

## РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ РОССОНЬ 2 И РОССОНЬ 9

В 2014 г. на стоянках Россонь 2 и Россонь 9 были отобраны образцы для изучения комплексом естественно-научных методов. Проведены следующие анализы.

1. Исследования химического состава отложений и культурных слоев на памятнике с помощью рентгенофлуоресцентного кристалл-дифракционного сканирующего спектрометра «Спектроскан МАКС-GV».

Отбор образцов отложений для геохимического анализа производился во время археологических раскопок, в шурфе, в пределах археологического раскопа. Делался прокоп на необходимую глубину при сохранении первоначальной целостности горизонтов. Пробы отбирались через каждые 1–10 см в зависимости от количества горизонтов и целей исследования. Каждая проба упаковывалась в отдельный герметичный пакетик, чтобы избежать смешивания образцов и получения недостоверных данных. Было отобрано 29 образцов из раскопа 2 на памятнике Россонь 9.

Пробоподготовка проводилась в лабораторных условиях. Пробы были высушены до воздушно-сухого состояния при температуре 105 °С. Затем выполнено измельчение 15–25 г проб до состояния пудры (размер частиц <0,01 мм). Далее в формах из борной кислоты пудра прессовалась под давлением 60–160 бар, получались «таблетки», которые анализировались в «Спектроскан МАКС-GV».

2. Определение минерального состава образцов способом объемного минералогического состава.

Содержание минералов выражается в объемных (Соб) или весовых (Св) процентах, вычисляется по формуле:  $C = \Sigma A / \Sigma B \times 100$  (1), где С — объемное или весовое содержание изучаемого минерала,  $\Sigma A$  — сумма площадей изучаемого минерала, длин линий, пересекающих эти минералы, и т. п.;  $\Sigma B$  — сумма площадей, линий, число точек или зерен, вес препарата всех зерен исследуемой руды или горной породы [Геологический словарь 1978].

Объемным методом минералогического анализа изучался рыхлый материал (песок) со средним размером частиц 0,3–0,6 мм. Исследования проходили на базе аппаратного комплекса для экспериментального моделирования минералообразующих процессов в техническом ресурсном центре «Геомодель» при Санкт-Петербургском государственном университете. С помощью цифрового микроскопа Leica DVM 5000 с системой «Multifocus» при 140-кратном увеличении были получены снимки исследуемого материала.

Образцы выкладывались тонким слоем в одно зерно на предметное стекло. Так как при 140-кратном увеличении песок становится слишком объемным

для нахождения целиком в фокусе, необходимо использовать систему «Multifocus», которая позволяет делать фотографии высокого качества со всеми необходимыми плоскостями фокуса.

Следующий шаг — объемный метод минералогического анализа. На основе полученных снимков можно оценить минеральный состав в каждом исследуемом слое. Определение минерального состава опирается на основные физические свойства минералов, такие как цвет, блеск, спайность, прозрачность.

В раскопе № 2 на стоянке Россонь 9 были выделены 8 литологических слоев (рис. 128):

- 130–120 см — мелкозернистый песок серый (белесый);
- 120–118 см — мелкозернистый песок желтый;
- 118–110 см — мелкозернистый песок серый (белесый);
- 110–108 см — мелкозернистый песок желтый;
- 108–40 см — мелкозернистый песок серый (белесый);
- 40–18 см — плотный песок желтый (культурный слой);
- 18–12 см — песок темно-серый (подпочва);
- 12–0 см — современная почва.

Для реконструкции климата использовались различные геохимические индикаторы (рис. 129–135):

— индекс химического выветривания (CIA) — чувствителен к климатическим факторам, характеризует степень преобразования алюмосиликатных минералов, содержащихся в отложениях, в процессе выветривания при увеличении температуры и влажности.  $CIA = Al_2O_5 / (Al_2O_5 + CaO + Na_2O + K_2O)$ ;

— показатели химического выветривания — определяют степень преобразования вещества в процессе изменения температуры и влажности. Такими показателями являются отношения  $(K_2O + Na_2O) / Al_2O_3$ ;  $K_2O / Na_2O$ ;

— отношение Fe/Ca — наиболее отчетливый показатель влажности климата: в гумидных климатических обстановках в отложениях преобладает карбонат кальция, что является показателем сухого климата;

— показатели Rb/Sr, K/Rb, Sr/Ba — используются для реконструкций относительных температурных изменений.

— отношения Al/Ti, Al/Zr — характеризуют степень выветривания отложений; накопление тяжелых металлов отражает увеличение температуры и влажности климата;

—  $P_2O_5$ (антроп) — показатель, использующийся для характеристики антропогенной нагрузки на территории —  $P_2O_5$ (антроп.) =  $P_2O_5 / (P_2O_5 + Na_2O)$ .

Описание минералого-геохимического состава разреза по слоям (рис. 136):

1) 130–120 см (образцы № 1 и 2) — серый мелкозернистый песок (белесый). В отложениях преобладают следующие минералы: кварц (78–86,5%), плагиоклаз (5,4–12,0 %), гранат (5,4–6,0 %), циркон (2,7–4,0 %), магнетит (в виде налета).  $CIA=0,55$ ;  $Fe_2O_3/CaO=0,45-0,48$ . Показатели относительной влажности ( $CIA$ ,  $Fe_2O_3/CaO$ ) низкие,  $K_2O/Na_2O=1,7$ ;

h, см	Литология
0	Современная почва
10	
20	Песок темно-серый (подпочва)
30	Плотный песок желтый (культурный слой)
40	
50	Мелкозернистый песок серый (белесый)
60	
70	
80	
90	Мелкозернистый песок желтый
100	
110	Мелкозернистый песок серый (белесый)
120	Мелкозернистый песок желтый
130	Мелкозернистый песок серый (белесый)

Рис. 128. Литология отложений из археологической стоянки Россошь 9

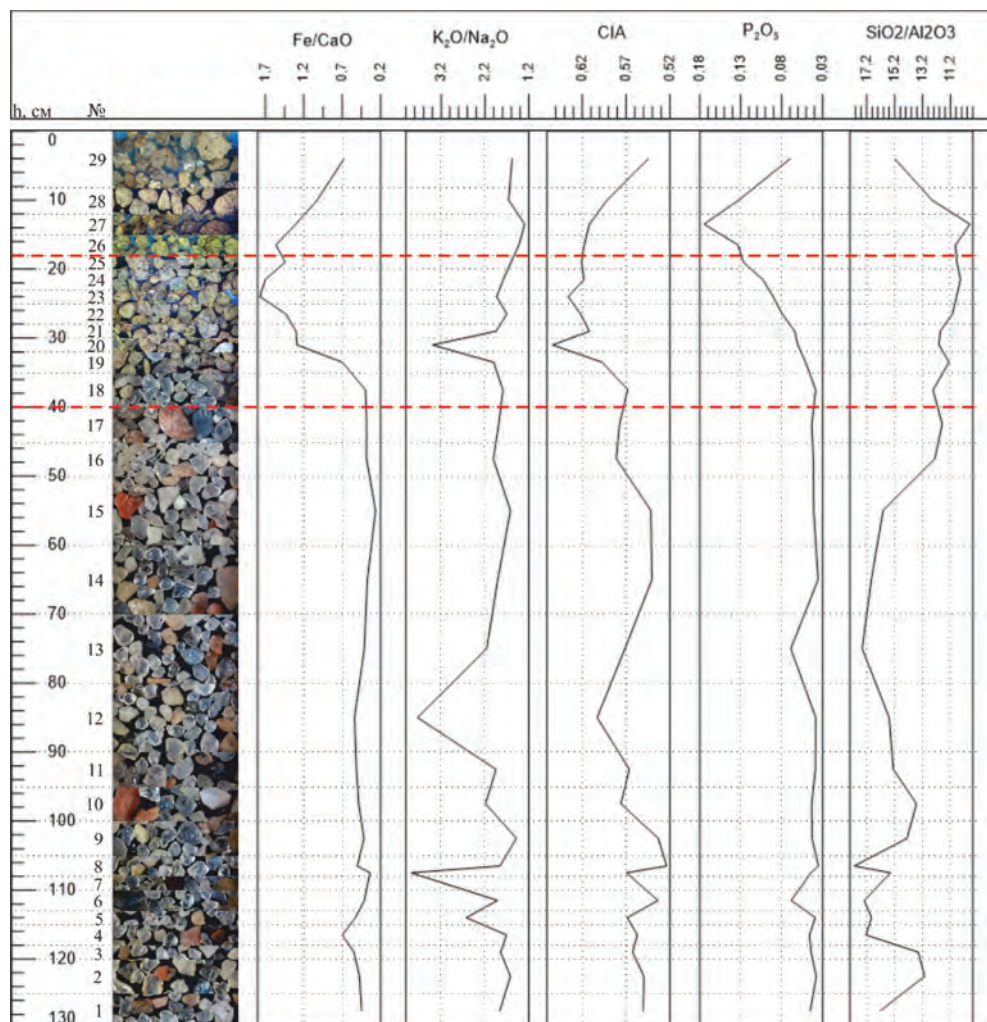


Рис. 129. Химический состав отложений из археологической стоянки Россонь 9

2) 120–118 см (образец № 3) — желтый мелкозернистый песок. В отложениях преобладают следующие минералы: кварц (81,6 %), плагиоклаз (12,2 %), гранат (2,0 %), циркон (2,0 %), магнетит (2,0 %). CIA=0,56; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO=0,55. В этом слое показатели относительной влажности (CIA, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO) низкие, но выше, чем в предыдущем слое; K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O=1,8;

3) 118–110 см (образцы № 4, 5, 6) — серый мелкозернистый песок (белесый). В отложениях преобладают следующие минералы: кварц (76,6–89,8 %), гранат (0,0–12,8 %), циркон (2,1–8,0 %), плагиоклаз (4–6,4 %), магнетит (0–2,1 %). CIA=0,53–0,56; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO=0,41–0,70. В нижних прослоях (118–113 см) показатели относительной влажности (CIA, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO) низкие, наблюдается

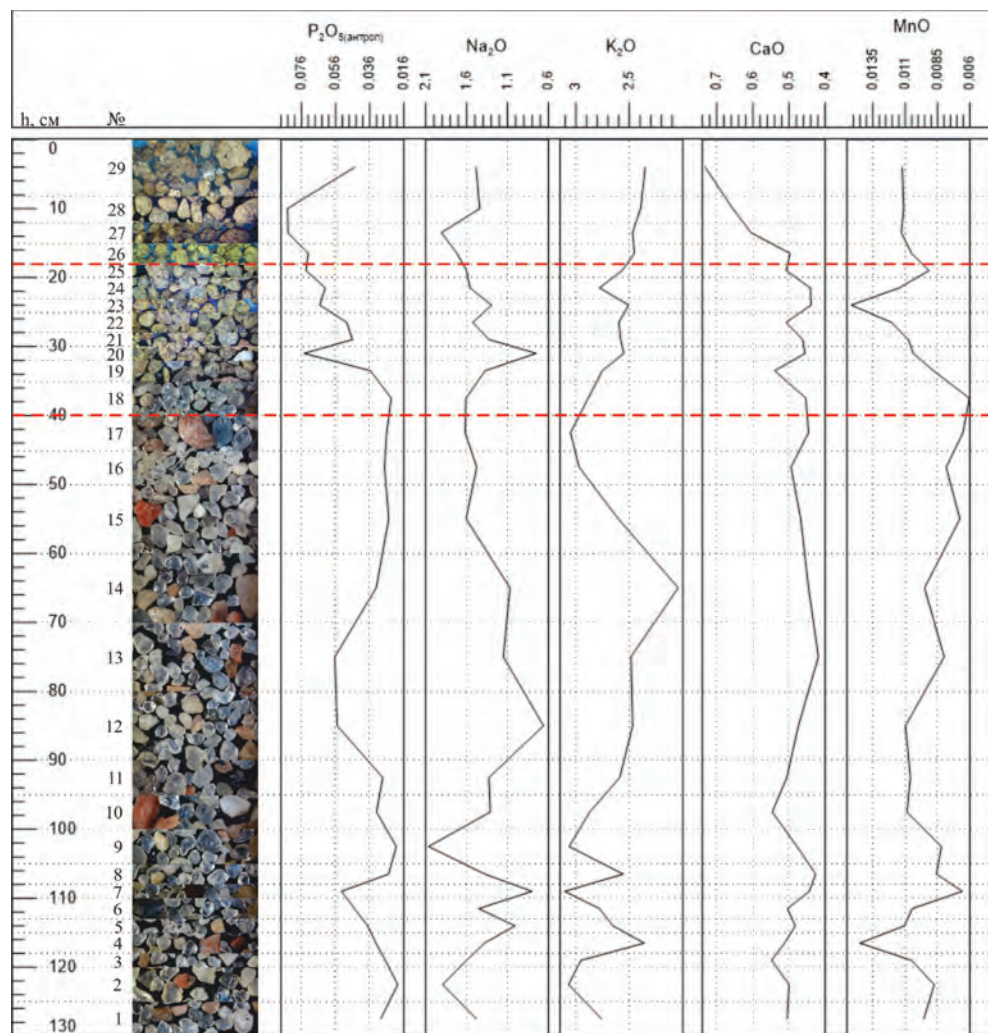


Рис. 130. Химический состав отложений из археологической стоянки Россонь 9

увеличение показателя  $K_2O/Na_2O=2,62$ . На глубине 113–110 см происходит изменение условий осадконакопления. Уменьшаются значения модулей CIA (0,53) и  $Fe_2O_3/CaO$  (0,41),  $K_2O/Na_2O=1,91$ ;

4) 110–108 см (образец № 7) — желтый мелкозернистый песок. В отложениях преобладают следующие минералы: кварц (86,7 %), циркон (10 %), гранат (1,7 %), магнетит (1,7 %). CIA=0,57;  $Fe_2O_3/CaO=0,34$ . Показатели относительной влажности (CIA,  $Fe_2O_3/CaO$ ) низкие,  $K_2O/Na_2O=3,88$ ;  $Al/Ti=238,62$ ;  $Al_2O_3/TiO=2458,83$ . Наблюдается увеличение индикатора антропогенной активности ( $P_2O_5/антроп./$ );

5) 108–40 см (образцы № 8–17) — серый мелкозернистый песок (белесый). В отложениях преобладают следующие минералы: кварц (74,1–92,5 %),

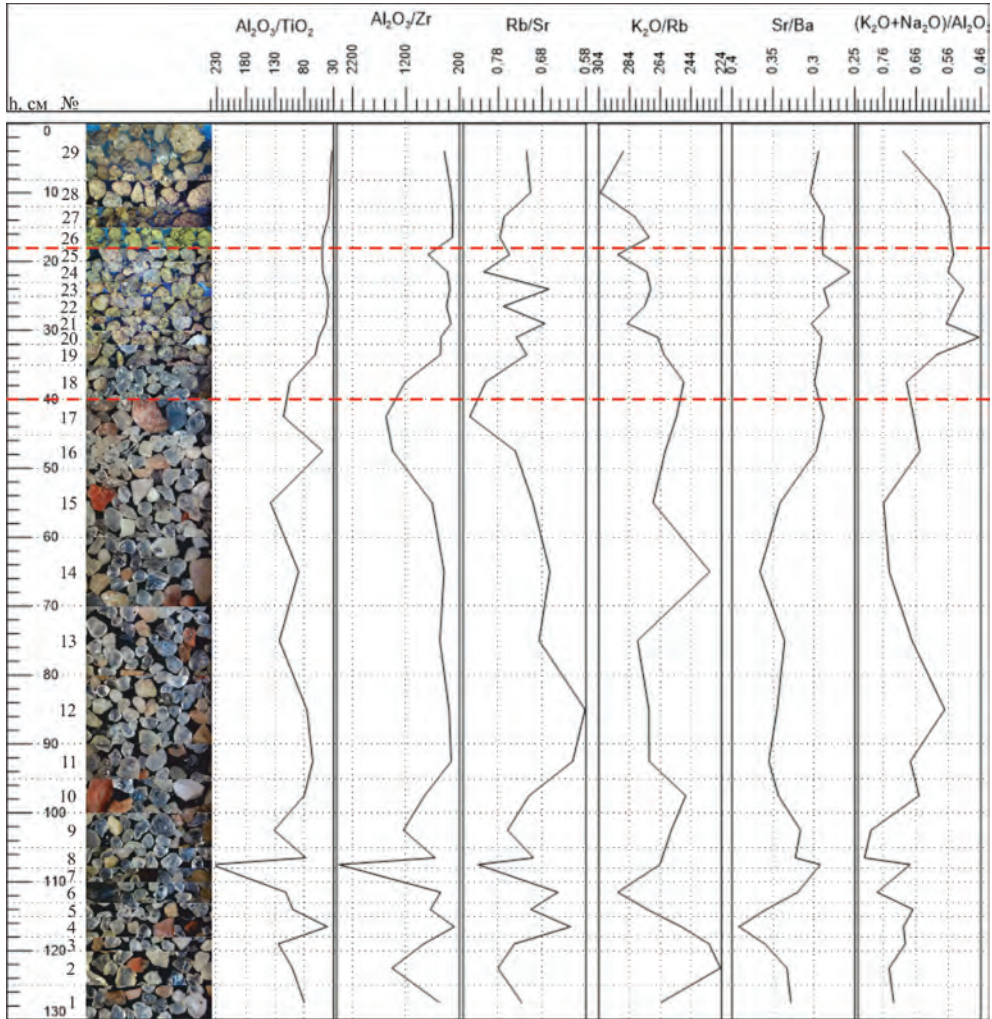


Рис. 131. Химический состав отложений из археологической стоянки Россонь 9

гранат (1,6–14,8 %), плагиоклаз (0,0–11,1 %), циркон (0,0–9,8 %), магнетит (0,0–6,5 %).  $CIA=0,52–0,60$ ;  $Fe_2O_3/CaO=0,26–0,54$ . В нижних прослоях (108–100 см) показатель относительной влажности резко понижается ( $CIA=0,53$ ),  $K_2O/Na_2O=1,48$ . На глубине 100–80 см меняются условия осадконакопления:  $CIA=0,58$ ;  $Fe_2O_3/CaO=0,51$ . Увеличивается значение  $K_2O/Na_2O=3,74$ . Возрастает антропогенная активность ( $P_2O_5/антроп./$ ). На глубине 80–50 см фиксируется понижение значения модулей  $CIA$  (0,54) и  $Fe_2O_3/CaO$  (0,26),  $K_2O/Na_2O=1,62$ . В верхних прослоях (50–40 см) показатели относительной влажности ( $CIA=0,58$ ,  $Fe_2O_3/CaO=0,38$ ) увеличиваются,  $K_2O/Na_2O=1,9$ ;

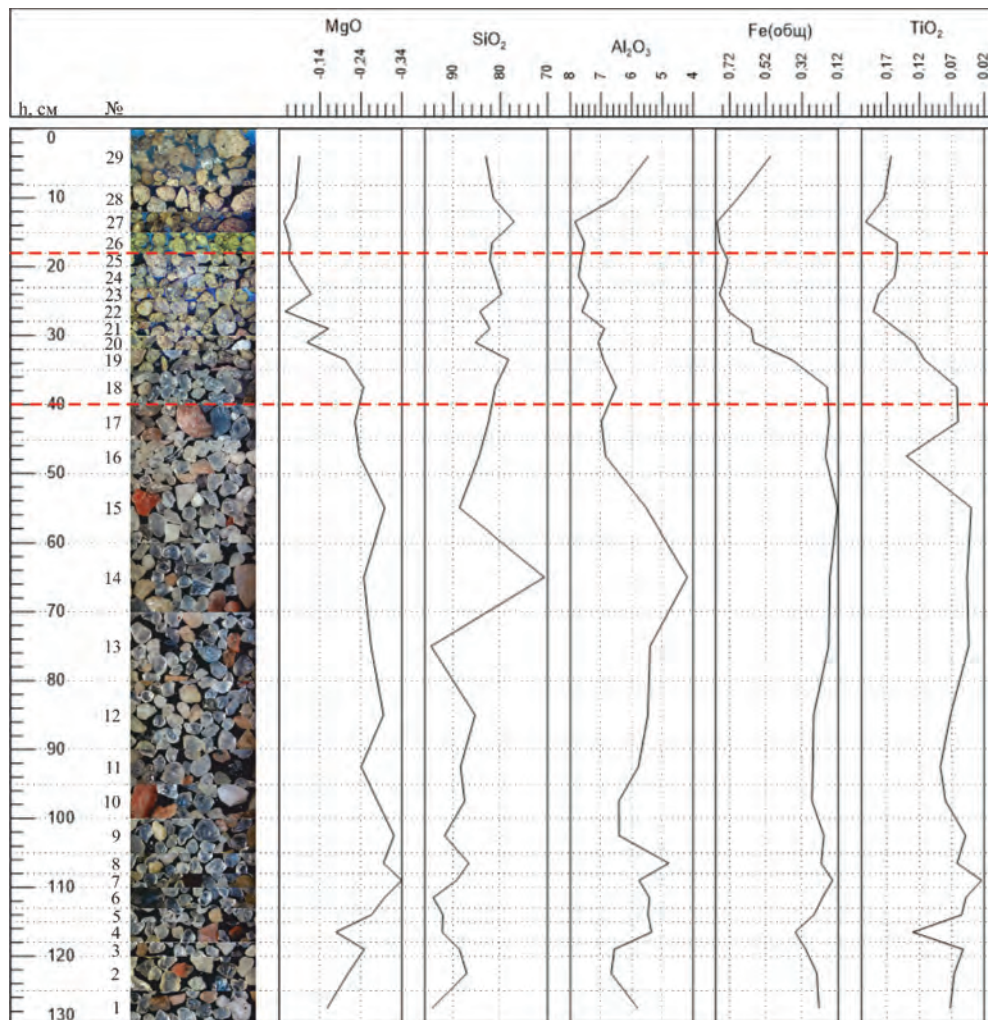


Рис. 132. Химический состав отложений из археологической стоянки Россонь 9

б) 40–18 см (образцы № 18–25) — желтый мелкозернистый песок (культурный слой). В отложениях преобладают следующие минералы: кварц (78,0–88,5 %), циркон (0,0–13,0 %), плагиоклаз (3,8–11,9 %), гранат (1,9–7,0 %), магнетит (0,0–4,0 %). CIA=0,57–0,65; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO=0,40–1,77. Отмечается увеличение содержания различных металлов и оксидов металлов, таких как железо (Fe/общ./), оксид титана(IV) (TiO<sub>2</sub>), оксид алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), оксид магния (MgO), оксид марганца(II) (MnO), ванадий (V), свинец (Pb). В нижних прослоях (40–35 см) показатели относительной влажности (CIA=0,57; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO=0,4) низкие, что свидетельствует о достаточно сухих климатических условиях, K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O=1,80. На глубине 35–30 см происходит изменение условий осадконакоп-

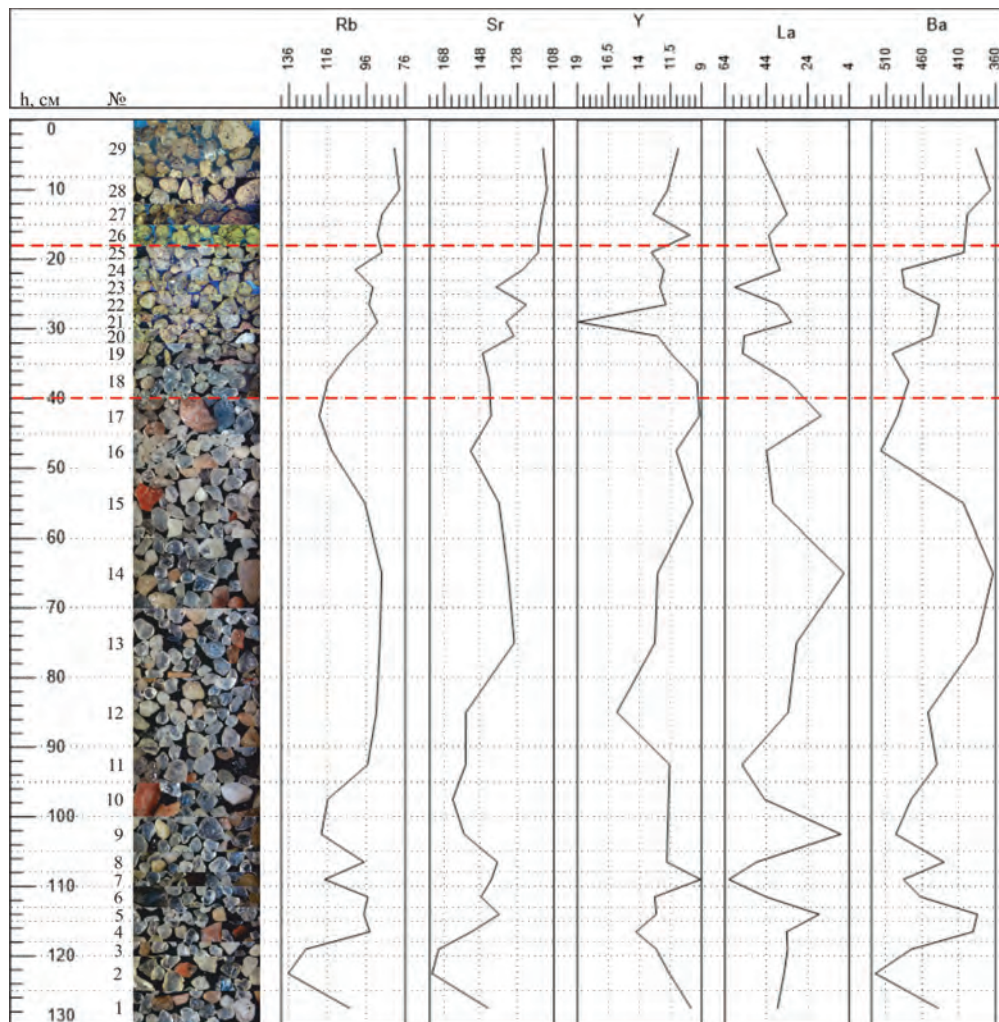


Рис. 133. Химический состав отложений из археологической стоянки Россонь 9

ления. Увеличиваются значения модулей CIA (0,65) и  $Fe_2O_3/CaO$  (1,29),  $K_2O/Na_2O=3,4$ ;

7) 18–12 см (образцы № 26 и 27) — темно-серый песок (подпочва). В отложениях преобладают следующие минералы: кварц (81,8–86,2 %), плагиоклаз (7,7–9,1 %), гранат (3,1–5,5 %), магнетит (0,0–3,6 %), циркон (0,0–3,1 %). CIA=0,61–0,62;  $Fe_2O_3/CaO=1,30–1,56$ . Показатели относительной влажности (CIA,  $Fe_2O_3/CaO$ ) уменьшаются. В это время также наблюдается уменьшение показателя  $K_2O/Na_2O=1,3$ ;

8) 12–0 см (образцы № 28 и 29) — современная почва. В отложениях преобладают следующие минералы: кварц (79,4–83,3 %), гранат (0,0–8,8 %), плагиоклаз (5,9–7,4 %), циркон (1,9–2,9 %), магнетит (0,0–2,9 %). CIA=0,54–0,59;  $Fe_2O_3/$



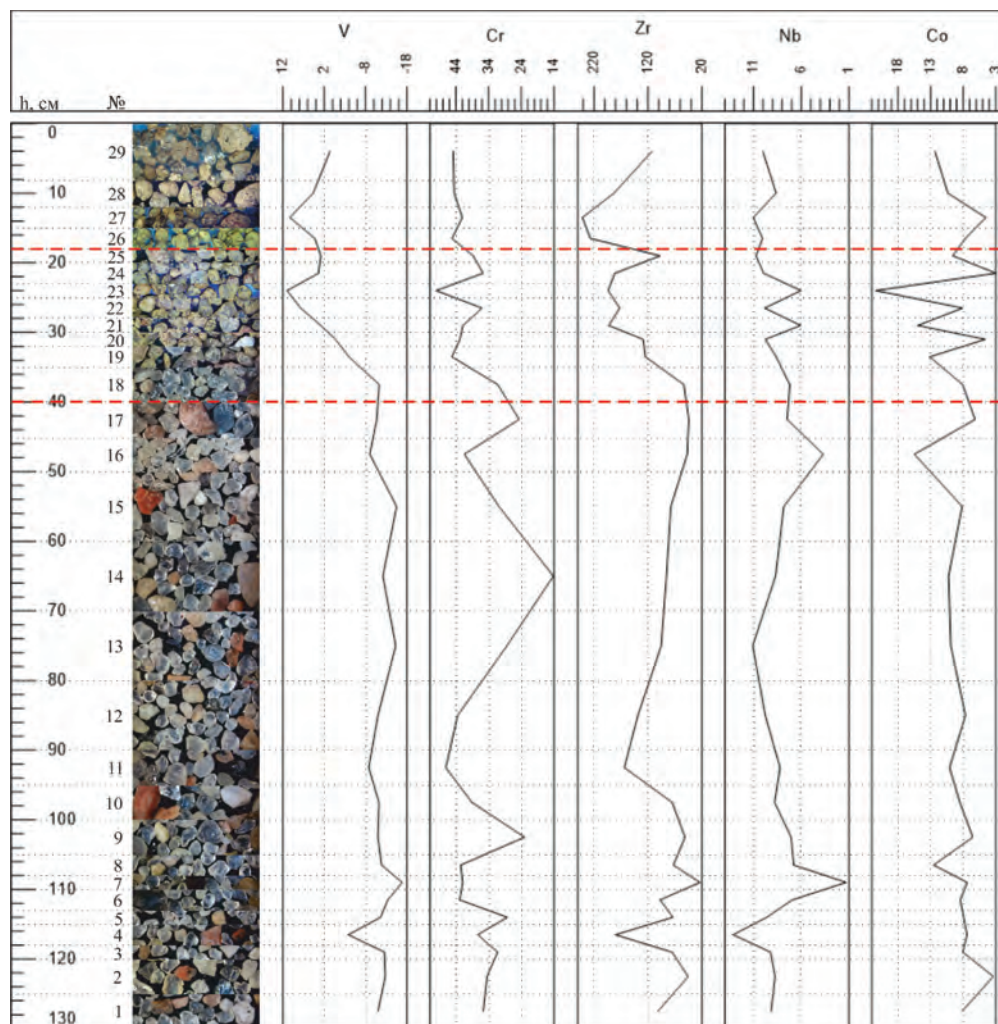


Рис. 134. Химический состав отложений из археологической стоянки Россонь 9

$\text{CaO}=0,68-1,03$ . Показатели относительной влажности ( $\text{CIA}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ ) продолжают уменьшаться, показатель  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  (1,6) увеличился.

Отмечается зависимость между антропогенной активностью и содержанием различных металлов и оксидов металлов (железо ( $\text{Fe}/\text{общ}/$ ), оксид титана(IV) ( $\text{TiO}_2$ ), оксид алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), оксид магния ( $\text{MgO}$ ), оксид марганца(II) ( $\text{MnO}$ ), ванадий (V), свинец (Pb) в отложениях.

В ходе работ на памятниках Россонь 2 и 9 были отобраны пробы с площади археологического памятника для анализа распределения на нем фосфатов.

В результате геохимического анализа были получены данные о содержании фосфатов ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) по линии профиля от пробы № 55 до пробы № 77 и с площади

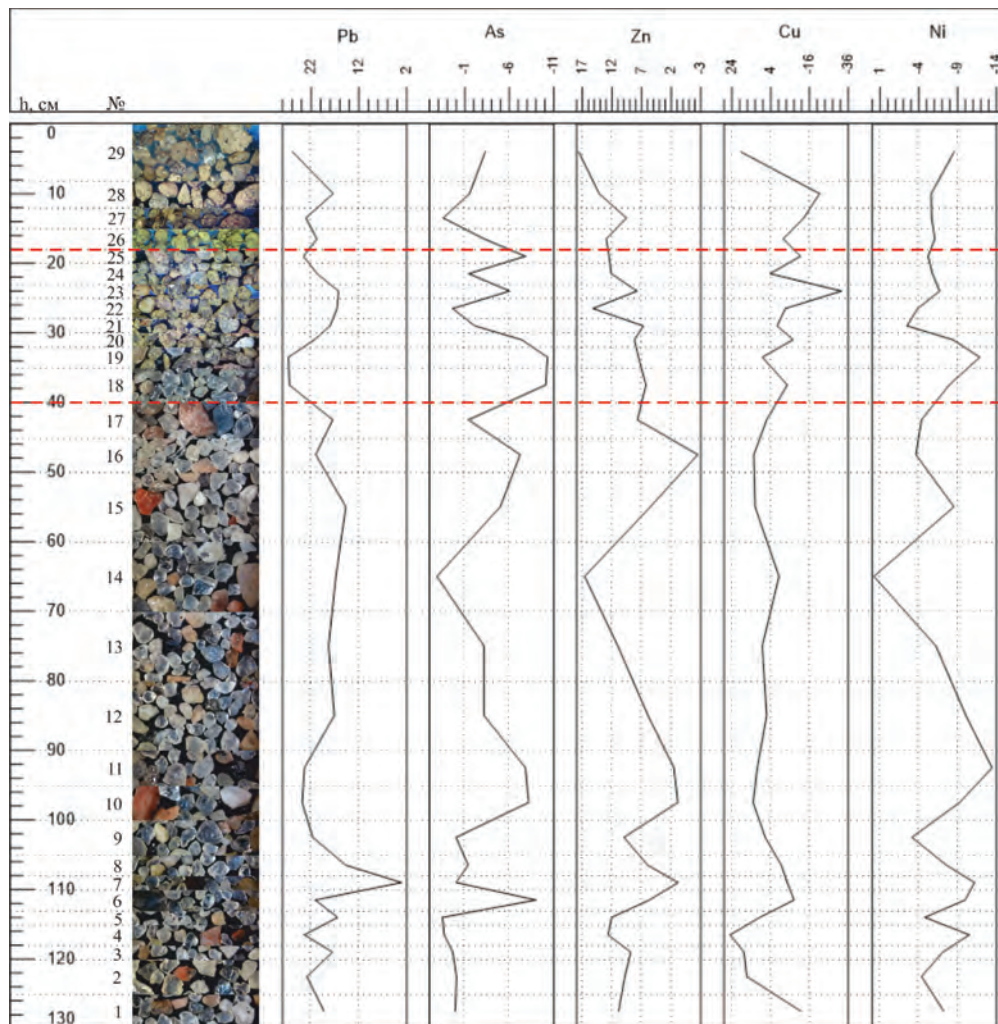


Рис. 135. Химический состав отложений из археологической стоянки Россонь 9

отбора проб № 1–51 (см. рис. 42, 60). С помощью метода интерполяции получилось составить картосхемы распределения фосфатов на территории археологической стоянки Россонь 9 (рис. 137) и Россонь 2 (рис. 138).

Фосфаты ( $P_2O_5$ ) являются ярким индикатором антропогенной активности, так как содержание фосфата (ортофосфата) кальция ( $Ca_3(PO_4)_2$ ) в костях достигает 60 %.

На картосхемах наблюдается увеличение концентрации фосфатов ( $P_2O_5$ ) на вершине холма (рис. 138) и к юго-востоку, в сторону понижения рельефа и приближения к зарастающему озеру (см. рис. 42).

h, см	№	Минеральный состав
0	29	Кварц - 83,3%, Плаггиоклаз - 7,4%, Гранат - 0,0%, Циркон - 1,9%, Магнетит - налет
10	28	Кварц - 79,4%, Плаггиоклаз - 5,9%, Гранат - 8,8%, Циркон - 2,9%, Магнетит - 2,9%
27	27	Кварц - 81,8%, Плаггиоклаз - 9,1%, Гранат - 5,5%, Циркон - 0,0%, Магнетит - 3,6%
26	26	Кварц - 86,2%, Плаггиоклаз - 7,7%, Гранат - 3,1%, Циркон - 3,1%, Магнетит - налет
20	25	Кварц - 81,0%, Плаггиоклаз - 11,9%, Гранат - 2,4%, Циркон - 4,8%, Магнетит - налет
24	24	Кварц - 78,0%, Плаггиоклаз - 8,0%, Гранат - 4,0%, Циркон - 6,0%, Магнетит - 4,0%
23	23	Кварц - 80,5%, Плаггиоклаз - 9,8%, Гранат - 4,9%, Циркон - 4,9%, Магнетит - налет
22	22	Кварц - 84,2%, Плаггиоклаз - 8,8%, Гранат - 7,0%, Циркон - 0,0%, Магнетит - налет
21	21	Кварц - 82,9%, Плаггиоклаз - 8,6%, Гранат - 2,9%, Циркон - 5,7%, Магнетит - налет
30	20	Кварц - 89,5%, Плаггиоклаз - 5,3%, Гранат - 3,5%, Циркон - 1,8%, Магнетит - налет
19	19	Кварц - 78,3%, Плаггиоклаз - 4,3%, Гранат - 4,3%, Циркон - 13,0%, Магнетит - 0,0%
18	18	Кварц - 88,5%, Плаггиоклаз - 3,8%, Гранат - 1,9%, Циркон - 5,8%, Магнетит - 0,0%
40	17	Кварц - 84,6%, Плаггиоклаз - 7,7%, Гранат - 5,1%, Циркон - 2,6%, Магнетит - 0,0%
16	16	Кварц - 84,1%, Плаггиоклаз - 4,8%, Гранат - 6,3%, Циркон - 4,8%, Магнетит - 0,0%
50	15	Кварц - 79,6%, Плаггиоклаз - 11,1%, Гранат - 5,6%, Циркон - 3,7%, Магнетит - 0,0%
60	14	Кварц - 78,0%, Плаггиоклаз - 7,3%, Гранат - 4,9%, Циркон - 9,8%, Магнетит - 0,0%
70	13	Кварц - 87,0%, Плаггиоклаз - 1,9%, Гранат - 1,9%, Циркон - 7,4%, Магнетит - 1,9%
80	12	Кварц - 83,9%, Плаггиоклаз - 0,0%, Гранат - 1,6%, Циркон - 8,1%, Магнетит - 6,5%
90	11	Кварц - 92,5%, Плаггиоклаз - 2,5%, Гранат - 2,5%, Циркон - 0,0%, Магнетит - 2,5%
100	10	Кварц - 74,1%, Плаггиоклаз - 7,4%, Гранат - 14,8%, Циркон - 3,7%, Магнетит - 0,0%
9	9	Кварц - 75,5%, Плаггиоклаз - 6,1%, Гранат - 8,2%, Циркон - 8,2%, Магнетит - 2,0%
8	8	Кварц - 81,6%, Плаггиоклаз - 6,1%, Гранат - 4,1%, Циркон - 8,2%, Магнетит - 0,0%
110	7	Кварц - 86,7%, Плаггиоклаз - 0,0%, Гранат - 1,7%, Циркон - 10,0%, Магнетит - 1,7%
6	6	Кварц - 88,0%, Плаггиоклаз - 4,0%, Гранат - 0,0%, Циркон - 8,0%, Магнетит - 0,0%
5	5	Кварц - 89,8%, Плаггиоклаз - 6,1%, Гранат - 4,1%, Циркон - 4,1%, Магнетит - 0,0%
4	4	Кварц - 76,6%, Плаггиоклаз - 6,4%, Гранат - 12,8%, Циркон - 2,1%, Магнетит - 2,1%
120	3	Кварц - 81,6%, Плаггиоклаз - 12,2%, Гранат - 2,0%, Циркон - 2,0%, Магнетит - 2,0%
2	2	Кварц - 86,5%, Плаггиоклаз - 5,4%, Гранат - 5,4%, Циркон - 2,7%, Магнетит - налет
130	1	Кварц - 78,0%, Плаггиоклаз - 12,0%, Гранат - 6,0%, Циркон - 4,0%, Магнетит - налет

Рис. 136. Минеральный состав отложений из археологической стоянки Росось 9

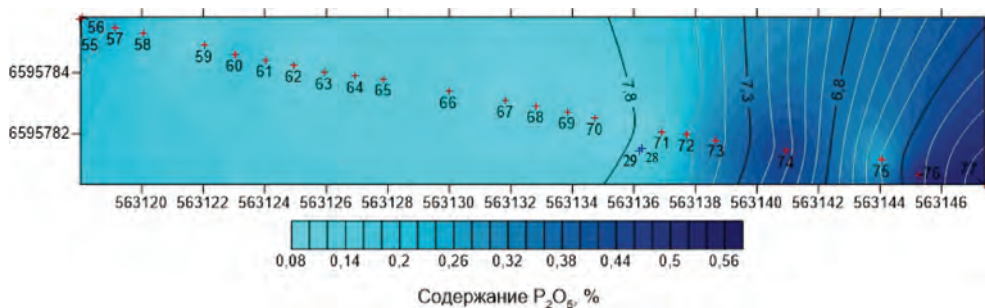


Рис. 137. Картосхема содержания фосфатов ( $P_2O_5$ ) на территории археологической стоянки Росось 9, по линии от пробы № 55 до пробы № 77. Красный «+» — расположение мест отбора проб, синий «+» — расположение обнаруженных археологических артефактов.  
Балтийская система высот

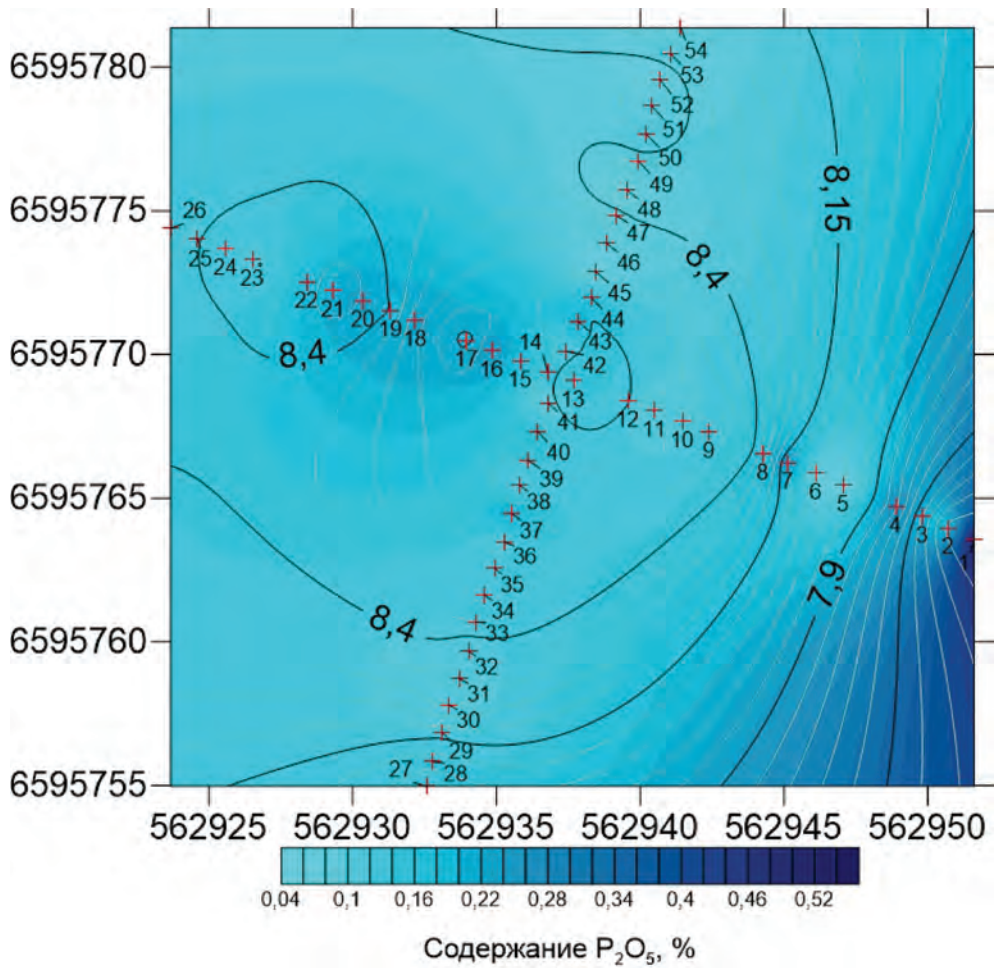


Рис. 138. Картограмма содержания фосфатов ( $P_2O_5$ ) на территории археологической стоянки Рососье 2, по площади отбора проб № 1–54. Балтийская система высот