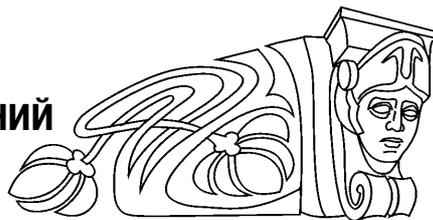




УДК 550.4 (247.414.51)

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СОВРЕМЕННЫХ И ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ КУРГАННЫХ ЗАХОРОНЕНИЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ



С. П. Ломов, И. Н. Спиридонова

Ломов Станислав Петрович, доктор географических наук, профессор кафедры «Кадастр недвижимости и право», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Stas.Lomov@mail.ru

Спиридонова Ирина Николаевна, ассистент кафедры «Землеустройство и геодезия», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Irunek@yandex.ru

В статье представлены данные по разработке подходов к реконструкции палеосреды обитания луговой культуры с помощью сопряженного анализа почвенно-археологических и геохимических показателей почв поселений и погребенных почв курганных захоронений. В качестве рабочей гипотезы было выдвинуто предположение о лугово-степных условиях формирования геосистем периода развития луговой культурно-исторической общности, датирующихся XV–XIV вв. до н. э. Почвенные характеристики (морфологические признаки, физические, физико-химические и химические данные) совместно с геохимическими показателями позволили выявить особенности развития генетических горизонтов погребенных почв при сравнении со свойствами фоновых почв, имеющих полноголоценовый период развития.

**Ключевые слова:** погребенные почвы, реконструкция палеосреды, Среднее Поволжье, геохимический коэффициент CIA.

### Geochemical Conditions of Contemporary and Destroyed Soils of Curogenal Burials of the Forest-steppe Zone of the Middle Volga Region

S. P. Lomov, I. N. Spiridonova

Stanislav S. Lomov, ORCID 0000-0002-8001-8803, Penza State University of Architecture and Construction, 28, Titova Str., Penza, 440028, Russia, Stas.Lomov@mail.ru

Irina N. Spiridonova, ORCID 0000-0001-6167-7320, Penza State University of Architecture and Construction, 28, Titova Str., Penza, 440028, Russia, Irunek@yandex.ru

The article presents data on the development of approaches to the reconstruction of the paleo-environment of the habitat of the Lugovo culture by means of the conjugate analysis of the soil-archeological and geochemical parameters of the soils of settlements and buried soils of the burial mounds. As a working hypothesis, it was suggested that meadow-steppe conditions for the formation of geosystems of the period of development of the Lugovsk cultural-historical community, dating back to the 15th–14th centuries. BC. Soil characteristics (morphological features, physical, physicochemical and chemical data) together with geochemical indicators allowed to reveal the features of the development of genetic horizons of buried soils when compared with the properties of background soils having a full-Holocene development period.

**Key words:** buried soils, reconstruction of paleo-environment, Middle Volga region, geochemical coefficient of CIA.

DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-1-14-21

### Введение

Для изучения проблемы эволюции почв важно использовать методические подходы почвенно-археологического направления [1–5]. Наряду с использованием почвенно-археологического метода, имеющего различные модификации [4], в последнее время применяется геохимический анализ почв поселений и почв курганных захоронений. Эти направления связаны с расчетом различных геохимических коэффициентов – соотношений макро- и микроэлементов [6–10].

Отмеченные методы исследований, кроме общих химических параметров, сопровождались анализом валового химического состава генетических горизонтов (рентгенфлуорисцентный метод). Его результаты были пересчитаны на прокаленную навеску. Вместе с тем на этой основе в пересчете на молярную массу рассчитаны отношения  $TiO_2/Al_2O_3$ ,  $MnO/Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3/(CaO+MgO+Na_2O+K_2O)$ , а также коэффициент CIA (the Chemical Index of Alteration) по N. W. Nesbitt, определяемый по последней пропорции, но в процентах [6–8]. CIA отражает условия образования вторичных минералов и имеет тесную взаимосвязь со среднегодовым количеством осадков, которая была описана рядом авторов [7, 9]. На основе литературных источников, сведений, полученных по другим объектам Среднего Поволжья, в том числе Спасскому району Республики Татарстан, был сформирован ряд значений CIA верхних генетических горизонтов почв и соответствующих им значений среднегодового количества осадков. Получена зависимость среднегодового количества осадков:  $СКО = 9,3 \times CIA - 179$  с величиной достоверности 0,9629.

Объектом исследования является Коминтерновский курган I, который расположен на левобережье Куйбышевского водохранилища в районе слияния рек Волга и Кама на поверхности II надпойменной террасы (абс. выс.  $\approx 80$  м), в 400 м к западу от окраины пос. Коминтерн (Спасский район, Республика Татарстан).

### Результаты и их обсуждение

Покрытая широколиственным лесом пологонаклонная поверхность террасы крутизной от 2 до



4° в 20 м от кургана обрывается крутым, почти вертикальным уступом высотой 17 м, основание которого интенсивно подмывается водами водохранилища. В уступе террасы под голоценовой почвой обнажаются верхнеплейстоценовые субэдральные лессовидные суглинки [11,12].

Фоновые почвы изучены на примере разреза I, заложенного в 20 м к северо-востоку от Коминтерновского кургана I. Широколиственный лес из дуба (*Quercus robur*), клена (*Acer platanoides*) и липы (*Tilia cordata*). Почва темно-серая лесная с признаками лессиважа [12,13].

*Валовой химический состав* фоновых почв в окрестностях кургана Коминтерн I характеризуется невысокими значениями  $\text{SiO}_2$  – 67–69%, что отражает среднесуглинистый состав почвы. В почвообразующей породе величины кремнезема относительно снижаются за счет накоплений оксида кальция (10,12%).

Биофильные элементы CaO, MgO,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  и MnO имеют почти однородное профилное распределение с плавным снижением в нижних горизонтах (табл. 1).

Содержание оксидов железа увеличивается с глубиной от 3,94 до 5,0%. Распределение  $\text{Al}_2\text{O}_3$  как основного компонента глинистой составляющей неоднородно по почвенному профилю – 11,56% в верхних горизонтах, существенно увеличивается в средней части до 15,32% (см. табл. 1). По величине отношения  $\text{SiO}_2$  к  $\text{R}_2\text{O}_3$  отмечается увеличение кремнезема в верхних горизонтах Ad и A1 – 8,09–7,01 – за счет лессиважа глинистых материалов в среднюю часть почвенного профиля, где их значения снижаются до 6,32–6,13 [14].

Более конкретно эти выводы иллюстрируются соотношением  $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ , в верхних горизонтах почв – Ad, A1 и A1A2 – 9,84–8,44 – происходит обеднение алюминием за счет его лессиважа в составе ила. В средних горизонтах A2B – Bt отношение уменьшается до 7,60–7,41 в результате накопления илистой фракции.

Поведение железа выясняется на примере соотношения  $\text{SiO}_2$  к  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Данные показывают на расширенные соотношения в верхних горизонтах почв поселений – 45,83–47,78 – и подчеркивают лессиваж  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  их верхних горизонтов в составе ила. В средних горизонтах отмеченные соотношения снижаются до 37,46–35,58 и определяют аккумуляцию железа (см. табл. 1).

*Геохимические особенности почв.* Для более детального анализа геохимических условий формирования фоновых почв был использован метод расчета геохимических коэффициентов на основе валового химического состава [6, 8, 9]. В настоящее время этот метод также используется для реконструкции палеосреды развития различных археологических культур в голоцене [7].

Отношение, например, оксида титана к оксиду алюминия отражает однотипность геохимической обстановки в почвообразующей породе и подчеркивает единый источник осадконакопления

в фоновых почвах (он составляет 0,06), и только в верхних горизонтах отмечается привнос эолового силикатного материала, за счет чего значение коэффициента возрастает до 0,08 в горизонте Ad.

Геохимический коэффициент CIA представляет собой выражение

$$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}} \times 100.$$

CIA показывает соотношение первичных и вторичных минералов в почвах и отражает изменение условий образования вторичных минералов. В современных (фоновых) почвах значение коэффициента изменяется в пределах 65,09 в верхних горизонтах и до 72,83 в нижних. Таким образом, верхние горизонты Ad и A1 фоновых почв формировались в менее гумидных условиях по сравнению с нижележащими (см. табл. 2).

Коэффициент отношения  $\text{Al}_2\text{O}_3$  к  $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{MgO}$  был предложен G. Retallack [9] как отношение алюминия, являющегося основным компонентом глинистой составляющей, к окислам растворимых оснований, поступающих в почвенный раствор в результате выветривания.

Указанный коэффициент отражает активность миграции химических элементов по почвенному профилю в зависимости от водного режима почв.

В современных почвах значение коэффициента составляет 1,15–1,19 для верхних гумусовых горизонтов и подчеркивает привнос силикатного материала.

В переходных горизонтах вплоть до породы его величины возрастают до 1,28–1,33, что может подчеркивать существенную миграцию окислов растворимых оснований в результате более гумидных условий выветривания и почвообразования. В почвообразующей породе значение коэффициента снижается до 1,12 и показывает на обогащенность лессовидных суглинков первичными минералами, содержащими окислы растворимых оснований.

Отношение  $\text{Na}_2\text{O}$  к  $\text{K}_2\text{O}$  [9] расшифровывает динамику растворимых солей в почвах. Более расширенные величины – 0,96–0,80 – характерны для верхних горизонтов Ad и A1 фоновых почв, подчеркивающих аккумуляцию  $\text{Na}_2\text{O}$  за счет привноса силикатного материала. В нижних горизонтах натрий оказывается более миграционным по сравнению с калием, о чем свидетельствует более узкое соотношение коэффициента – 0,72–0,53 (табл. 2).

Отношение  $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  к  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , т. е. отношение растворимых оснований оксидов к глинистой составляющей, подчеркивает общий тренд развития современных почв: накопление натрия и калия в верхних горизонтах Ad и A1 – 0,35–0,32 – за счет привноса силикатного материала; снижение значений коэффициентов в нижних горизонтах до 0,28–0,27 и увеличение  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в результате процессов оглинивания и миграции растворимых оксидов.



Таблица 1

Валовой химический состав современных почв вокруг кургана Коминтерн I, % на прокаленную навеску (разрез I)

Горизонт	Глубина, см	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$
Ad	0-10	66,96	11,56	3,93	0,21	0,69	1,19	1,50	0,19	1,19	1,88	8,09	9,84	45,38
A1	10-23	68,32	11,91	3,81	0,21	0,69	1,09	1,64	0,17	1,04	1,97	8,09	9,75	47,78
A1-A2	23-42	67,97	13,69	4,38	0,17	0,71	1,04	1,83	0,08	0,85	2,20	7,01	8,44	41,35
A2B	42-60	66,31	14,83	4,72	0,15	0,68	1,11	2,31	0,07	1,07	2,27	6,32	7,60	37,46
B1t	60-78	67,55	14,71	4,69	0,15	0,65	1,06	2,09	0,07	1,09	2,21	6,49	7,81	38,40
B2t	78-90	66,79	15,32	5,00	0,15	0,67	1,10	2,24	0,08	0,99	2,28	6,13	7,41	35,58
BC	90-116	68,67	14,91	4,42	0,12	0,67	1,06	2,20	0,06	0,81	2,11	6,58	7,83	41,38
Cca	116-138	61,77	12,99	4,22	0,16	0,61	10,12	2,44	0,07	0,77	1,97	6,70	8,08	39,03

Таблица 2

Геохимические коэффициенты соотношения оксидов современных почв вокруг кургана Коминтерн I (разрез I)

Горизонт	$\frac{TiO_2}{Al_2O_3}$	CIA	$\frac{CaO+Na_2O+K_2O+MgO}{Al_2O_3}$	$\frac{Na_2O}{K_2O}$	$\frac{Na_2O+Na_2O}{Al_2O_3}$	$\frac{CaO+MgO}{Al_2O_3}$	$\frac{MnO}{Al_2O_3}$	$\frac{MnO}{Fe_2O_3}$	$\frac{MnO+Fe_2O_3}{Fe_2O_3}$	$\frac{Fe_2O_3+MnO}{Al_2O_3}$
Ad	0,08	65,09	1,15	0,96	0,35	0,52	0,02	0,11	1,11	0,24
A1	0,07	67,05	1,19	0,80	0,32	0,52	0,02	0,10	1,10	0,22
A1-A2	0,07	70,58	1,32	0,59	0,28	0,48	0,01	0,04	1,04	0,21
A2B	0,06	70,28	1,22	0,72	0,29	0,54	0,01	0,03	1,03	0,21
B1t	0,06	70,52	1,28	0,75	0,29	0,49	0,01	0,03	1,03	0,21
B2t	0,06	71,46	1,29	0,66	0,27	0,50	0,01	0,04	1,04	0,22
BC	0,06	72,83	1,33	0,58	0,24	0,51	0,01	0,03	1,03	0,22
Cca	0,06	70,61	1,12	0,59	0,26	0,63	0,01	0,04	1,04	0,22



Соотношение  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а также значение коэффициента 0,17–0,14 для верхних горизонтов Ad и A1 подчеркивает привнос свежего силикатного материала. В средних горизонтах фоновых почв этот коэффициент снижается до 0,10–0,12 и может указывать на активную миграцию  $\text{Na}_2\text{O}$  при выветривании первичных минералов типа полевых шпатов.

Динамика почвенного кальцита и доломита характеризует соотношение  $\text{CaO}+\text{MgO}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  по Retallack [9]. Значение коэффициента верхних горизонтов современных почв составляет – 0,52–0,52, т. е. чуть выше, чем в средней части почвенного профиля – 0,48–0,50, и указывает на существенную выщелоченность карбонатов из почвенной толщи. В почвообразующей породе эта величина возрастает до значений – 0,63 и отражает существенную карбонатность лессовидных суглинков [11].

Коэффициенты, характеризующие биологическую активность и продуктивность почв, рассмотрены на примере соотношения  $\text{MnO}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и др., которые выделяются своеобразными значениями. Величина отношения  $\text{MnO}$  к  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,02 в верхних горизонтах фоновых почв означает высокую биологическую активность, так как в нижних горизонтах соотношение этих оксидов составляет 0,01, что означает преобладание глинистой составляющей (см. табл. 2).

Соотношение  $\text{MnO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , расширенное в верхних горизонтах фоновых почв – Ad и A1 – 0,11–0,10, подчеркивает накопление марганца и высокую биологическую активность гумусовых горизонтов. В нижних горизонтах преобладает железо, и значение коэффициентов 0,03–0,04 приобретает вид «фоновый» содержания железа.

Комплексный анализ свойств погребенных почв отражает равномерность распределения гумуса и величин емкости поглощения по всему погребенному профилю, почти нейтральную реакцию почвенной среды, преобладание процессов оглинивания в генетических горизонтах погребенного профиля, что позволяет диагностировать процессы лугово-степного черноземообразования. Морфологические и химические показатели более древней второй погребенной почвы отражают начальные стадии черноземообразования, по этим признакам данную почву можно диагностировать как дерново-карбонатную.

Для обоснования отмеченных выше выводов необходима дополнительная геохимическая характеристика погребенных почв луговской культуры.

Анализ почв в насыпи по динамике большинства химических элементов, показал увеличение в гор. A1 по сравнению с вышележащим – Ad,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  – даже таких оксидов, как  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$  (табл. 3), что указывает на миграцию элементов в составе ила [11].

В подкурганых черноземах заметна аккумуляция  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  и оксидов  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$ . Таким образом, в погребенных дерново-

карбонатных почвах происходит стабилизация большинства оксидов, в том числе аккумуляция  $\text{MgO}$  и  $\text{CaO}$ . В подкурганых черноземах значения  $\text{SiO}_2$  изменяются слабо – от 66,9 в гор. [A1] до 67,3% в гор. [BC]. Подобное распределение характерно и для оксидов алюминия – основного компонента глинистой составляющей. В подкурганых черноземных почвах заметно увеличение  $\text{Al}_2\text{O}_3$  до 14,37%, что определяет значительную их оглиненность. Верхние горизонты почвы насыпи Ad и A1 по соотношению  $\text{SiO}_2$  и  $\text{R}_2\text{O}_3$  (8,31–7,78) обеднены  $\text{R}_2\text{O}_3$  – так же как и в фоновых почвах. В погребенных черноземных почвах отмечается сужение величин  $\text{SiO}_2$  к  $\text{R}_2\text{O}_3$  до 6,53, что отражает накопление полуторных окислов.

На фоне общей характеристики смены растительных сообществ от раннего голоцена до современности, а также анализа динамики палеоклиматических условий жизни людей бронзового века геохимическая характеристика почвенных образований вызывает несомненный интерес и представляет новое направление анализа изменения палеосреды.

В целях более детального анализа геохимических особенностей условий формирования погребенных почв был использован метод расчета геохимических коэффициентов на основе валового химического состава [7–9].

В погребенных почвах геохимическая обстановка в целом соответствует фоновым почвам. Однако в погребенных дерново-карбонатных почвах значение коэффициента  $\text{TiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$  составляет 0,07, в подкурганых черноземных почвах коэффициент колеблется от 0,06 до 0,07, а в экспонированных почвах насыпи он увеличивается до 0,08 и подчеркивает привнос силикатного материала (табл. 4).

Среди погребенных почв выделяются дерново-карбонатные – с небольшой аридизацией – 68,73–69,79. Подкурганые черноземные почвы характеризуются более гумидными условиями выветривания и почвообразования, для них характерны значения CIA – 68,56–70,04. В экспонированных почвах насыпи коэффициент CIA понизился до 64,02–65,73, что подчеркивает условия выветривания, близкие к верхним горизонтам фоновых почв.

В погребенных почвах распределение значений коэффициента отношения  $\text{Al}_2\text{O}_3$  к  $\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{MgO}$  подобно фоновым: низкие (1,10–1,13) для экспонированных горизонтов насыпи; повышенные (1,18–1,23) для подкурганых черноземных почв и очень низкие (1,11–0,99) – для погребенных дерново-карбонатных почв.

В погребенных почвах выделяются дерново-карбонатные варианты с преобладанием  $\text{K}_2\text{O}$  по сравнению с  $\text{Na}_2\text{O}$  – коэффициент 0,43. В подкурганых черноземных почвах значение коэффициента возрастает до 0,60–0,72 и имеет сходство с фоновыми почвами. В экспонированных почвах насыпи заметны турбационные процессы, связанные с перемещением мелкоземистой массы при сооружении кургана (см. табл. 4).



Таблица 3

Валовой химический состав почв разреза 2 (Комингерн I), % на прокаленную навеску

Горизонт	Глубина, см	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Экспонированные почвы в насыпи														
Ad	0-10	66,96	11,20	3,81	0,17	0,74	1,62	1,53	0,15	0,79	1,86	8,31	10,12	46,65
A1	10-38	69,50	12,67	3,93	0,16	0,69	1,48	1,81	0,09	1,10	1,91	7,78	9,33	47,10
Погребенные черноземы														
[A1']	38-64	66,96	13,96	4,59	0,16	0,73	1,44	2,04	0,07	0,81	2,07	6,74	8,15	38,86
[A1'']	64-81	66,66	14,37	4,67	0,14	0,70	1,57	2,18	0,08	0,84	2,14	6,53	7,89	38,07
[BC]	81-111	67,35	14,72	4,75	0,14	0,74	1,24	2,22	0,06	1,02	2,16	6,45	7,78	37,74
Погребенные дерново-карбонатные														
[Aca]	111-137	63,28	12,61	4,11	0,22	0,65	6,60	2,22	0,07	0,58	2,05	7,06	8,53	41,04
BCca	137-200	60,86	12,84	4,47	0,13	0,65	9,48	2,92	0,07	0,56	1,99	6,59	8,06	36,27

Таблица 4

Геохимические коэффициенты соотношения оксидов экспонированных и погребенных почв, разрез 2 (Комингерн I)

Горизонт	TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ClA	CaO+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO+MgO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MnO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Экспонированные почвы в насыпи												
Ad	0,08	64,02	1,10	1,10	0,65	0,30	0,12	0,61	0,02	0,09	1,09	0,24
A1	0,07	65,73	1,13	1,13	0,88	0,31	0,14	0,58	0,01	0,05	1,05	0,1
Погребенная почва – черноземная												
[A1]	0,07	69,14	1,22	1,22	0,60	0,26	0,10	0,56	0,01	0,03	1,03	0,22
[A1A2]	0,06	68,56	1,18	1,18	0,60	0,26	0,10	0,59	0,01	0,04	1,04	0,22
[A2B]	0,06	70,04	1,23	1,23	0,72	0,27	0,11	0,54	0,01	0,03	1,03	0,21
Погребенная дерново-карбонатная почва												
[Aca]	0,07	68,73	1,11	1,11	0,43	0,25	0,08	0,65	0,01	0,04	1,04	0,22
BCca	0,07	69,79	0,99	0,99	0,43	0,24	0,07	0,77	0,01	0,04	1,04	0,23



В экспонированных почвах насыпи коэффициент соотношения  $K_2O+Na_2O$  к  $Al_2O_3$  оказался повышенным – 0,30–0,31, т. е. обогащенным калием и натрием, за счет привноса силикатного материала. В подкурганых черноземных почвах значение коэффициента понизилось до 0,26–0,27, оно подчеркивает накопление глинистой составляющей  $Al_2O_3$ . В погребенных дерново-карбонатных почвах величина коэффициента понизилась, как и в фоновых почвах, до 0,25–0,24.

В подкурганых черноземных почвах отношение коэффициента  $Na_2O$  к  $Al_2O_3$  составляет 0,10–0,11 и указывает на активную миграцию натрия по сравнению с алюминием. Подобная тенденция оказалась характерной и для погребенной дерново-карбонатной почвы с ещё более низким коэффициентом 0,08–0,07. В экспонированной почве в насыпи заметны неоднородные величины отношений – 0,14–0,12, что объясняется турбационными процессами, связанными с возведением насыпи (табл. 4).

В погребенных почвах отношение коэффициента  $CaO+MgO$  к  $Al_2O_3$  значительно выше, особенно в дерново-карбонатной почве – 0,65–0,77, и отражает высокую их карбонатность. В подкурганых черноземных почвах величины коэффициента выше – 0,54–0,59, чем в фоновых почвах, и указывают почти на нейтральную реакцию почвенного раствора. В экспонированных почвах значения коэффициента тоже оказались повышенными – 0,58–0,61 – чем в фоновых почвах, и отражают привнос силикатного карбонатного материала.

В погребенных почвах только в экспонированных горизонтах Ad отношение коэффициента  $MnO$  к  $Al_2O_3$  составляет 0,02, что подчеркивает высокую биологическую активность. В подкурганной черноземной и дерново-карбонатной почвах величина коэффициента этих оксидов снижается до 0,01 (см. табл. 4).

В погребенных почвах расширенное отношение марганца и железа – 0,09 – характерно только для верхних горизонтов экспонированных почв. В подкурганых черноземных и дерново-карбонатных почвах значение коэффициента снижается до 0,03–0,04.

Соотношение  $Fe_2O_3+MnO$  к  $Al_2O_3$  показывает, что железо и марганец на фоне содержания алюминия показывает слабое накопление железа и марганца, а также биологическую активность почв самых верхних экспонированных горизонтов – Ad – 0,24. В подкурганых черноземных и дерново-карбонатных почвах значение коэффициента снижается до 0,22–0,21 [11].

## Заключение

Таким образом, проведенные сравнительные исследования современных и погребенных почв курганных захоронений луговской культуры  $\approx 3500$  л.н. выявили особенности их хронологического развития.

1. Современные почвы формируются под широколиственными лесами и имеют признаки лесного почвообразования.

2. Погребенные почвы перестали быть структурной единицей развития почвенного покрова, так как были «выключены» из сферы активного почвообразования  $\approx 3500$  л.н. и сохранили в своих свойствах информацию о комбинации факторов среды, преобладавших до момента погребения. Комплексный анализ морфологических признаков и свойств, отражающих условия почвообразования до погребения, позволил диагностировать формирование черноземов в атлантическое время (АТ) и степных карбонатных почв в раннем голоцене.

3. Современные темно-серые лесные почвы, прошедшие весь цикл голоценового почвообразования, имели подобное развитие в атлантическое время как и погребенные почвы, однако при залесении террасы в позднем голоцене они эволюционировали в серые лесные почвы.

Одной из главных проблем исследования данного направления является оценка возможности использования метода геохимических коэффициентов для проведения палеогеографических реконструкций природной среды. Суть метода состоит в сопряженном изучении современных почв и палеопочв разновозрастных археологических памятников, время сооружения которых определяется методическими подходами в археологии.

Для проведения реконструкции была установлена связь коэффициента выветривания в современных почвах с атмосферными осадками. Была получена функция линейной зависимости показателя CIA от среднегодового количества осадков:  $CKO = 9,3 \times CIA - 179$ , с величиной достоверности 0,96.

Реконструкция палеосреды в раннем, среднем и позднем голоцене показана на рисунке. В пределах подразделений голоцена выделены ритмы почвообразования и кривая изменения среднегодовой температуры для лесной зоны.

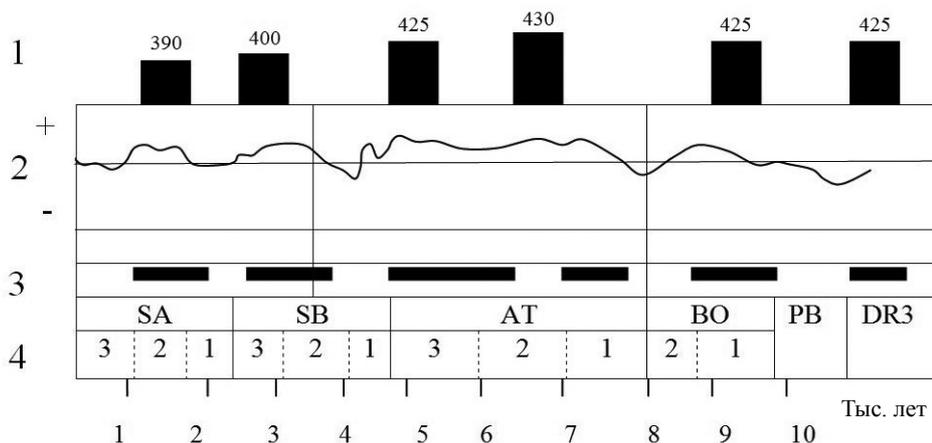
Генетические горизонты почв археологического памятника Коминтерновский курган I «привязаны» к датировкам развития луговской культуры  $\approx 3500$  л.н. на временной шкале суббореального периода голоцена, а дерново-карбонатные почвы, как нами ранее отмечалось, косвенно датированы ранним голоценом в соответствии с представлениями ряда авторов [17,18].

Таким образом, данные реконструкции показали:

1. Погребенные дерново-карбонатные почвы формировались при выпадении осадков порядка 425 мм/год.

2. Подкурганная черноземная почва формировалась в атлантическое время с небольшим превышением выпадавших атмосферных осадков – 425–430 мм/год.

3. Экспонированные почвы в насыпи имели пониженные величины осадков – 390–400 мм/год.



Количество осадков и ритмы почвообразования в голоцене (в полевых работах принимал участие Н. Н. Солодков): 1 – осадки – реконструированы по коэффициентам выветривания и другим показателям; 2 – среднегодовая температура для южной лесной подзоны [15]; 3 – ритмы почвообразования по Сычевой [16] (темные полосы – стадии почвообразования, светлые промежутки – стадии литогенеза); 4 – подразделение голоцена дано в модификации Н. А. Хотинского [15] (SA – субатлантический период, SB – суббореальный период, AT – атлантический период, BO – борельный период, PB – пребореальный период, DP3 – поздний дриас)

4. Количество осадков в Татарстане составляет от 460 до 540 мм/год, т. е. превышает рассчитанные на 60–130 мм, если учитывать величины реконструкции только в позднеголоценовом периоде. Среднегодовые расчеты величин осадков зависят от выборки последних 10–20 реке 50 лет. Поэтому современные величины осадков включают изменения, происходящие в результате потепления климата за последние сто лет. Для Среднего Поволжья прирост осадков за 100 лет составляет  $\approx 140$  мм/год [19]. Поэтому если учесть постепенный прирост осадков за последние 100 лет, то можно оценить хорошую достоверность проведенных реконструкций.

Реконструкция палеоклиматических данных по коэффициенту выветривания (CIA) показала, что палеоусловия развития луговой КИО составляли 390–430 мм/год осадков, а также преобладание лугово-степной растительности.

#### Библиографический список

1. Александровский А. Л., Александровская Е. И. Эволюция почв и географическая среда. М., 2005. 223 с.
2. Геннадиев А. Н. Почвы и время: модели развития. М., 1990. 229 с.
3. Демкин В. А. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении природы и общества. Пущино, 1997. 213 с.
4. Дергачева М. И., Васильева Д. И. Палеопочвы, культурные горизонты и природные условия их формирования в эпоху бронзы в степной зоне Самарского Заволжья // Вопросы археологии Поволжья. Самара, 2006. С. 464–476.
5. Иванов И. В. Эволюция степной зоны в голоцене. М., 1992. 143 с.
6. Алексеев А. О., Алексеева Т. В. Оксидогенез железа в почвах степной зоны. М., 2012. 202 с.

7. Калинин П. И., Алексеев А. О. Геохимические характеристики погребенных голоценовых почв степей Приволжской возвышенности // Вестн. ВГУ. Сер. География, Геоэкология. 2008. № 1. С. 9–15.

8. Nesbitt H. W., Young G. M. Early Proterozoic climate of sand stone and munstone suites using  $\text{SiO}_2$  content and  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  ratio // J. Geology. 1997. Vol. 105. P. 173–191.

9. Retallack G. Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time // Treatise On Geochemistry. 2003. Vol. 5. P. 581–605.

10. Ломов С. П., Солодков Н. Н. Геохимические условия развития современных и погребенных почв Среднего Поволжья // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 1. С. 11–15.

11. Ломов С. П., Лыганов А. В., Хисяметдинова А. А., Спиридонова И. Н., Солодков Н. Н. Современные и погребенные почвы курганных захоронений лесостепной зоны Среднего Поволжья (на примере Коминтерновского кургана I) // Почвоведение. 2017. № 5. С. 558–568.

12. Спиридонова И. Н., Ломов С. П., Солодков Н. Н. Изучение почв курганных захоронений в Среднем Поволжье: сб. науч. тр. I междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2014. С. 183–188.

13. Чижевский А. А., Галимова М. Ш., Мельников Л. В., Хисамутдинова Р. А. Междисциплинарные исследования Коминтерновского кургана 2 эпохи поздней бронзы и стоянки каменного века // Археология и естественные науки Татарстана: в 4 кн. Казань, 2011. Кн. 4. С. 336–367.

14. Спиридонова И. Н., Ломов С. П. Погребенные черноземы курганных захоронений лесостепной зоны Среднего Поволжья: сб. материалов науч. конф. Воронеж, 2017. С. 473–477.

15. Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. М., 1987. 200 с.

16. Сычева С. А. Главный (2000-летний) ритм голоцена и его проявления в почвах и отложениях пойм Русской



равнины. География : проблемы науки и образования : LXIII Герценовские чтения. СПб., 2010. С. 324–329.

17. Величко А. А. Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен : атлас-монография / под ред. А. А. Величко. М., 2009. 120 с.

18. Гугалинская Л. А., Алифанов В. М., Березина А. С.,

Березин А. Ю., Хисьяметдинова А. А., Попов Д. А., Ваганов И. М., Овчинников А. Ю., Кондрашин А. Г., Рапацкая К. М. Палеоэкология почвообразования на финально-палеолитическом поселении Шолма-1 (Приволжская возвышенность, Чувашское плато) // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2010. Т. 12, № 1. С. 1006–1010.

19. Ломов С. П. Почвы и климат Пензенской области. Пенза, 2012. 290 с.

---

**Образец для цитирования:**

Ломов С. П., Спиридонова И. Н. Геохимические условия современных и погребенных почв курганных захоронений лесостепной зоны Среднего Поволжья // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 1. С. 14–21. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-1-14-21.

**Cite this article as:**

Lomov S. P., Spiridonova I. N. Geochemical Conditions of Contemporary and Destroyed Soils of Curgenal Burials of the Forest-steppe Zone of the Middle Volga Region. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 1, pp. 14–21 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-1-14-21.

---