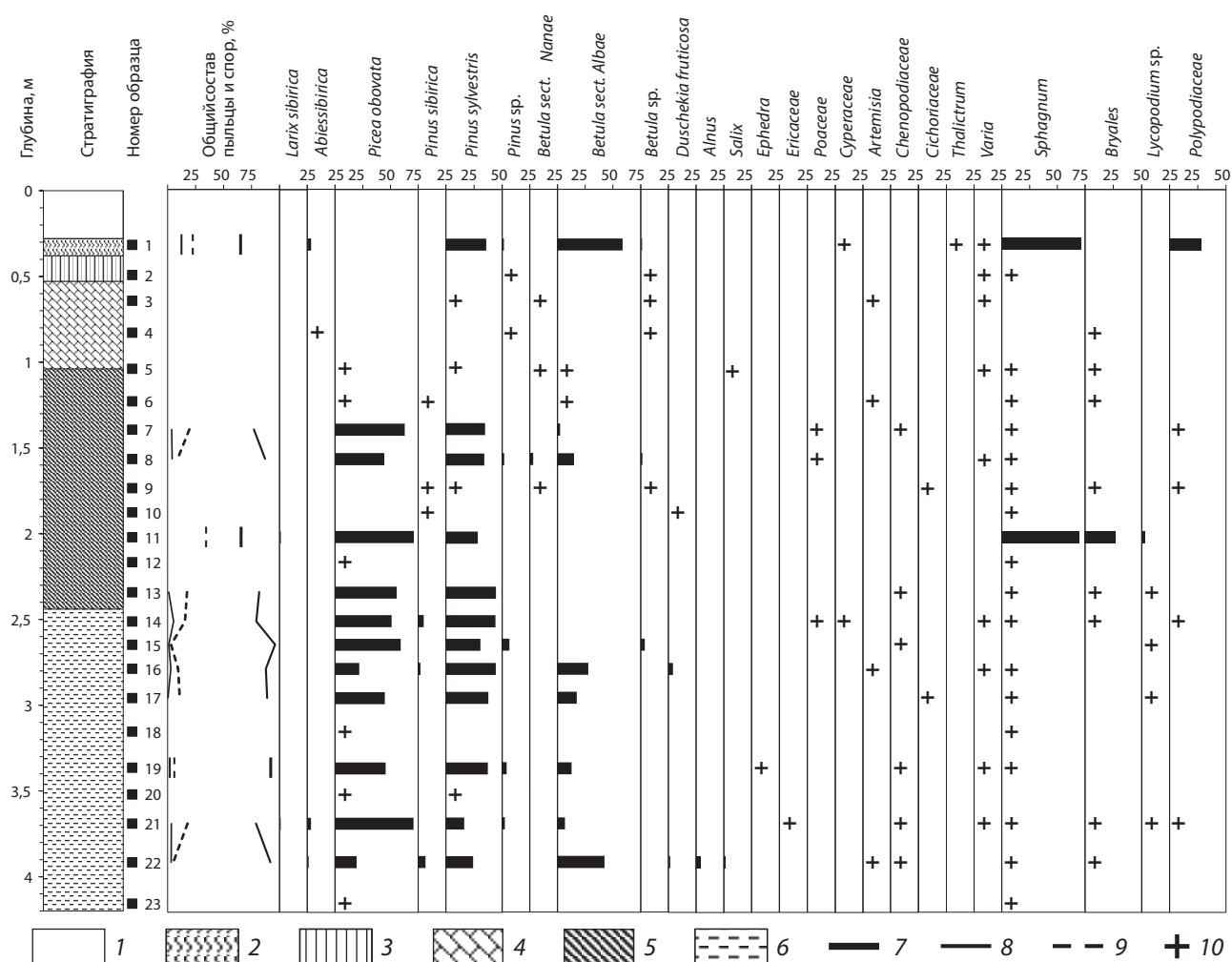


Рис. 6. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза Ясное-1

1 — антропогенные отложения; 2 — легкая глина; 3 — тяжелый суглинок; 4 — средний суглинок; 5 — легкий суглинок; 6 — пыльца древесных; 7 — пыльца травянистых; 8 — споры; 9 — обозначено небольшое присутствие в образцах пыльцы и спор растений; 10 — единичные зерна пыльцы и спор

Источник: по [25]

Fig. 6. Spore-pollen diagram of the Yasnoe-1 section

1 — anthropogenic deposits; 2 — light clay; 3 — heavy loam; 4 — medium loam; 5 — light loam; 6 — tree species pollen; 7 — herbaceous pollen; 8 — spores; 9 — small amount of plant pollen and spores in the samples indicated; 10 — single pollen grains and spores

Source: from [25]

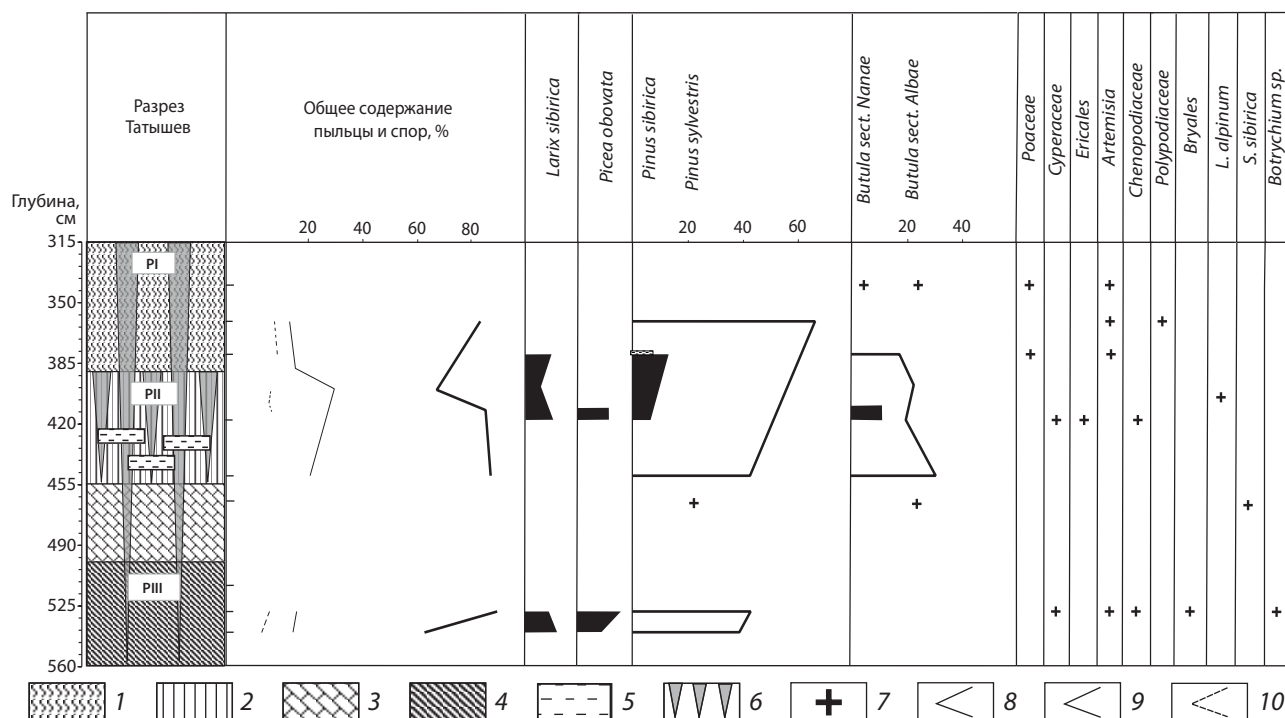


Рис. 7. Спорово-пыльцевая диаграмма каргинского палеопочвенного комплекса разреза Татышев

1 — позднекаргинская палеопочва (PI); 2 — среднекаргинская палеопочва (PII); 3 — горизонт лессовидных отложений, разделяющий палеопочвы; 4 — раннекаргинская палеопочва (PIII); 5 — скопления карбонатов CO₂; 6 — мерзлотные клинья; 7 — единичные пыльцевые зерна и споры; 8 — пыльца древесных; 9 — пыльца травянистых; 10 — споры

Fig. 7. Spore-pollen diagram of the Karginsky paleosol complex of the Tatyshchev section

1 — Late Karginsky interstadial paleosol (PI); 2 — Middle Karginsky interstadial paleosol (PII); 3 — loess-like deposits horizon separating paleosols; 4 — Early Karginsky interstadial paleosol (PIII); 5 — CO₂ carbonates accumulations; 6 — permafrost wedges; 7 — single pollen grains and spores; 8 — tree species pollen; 9 — herbaceous pollen; 10 — spores

котловину. Обнаружена пыльца смешанного состава хвойных и лиственных древесных растений — лиственницы, ели, кедра, сосны, березы и карликовой березки, а также пыльца травянистых растений — злаковых, осоковых и маревых. Усиление суровости климата отмечено ко второй половине формирования среднекаргинской почвы.

Позднекаргинская почва также формировалась в условиях похолодания климата и усиления увлажнения, на что указывает наличие пыльцы карликовой березки и злаков.

В целом следует сказать, что лессовидные отложения времени формирования каргинских почв содержат очень мало пыльцы и спор, что связано не только с генезисом отложений и климатическими условиями их формирования, но и с их сохранностью.

ОБСУЖДЕНИЕ

Каргинское время относится к позднему неоплейстоцену, который является частью мегацикла [26]. Климат Земли претерпевал значительные колебания на протяжении всей своей истории. Наблюдаемые циклические изменения климата дополнялись необратимыми процессами поступательного развития [27; 28].

Каргинский интерстадиал (также именуемый мегаинтерстадиалом или каргинским межледниковым комплексом) датируется радиометрическим методом в диапазоне от 50 до 25 тыс. л. н. В последнее время границы каргинского интерстадиала были скорректированы, охватывая период от 55 (или 50?) до 23 (или 22?) тыс. л. н. Согласно шкале океанических осадков, этот временной промежуток соответствует 56–23 тыс. л. н. Он отождествляется со стадией морской изотопно-кислородной шкалы МИС 3¹ [7].

В разрезе Татышев среднекаргинская палеопочва датируется возрастом $38\,640 \pm 1000$ л. н. (ГИН-2468), что соответствует подстадии 3.3 по морской изотопной шкале, известной как среднекаргинское или малохетское потепление. Горизонт материнской породы позднекаргинской палеопочвы сформировался в подстадию 3.2 (конощельское похолодание). Позднекаргинская палеопочва датируется возрастом $29\,800 \pm 200$ л. н. (ГИН-2466), что соответствует подстадии 3.1 (липовско-новоселовское потепление).

В изученном разрезе выявлены три палеопочвы, характеризующиеся следующими особенностями:

¹ Чернов А. В. Историческое землеведение (палеогеография) : учеб. пособие. М. : Моск. гор. пед. ун-т, 2004. 153 с.

очень низким содержанием гумуса, большим количеством карбонатов, щелочной реакцией среды (от слабо- до сильнощелочной), фульватно-гуматным типом гумуса с доминированием фракции 3 как гуминовых, так и фульвокислот (табл. 3). Дифференциация по элементному составу в основном обусловлена процессами осадконакопления, а в меньшей степени — почвообразованием. На основании изучения морфологического строения почв и их физико-химических свойств установлено, что основными почвообразовательными процессами в интерстадиал были: дерновый процесс, гумусообразование и гумусонакопление, оглеение, окарбоначивание, глинисто-иллювиальный и гумусово-иллювиальный.

Результаты валового состава и физико-химических анализов показали, что в ходе развития раннекаргинской палеопочвы (PIII) наблюдалась динамика изменения ее типа. На начальном этапе почвообразования она формировалась как чернозем обыкновенный (типичный), а на завершающей фазе — как чернозем выщелоченный.

На начальной стадии формирования в среднекаргинской палеопочве (PII) фиксировались процессы гумусообразования, гумусонакопления и аккумуляции карбонатов, обусловившие образование чернозема обыкновенного, представленного горизонтами II [AU] – II [B_{Ca1}]. По достижении оптимальной стадии развития почвообразовательного процесса активизировалось выщелачивание карбонатов из горизонта II [B_{Ca1}] в горизонт II [B_{Ca2}], что привело к формированию чернозема выщелоченного, представленного последовательностью горизонтов: II [AU] – II [B_{Ca1}] – II [B_{Ca2}]. На завершающей стадии развития почвы выделялись процессы слабого оподзоливания, лессивирования и глинисто-иллювиальный процесс. Эти процессы привели к элювиально-иллювиальному дифференцированию палеопочвы и образованию чернозема оподзоленного, представленного горизонтами: II [AU] – II [AUe] – II [B_{Ca1}] – II [B_{Ca2}]. В ходе периода похолодания климата происходило интенсивное вымораживание карбонатов из мерзлых почв. Вторичное окарбоначивание произошло уже после погребения почвы, что отразилось не только в распределении карбонатов, но и повлияло на pH почвенного раствора.

Позднекаргинская палеопочва (PI) развивалась по типу черноземов обыкновенных. В поздние этапы ее развития выделены признаки гидроморфизма, свидетельствующие о переувлажнении. В результате чернозем обыкновенный трансформировался в лугово-черноземную почву.

Таким образом, палеопочвы разреза Татышев Красноярской котловины на начальной и оптимальной стадиях своего развития формировались по типу чернозема обыкновенного. Характерными для них являлись процессы интенсивного гумусообразования и накопления гумуса, а также аккумуляция карбонатов.

На заключительных стадиях формирования почвы развивались под воздействием повышенной влажности: лугово-черноземные почвы (верхняя палеопочва) отличались развитым дерновым процессом,

интенсивным гумусообразованием и гумусонакоплением, а также гидрогенной миграцией карбонатов; черноземы оподзоленные (средняя палеопочва) формировались в результате гумусообразования и гумусонакопления, лессообразования, слабого оподзоливания и глинисто-иллювиального процесса; черноземы выщелоченные (средняя и нижняя палеопочвы) развивались под воздействием гумусообразования, гумусонакопления, миграции карбонатов, выщелачивания карбонатов и щелочноземельных металлов, а также карбонатно-иллювиального процесса. Также выявлены признаки мерзлотного вымораживания почв. После погребения они прошли стадию вторичного окарбоначивания. Следовательно, палеопочвы Красноярской котловины можно отнести к полигенетическим.

Анализ фитолиитного состава указывает на преимущественное формирование палеопочв в условиях лесостепи. Почвы Красноярской котловины первоначально развивались под растительными сообществами остепненных лугов, что свидетельствует о преобладании теплого и умеренно засушливого климата в тот период. В дальнейшем повышалась влажность климата, на что указывает доминирование луговых злаков и появление осок — признаки распространения луговых фитоценозов, которым соответствовал теплый и влажный климат. Появление фитолиитов хвойных растений на завершающей стадии почвообразования свидетельствует о холодном периоде.

В спорово-пыльцевых спектрах отложений времени формирования палеопочв нашли отражение степной и лесостепной типы ландшафтов как Красноярской котловины, так и ее таежного окружения.

Следовательно, процесс формирования почв начинался в условиях теплого и сухого климата, а завершался в теплом и влажном. Каждая эпоха почвообразования заканчивалась похолоданием при повышенной влажности. В это время происходило накопление отложений с легким гранулометрическим составом; в оптимальную фазу их аккумуляции климат был сухим и холодным, преобладали степные ландшафты с участием древесных. В заключительную фазу накопления осадков увлажнение увеличивалось.

В результате комплексного исследования педокомплекса разреза Татышев на территории Красноярской котловины установлено соответствие образования педокомплекса, состоящего из трех палеопочв, каргинскому интерстадиалу. Формирование этих палеопочв демонстрирует четкую корреляцию с периодами потепления климата в других регионах Северного полушария¹ [2; 6; 23; 24; 29].

Формирование материнских пород палеопочв соответствует периодам похолодания климата. В ходе каждого потепления наблюдается последовательная смена климатических фаз: от теплого и умеренно аридного к теплому и влажному, а затем к влажно-холодному периоду. В результате таких изменений происходит усиление осадконакопления

¹ Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 335 с.

Реконструкция палеогеографических условий в каргинский интерстадиал на примере разреза Татышев, Красноярская котловина

Table 5. Reconstruction of paleogeographic conditions in the Karginsky interstadial based on the Tatyshev section, Krasnoyarsk depression

Лугово-черноземная почва	Лесостепь	Луговые фитоценозы	Холодно и влажно	
			Тепло и влажно	
Чернозем обыкновенный	Лесостепь	Остепненные луга	Тепло и умеренно сухо	
			К	Холодно и сухо
Чернозем оподзоленный	Лесостепь	Луговые фитоценозы		Холодно и влажно
			Тепло и влажно	
Чернозем обыкновенный	Лесостепь	Остепненные луга	Тепло и умеренно сухо	
	Степь	Степные фитоценозы	Холодно и сухо	
	Лесостепь		Холодно и влажно	
Чернозем выщелоченный		Луговые фитоценозы	Тепло и влажно	
Чернозем обыкновенный		Остепненные луга	Тепло и умеренно сухо	

Источник: по [19; 29; 30]

Source: from [19; 29; 30]

и доминирование его над почвообразованием. Для холодного периода осадконакопления также выделяется три этапа: холодный и влажный, холодный и сухой, а затем незначительное потепление с последующей аридизацией (табл. 5). Внутри интерстадиала фиксируются циклы «тепло–холод», которые, подобно циклам межледниковье–оледенение, отражают схему изменения климатических условий, предложенную М. П. Гричук и В. П. Гричук (1960 г.) [31].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на территории Красноярской котловины в период каргинского интерстадиала выделяются три этапа почвообразования и два — осадконакопления, которые хорошо коррелируют с изменениями климата в это время на других территориях Сибири¹ [2; 6; 23; 24; 29]. Формирование нижней палеопочвы соответствует раннекаргинскому потеплению, соответствующему началу отступления зырянского ледника. Впоследствии наблюдается усиление эрозионных процессов. Тем не менее в разрезе Татышев палеопочва PIII демонстрирует сравнительно хорошую сохранность, что свидетельствует о слабой выраженности этих процессов. Причиной эрозии почв может являться деградация растительного покрова вследствие похолодания климата.

Формирование горизонта лессовидных отложений между нижними и средними палеопочвами совпадает с раннекаргинским похолоданием, датированным 43 тыс. л. н. [32]. Образование средних палеопочв соответствует второму внутрикаргинскому потеплению — малохетскому потеплению,

охватывающему период от 42 до 35 тыс. л. н. Перерыв в почвообразовании относится к конощельскому похолоданию, датированному 34–31 тыс. л. н. [32]. Формирование верхних палеопочв связано с последним каргинским потеплением (30 000–25 000 л. н.) [32].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Величко А. А. Природный процесс в плейстоцене : К IX конгрессу INQUA : Новая Зеландия, 1973. М. : Наука, 1973. 256 с.
2. Зыкина В. С. Позднеплейстоценовые ископаемые почвы юга Средней Сибири (приенисейская часть) // Палеоэкология и расселение древнего человека в Северной Азии и Америке : краткое содерж. докл. междунар. симп., Красноярск, 1 янв. — 31 дек. 1992 г. / под ред. А. П. Деревянко [и др.]. Красноярск : ПИК «Офсет», 1992. С. 102–105.
3. Дрозд Е. Н. Использование палинологических данных для палеогеографических реконструкций // XI Всерос. палинол. конф. «Палинология: теория и практика» : материалы конф., Москва, 27 сент. — 1 окт. 2005 г. / отв. ред. С. А. Афонин, П. И. Токарев. М. : ПИН РАН, 2005. С. 73–74.
4. Почвы в биосфере и жизни человека / Г. В. Добровольский [и др.] ; науч. ред. Г. В. Добровольский, Г. С. Куст, В. Г. Санаев. М. : Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2012. 584 с.
5. Archeology of the Lu City: Place memory and urban foundation in Early China / M. Li [et al.] // Archaeological Research in Asia. 2018. Vol. 14. P. 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2017.02.006>.
6. 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 [et al.] // Geosciences. 2021. Vol. 11, no. 8. P. 323. <https://doi.org/10.3390/geosciences11080323>.
7. Frechen M., Yamskikh A. F. Upper Pleistocene loess stratigraphy in the southern Yenisei Siberia area // Journal of the Geological Society. 1999. Vol. 156. P. 515–525. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.156.3.0515>.
8. Пономарева В. В., Плотнокова Т. А. Гумус и почвообразование. Л. : Наука, 1980. 221 с.

¹ Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1986. 335 с.

9. Handbook for soil thin section description / P. Bullock [et al.]. Wolverhampton, UK : Waine Research, 1985. 152 p.
10. Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А. Микроморфология почв природных зон СССР. Пушино : ПНЦ РАН, 1992. 214 с.
11. Кузнецов Р.А. Активационный анализ. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Атомиздат, 1974. 343 с.
12. Гольева А.А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов / науч. ред. Г. В. Добровольский. М. ; Сыктывкар ; Элиста : Наука, 2001. 120 с.
13. Пыльцевой анализ / сост. А.Н. Гладкова [и др.] ; под общ. ред. А. Н. Криштофовича. М. : Изд-во и 1-я тип. Госгеолиздата, 1950. 572 с.
14. Дзюба О.Ф. Атлас пыльцевых зерен (неацетоллизированных и ацетоллизированных), наиболее часто встречающихся в воздушном бассейне восточной Европы. М. : Никомед, 2005. 68 с.
15. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л. : Наука, 1978. Т. 2. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. 183 с.
16. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л. : Наука, 1972. Т. 1. 171 с.
17. Монозон М.Х. Определитель пыльцы видов семейств маревых : (пособие по спорово-пыльцевому анализу). М. : Наука, 1973. 96 с.
18. Колесников Р.А., Ямских А.А., Борисова И.В. Свойства каргинского палеопочвенного комплекса в позднелейстоценовых отложениях Красноярской котловины // Палеогеография Средней Сибири / науч. ред. В. П. Чеха. Вып. 3. Красноярск : Краснояр. гос. ун-т, 2003. С. 26–33.
19. Колесников Р.А. Почвообразование и природные условия Каргинского интерстадиала на территории котловин Приенисейской Сибири : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.25. Томск, 2005. 23 с.
20. Ямских А.Ф. Лессовые породы в речных долинах Приенисейской Сибири. Красноярск : КГПИ, 1992. 53 с.
21. Ямских А.Ф. Осадконакопление и террасообразование в речных долинах Южной Сибири. Красноярск : КГПИ, 1993. 226 с.
22. Quaternary deposits in 100–120 meter Torgashino terrace and higher Lagernaya terrace of the Yenisei river in Krasnoyarsk depression / A. F. Yamskikh [et al.] // Intracontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis : Field Conf., Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk, 2001. P. 74–86.
23. Колесников Р.А. Физико-химические свойства погребенных почв каргинского интерстадиала // Экология Южной Сибири : материалы Южно-Сибир. междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых, Абакан, 21–24 нояб. 2001 г. Т. 2. Красноярск, 2001. С. 32–33.
24. Yamskikh A. A., Borisova I. V., Kolesnikov R. A. Tatysh island section // Intracontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis : Field Conf., Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk, 2001. P. 70–73.
25. Костеносное местонахождение Ясное-1 в раннем верхнем палеолите Средней Сибири / М. Н. Мещерин [и др.] // Stratum Plus. Археология и культурная антропология. 2025. № 1. С. 197–228. <https://doi.org/10.55086/sp251197228>.
26. Кислов А. В. К теории климата плиоцена — плейстоцена и голоцена // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54, № 1. С. 3–16. <https://doi.org/10.31857/S2949178923010061>.
27. Веклич М. Ф. Палеопедология — наука о древнем почвообразовании // Палеопедология : палеогеографические исследования / отв. ред. М. Ф. Веклич, Н. А. Сиренко. Киев : Наук. думка, 1974. С. 3–14.
28. Величко А. А. Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130 000 лет. М. : ГЕОС, 2002. 231 с.
29. Колесников Р.А. Почвообразование Красноярской котловины в каргинский интерстадиал // Экология и проблемы защиты окружающей среды : тез. докл. VIII Всерос. студ. науч. конф., Красноярск, 25–27 апр. 2001 г. / отв. ред. Ю. С. Григорьев. Красноярск : Краснояр. гос. ун-т, 2001. С. 77.
30. Tatysh profile of the 35–45 meter polycyclic lagernaya terrace of the Yenisei river, Krasnoyarsk depression / A. F. Yamskikh [et al.] // Intercontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis : Field Conf., Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk, 2001. P. 61–69.
31. Гричук М.П., Гричук В.П. О приледниковой растительности на территории СССР // Перигляциальные явления на территории СССР / под общ. ред. К. К. Маркова, А. И. Попова. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1960. С. 66–100.
32. Кинд Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М. : Наука, 1974. 254 с.

REFERENCES

1. Velitchko A. A. The natural process in Pleistocene: To the IX congress INQUA: New Zealand, 1973. Moscow: Nauka; 1973. 256 p. (In Russ.).
2. Zykina V. S. Late Pleistocene fossil soils of southern Central Siberia (Yenisei region part). *Paleoecology and Settlement of Ancient Man in Northern Asia and America: Summ. of Intern. Symp. Abstr.*, Krasnoyarsk, 1 Jan. — 31 Dec. 1992 / Ed. A. P. Derevyanko [et al.]. Krasnoyarsk: PIK "Ofset"; 1992. P. 102–105. (In Russ.).
3. Drozd A. N. Use of palynological data for palaeogeographical reconstruction. *XI All-Russ. Palynological Conf. "Palynology: Theory & Applications": Proc.*, Moscow, 27 Sept. — 1 Oct. 2005 / Publ. Ed. S. A. Afonin, P. I. Tokarev. Moscow: PIN RAS; 2005. P. 73–74. (In Russ.).
4. Soils in the biosphere and human life / G. V. Dobrovolsky [et al.]; Sci. Ed. G. V. Dobrovolsky, G. S. Kust, V. G. Sanaev. Moscow: Moscow State Forest Univ. Publ. House; 2012. 584 p. (In Russ.).
5. Archeology of the Lu City: Place memory and urban foundation in Early China / M. Li [et al.]. *Archaeological Research in Asia*. 2018; 14: 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2017.02.006>.
6. 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 [et al.]. *Geosciences*. 2021; 11 (8): 323. <https://doi.org/10.3390/geosciences11080323>.
7. Frechen M., Yamskikh A. F. Upper Pleistocene loess stratigraphy in the southern Yenisei Siberia area. *Journal of the Geological Society*. 1999; 156: 515–525. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.156.3.0515>.
8. Ponomareva V. V., Plotnikova T. A. Humus and soil formation. Leningrad: Nauka; 1980. 221 p. (In Russ.).
9. Handbook for soil thin section description / P. Bullock [et al.]. Wolverhampton, UK: Waine Research; 1985. 152 p.
10. Gerasimova M. I., Gubin S. V., Shoba S. A. Micromorphological features of the USSR zonal soils. Pushchino: PSC RAS; 1992. 214 p. (In Russ.).
11. Kuznetsov R. A. Activation analysis. 2nd ed., rev. and enl. Moscow: Atomizdat; 1974. 343 p. (In Russ.).
12. Goleva A. A. Phytoliths and their informational role in studying natural and archaeological objects / Sci. Ed. G. V. Dobrovolsky. Moscow; Syktyvkar; Elista: Nauka Publ. House; 2001. 120 p. (In Russ.).
13. Pollen analysis / Comp. A. N. Gladkova [et al.]; Ed. A. N. Kristofovich. Moscow: Gosgeolizdat Publ. House and First Printing House; 1950. 572 p. (In Russ.).
14. Dzyuba O. F. Atlas of pollen grains (non-acetolyzed and acetolyzed) most frequently encountered in the air basin of Eastern Europe. Moscow: Nycomed; 2005. 68 p. (In Russ.).
15. Kupriyanova L. A., Aleshina L. A. Pollen and plant spores of the flora of the European part of the USSR. Leningrad: Nauka; 1978. Vol. 2. Pollen of dicotyledonous plants of the flora of the European part of the USSR. 183 p. (In Russ.).
16. Kupriyanova L. A., Aleshina L. A. Pollen and plant spores of the flora of the European part of the USSR. Leningrad: Nauka; 1972. Vol. 1. 171 p. (In Russ.).

17. Monoszon M. Kh. Pollen identifier of glasswort species: spore-pollen analysis manual. Moscow: Nauka, 1973. 96 p. (In Russ.).
18. Kolesnikov R. A., Yamskikh A. A., Borisova I. V. Properties of the Karginsky paleosol complex in the Late Pleistocene deposits of the Krasnoyarsk Basin. *Paleogeography of Central Siberia* / Sci. Ed. V. P. Chekha. Vol. 3. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Univ.; 2003. P. 26–33. (In Russ.).
19. Kolesnikov R. A. Soil formation and natural conditions of the Karginsky interstadial in the territory of the Yenisei Siberia region basins: Abstr. of PhD diss. (Geography): 25.00.25. Tomsk; 2005. 23 p. (In Russ.).
20. Yamskikh A. F. Loess rocks in the river valleys of Yenisei Siberia region. Krasnoyarsk: KSPI; 1992. 53 p. (In Russ.).
21. Yamskikh A. F. Sedimentation and terrace formation in the river valleys of Southern Siberia. Krasnoyarsk: KSPI; 1993. 226 p. (In Russ.).
22. Quaternary deposits in 100–120 meter Torgashino terrace and higher Lagermaya terrace of the Yenisei river in Krasnoyarsk depression / A. F. Yamskikh [et al.]. *Intracontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis: Field Conf.*, Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk; 2001. P. 74–86.
23. Kolesnikov R. A. Physicochemical properties of buried soils of the Karginsky interstadial. *Ecology of Southern Siberia: Proc. of the South Siberian Intern. Sci. Conf. of Students and Young Scientists*, Abakan, 21–24 Nov. 2001. Vol. 2. Krasnoyarsk; 2001. P. 32–33. (In Russ.).
24. Yamskikh A. A., Borisova I. V., Kolesnikov R. A. Tatysh island section. *Intracontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis: Field Conf.*, Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk; 2001. P. 70–73.
25. Bone-bearing locality Yasnoye-1 in the Early Upper Paleolithic of Central Siberia / M. N. Meshcherin [et al.]. *Stratum Plus. Archeology and Cultural Anthropology*. 2025; (1): 197–228. <https://doi.org/10.55086/sp251197228>. (In Russ.).
26. Kislov A. V. To the theory of the Pliocene — Pleistocene and Holocene climate. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. 2023; 54 (1): 3–16. <https://doi.org/10.31857/S2949178923010061>. (In Russ.).
27. Veklich M. F. Paleopedology as science of ancient soil formation. *Paleopedology: Paleogeographic studies* / Publ. Ed. M. F. Veklich, N. A. Sirenko. Kyiv: Nauk. Dumka; 1974. P. 3–14. (In Russ.).
28. Velichko A. A. Dynamics of terrestrial landscape components and inner marine basins of Northern Eurasia during the last 130 000 years. Moscow: GEOS; 2002. 231 p. (In Russ.).
29. Kolesnikov R. A. Soil formation of the Krasnoyarsk basin in the Karginsky interstadial. *Ecology and Problems of Environmental Protection: Abstr. of the VIII All-Russ. Student Sci. Conf.*, Krasnoyarsk, 25–27 Apr. 2001 / Publ. Ed. Yu. S. Grigorev. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Univ.; 2001. P. 77. (In Russ.).
30. Tatysh profile of the 35–45 meter polycyclic lagermaya terrace of the Yenisei river, Krasnoyarsk depression / A. F. Yamskikh [et al.]. *Intercontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis: Field Conf.*, Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk; 2001. P. 61–69.
31. Grichuk M. P., Grichuk V. P. On periglacial vegetation on the USSR territory. *Periglacial phenomena on the USSR territory* / Ed. K. K. Markov, A. I. Popova. Moscow: Moscow Univ. Publ. House; 1960. P. 66–100. (In Russ.).
32. Kind N. V. Geochronology of the Late Anthropogene based on isotopic data. Moscow: Nauka; 1974. 254 p. (In Russ.).

Галина Юрьевна Ямских

Доктор географических наук, профессор,
заведующий кафедрой географии

Сибирский федеральный университет,
Красноярск, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-2289-5285>
Scopus Author ID 6504637646
ResearcherID GWB-9418-2022
SPIN-код РИНЦ 5014-7256
yamskikh@mail.ru

Наталья Юрьевна Жаринова

Кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры географии

Сибирский федеральный университет,
Красноярск, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-6544-8584>
Scopus Author ID 57195931685
ResearcherID GUV-9115-2022
SPIN-код РИНЦ 6686-7113
nata_1986@bk.ru

Антон Анатольевич Ямских

Кандидат биологических наук,
доцент, эксперт

ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть»,
Красноярск, Россия

<https://orcid.org/0009-0004-1109-5217>
Scopus Author ID 6602995610
ResearcherID OBO-4449-2025
yamskikhaa@knipi.rosneft.ru

Galina Yu. Yamskikh

DSc (Geography), Professor,
Head, Department of Geography

Siberian Federal University,
Krasnoyarsk, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-2289-5285>
Scopus Author ID 6504637646
ResearcherID GWB-9418-2022
RSCI SPIN-code 5014-7256
yamskikh@mail.ru

Natalya Yu. Zharinova

PhD (Biology), Associate Professor,
Associate Professor of Department of Geography

Siberian Federal University,
Krasnoyarsk, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-6544-8584>
Scopus Author ID 57195931685
ResearcherID GUV-9115-2022
RSCI SPIN-code 6686-7113
nata_1986@bk.ru

Anton A. Yamskikh

PhD (Biology),
Associate Professor, expert

RN-KrasnoyarskNIPIneft LLC,
Krasnoyarsk, Russia

<https://orcid.org/0009-0004-1109-5217>
Scopus Author ID 6602995610
ResearcherID OBO-4449-2025
yamskikhaa@knipi.rosneft.ru

Дарья Евгеньевна Макаrchук

Кандидат географических наук, доцент,
доцент кафедры географии

Сибирский федеральный университет,
Красноярск, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-5629-3450>
Scopus Author ID 57215008569
SPIN-код РИНЦ 4147-9153
bolkunova91@mail.ru

Darya E. Makarchuk

PhD (Geography), Associate Professor,
Associate Professor of Department of Geography

Siberian Federal University,
Krasnoyarsk, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-5629-3450>
Scopus Author ID 57215008569
RSCI SPIN-code 4147-9153
bolkunova91@mail.ru

Роман Александрович Колесников

Кандидат географических наук,
ведущий научный сотрудник сектора геоэкологии

Научный центр изучения Арктики,
Салехард, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>
Scopus Author ID 57190337973
ResearcherID R-6226-2016
SPIN-код РИНЦ 3211-2066
RAKolesnikov@yanao.ru

Roman A. Kolesnikov

PhD (Geography),
Leading Researcher, Geoecology Sector

Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug,
Salekhard, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>
Scopus Author ID 57190337973
ResearcherID R-6226-2016
RSCI SPIN-code 3211-2066
RAKolesnikov@yanao.ru

Вклад авторов: *Ямских Г. Ю.* — научное руководство, концепция исследования, развитие методологии, организация работ по проекту, палинологические исследования, итоговые выводы.

Жаринова Н. Ю. — почвенные исследования, написание исходного текста, подготовка дополнительных материалов, доработка и оформление текста, итоговые выводы.
Ямских А. А. — микроморфологические и геохимические исследования, написание исходного текста, итоговые выводы.
Макарчук Д. Е. — подготовка дополнительных материалов, доработка текста, итоговые выводы.
Колесников Р. А. — почвенные исследования, написание исходного текста, итоговые выводы.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: *Yamskikh G. Yu.* — research supervision, research concept, methodology development, project work organization, palynological studies, final conclusions.
Zharinova N. Yu. — soil studies, writing the draft, preparing additional materials, finalizing and formatting the text, final conclusions.
Yamskikh A. A. — micromorphological and geochemical studies, writing the draft, final conclusions.
Makarchuk D. E. — preparing supplementary data, finalizing the text, final conclusions.
Kolesnikov R. A. — soil studies, writing the draft, final conclusions.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 19.06.2025
Одобрена после рецензирования 15.08.2025
Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 19.06.2025
Approved after reviewing 15.08.2025
Accepted for publication 22.12.2025