

М. Э. Полковникова¹, А. Н. Мазуркевич², М. А. Кулькова³

РЕКОНСТРУКЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН НА МНОГОСЛОЙНЫХ ПАМЯТНИКАХ КАМЕННОГО ВЕКА СЕРТЕЙСКОГО МИКРОРЕГИОНА: ДАННЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ⁴

Polkovnikova M.E., Mazurkevich A.N., Kul'kova M.A. Reconstruction of functional areas in multilayer sites of Serteya microregion: data of geochemical and archaeological studies

This article shows the applications of the geochemical indication method on multilayer Stone Age settlements, located on the mineral banks of the paleolakes of the Dvinsko-Lovatskoe confluence (Smolensk region). Analytical research into the nature of the distribution of individual indicator-elements of anthropogenic systems, and also their associations, identified with the help of mathematical statistical methods, the compilation of single- and multi-element charts and comparison of geochemical data with archeological findings has allowed us to establish the location of functional zones and has provided us with the possibility of their preliminary interpretation. The use of the "multi-element" method of analysis on Serteya 3–3, Serteya XIV settlements in collation with archeological data, has allowed us to determine the functional areas inhabited by ancient man.

На протяжении нескольких десятков лет Северо-Западной экспедицией Государственного Эрмитажа проводятся комплексные исследования на многослойных поселениях каменного века, которые были открыты на минеральных берегах палеоводоемов Двинско-Ловатского междуречья (Псковская и Смоленская области). На этих памятниках кроме собранного археологического материала были

выявлены остатки объектов/построек не очень хорошей сохранности. Проведенные исследования показали, что под воздействием геологических, климатических, почвенных и антропогенных процессов происходили изменения качественного и цветового характера культурного слоя и объектов, содержащихся в нем.

Информативная ущербность культурного слоя памятников, в котором плохо сохраняются объекты, конструкции и почти не сохраняются органические остатки, создает необходимость поиска метода, способного помочь реконструировать ставшие «невидимыми» культурные объекты. Сложность интерпретации культурных остатков заключается в том, что не всегда можно визуальным способом на археологическом объекте их зафиксировать. Один из методов, который может помочь, — метод геохимической индикации. Целью применения геохимической

¹ Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург, Россия.

² Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург, Россия.

³ Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия.

⁴ Статья подготовлена при поддержке грантов РГНФ № 07-01-9016 а/б, РГНФ, 2010, № 10-01-00553а/Б, РР6-NEST-028192, РГНФ, грант 10-01-00553, РФФИ, грант 10-06-00096-а.

ского метода является выявление групп элементов-индикаторов, которые могут охарактеризовать антропогенные и геологические процессы, участвующие в формировании осадочных отложений. На различных памятниках могут быть выделены определенные группы элементов-индикаторов, характеризующие тот или иной тип функциональной антропогенной активности.

Нами были проведены археологические исследования на многослойных памятниках каменного века Сертя XIV и Сертя 3-3. Здесь были выявлены комплексы элементов-индикаторов, позволившие более четко реконструировать различные функциональные зоны и особенности жилых структур на территории древних разновременных поселений.

Рельеф в этом районе характеризуется хорошей сохранностью ледниковых и водно-ледниковых

форм, множеством озер, молодостью гидрографической сети. Цепочка озер начала формироваться в конце плейстоцена — начале голоцена после отступления валдайского ледника на участках холмисто-моренного и камового рельефа, представляющих собой краевые образования максимального продвижения ледника и последующих отступаний и наступаний бологовской и едровской стадий (Рельеф, 1961). В настоящее время древние озерные котловины заболочены и унаследованы узким руслом реки Сертейки, которая является правым притоком р. Западной Двины. Среди древних цепочек палеоозер выделяются Сертейская — большая озерная котловина и малая Нивниковская озерная котловина (рис. 1). Сертейская озерная ванна сложена рыжевато-красными моренными суглинками. Нивниковская озерная ванна — флювиогляциальными камовыми отложениями, представленными

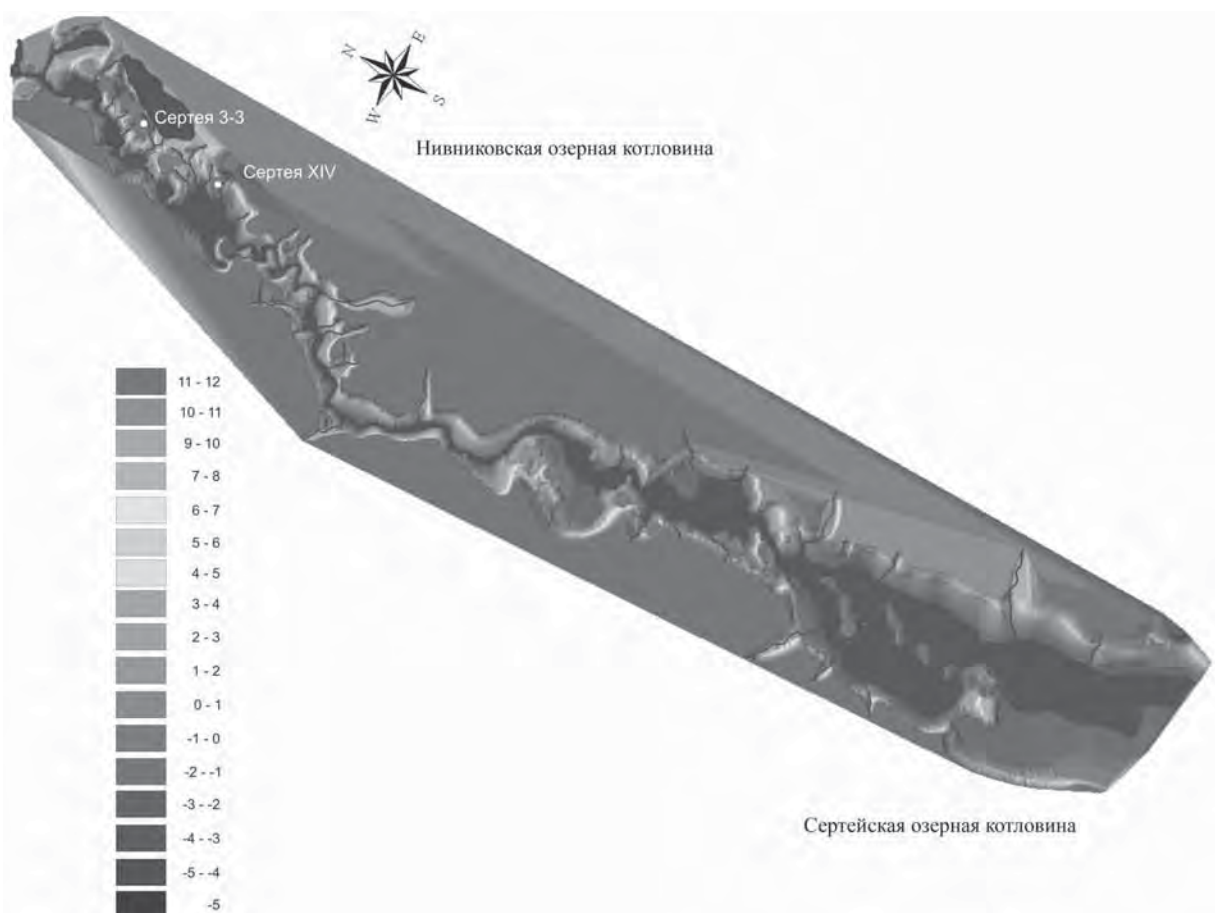


Рис. 1. Карта с расположением памятников Сертя 3-3 и Сертя XIV

тонкослоистыми средне- и мелкозернистыми хорошо сортированными песками желтого и желто-розового цвета. Граница конечноморенных и камовых отложений проходит в северной части Сертейской котловины.

Многослойный памятник Сертея XIV расположен в Нивниковской котловине на древних озерных террасах, сформировавшихся и частично погребенных в голоценовом периоде (Кулькова, 2005) и сложенных мелкозернистыми слоистыми озерными песками. Культурный слой на памятнике Сертея XIV представлен несколькими «культурными горизонтами», которые визуальнo по цвету отложений невозможно разделить. Разделение на «культурные горизонты» было нами проведено на основе анализа планиграфии и высотных отметок археологического материала и остатков различных конструкций (Мазуркевич и др., 2004).

На площади кв. г-ж/1-3 в слое светло-серой супеси (в котором залегает «первый культурный горизонт») было выявлено скопление камней овальной формы диаметром около 3,9 м. Скопление состояло из колотых и частично обожженных камней, и было интерпретировано как остатки обкладки наземной жилой конструкции. В кв. з-и/2-3 хорошо читались скопления камней округлой формы (диаметром около 0,7-0,5 м). Возможно соотнести их с остатками очагов, так как часть камней имеет следы термического воздействия, а в заполнении внутри скопления камней встречались мелкие угольки и фрагменты кальцинированных костей (Мазуркевич и др., 2004). С целью проверки нашего предположения на этом участке поселения Сертея XIV были отобраны образцы на площади 16 кв. м на месте скопления камней. Образцы отбирались по сетке на площади памятника через каждые 60 см в квадратах з-и/2-3. Контрольные образцы были отобраны за границами памятника.

Исследование минерального состава отложений было выполнено с помощью методов инфракрасной спектроскопии, рентгенофазового анализа и оптическими методами (под бинокуляром). Образцы из первого культурного «горизонта», многослойного памятника Сертея XIV были представлены тонкозернистым песком серого цвета с включе-

нием органических остатков и состояли на 35 % из кварца, на 40 % из полевого шпата, который был представлен плагиоклазом и микроклином, 15 % составляли глинистые (каолинит, иллит) и слюдистые минералы (мусковит, флогопит), 5 % — акцессорные минералы, такие как циркон, титаномагнетит, гранат, гидроокислы железа, 5 % — органическое вещество.

Химический состав антропогенных и фоновых отложений за пределами поселения на памятнике Сертея XIV был определен с помощью следующих методов: спектральным эмиссионным полуколичественным анализом и рентгеноспектральным флуоресцентным анализом были получены содержания кальция, стронция, рубидия, с помощью метода пламенной фотометрии было определено содержание калия. Фосфор определялся методом сравнительного колориметрического анализа. Всего было исследовано 42 образца.

Полученные данные были обработаны методами математической статистики (Клеcka, 1980). Обработка результатов проводилась с помощью пакета компьютерной программы «Statistica 6.0». Факторный анализ позволил определить группу элементов-индикаторов антропогенной деятельности на поселении. Он дал возможность выявить соотношения между элементами, характеризующими антропогенную деятельность на поселении, и остальными элементами. Формула первого фактора (28,46 %): $Mn_{(0,67)}, P_2O_{5(0,35)}, Sr_{(0,32)}/Na_2O_{(0,83)}, Sc_{(0,81)}, Zr_{(0,7)}$. На основании этих данных были построены карты распределения отдельных элементов на площади изучаемых квадратов (рис. 2).

На рисунках 3, 4 и 5 показаны зоны распределения содержания фосфора P_2O_5 (г/т), кальция — $CaO/(CaO+Na_2O)$ (г/т) и стронция — $Sr/(Sr+Na)$ (г/т). Для того чтобы разделить кальций и стронций, входящие в состав антропогенных остатков, от кальция и стронция, входящих в состав породообразующих минералов, использовались соотношения $CaO/(CaO+Na_2O)$ и $Sr/(Sr+Na)$ (рис. 3, 4, 5). Участки повышенных концентраций этих элементов часто связывают с зонами разделки туш животных (da Costa and Kern, 1999). Вероятно, на площади кв. з-и/1-3 эти небольшие по размерам зоны

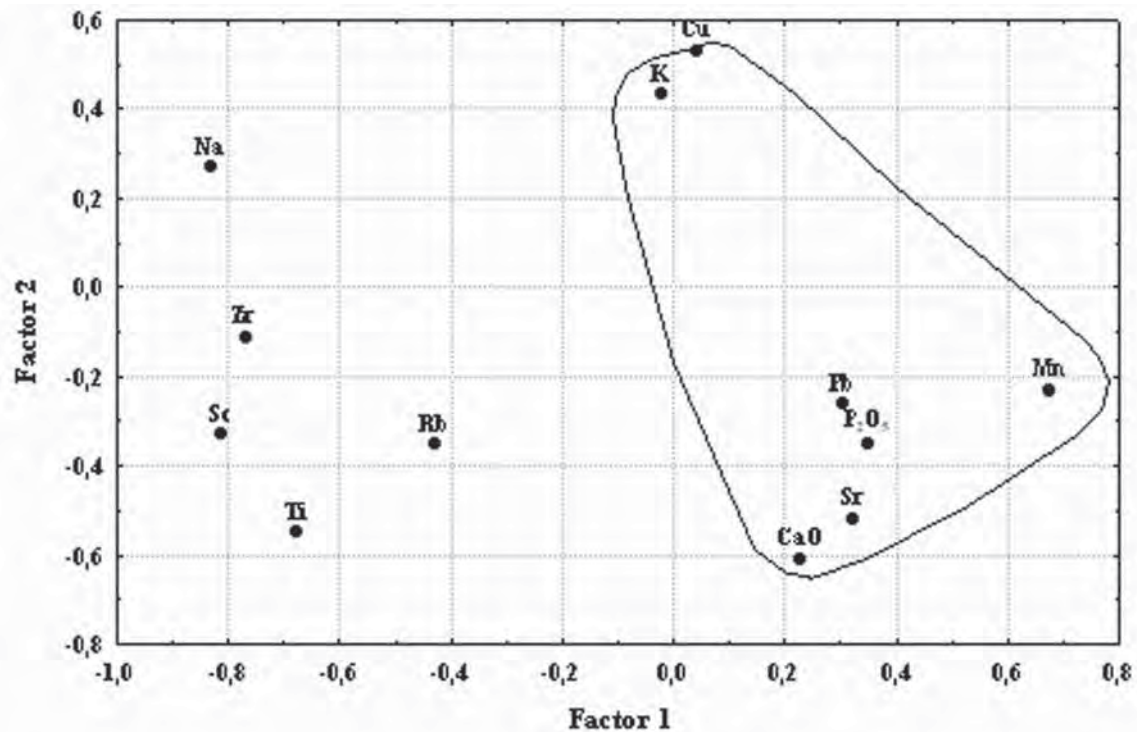


Рис. 2. Элементы-индикаторы антропогенной деятельности на поселении Сергее XIV по данным факторного анализа

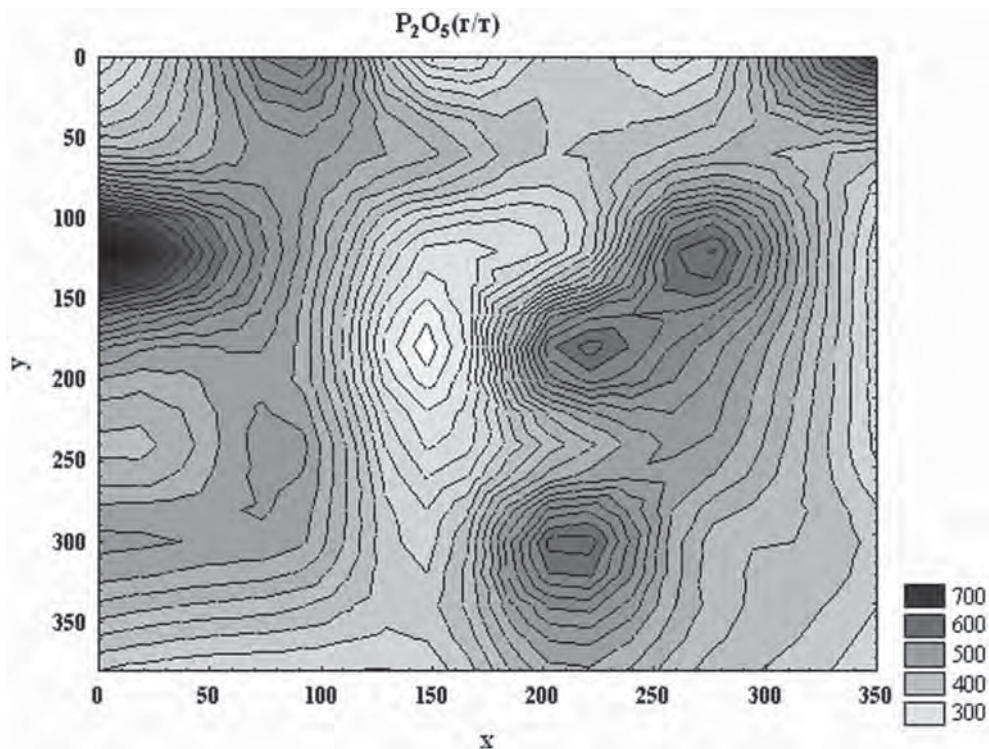


Рис. 3. Распределение содержания фосфора P₂O₅ (г/т) по площади кв. з-и/1-3 на поселении Сергее XIV

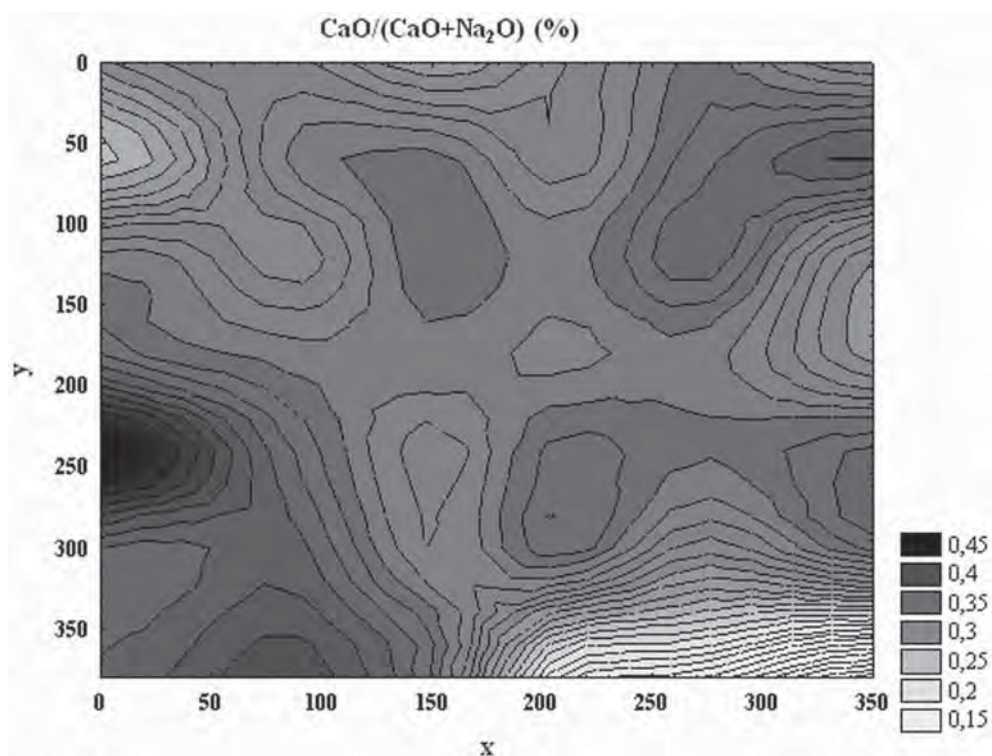


Рис. 4. Распределение содержания кальция — CaO/(CaO+Na₂O) (г/г) по площади кв. з-и/1-3 на поселении Сертя XIV

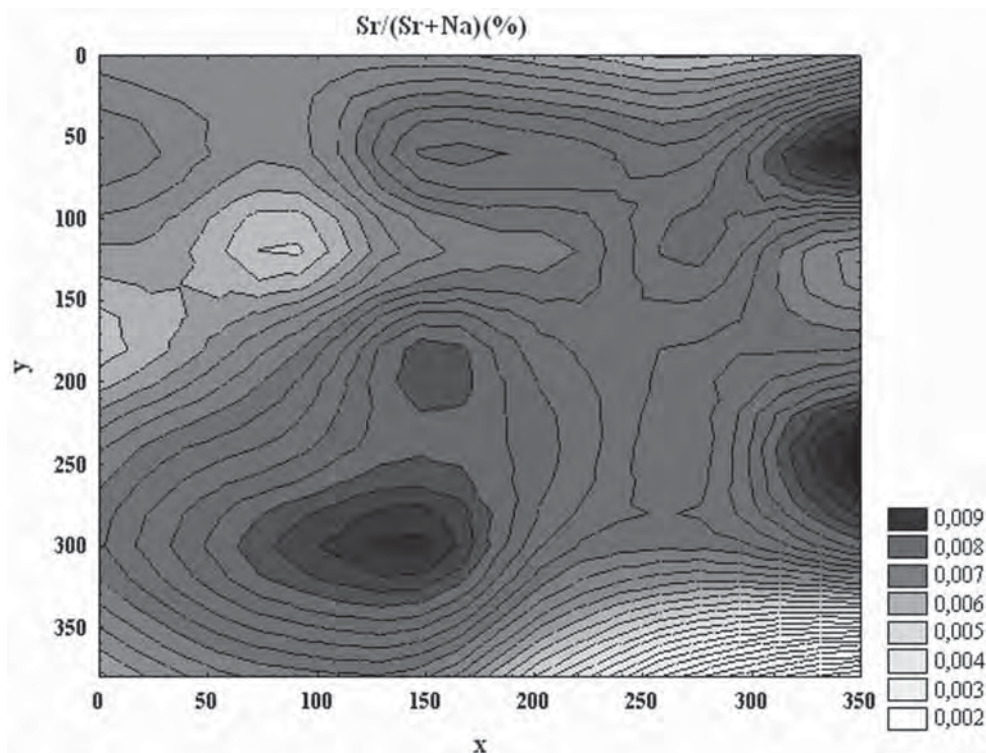


Рис. 5. Распределение содержания стронция — Sr/(Sr+Na) (г/г) по площади кв. з-и/1-3 на поселении Сертя XIV

можно интерпретировать как места концентрации органических остатков. Кроме того, места повышенных значений показателя $Sr/(Sr+Na)$ (г/т) совпадают с зонами, входящими в сферу деятельности древнего человека. Повышенные значения стронция в структурах жилых помещений связаны с накоплением остатков ороговевшей ткани (Middleton, 1996). Такие ареолы на площади поселения Сертя XIV могут быть связаны с длительным пребыванием человека на участках возле открытых очагов.

Положительные корреляционные связи фосфора с показателями $K/(K+Na)$ и $Rb/(Rb+Na)$ дают возможность использовать эти показатели для реконструкции антропогенной деятельности на поселении. На рисунках 6 и 7 показаны зоны распределений значений показателей $K/(K+Na)$ (г/т) и $Rb/(Rb+Na)$ (г/т) (рис. 6, 7). Аномальные значения показателя $K/(K+Na)$ совпадают с местом расположения наземных очагов. Возможна следующая предварительная интерпретация. Планиграфическое распределение $Rb/(Rb+Na)$ и $K/(K+Na)$ как

индикаторов золы на участке кв. 3-и/1-3 показывает наличие нескольких зон выбросов золы, что, вероятно, соответствует существованию здесь нескольких (3-4) разновременных очагов, имевших по периметру обкладку из небольших камней. Более ранние очаги располагались на площади кв. 3-и/1-2 и постепенно смещались вниз по склону в кв. 3-и/2-3 (рис. 8).

Второй памятник, для которого была проведена реконструкция функциональных зон с помощью метода геохимической индикации, — Сертя 3-3 — располагается на камовом останце, на борту протоки, соединяющей Нивниковскую котловину и р. Западную Двину.

Здесь была прослежена следующая стратиграфия: культурные остатки залежали в темно-желтом песке мощностью от 15 до 25 см, который располагался на поверхности желто-розовых камовых песков Валдайского оледенения. Анализ стратиграфии и палеорельефа памятника позволил сделать вывод, что место для поселения было выбрано с учетом особенностей древнего рельефа: осве-

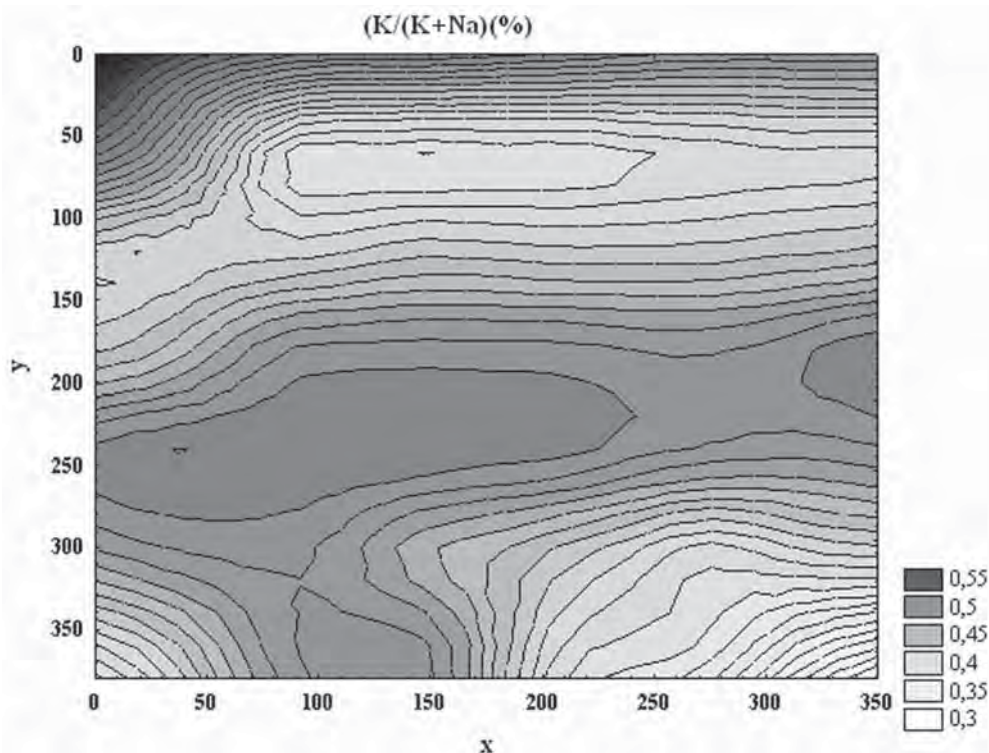


Рис. 6. Распределение содержания калия — $K/(K+Na)$ (г/т) по площади кв. 3-и/1-3 на поселении Сертя XIV

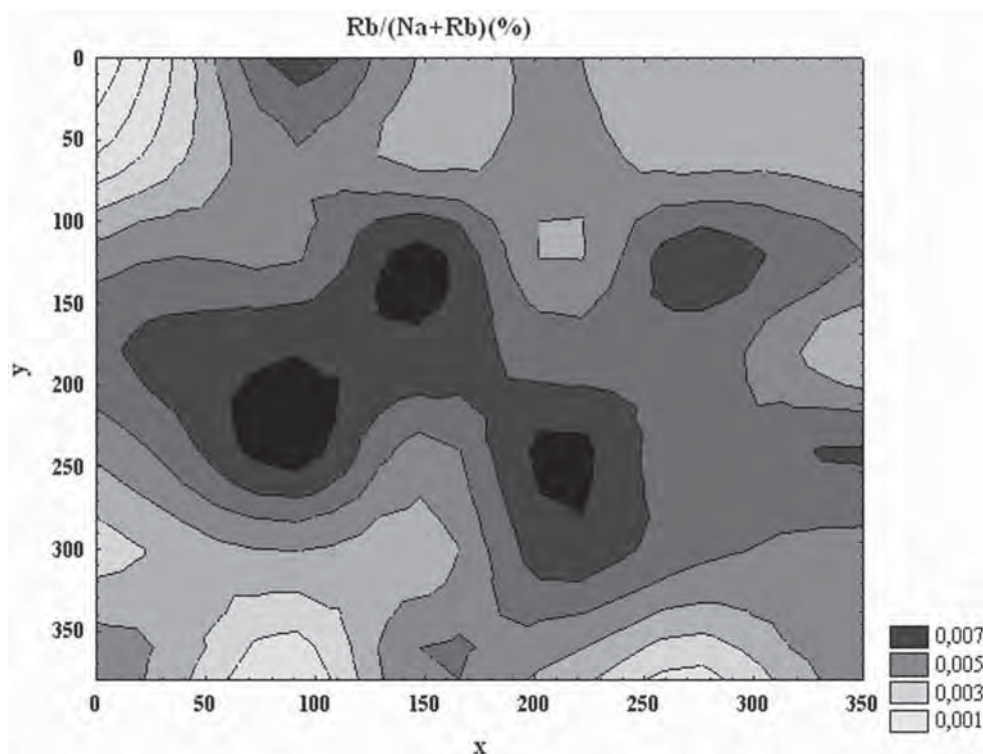


Рис. 7. Распределение содержания рубидия — $Rb/(Rb+Na)$ (г/г) по площади кв. 3-и/1-3 на поселения Сергее XIV

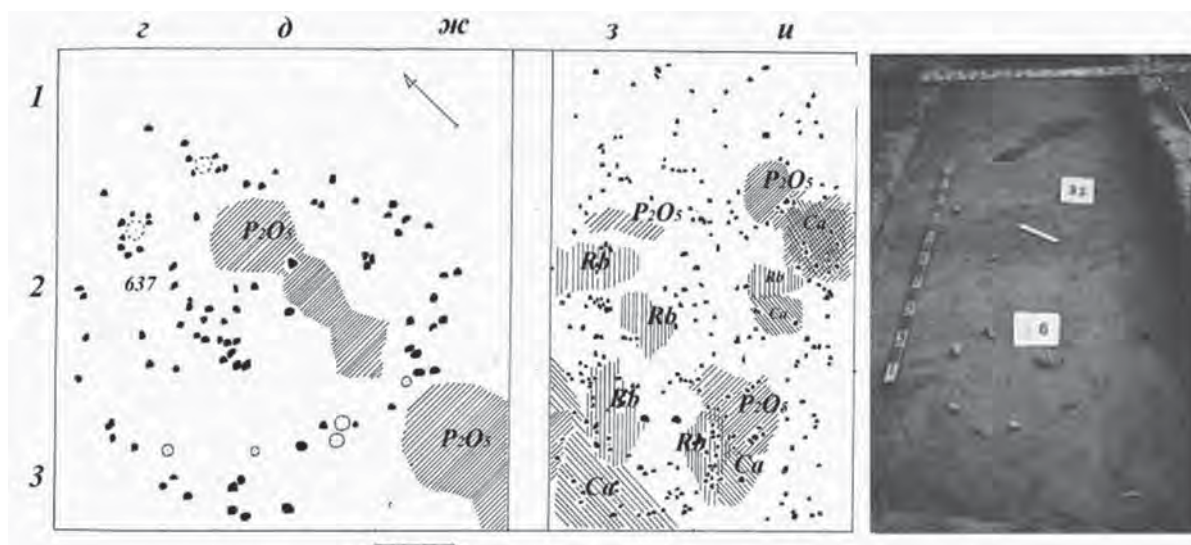


Рис. 8. Планиграфическое распределение $Rb/(Rb+Na)$ и $K/(K+Na)$ как индикаторов расположения золы и очагов, фосфора P_2O_5 (г/г), кальция — $CaO/(CaO+Na_2O)$ (г/г) и стронция — $Sr/(Sr+Na)$ (г/г) как индикаторов различных функциональных зон, входящих в сферу деятельности древнего человека, на участке кв. 3-и/1-3 поселения Сергее XIV

ценности в течение года, закрытости от северных и северо-восточных ветров, характера грунта и наличия ровных площадок. Можно предпо-

жить следующую последовательность заселения этого участка местности в древности. К первому периоду относятся зафиксированные остатки очаж-

ных и столбовых ям, расположение которых может свидетельствовать о существовании на памятнике трехкамерной жилой конструкции, которая датируется по керамическому комплексу ранним неолитом (Мазуркевич, Полковникова, 2008). Конструкции принадлежат фрагменты двух сосудов с накольчато-прочерченной орнаментацией, относящейся к фазе «а» раннеолитической сертейской культуры. Эта конструкция (или площадка) могла использоваться долгое время, о чем свидетельствуют находки сосуда фазы «b-1». Позднее этот участок был размыт небольшими ручьями, русла которых постепенно затягивались песком. Анализ планиграфии остатков ям и раннеолитического и среднеолитического керамического и кремневого комплексов указывают на периодичность в посещении памятника. Поздний период существования поселения характеризуется керамическим и кремневым комплексами, которые находят аналогии в материалах культур шнуровой керамики. Эти комплексы соотносятся с остатками «очажных» пятен, которые были зафиксированы на кровле темно-желтого песка.

Антропогенные отложения на памятнике Сертея 3-3 представлены рыжевато-желтыми песками, сформированными на камовых песках, состоящих на 30 % из кварца, 46 % — полевого шпата (альбит, микроклин), 7 % — слюдистых (мусковит, флогопит) и глинистых (иллит, монтмориллонит) минералов, 5 % составляют акцессорные минералы, такие как циркон, титаномагнетит, гранат, амфибол, гидроокислы железа, 2 % — органическое вещество. Для определения химического состава отложений на памятнике Сертея 3-3 и контрольных образцов за его пределами был использован рентгеноспектральный флуоресцентный анализ. Всего было проанализировано 89 образцов.

Корреляционный анализ химического состава отложений позволил выявить ассоциации химических компонентов с наиболее высокими корреляционными связями, то есть элементы, на накопление которых влияли одинаковые внешние факторы. Метод главных компонент факторного анализа дал возможность разделить ассоциации химических элементов, сформировавшихся в различных условиях. Таким образом, выявленные ассоциации

могут характеризовать условия окружающей среды и деятельность древнего человека, которые повлияли на накопление той или иной группы химических компонентов.

Было выявлено несколько групп ассоциаций химических компонентов:

I группа: SiO_2 ;

II группа: Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , TiO_2 , Na_2O ;

III группа: K_2O , Ba ;

IV группа: P_2O_5 , CaO , MnO , LOI .

При сравнении с контрольными образцами образцы из зоны поселения содержат более высокие значения таких химических компонентов, как P_2O_5 , CaO , MnO , K_2O , которые почти в два раза превышают концентрации этих элементов в зонах за пределами поселения. Кроме того, исследования на памятнике Сертея XIV подтвердили, что ассоциация выделенных элементов связана с антропогенной деятельностью. Таким образом, можно утверждать, что химические компоненты, входящие в III и IV группы, накапливались в результате деятельности древнего человека на этом участке.

В группу I вошел только один компонент — кремнезем, который может отражать состав материнских пород, представленных камовыми песками, главным компонентом которых является кварц.

Группа II включает химические компоненты: Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , TiO_2 , Na_2O , которые связаны с выветренными камовыми отложениями, обогащенными глинистой и полевошпатовой составляющей, главными минералами в этих отложениях являются иллит — $(\text{K}, \text{H}_2\text{O})\text{Al}_2[(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, альбит — $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, монтмориллонит $(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mg})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ с повышенным содержанием окислов и гидроокислов (магнетит, титаномагнетит, гидрогетит), что объясняет появление в этой группе Fe_2O_3 , TiO_2 .

Первый фактор (F1 — 41,3 %) по данным факторного анализа описывается формулой $\text{SiO}_{2(0,96)} / \text{Al}_2\text{O}_{3(-0,90)} \cdot \text{MgO}_{(-0,87)} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_{3(-0,80)}$. Данные первого фактора показывают, что отложения, обогащенные кремнеземом, и отложения с высокой глинистой составляющей были сформированы в различных геохимических условиях. Сравнение с рельефом древней дневной поверхности, соответствующей первому и второму периоду заселения этого участ-

ка, показало, что формирование выветренных, обогащенных глиной отложений приурочено к повышенным участкам рельефа, тогда как в понижениях, небольших оврагах или углублениях, соответствующих древним ручьям, происходило отложение песка, богатого кремнеземом (рис. 9). Таким образом, по изменению значений первого фактора можно охарактеризовать развитие древнего рельефа на площади поселения.

Второй фактор (FII — 16,8 %) отражает антагонизм ассоциаций элементов Na_2O , SiO_2/Ba , K_2O . Повышенные концентрации в отложениях таких компонентов, как K_2O и Ba , скорее всего, связаны с накоплением в культурном слое древесной золы. Антагонизм этих компонентов к кремнезему и натрию, входящих в состав породообразующих мине-

ралов, показывает, что они накапливались в других геохимических условиях и не связаны с формированием вмещающих пород. Геохимическая карта, построенная по значениям второго фактора, показывает, что зоны, обогащенные калием и барием (отрицательные значения второго фактора), располагаются внутри и по периметру остатков трехкамерного жилища, а также в северо-западной части памятника. Вероятно, к участку жилой зоны можно отнести и остатки наземного «очага», который маркируется повышенными значениями антропогенных элементов второго фактора (Ba , K_2O) на площади кв. в/В. Зоны повышенных значений компонентов (P_2O_5 , LOI , CaO) на площади кв. Б-а/1-2 граничат с месторасположением скоплений керамики фазы «с-1» и также сопровождаются

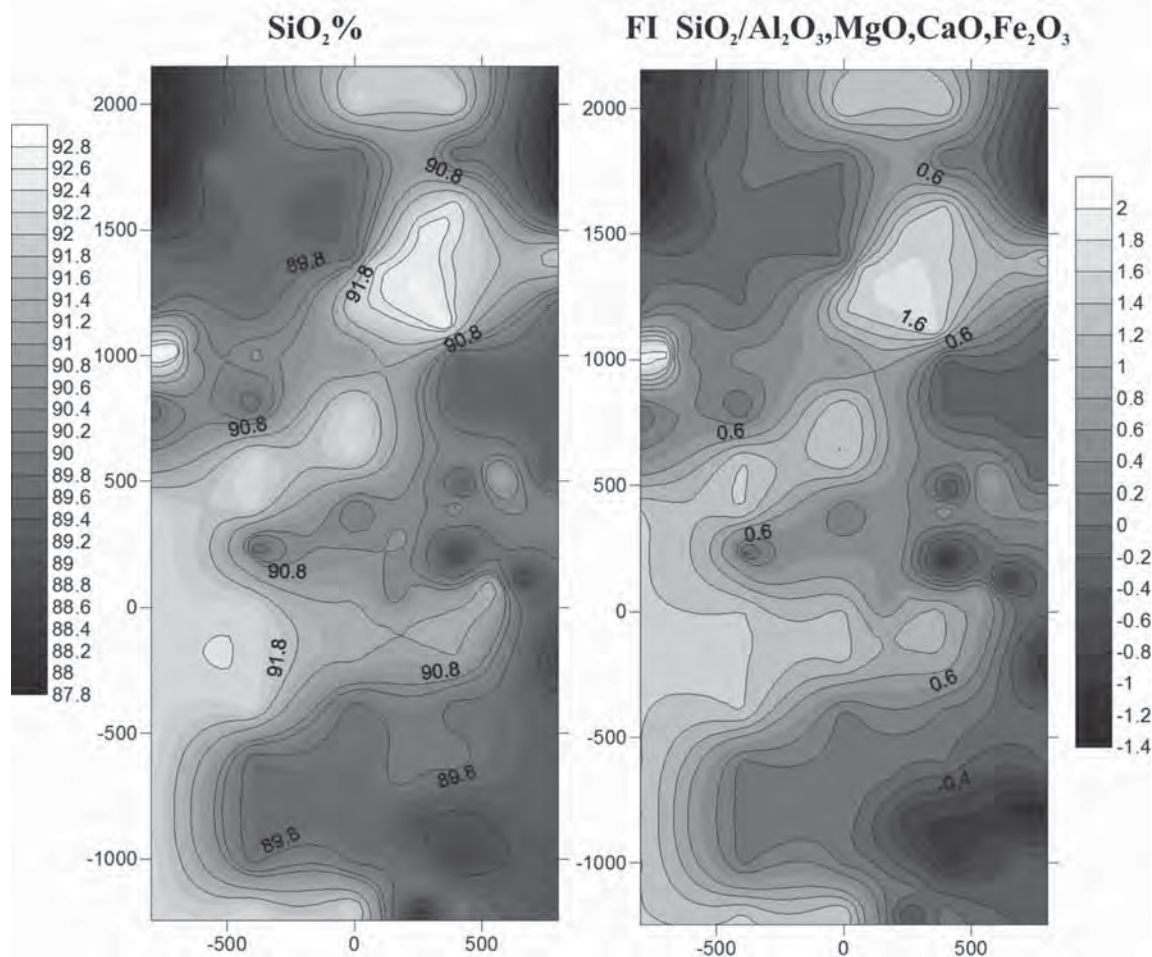


Рис. 9. Карта распределений значений I фактора, отражающего особенности микрорельефа на участке поселения Сертея 3-3 в период формирования «нижнего» культурного горизонта

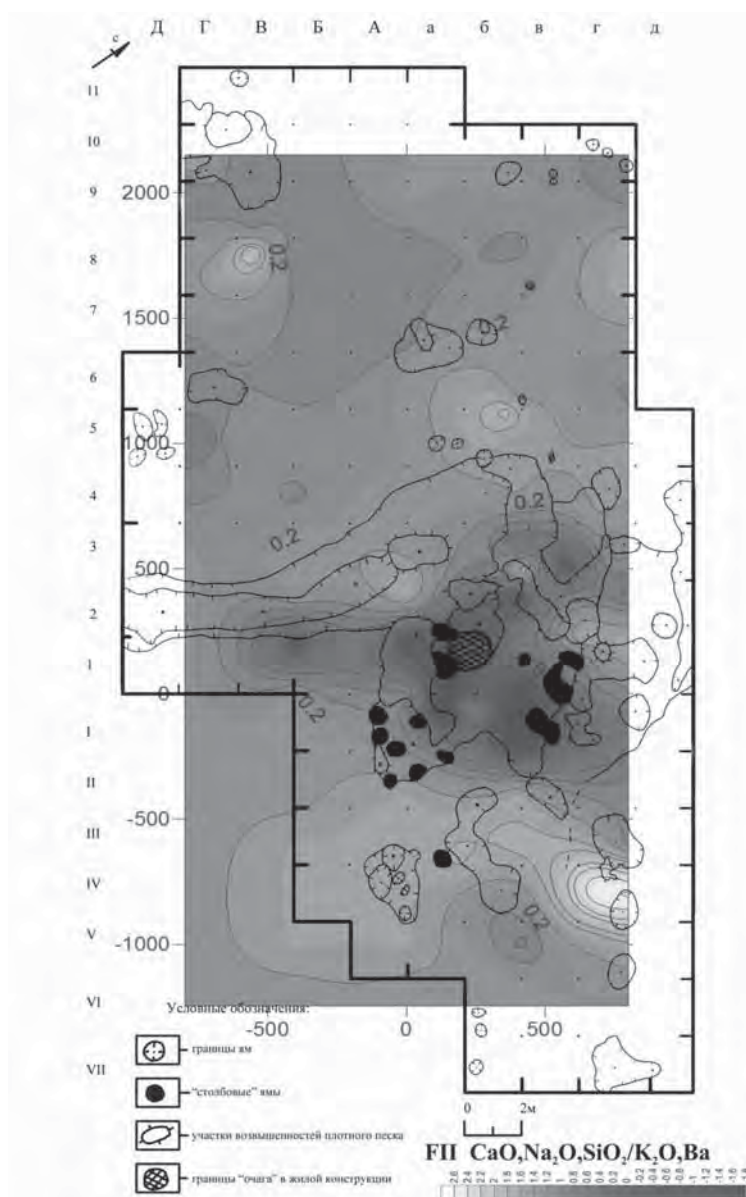


Рис. 10. Геохимическая карта, показывающая аномальные концентрации K_2O и Ba , связанные с участками обогащения древесной золой на площади «нижнего» культурного горизонта поселения Сертея 3-3

аномальными концентрациями антропогенных элементов второго фактора (Ba , K_2O) (рис.10).

Третий фактор (FIII — 11,6 %) — K_2O , Al_2O_3 / MnO , LOI , Fe_2O_3 . Отрицательные значения третьего фактора характеризуют отложения, обогащенные органическим веществом, окислами марганца и железа (MnO , LOI , Fe_2O_3). Зоны, в которых накапливаются эти компоненты, связаны с древними участками максимального гумусирования. По

данным различных исследований, высокая селективная и общая концентрация марганца растениями происходит в условиях кислой и сильнокислой реакции среды. Осаждению марганцевых соединений благоприятствует кислотнo-щелочной геохимический барьер. Сброс кислых растворов с высоким содержанием марганца в щелочную среду приводит к его накоплению в виде минеральных соединений (Галота, 2002). Таким образом, участ-

ки на поселении, в которых накапливались и сгнивали растительные и древесные остатки, а также шкуры и животные ткани, могли играть роль кислотно-щелочного барьера, благоприятного для концентрации нерастворимых соединений марганца. Также марганец присутствует в этих зонах в виде органометаллических комплексов, так как имеет высокую корреляционную связь с органическим веществом. Значения третьего фактора позволяют охарактеризовать участки, где были рас-

положены скопления деревянных предметов и органических материалов, связанных с хозяйственной деятельностью древнего человека. Концентрация этих элементов имеет максимальные значения на площади трехкамерного жилища и в северо-западной части памятника. Выделяются также новые участки, для которых характерна повышенная концентрация данных элементов — на площади кв. в-г/7–8, А-Б/1-І, А-Б/5–6, г-д/V–VI (рис. 11). На этих участках был обнаружен керами-

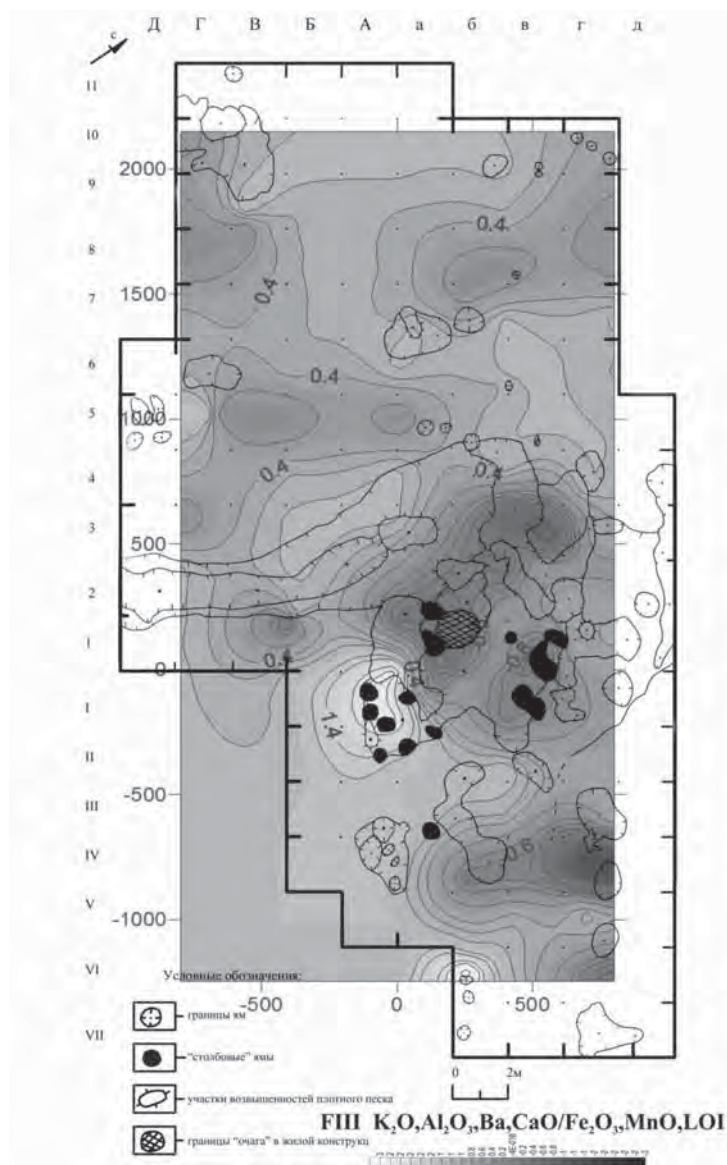


Рис. 11. Карта распределения аномальных значений MnO , Fe_2O_3 , LOI , связанных с местами гниения растительных и древесных материалов, шкур, животных тканей на участке «нижнего» культурного горизонта поселения Сертея 3-3

ческий комплекс, различающийся типологически (фазы «а», «b-1», «с-1» раннеолитической сертейской культуры) и хронологически. Это позволяет выделить участки обитания, которые соответствуют каждому новому посещению данного места в раннем неолите.

Четвертый фактор (FIV — 9,7 %) — $MgO, Fe_2O_3, TiO_2/P_2O_5, LOI, CaO$ — устанавливает антагонизм порообразующих элементов (MgO, Fe_2O_3, TiO_2), генезис которых связан с составом материнских пород, к антропогенным компонентам (P_2O_5, LOI, CaO), которые накапливались при участии древнего человека. Аномальные значения антропогенных элементов (отрицательные значения четвертого фактора) маркируют границы участков скопления органических остатков, в состав которых входили кости и органические ткани. Антропогенный характер этих элементов также подтверждается исследованиями, проведенными на памятнике Сертея XIV.

Участки жилой конструкции характеризуются аномальными значениями таких компонентов, как MnO, LOI, Fe_2O_3 . Особенно отчетливо это фиксируется в центральной части (3,2×2,5 м) жилой конструкции, где комплекс этих элементов маркирует участки интенсивного гумусирования, что, вероятно, связано с залеганием и сохранением здесь большого количества органических материалов (дерева, костей, шкур), которые могли входить в состав конструкции жилища. Повышенные значения компонентов (Ba, K_2O) фиксируются в приочажной зоне центральной части жилой конструкции и в северной части этой конструкции в кв. г/3 вокруг еще одного очага. Высокие значения антропогенных компонентов четвертого фактора (P_2O_5, LOI, CaO) совпадают с областями ям, расположенных вокруг жилой конструкции.

Сопоставление с планиграфическим распределением археологического материала по площади памятника за пределами жилой конструкции показывает, что максимальная концентрация антропогенных элементов, входящих в формулу второго и четвертого факторов, приходится на участки с минимальным количеством находок. Скопления фрагментов керамики приурочены к границам геохимических аномалий: керамика сертейской

раннеолитической культуры фазы «с-1» тяготеет к кв. а-б/2-3, фазы «а» — к кв. а/V, «b-1» — к кв. д/V и в-г/II. Группа тонкостенной лощеной керамики (елшаноидного типа) сосредоточена на площади кв. Б-А/1-II. В этой зоне было зафиксировано повышенное значение антропогенных элементов (MnO, LOI, Fe_2O_3), относящихся к третьему фактору. Максимальные значения антропогенных элементов четвертого фактора (P_2O_5, LOI, CaO) на площади кв. А-б/III-V совпадают с концентрацией фрагментов посуды фазы «а» с накольчато-прочерченной орнаментацией (рис. 12).

Факторный анализ, выполненный по результатам химического состава отложений кровли светло-желтого песка, позволил выявить три значимых фактора. Первый фактор показывает распределение главных порообразующих компонентов и связан с особенностями рельефообразования на площади памятника. Второй и третий факторы отражают антропогенное воздействие при формировании отложений. Повышенные содержания элементов (Ba, MnO), которые входят в формулу второго фактора ($Ba, MnO/Na_2O, CaO$), фиксируют зоны гумусирования, связанные с жизнедеятельностью древнего человека. Третий фактор показывает антагонизм порообразующих окислов (MgO, K_2O), входящих в состав минералов песка, к антропогенным компонентам (P_2O_5, LOI). При анализе распределения этих и других антропогенных индикаторов ($K_2O/(Al_2O_3+K_2O); CaO/SiO_2$) в отложениях на кровле желтого песка, соответствующего позднему неолиту, были получены следующие данные.

Аномалии второго фактора (Ba, MnO) приурочены к зонам около очажных пятен и, вероятно, маркируют участки, на которых происходило разложение древесных и органических остатков. Они могут быть интерпретированы как места расположения жилых площадок (рис. 13). Повышенные значения антропогенных элементов третьего фактора (P_2O_5, LOI), которые связаны с органично-минеральными остатками, сосредоточены к югу от «очажных» пятен и могут фиксировать места «свалок» (рис. 14). В пользу последней интерпретации может свидетельствовать максимум содержания соотношения CaO/SiO_2 , которое является

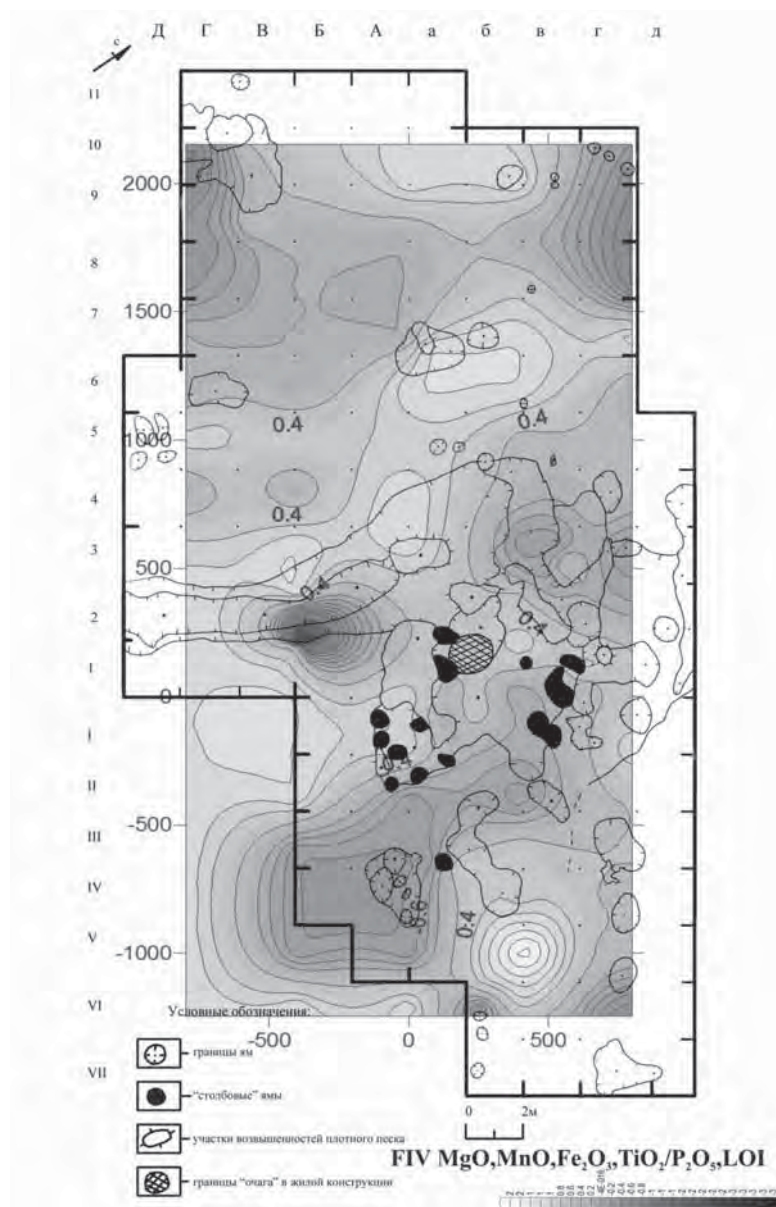


Рис. 12. Карта распределения аномальных значений P_2O_5 , LOI, CaO, связанных с зонами обогащения костными остатками и органическими тканями на участке «нижнего» культурного горизонта поселения Сертея 3-3

индикатором костных тканей. Скопления костных остатков приходятся на периферию памятника и «оконтуривают» места расположения «очажных» пятен и прилегающих к ним зон со скоплениями органических материалов (рис. 15).

Соотношение $K_2O/(Al_2O_3+K_2O)$ является индикатором древесной золы в отложениях культурного слоя и может в данном случае рассматриваться как

маркер участков приочажных зон и «свалок» на площади поселения, куда выбрасывались заполнения очагов после их чистки. Примечательно, что, как правило, ареолы высоких значений $K_2O/(Al_2O_3+K_2O)$ расположены с северной и северо-западной стороны от «очажных» пятен. На площади поселения K_2O аномалии фиксируются в центральной части раскопанного участка, в котором обна-

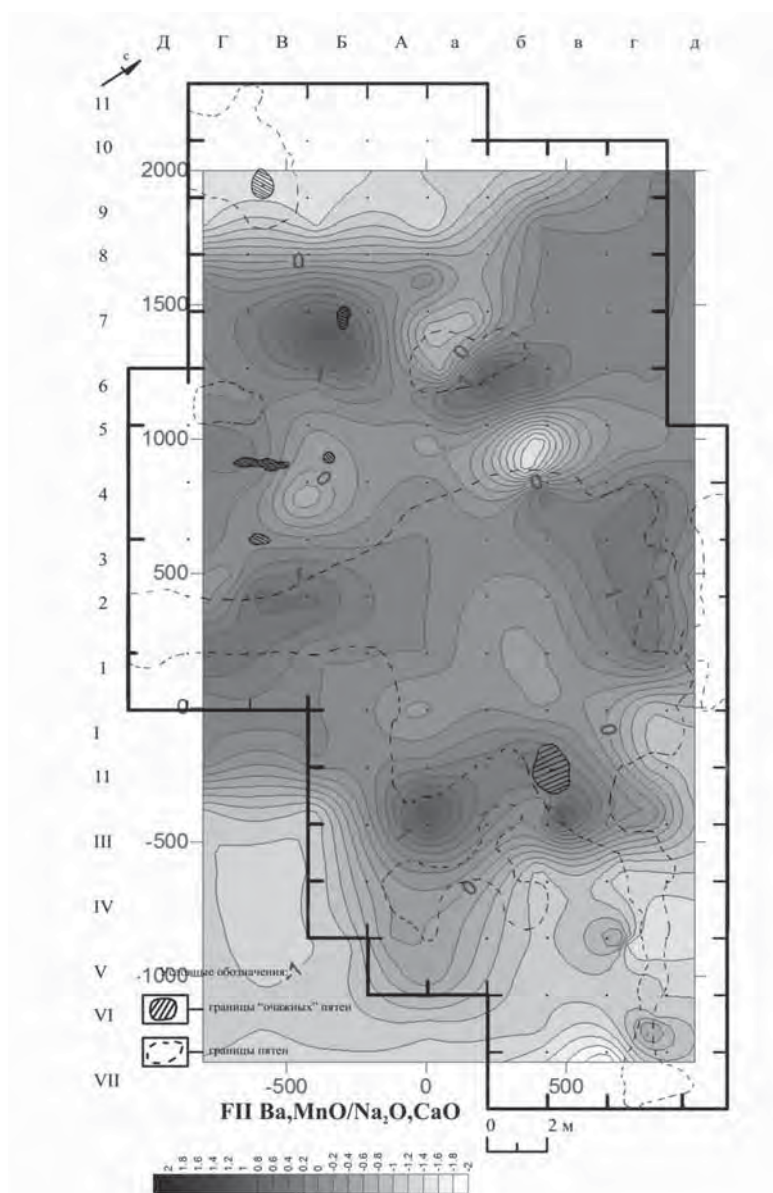


Рис. 13. Карта распределения аномальных значений Ва, МпО в кровле желтого песка «верхнего» культурного горизонта, маркирующих остатки древесины, связанной с жилыми площадками на поселении Сертея 3-3

ружены остатки древнего русла ручья (вероятно, в него происходил сброс золы) (рис. 16).

Важную роль в выявлении компонентов, связанных с древней антропогенной активностью, играет обработка данных по химическому составу отложений с площади культурного слоя методами математической статистики. Корреляционный анализ позволяет выявить элементы, накаплива-

ющиеся в одинаковых геохимических условиях. Факторный анализ по соотношению групп различных компонентов позволяет охарактеризовать геохимическую среду их накопления и выявить компоненты, связанные с антропогенной активностью. На многослойных поселениях каменного века (Сертея XIV и Сертея 3-3), различных по ландшафтной приуроченности, был выявлен ком-

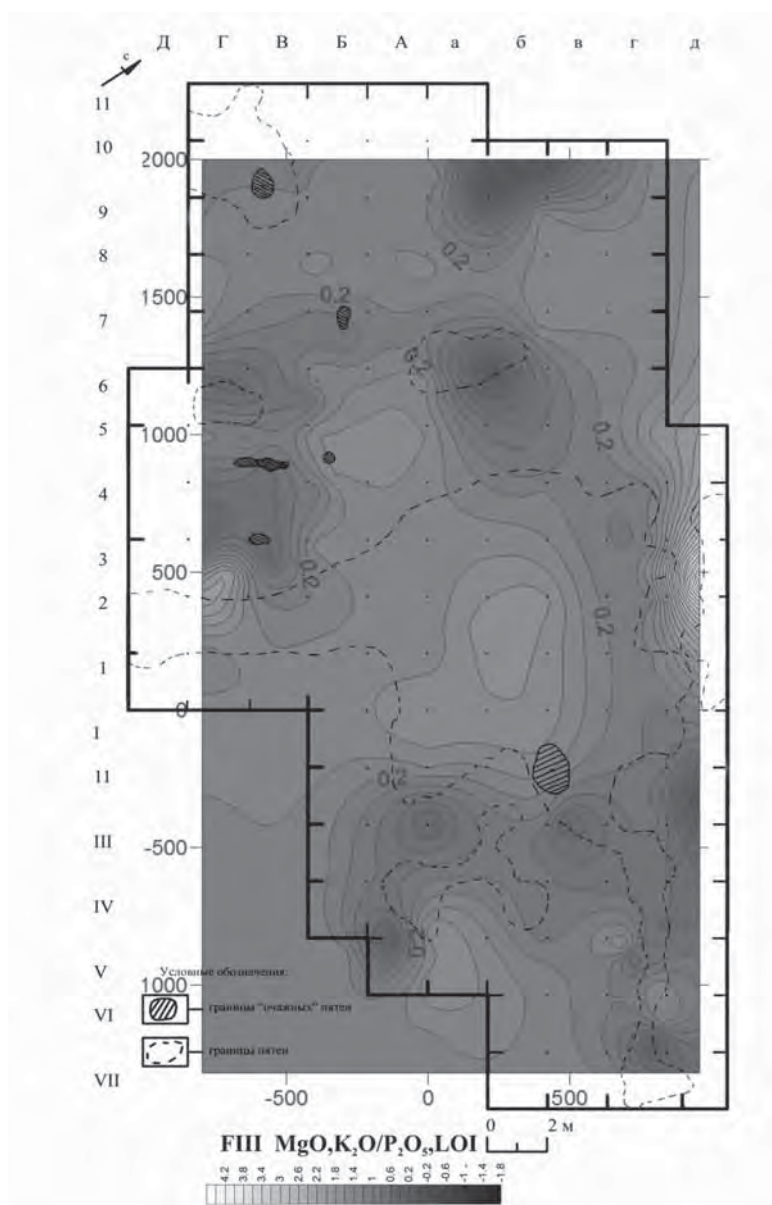


Рис. 14. Зоны расположения свалок и жилых площадок по данным распределения P2O5, LOI

плекс химических компонентов и микроэлементов (P_2O_5 , CaO, K_2O , MnO, LOI, Ba, Sr, Rb), связанных с жизнедеятельностью древнего человека и накапливающихся в культурных слоях. Распределение индикаторных соотношений химических элементов, а также групп химических компонентов по площади поселений характеризует различные функциональные зоны. Планиграфический анализ распределения археологических находок

и объектов в культурном слое, распространение их по площади и сопоставление с геохимическими аномалиями позволяют более точно интерпретировать характер функциональных зон и структуры поселений.

С развитием и применением высокоточных аналитических методов исследования вещества появилась возможность получить полный анализ минерального и химического состава отложений,

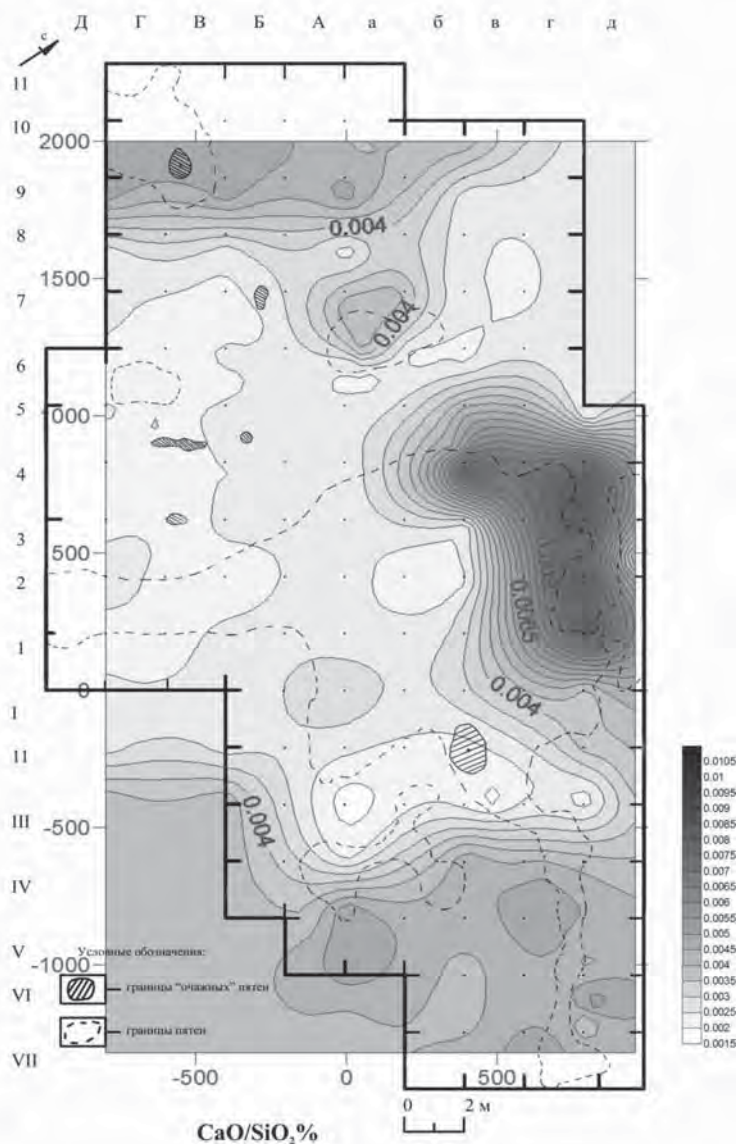


Рис. 15. Геохимическая карта распределения показателя CaO/SiO_2 (%), фиксирующего скопления костных остатков в «верхнем» культурном горизонте на поселении Сергея 3-3

которые накапливались в результате геоморфологических процессов и деятельности древнего человека. Аналитические исследования характера распределения отдельных элементов-индикаторов антропогенных систем, а также их ассоциаций, выявленных с помощью методов математической статистики, составление моно- и полиэлементных карт и сравнение геохимических данных с археологическими объектами устанавливают расположение функциональных зон и дают возможность

интерпретировать их как хозяйственные зоны (очаги / кострища, производственные/ хозяйственные площадки различного назначения, хозяйственные ямы, остатки жилых конструкций). Исследователями было отмечено, что наряду с современным технологическим загрязнением окружающей среды антропогенное влияние на четвертичные отложения проявляется в увеличении биогенных элементов в местах древних стоянок (da Costa, Kern, 1999).

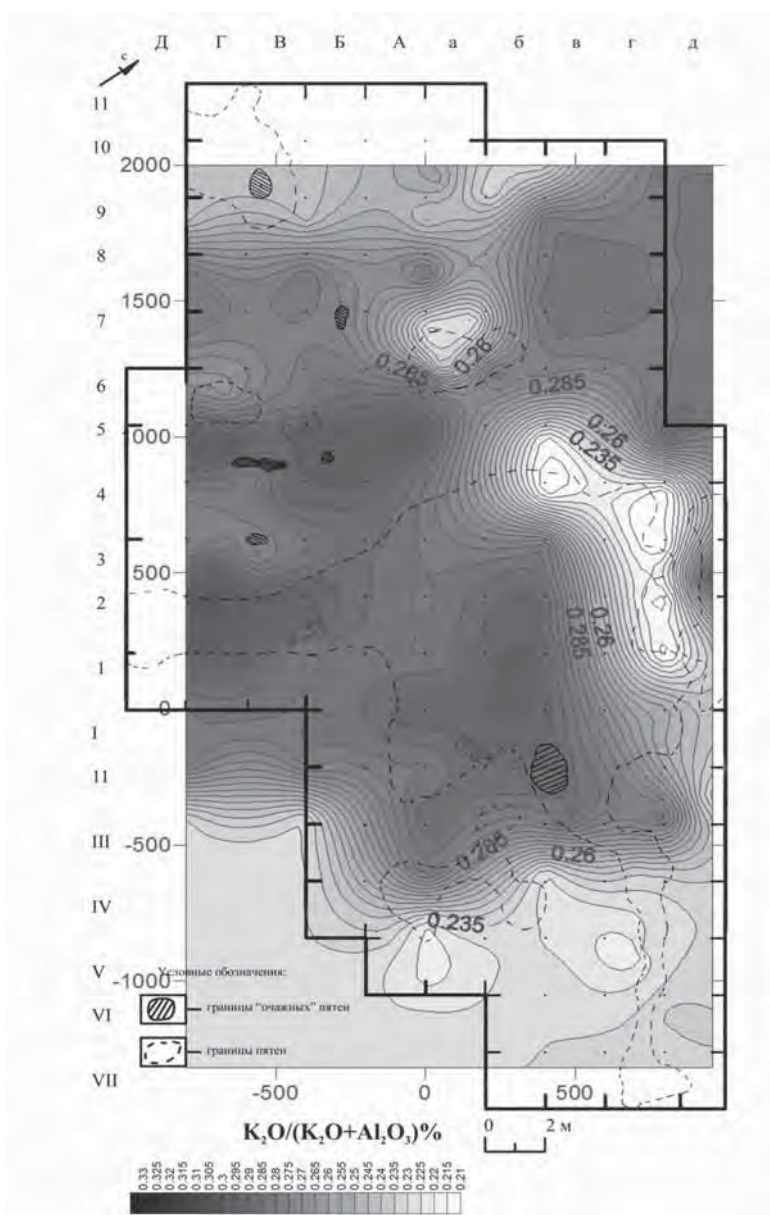


Рис. 16. Приочажные зоны, зоны выброса золы по данным индикаторного значения $K_2O/(K_2O+Al_2O_3)$ (%) в «верхнем» культурном горизонте на поселении Сертя 3-3

До настоящего времени применение геохимических методов исследования в археологии ограничивалось определением общего содержания фосфатов в почвах для выявления мест, где расположены древние поселения (Веллесте, 1952; Namond, 1983; Österholm, 1997). Были проведены исследования по установлению мест скопления органики в обнаруженных конструкциях на археологических памятниках, что позволило определить различные хозяйственные зоны (Герасимова и др., 1998). В последние годы стали проводиться работы по изучению динамики распределения фосфора в антропогенных почвах и выявлению различных форм нахождения фосфора в культурных слоях памятников (Holliday and Gartner, 2007). Дж. Энтвистле отмечает, что в последние десятилетия,

логических памятниках, что позволило определить различные хозяйственные зоны (Герасимова и др., 1998). В последние годы стали проводиться работы по изучению динамики распределения фосфора в антропогенных почвах и выявлению различных форм нахождения фосфора в культурных слоях памятников (Holliday and Gartner, 2007). Дж. Энтвистле отмечает, что в последние десятилетия,

применялся очень ограниченный набор химических элементов для реконструкции древних поселений. Обычно использовались фосфор, кальций, магний и калий (Entwistle et al., 2007). Микроэлементы барий (Ba), стронций (Sr), медь (Cu), свинец (Pb), цинк (Zn), марганец (Mn), хром (Cr) и никель (Ni), которые также могут накапливаться в палеопочвах в результате антропогенной деятельности, используются для реконструкций древней антропогенной активности в меньшей степени.

Каждая фаза антропогенной активности на территории, где проживал древний человек (поселение, стоянка), изменяет свойства и состав почв, оставляя свой геохимический след в отложениях. Антропогенная модификация древних почв проявляется в увеличении концентрации химических элементов и их соединений, которые связаны с определенной деятельностью человека. Главными элементами, которые могут характеризовать антропогенное воздействие, являются фосфор, кальций и стронций (Nunez, 1977; da Costa, 1999). Это основные компоненты, входящие в состав минеральной части костной ткани, зубов, роговых образований. В процессе захоронения карбонат-апатит, из которого состоит минеральная часть костной ткани, практически не растворяется и не выносится водными потоками. Поэтому в местах поселений и особенно в местах захоронений людей и животных содержания фосфора, кальция и стронция имеют большие аномальные значения.

Другими элементами, которые также используются для характеристики антропогенного влияния, являются калий (K) и рубидий (Rb). Исследователи связывают аномальные содержания калия и рубидия на поселениях и в местах жилых помещений с зонами очагов, так как в древесной золе растений были зафиксированы высокие содержания калия (Middleton et al., 1996). Проведенные исследования, которые базируются на сопоставлении анализов состава современной древесины и древесной золы, показали, что эти вещества обогащены марганцем (Mn) и в некоторой степени цинком (Zn) (Aston et al., 1998). Повышенные концентрации калия в почве на поселениях также связывают со скоплениями в почве древесины или пепла (Griffith, 1981). Некоторые исследователи, изучая почвенные отложе-

ния средневековых поселений (Greaulin, XVIII в.), расположенных на островах Северного моря, установили, что высокие содержания калия в почвах были связаны с морскими водорослями, которые использовались в качестве удобрения в этих районах (Entwistle et al., 2007). В результате тотальной вырубки на островах были уничтожены древесные ресурсы, которые могли являться источником калия при их захоронении в почвах. Повышенные концентрации в почвах калия и фосфора могут указывать на места, в которых накапливались экскременты человека или животных, ткани из шерсти животных и шкуры (Griffith, 1981).

Средний химический состав навоза составляет N — 0,5 %, P₂O₅ — 0,25 %, K — 0,6 % (Миронов, 2005). При хранении и переработке в навозе происходят различные изменения, вызываемые микроорганизмами. Интенсивное протекание микробиологических процессов приводит к превращению элементов (N, P, K) из органических форм в минеральные, которые накапливаются в почве. Повышенные содержания в животных экскрементах и навозе таких микроэлементов, как Cu, Zn и Pb, наряду с фосфором также позволило использовать эти элементы как индикаторы древней антропогенной активности (Davies et al., 1988; Bintliff et al., 1990; Aston et al., 1998). Концентрация этих микроэлементов увеличивается в слабощелочных условиях, а в кислых условиях, при большом количестве гумуса, они становятся мобильными.

Исследования последних лет показали, что использование одного элемента или его соединения для характеристик археологических объектов и функциональных зон поселения не всегда корректно, так как появляется намного больше археологических и природных контекстов, с которыми может быть интерпретирован данный результат. Накопление того или иного элемента зависит от различных природных факторов формирования отложений и их последующего диагенетического преобразования, продолжительности и интенсивности заселения древними людьми данного места, а также процессов, происходящих после погребения древних отходов. Поведение отдельных элементов зависит от pH, Eh условий, содержания органического вещества в почвах, минерального

состава и текстуры почв, поэтому разные элементы ведут себя по-разному в одинаковых геохимических условиях при почвообразовании на поселении.

В настоящее время для оценки древнего антропогенного влияния на окружающую среду используется многоэлементный анализ (Wilson et al., 2007; da Costa, Kern, 1999; Parnell et al., 2002). Применение методов математической статистики позволяет разделить всю совокупность химических элементов, полученных при исследовании антропогенных почв, на несколько групп. Ассоциация химических компонентов в группе с наиболее близкими корреляционными связями показывает, что эти элементы образовывались в одинаковых геохимических условиях. Таким образом, можно выявить группу элементов, которая связана непосредственно с антропогенной деятельностью. Такие исследования, например, были проведены на берегу реки Амазонки, где были обнаружены археологические памятники эпохи неолита. Культурный слой залегал на глубине около 50 см от поверхности в желтых песчаных почвах, от которых отличался черным цветом и наличием в нем большого количества фрагментов керамики, кремня и раковин. Геохимический анализ и обработка данных методами математической статистики были проведены для того, чтобы выявить ассоциации химических элементов, связанные с культурным слоем (da Costa, Kern, 1999). В результате проведенной работы было выделено несколько групп ассоциаций химических элементов.

I группа: MgO, P₂O₅, Zn, Mn, Cu, CaO, Sr, Ba, Cl. В эту группу входят компоненты, которые показывают высокие концентрации внутри культурного слоя и которые являются геохимическими маркерами антропогенной активности. Химические компоненты отражают состав материала, привнесенного человеком при заселении этой зоны: MgO, P₂O₅ — компоненты, входящие в состав остатков пищи животного происхождения; Zn, Mn, Cu — компоненты, характеризующие пищу растительного происхождения и деревянную утварь; CaO, Sr, Ba — компоненты, входящие в состав раковин, то есть эта ассоциация элементов может быть связана с использованием раковин в пищу.

II группа: Pb, Cr, Co, Cd, Na₂O, Sc, V, Fe₂O₃, Ga, Nb, Zr, Hg. В этой группе выделяются две субассоциации элементов: V, Fe₂O₃, Ga, Nb, Zr, Sc — элементы, связанные с процессами выщелачивания почвы в тропических условиях, которые также хорошо коррелируют с высокими содержаниями гидроксидов, и Pb, Cr, Co, Cd — элементы, связанные с органическим материалом. Они входят в состав органометаллических соединений, образующихся вблизи дневной поверхности.

Группа III: F, As, B, Y — элементы, которые одинаково распределены как в слое с культурными остатками, так и во вмещающих отложениях и не связаны с антропогенной активностью.

Другим примером использования геохимических данных для реконструкции функциональных зон с использованием методов многовариантной статистики являются исследования, проведенные на одном из Шетландских островов (Wilson et al., 2007). На острове Папа-Стаур были взяты образцы почвенного слоя из разрушенной и покинутой фермы, которая существовала с XVII в. до 1950-х годов. Также были отобраны образцы отложений земляного пола под почвенным слоем внутри жилой усадьбы, хлева и из валунной глины, которая подстилала эти отложения. Исследования образцов должны были показать с помощью ассоциаций химических элементов возможность интерпретации или реконструкции функциональных зон фермы, установить ключевые элементы, отражающие антропогенные процессы, которые происходили здесь, а также определить и понять контекст ассоциаций и корреляций химических элементов, отражающих процессы почвенной химии. Данные по химическому составу отложений были обработаны иерархическим кластерным анализом и ступенчатым дискриминантным анализом, для того чтобы выявить наиболее близкие друг к другу ассоциации химических элементов, обогащающие антропогенный слой и отражающие различные виды деятельности человека на территории фермы — функциональные зоны фермы.

Полученные результаты ясно показали существенные различия в почвенной химии между различными функциональными зонами фермы. Почвенный слой из очажной зоны был обогащен

Ca, P, Ba, Cu, Sr, и Zn, содержание которых в несколько раз выше, чем в отложениях глин, подстилающих этот горизонт, и почв, отобранных за пределами фермы. Отложения пола внутренней части усадьбы были обогащены Ca, Mg, Cu, Ba, Li, Na, Nd, Ni, P, Sr и Zn. Повышенные концентрации таких элементов, как Ca, Mg, Ba, Li, Na, Sr, обнаружены в составе штукатурки, обломки которой были погребены под почвенным слоем. Образцы из отложений хлева содержали немного меньшие концентрации этих элементов и были обогащены V, Sc, Yb, Y, Sr. Почвы из амбара характеризуются повышенными значениями Ca и Sr. Для мусорной кучи были характерны повышенные концентрации Cu, Ba, Pb, Zn и Fe. Высокие концентрации Pb, Zn, Cu, Fe также были зафиксированы в золе древесного угля и торфа, которые использовались как топливо. Остатки золы были обнаружены и в мусорной куче. Почвы огорода содержали более низкие концентрации всех элементов по сравнению с жилыми помещениями, но по сравнению с почвами за пределами фермы были обогащены Fe, P, Ba, Cu, Zn, Sr. Распределение таких элементов, как Ti, Cr, Al, не было связано с антропогенной активностью и характеризовало геохимию материнских пород, на которых происходило почвообразование.

Применение многовариантной статистики для обработки данных по химическому составу антропогенных почв на поселениях возраста 600–1000 лет н.э. Эль Кайоте в северо-западном Гондурасе позволило охарактеризовать, выявить и объяснить различия между местами ритуальной практики, ремесленными и хозяйственными зонами (Wells, 2004). Так, в группу 1 вошли элементы Ti и Fe, которые связаны с местоположением ремесленных мастерских по обработке камня. Повышенное содержание этих элементов наблюдается в обсидиановых инструментах, обломки которых преобладают в этих зонах. Группу 2 составляют элементы P, Ca, K, Na, аномальные значения которых характеризуют зону ритуальной практики, где приготавливались сакральная пища и напитки. Останки животных, после их разделки, а затем при захоронении и разложении обогащали почву этими элементами.

Приведенные примеры и исследования на многослойных памятниках каменного века показывают, что реконструкция функциональных зон на древних поселениях с помощью метода геохимической индикации представляет собой сложную задачу. Для корректного решения этой задачи необходимо:

- 1) проанализировать геологическую ситуацию рассматриваемого региона, и территорию конкретного памятника;

- 2) выявить и проанализировать условия и факторы, влияющие на минеральный и химический составы отложений;

- 3) охарактеризовать процессы седиментации и почвообразования в зоне древних поселений;

- 4) выявить ассоциацию антропогенных элементов, которые не связаны с процессами выветривания, почвообразования, оруденения и диагенетического преобразования;

- 5) для более точной интерпретации полученных данных и выявления контекста следует сопоставить полученные методом геохимической индикации результаты с археологическими исследованиями. Это позволит получить важную дополнительную информацию для выявления функциональных зон памятника и интерпретации назначения различных участков памятника, построек, ям и иных объектов.

Благодаря проведенным исследованиям на многослойном неолитическом памятнике Сертея XIV было установлено, что распределение повышенных значений фосфатов (P_2O_5), а также аномальные значения показателей $CaO/(CaO+Na_2O)$ и $Sr/(Sr+Na)$ характеризуют область, занимаемую поселением, и зоны внутри поселения, на площади которых, вероятно, было скопление органических материалов, которые могли возникнуть, например, при разделке и обработке туш животных и/или приготовлении пищи. Эти зоны располагаются как внутри жилых конструкций, так и в приочажной зоне у открытых очагов. Месторасположения около очажных зон и интерпретация различных объектов как древних очагов могут быть выявлены на основе индикаторных значений $K/(K+Na)$ и $Rb/(Rb+Na)$.

Для многослойного поселения Сертея 3-3 были установлены группы антропогенных компонентов,

с помощью которых можно определить различные хозяйственные структуры и зоны. Аномальные значения группы компонентов (MnO , LOI , Fe_2O_3) для нижнего культурного «горизонта» могут быть связаны со структурными особенностями жилища. Аномалии группы элементов (Ba , MnO) для верхнего культурного «горизонта» маркируют участки, на которых происходило разложение древесных и органических остатков, и фиксируют места рас-

положения жилых площадок. Повышенные концентрации компонентов (P_2O_5 , LOI) для этого же горизонта связаны с участками скопления органических остатков либо жилых площадок вокруг очагов. При сопоставлении с археологическими данными, а также моноэлементных и полиэлементных карт между собой и удалось выявить различные и одновременные функциональные зоны как на поселении, так и внутри жилой конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

Велесте Л. Анализ фосфатных соединений почвы для установления мест древних поселений // Краткие сообщения Ин-та истории материальной культуры АН СССР. 1952. Вып. 42. С. 135–140.

Голота В.В. Подготовительная стадия осадочного марганцевородного процесса. Уфа, 2002. (Препринт по дополненному изданию РНТИК «Баштехинформ», 2000).

Герасимова Н.Г., Мазуркевич А.Н., Иванько Н.И. О возможностях фосфатного анализа при изучении культурного слоя // Поселения: среда, культура, социум: Мат-лы темат. науч. конф. СПб., 1998. С. 56–59.

Кулькова М.А. Геохимическая индикация ландшафтно-климатических условий в голоцене в регионах Двинско-Ловатского междуречья и Южной Сибири: Автореф. дис. ... канд. геолого-минерал. наук. СПб., 2005.

Мазуркевич А.Н., Короткевич Б.С., Полковникова М.Э., Кулькова М.А., Михайлов А.В. Исследования Северо-Западной археологической экспедиции в 2003 г. // Археологические экспедиции за 2003 год. СПб.: Гос. Эрмитаж, 2004. С. 3–15.

Мазуркевич А.Н., Полковникова М.Э. Особенности пространственной организации памятника Сертея 3 (Велижский район Смоленской области) // Acta Archaeologica Albaruthenica. 2008. Vol. III.

Миронов В.В. Влияние режимов подготовки на агрохимический состав компоста // Вестник ВГУ. Сер. «Химия, биология, фармация». 2005. № 2. С. 146–148.

Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений Северо-Запада Русской равнины: Сб. науч. тр. / Отв. ред. К.К. Марков. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 82–90.

Aston M.A., Martin M.H., Jackson A.W. The use of heavy metal analysis for archaeological surveying // Chemosphere. 1998. № 37. P. 465–477.

Bintliff J.L., Davies B.E., Gaffney C.F. & Waters A. Trace metal accumulation in soils on and around ancient

settlements in Greece // S. Bottema, G. Entjes-Nieborg, & W. van Zeist (eds.). Man's role in shaping of the eastern Mediterranean landscape. Rotterdam: A.A. Balkema, 1990. P. 159–172.

Davies B.E., Bintliff J.L., Gaffney C.F., Waters A.T. Trace metal residues in soil as markers of ancient site occupancy in Greece // D.D. Hemphill (ed.). Trace substances in environmental health XXII, a symposium. Columbia, MO: University of Missouri, 1988. P. 391–398.

Griffith M.A. A pedological investigation of an archaeological site in Ontario, Canada: An examination of the soils in and adjacent to a former village (Pt 2) // Geoderma. 1981. № 25. P. 27–36.

Entwistle J.A., McCaffrey K.J.W., Dodgshon R.A. Geostatistical and Multi-Elemental Analysis of Soils to Interpret Land-Use History in the Hebrides, Scotland // Geoarchaeology: An International Journal. 2007. Vol. 22. № 4. P. 391–415.

Hamond F.W. Phosphate analysis of archaeology sediments // T. Reeves-Smyth, F. Hamond (eds.). Landscape Archaeology in Ireland, BAR British Series. 1983. № 116. P. 47–80 (Oxford, UK).

Klecka W.R. Discriminant analysis. Sage Publications. L., 1980.

da Costa M.L., Kern D.C. Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon, Brazil // Journal of Geochemical Exploration. 1999. № 66. P. 369–385.

Middleton W.D., Price T.D. Identification of Activity Areas by Multi-element Characterization of Sediments from Modern and Archaeological House Floors using Inductivity Coupled Plasma-atomic Emission Spectroscopy // Journal of Archaeological Science. 1996. № 23. P. 673–687.

Nunez M.G. Archeology through soil chemical analysis: an evaluation. Helsinki, 1977.

Österholm I. Spot tests as a phosphate survey method in the field: practical experiences // European Archaeology. 1997. № 1. P. 137–152.

Parnell J.J.A., Terry R.E. Soil Chemical Analysis Applied as an Interpretive Tool for Ancient Human Activities in Piedras Negras, Guatemala // *Journal of Archaeological Science*. 2002. № 29. P. 379–404.

Holliday V.T., Gartner W.G. Methods of soil P analysis in archaeology // *Journal of Archaeological Science*. 2007. № 34. P. 301–333.

Wells E.C. Investigating Activity Patterns in Pre-hispanic Plazas: Weak Acid-Extraction ICP-AES Analysis of Anthrosols at Classic Periodel Coyote, Northwestern Honduras // *Archaeometry*. 2004. Vol. 46. № 1. P. 67–84.