РЕЗУЛЬТАТЫ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА РАСТИТЕЛЬНЫХ СЕМЯН, НАЙДЕННЫХ ПРИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ РАСКОПКАХ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИАРАЛЬЯ

© 2024. Исламбек Ходжалепесов

Каракалпакский научно-исследовательский институт гуманитарных наук

Ключевые слова: Приаралье, спектральный анализ, растительные семена, ионы тяжелых металлов, археоботанические материалы, артефакты.

В настоящее время привлекаются современные инструментальные методы элементного анализа, а также внедрение в археологические исследования портативных рентгеновских спектрометров. Наиболее важным показателем для исследования земледелия, конечно же, является насыщенность слоя остатками культурных растений. Особый интерес представляет распределение образцов по количественным классам, характеризующим концентрацию в них остатков культурных растений. Одним из лучших приборов для археологического анализа различных материалов, объектов и веществ является спектральный анализ артефактов. Согласно плотности содержания обнаруженных элементов по спектрограмме, выявлен максимальный пик динамики такого элемента – Ag (от 20 до 40 и более). Предполагается, что ионы серебра защищают растения от грибковых, вирусных и микробных заболеваний. Анализ исследованных растений по определению содержания тяжелых металлов из двух различных местностей показывает, что, несмотря на аридность региона, такие элементы, как Ca, Cl, P содержатся во всех случаях. Таким образом, исследованные археоботанические материалы позволяют прийти к заключению, что в период средневековья перемены коснулись как структуры урожая, так и зернового потребления в городах и населенных пунктах средневекового Хорезма.

ОРОЛБЎЙИ ҲУДУДИДАГИ АРХЕОЛОГИК ҚАЗИШМАЛАРДА ТОПИЛГАН ЎСИМЛИК УРУҒЛАРИНИ СПЕКТРАЛ ТАҲЛИЛИ НАТИЖАЛАРИ

© 2024. Исламбек Ходжалепесов

Қорақалпоқ гуманитар фанлар илмий-тадқиқот институти

Калит сўзлар: Оролбўйи, спектрал таҳлил, ўсимлик уруғлари, оғир металл ионлари, археоботаник материаллар, артефактлар.

Ҳозирги вақтда элементларни таҳлил қилишнинг замонавий инструментал усуллари, шунингдек, археологик тадқиқотларга портатив рентген спектрометрларини жорий этиш жалб этилмоқда. Деҳқончиликни ўрганиш учун энг муҳим кўрсаткич, албатта, маданий ўсимликларнинг қолдиқлари билан қатламнинг тўйинганлигидир. Намуналарни маданий ўсимликлар қолдиқларининг концентрациясини тавсифловчи миқдорий синфлар бўйича тақсимлаш алоҳида қизиқиш уйғотади. Турли материаллар, объектлар ва моддаларни археологик таҳлил қилишда спектрал таҳлилдан кенг фойдаланиш муҳим илмий аҳамиятга эга. Спектрограмма бўйича аниқланган элементлар таркибининг зичлигига кўра, бундай АГ элементи динамикасининг максимал

чўққиси (20 дан 40 гача ва ундан ортиқ) аниқланди. Кумуш ионлари ўсимликларни қўзиқорин, вирусли ва микробиал касалликлардан ҳимоя қилади деб тахмин қилинади. Икки хил жойдан оғир металларнинг таркибини аниқлаш учун ўрганилган ўсимликларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, минтақанинг аридлигига қарамай, Ca, Cl, P каби элементлар барча ҳолатларда мавжуд. Шундай қилиб, ўрганилган археоботаник материаллар ўрта асрларда ўзгаришлар ўрта асрлар Хоразм шаҳарлари ва аҳоли пунктларида ҳосилнинг тузилишига ҳам, дон истеъмолига ҳам таъсир кўрсатди деган хулосага келишимизга имкон беради.

Одной из ведущих тенденций в развитии археологии на современном этапе является стремление получить принципиально новую информацию с использованием методов естественных наук. Интеграция таких методов и традиционных приемов археологического исследования позволяет выйти на более высокий качественный уровень исторического познания: дает возможность выяснить вопросы взаимодействия древнего общества и окружающей среды, реконструировать производственные технологии древних мастеров.

Возрастающий интерес к этой теме не требует особых разъяснений, так как понятно, что без изучения сельских поселений, концентрировавших значительную часть жителей страны, без представления об облике селений и жилищ, без понимания взаимоотношений города и сельской округи, роли сельского ремесла и т.п. нельзя разобраться в сути самого общества, его строе и истории. Применение естественнонаучных методов необходимо прежде всего при изучении древнего хозяйства и экономики, палеоэкологии и систем жизнеобеспечения традиционных обществ. Исследование о хозяйственно-культурных типах дает возможность сравнивать характерные для ранних этапов их исторического развития со сходными с ними хозяйственно-культурными типами, не только связанными с другой территорией, но и хронологически значительно удаленными от первых и исследуемыми археологически.

Земледелие на территории Южного Приаралья в средневековый период имело большое значение для развития экономики. Процесс земледелия, появление новых его форм являются свидетельством уровня развития производительных сил средневекового общества. Развитие земледелия служило важным элементом хозяйственной деятельности населения в эпоху средневековья и играло важную роль в процессе жизнедеятельности людей. Изучение развития земледелия дает возможность более детально представить общую ситуацию и условия развития средневекового хозяйства на территории Южного Приаралья.

Южное Приаралье (территория к югу от бывшего южного и юго-восточного побережья Аральского моря) является частью значительной области на севере Средней Азии, которая простирается от восточного побережья Каспийского моря на западе до Центрального Казахстана на востоке; от зоны Приуральских степей на севере до южных окраин пустынь Каракумы и Кызылкумы на юге (Вайнберг 1999).

На территории Южного Приаралья особое место занимают низовья великих среднеазиатских рек Амударьи и Сырдарьи, которые берут свое начало в высокогорных районах Памира и обладают широкими дельтами перед впадением в Аральское море. История функционирования древних гидрографических систем этих двух рек неразрывно связана с историей освоения людьми региона Приаралья, которая насчитывает более семи тысячелетий. В условиях аридного климата жизнедеятельность населения полностью зависела от режима обводнения этих областей.

Территория Хорезма (область в низовьях Амударьи) является одной из древнейших историко-культурных областей Средней Азии. Она упоминается уже в Авесте, наряду с другими областями, «...где рек судоходных широкие потоки стремят свое теченье...» (Авеста 1993). Однако развитие культуры земледелия в этой области в силу особенностей географического

положения и природных условий несколько отличалось от поступательно развивавшихся древнеземледельческих культур южных областей Средней Азии.

Сущность успехов среднеазиатской археологии и переживаемого ею расцвета заложена значительно раньше, еще в середине 30-х годов XX века, когда были организованы Термезская, Ферганская, Хорезмская и др. экспедиции, перед которыми стояли задачи расширения и приобретения свежих источников для воссоздания истории народов Средней Азии, для решения сложных проблем истории социального строя народов Востока и, в частности, общественного строя народов домусульманской Средней Азии, в том числе Древнего Хорезма. Тогда и позднее в исследованиях в Средней Азии принимали участие, а иногда и возглавляли научные археологические экспедиции такие ведущие ученые, как А. М. Беленицкий, А. Н. Бернштам, Я. Г. Гулямов, Г. Ф. Дебец, М. М. Дьяконов, Б. А. Куфтин, М. Е. Массон, А. П. Окладников, А. И. Тереножкин, В. А. Шишкин, А. Ю. Якубовский и др.

Научный интерес к истории средневековых городов на территории Средней Азии появился во второй половине XIX в. после публикаций П. И. Лерха (Лерх 1870) и В.В. Бартольда (Бартольд 1879) о результатах исследовательских поездок в Туркестанский край и Среднюю Азию. Важный вклад в изучение рассматриваемого вопроса внесли С. П. Толстов, В. М. Массон, Е. Е. Неразик, Г. А. Пугаченкова, Т. А. Жданко, А. В. Гудкова, Я. Г. Гулямов, М. А. Итина, Л. М. Левина, М. Мамбетуллаев, Ю. П. Манылов, Г. Ходжаниязов, Т. К. Ходжайов, В. Н. Ягодин и многие другие. В опубликованных работах рассматриваются актуальные проблемы и исторические закономерности возникновения и развития городской культуры средневекового Хорезма, динамика и этапы развития земледельческой культуры в регионе, хозяйственные занятия населения. Говоря об истории исследования земледелия в Южном Приаралье, следует также отметить практически полное отсутствие специальных работ в этом направлении.

Средняя Азия, в том числе Древний Хорезм, были областью развитого сельского хозяйства. В результате многолетних плодотворных работ участников экспедиции было доказано, что Средняя Азия являлась высокоразвитым земледельческим краем. Древний Хорезм отличался многообразием возделывавшихся сельскохозяйственных культур. Как показывают археологические находки, здесь в средние века засевали различные зерновые, были развиты садоводство и огородничество, сеяли хлопок, кунжут и другие технические культуры (Беленицкий и др. 1973; Толстов 1952). Ряд ученых отмечает, что важное значение в развитии земледелия имела урожайность возделываемых культур. Определенные представления об урожайности земледельческих культур можно получить, используя свидетельства арабских географов и этнографических источников Средней Азии XIX в. (Махмудов 1966; Народы Средней Азии… 1962).

Имеются научные исследования, посвященные изучению раннего и средневекового земледелия на территории Древнего Хорезма, обобщению данных письменных источников и археологии о земледелии, а также очерк развития сельского хозяйства средневекового Хорезма V–XIV вв. (Андрианов 1969). Во многих работах был проведен тщательный анализ, где раскрыты факторы и динамика совершенствования орудий сельского хозяйства и ирригационной системы в период средневековья (Гуломов 1959; Большаков 1973; Эшчанов 2011).

По данным ученых, важнейшим условием формирования и функционирования средневекового города было обеспечение его продуктами питания, прежде всего хлебом. Основой производства продуктов питания выступало земледелие, включавшее в себя растениеводство, овощеводство, виноградарство и плодоводство (Махмудов 1966; Народы Средней Азии… 1962). Система методов возделывания сельскохозяйственных культур составляет основу технологии земледелия. Под ней понимается комплекс операций и способов дея-

тельности по организации земельной территории, обработке почвы и семян, посеву и уборке культур, борьбе с сорняками, складированию, переработке и хранению урожая (Лерх 1870; Бартольд 1879).

Начало изучения истории мукомольного и маслобойного производства Древнего Хорезма следует отнести к концу XIX века. Одним из первых из числа русских востоковедов обратил внимание на этот вопрос В. В. Бартольд. Уже в своём капитальном произведении «Туркестан в эпоху монгольского нашествия» В. В. Бартольд, рассматривая ирригационное дело, представляет подробное описание мельниц на речках, каналах и арыках (Бартольд 1900).

В книге «Древний Хорезм» С. П. Толстовым были собраны и систематизированы материалы, послужившие основой для тезиса о господстве рабовладельческого уклада в Средней Азии в домусульманское время. Следует сказать, что, помимо указанных, в книге затронут огромный круг вопросов по истории Хорезма и Средней Азии в целом (Толстов 1938, 1948, 1948а, 1962).

В своей работе М. Г. Воробъева сообщала, что уже в IV–VI вв. происходит первое резкое сокращение сети каналов; протяженность их уменьшается; отмирают многие боковые русла, да и сами каналы преобразуются. Издревле искусственное орошение Хорезма было связано с паводками – четырьмя естественными подъемами воды в Аму-Дарье. Избыток паводковых вод выводился каналами на поля (Воробьева 1958). Как указывала автор, ширина каналов вызывала большое испарение воды, ответвления были, как правило, только по одной стороне магистрали, и во время паводка воды не успевали пройти на поля и уходили в сброс, в русла протоков. В III–IV вв. одновременно с сокращением ирригации возникает новый, более совершенный ее тип. Глубина каналов вызывает предположение о существовании уже тогда примитивных подъемных сооружений – «журавлей»-шадуфов и – позже – чигирей (Воробьева 1958).

В VI–VII вв. процессы развития земледелия в Хорезме не претерпевают особых изменений. Сокращение обрабатываемых земель и появление новой, требующей относительно меньшей затраты рабочей силы ирригационной техники, по мнению С. П. Толстова, связаны с окончательным «разрушением трех условий древней ирригационной культуры – общины, рабства, централизованной деспотии» (Толстов 1949).

По данным К. М. Байпакова, фундамент земледелия населения Южного Казахстана и Приаралья в эпоху Средневековья составляло возделывание проса, пшеницы и ячменя, перерабатываемых впоследствии на крупу и муку. Имеющиеся материалы позволяют предполагать существование приоритетов в возделывании злаковых культур на отдельных территориях (Байпаков 2013). Как отмечают специалисты, наличие небольшого количества зерновок риса в бассейне Арыси дает основание предполагать незначительные масштабы возделывания этой культуры в регионе, что объясняется, видимо, высокой трудоемкостью выращивания риса и спецификой используемых при этом агротехнических приемов (Байпаков 2013; Народы Средней Азии… 1962).

Учеными отмечено, что к настоящему времени это единственная культура, выращивание которой подтверждено археологическими материалами V–VIII вв. Определенную долю возделываемых земель занимали пищевые бобовые растения – чечевица, маш, горох, фасоль. Обращают на себя внимание неоднократные находки косточек столового и винного винограда, свидетельствующие о существовании устойчивой культуры виноградарства. Из других культур зафиксировано возделывание бахчевых и плодовых деревьев (Гольева 2001).

В последние годы новейшей тенденцией в развитии современной археологии является привлечение к изучению археологических находок широкого спектра методов аналитической химии (The Oxford handbook…2016). Очень часто привлекаются современные инстру-

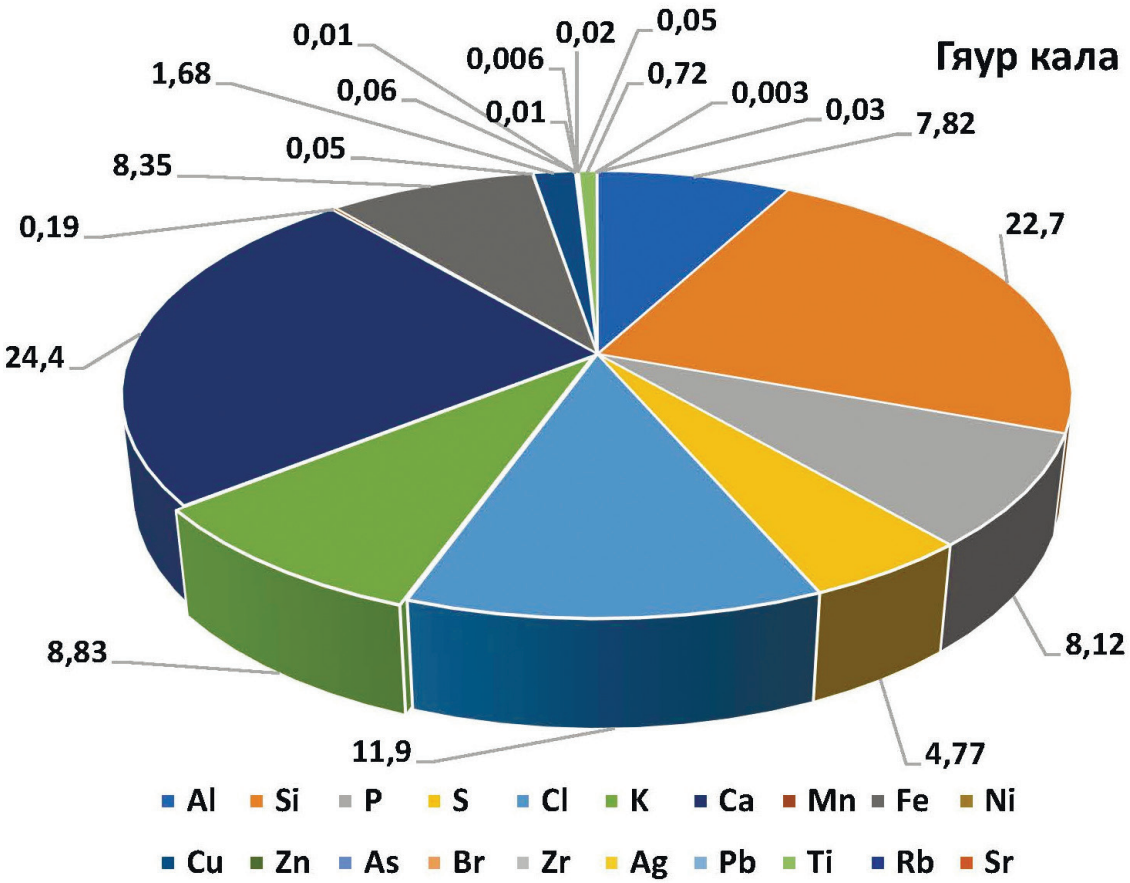


Рис. 1. Распределение элементного состава семян, найденных на территории Гяур-Кала (Ходжелийская) Р-1, пласт III, кв-А-16, помещение 4, из хума (в %).

1-расм. Гаур-қалъа (Хожайли) Р-1, III қатлам, кв-А-16, 4-хона, хум ичидан топилган уруғларнинг элементар таркибини таҳлил қилиш (% да).

Fig. 1. Distribution of the elemental composition of seeds found on the territory of Giaur-Kala (Khojeli) R-1, layer III, kv-A-16, room 4, from hum (in %).

ментальные методы элементного анализа, а также внедрение в археологические исследования портативных рентгеновских спектрометров (Holmqvist 2016).

Наиболее важным показателем для исследования земледелия, конечно же, является насыщенность слоя остатками культурных растений. Особый интерес представляет распределение образцов по количественным классам, характеризующим концентрацию в них остатков культурных растений (рис. 1).

Как известно, самой популярной зерновой культурой все это время оставалось просо обыкновенное *Panicum miliaceum* (65,4 %). Ведущая роль проса – это самая примечательная особенность, характеризующая земледельческое хозяйство на территории средневекового Хорезма.

Согласно Заключению специалистов Ботанического сада Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук, при осмотре семян, обнаруженных при раскопках, установлено, что:

1. КП-1 (инв-896) – семена персика, относящиеся к роду Персик (*Persica Nill* из семейства Розоцветных – Rosacea);

2. Гяур-Кала (Ходжелийская) Р-1, пласт III, кв-А-16, помещение 4 из Хума (Бодрова) КП-1, инв. – 895 – семена арбуза обыкновенного относится к роду арбуз (*Citrullus Forsk* из семейства Cucurbitaceae);

Analyzed result

Page 3/3

Sample Information

Sample name	gaur-qala1
File name	gaur-qala1
Application	gumus-1
Date	2-3-2023 10:31
Analyzed by	gaur-qala1
Counts	1
Comment	gumus-1

Spectrum

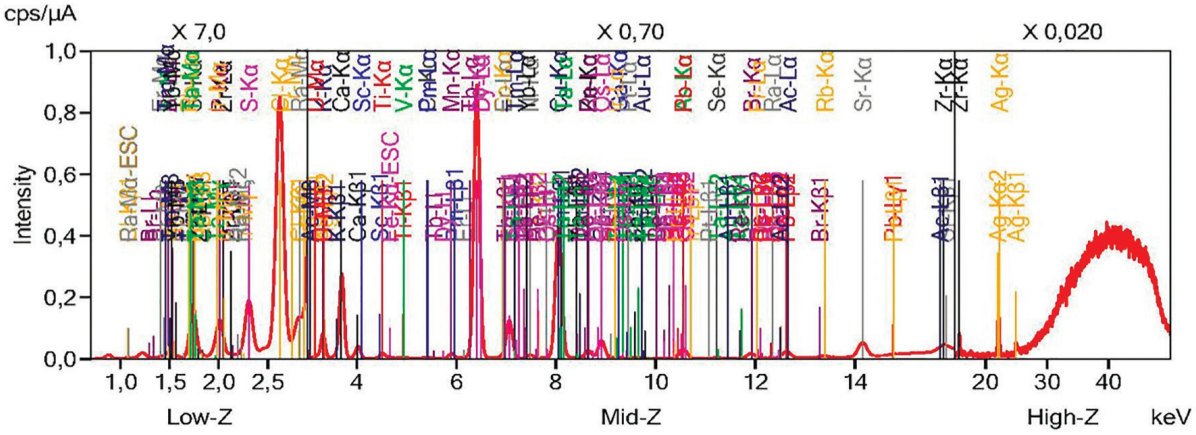


Рис. 2. Спектрограмма содержания химических элементов в составе семян, найденных на территории Гяур-Кала (2022–2023 гг.).

2-расм. Гяур-қалъа ҳудудида топилган уруғлар таркибидаги кимёвий элементларнинг спектрограммаси (2022–2023).

Fig. 2. Spectrogram of the content of chemical elements in the composition of seeds found on the territory of Gyaur-Kala (2022–2023).

3. ШАЭО – 80. Топраккала (Шаватская) Р-2, ПА-4, кв.-528. Семена предположительно относятся к зерновым культурам (пшеницы, ячменя или риса) из семейства злаковых – Poaceae.

Спектральный анализ в современных исследованиях – это основной способ оценки химического состава различных веществ. У каждого минерала или другой горной породы есть свой состав, который необходимо знать для грамотной организации дальнейших технологических процессов. Основу метода составляет принцип анализа спектров, которые образуются при испускании, поглощении, отражении света или люминесценции. Для работы используется специальное оборудование. При производстве спектрометров внедряются новые технологии, которые обеспечивают высокий уровень точности, а также отличаются производительностью, возможностью автоматизации процесса анализа (Ковальский и др. 1964; Дударева и др. 2013).

Аморфные (не имеющие кристаллической структуры) органические остатки, независимо от их возраста и среды захоронения, представляют собой сложные смеси, содержащие многочисленные молекулярные компоненты, сильно отличающиеся по летучести, полярности и молекулярным весам, преобразованные деятельностью человека и измененные вследствие природного разложения (Regert 2011). Идентификация таких веществ является актуальной

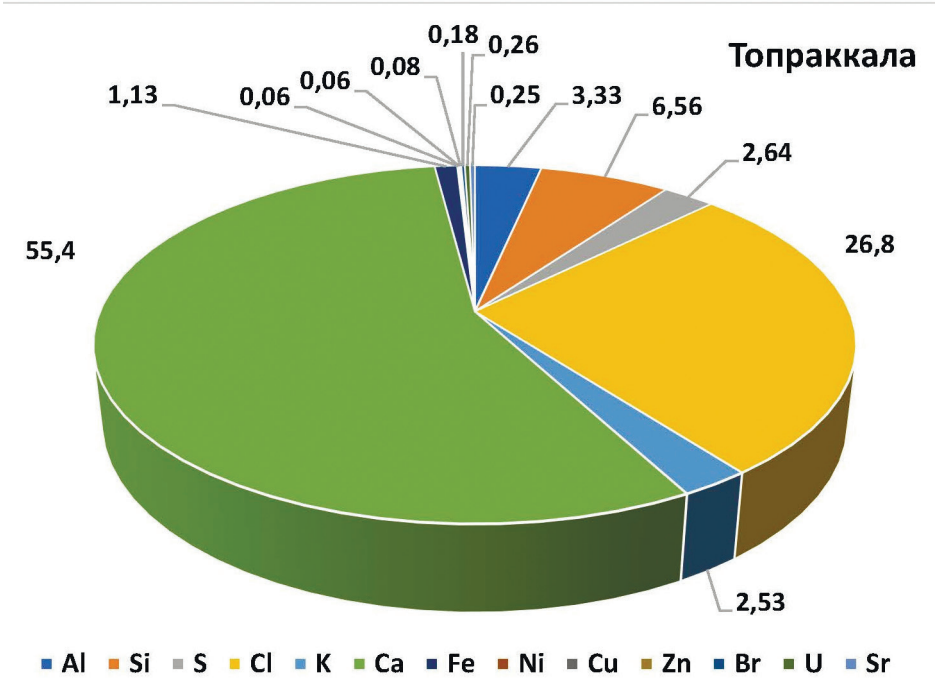


Рис. 3. Распределение элементного состава семян, найденных на территории Топрак-кала (в %).

3-расм. Тупрок-қалъа ҳудудидан топилган уруғларнинг элементар таркибини тақсимлаш (%да)

Fig.3. Distribution of the elemental composition of seeds found on the territory of Toprakala (in %).

аналитической задачей и требует применения усовершенствованных методик анализа многокомпонентных органических смесей.

Одним из главных методов, используемых с этой целью в археологии, является газовая хроматография с масс-спектрометрией (ГХ/МС, GC-MS). Она позволяет проводить разделение, идентификацию и количественные определения компонентов сложных смесей. В упрощенном виде соединения, присутствующие в смеси, разделяются посредством газовой хроматографии, а индивидуальные пики затем идентифицируются по масс-спектрам их фрагментам. Самым известным из лучших приборов для археологического анализа различных материалов, объектов и веществ является спектральный анализ артефактов.

Макро- и микроэлементный состав зерен определяли на рентгено-флуоресцентном анализаторе Rigaku NEX DE, основанном на анализе состава характеристического спектра вторичного флуоресцентного излучения, адекватно отражающего элементный состав анализируемого образца. Выделенные из артефактов пробы измельчали в стандартной лабораторной ступке до порошка, прессованием которого получается таблетка с шероховатостью поверхности порядка 50 мкм. Использованное оборудование рассчитано на корректное обнаружение химических элементов от натрия до урана.

Диапазон получения масс-спектров составил 35–400 Da. Температура интерфейса масс-спектрометра составила 200 °C, а температура источника ионов – 180 °C. Общее время анализа – 72,5 мин. Начальная температура инжектора составляла 200°C. Программа GC состояла из равномерного увеличения температуры с 30 °C до 300 °C со скоростью 4°C/мин, за которым следовал изотермический период при температуре 300 °C в течение 10 мин.

При анализе была получена хроматограмма с большим числом пиков (рис. 1). Идентификация пиков проведена с использованием встроенной библиотеки масс-спектров и литературных источников, а также путем сопоставления с образцами сравнения и собственной интерпретации масс-спектров.

Analyzed result

Page 3/3

Sample Information

Sample name	topiraqqala
File name	topiraqqala
Application	gumus-1
Date	2-3-2023 10:44
Analyzed by	topiraqqala
Counts	1
Comment	gumus-1

Spectrum

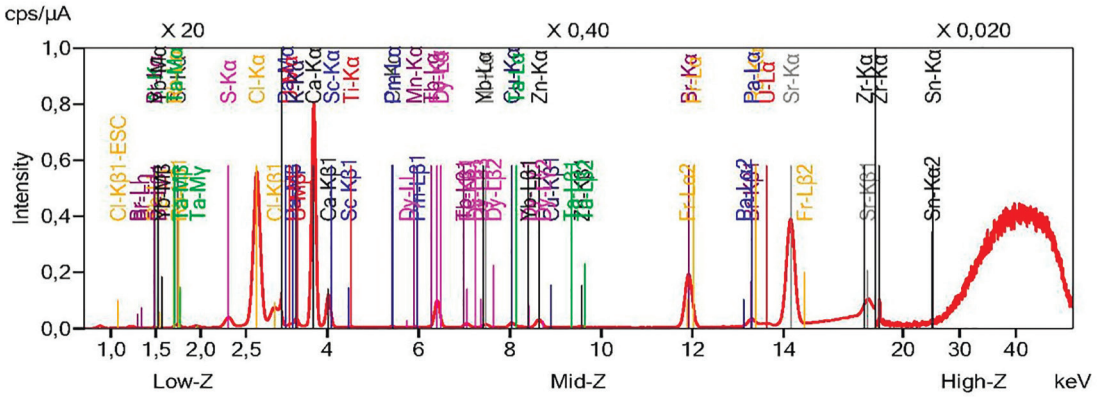


Рис. 4. Спектрограмма содержания химических элементов в составе семян, найденных на территории Топрак-кала (2022–2023 гг.).

4-расм. Уруғлар таркибидаги кимёвий элементлар таркибининг спектрограммаси, Тупрок-қалъа ҳудудида топилган (2022–2023).

Fig. 4. Spectrogram of the content of chemical elements in the composition of seeds, found on the territory of Toprak-kala (2022–2023).

По данным анализа растительных семян, найденных на территории Гяур-Кала (Ходжелийская) Р-1, пласт III, кв-А-16, помещение 4 из хума (Бодрова), было установлено, что с наибольшими процентами в химический состав входит Cu – 24,4%, Si – 22,7% Ca – 24,4 %. Для некоторых организмов кремний является важным биогенным элементом. Он входит в состав опорных образований у растений. Большие количества кремния концентрируют такие растения, как хвощи и злаки, в том числе – рис посевной (Hunt 2015).

Медь, как известно, имеет большое биологическое значение для растений. Влияет на азотный обмен, играет важную роль в фотосинтезе, в образовании хлорофилла, способствует повышению устойчивости растений к неблагоприятным условиям внешней среды: высоким и низким температурам, засухе, а также к поражению различными грибковыми и бактериальными заболеваниями (Speakman 2011).

Содержание таких элементов, как Al, P, Cl, K, Fe находятся в пределах от 7,82 до 11,9% (рис. 2). Остальные химические элементы находились в остаточных количествах от 0,006 до 1,68 %.

Согласно плотности содержания обнаруженных элементов по спектрограмме, выявлен максимальный пик динамики элемента Ag (от 20 до 40 и более). Предполагается, что ионы серебра защищают растения от грибковых, вирусных и микробных заболеваний. Бактерицидное, фунгицидное, вирулицидное действие серебра в растениях объясняется тем, что его ионы проникают внутрь клетки-возбудителя заболевания и блокируют ее ферменты. Кроме того, ионы серебра могут взаимодействовать с тимином и гуанином в молекуле ДНК бакте-

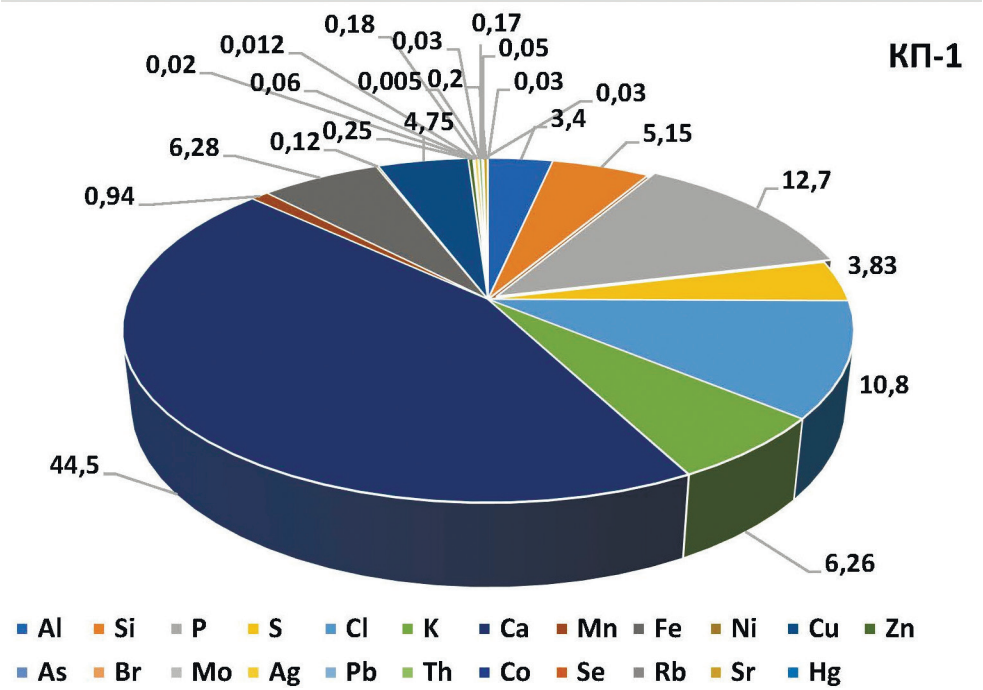


Рис. 5. Распределение элементного состава семян, найденных на территории КП-1 (в %).

5-расм. КП-1 ҳудудида топилган уруғларнинг элементар таркибини тақсимланиши (%да).

Fig. 5. Distribution of the elemental composition of seeds found on the territory of KP-1 (in %).

рий, грибов и вирусов, что вызывает нарушение функций ДНК, тормозит рост и размножение. По данным анализа растительных семян, найденных на территории Топраккала, было установлено, что с наибольшими процентами в химическом отношении входят Cl – 26,8% и Ca – 55,4% (рис.3).

Как известно, кальций является важным элементом в растениях. Он служит составной частью клеточных стенок и мембран и, таким образом, вносит свой вклад в структуру клеток и поддержание физических барьеров против патогенов. В соответствии с этой структурной ролью было показано, что растения с дефицитом кальция более восприимчивы к патогенам, а поступление кальция извне, в свою очередь, повышает сопротивляемость растений (Wilke 2017).

По данным специалистов, среднее содержание хлора в растениях составляет 0,02–0,2 г сухой массы. Однако хлор влияет на многие важные функции растений: управление водными ресурсами, фотосинтез и транспирацию. Данный химический элемент широко распространен в природе и попадает в растения из различных источников: из удобрений, почвы, воды, используемой для орошения, или загрязненного воздуха (Ковальский и др.1964; Гордеева 2006).

По результатам спектрального анализа содержание металлов в составе семян растений, обнаруженных в ходе археологических раскопов на территории КП-1 установлено, что в них содержится значительное количество Ca – 44,5%, P – 12,7%, Cl – 10,8% (рис. 5). По данным специалистов, фосфор является обязательной составной частью живой клетки растений, он входит в состав нуклеиновых кислот, которые участвуют в таких важных процессах жизнедеятельности растительных организмов, как синтез белков и передача наследственных свойств (Ковальский и др.1964; Гордеева 2006).

В свою очередь, нуклеиновые кислоты образуют в растительных организмах комплексы с белками, так называемые нуклеопротеиды, участвующие в построении клеточных ядер.

Analyzed result

Page 3/3

Sample Information

Sample name	KP-1 INV-896
File name	KP-1 INV-896
Application	gumus-1
Date	2-3-2023 10:55
Analyzed by	KP-1 INV-896
Counts	1
Comment	gumus-1

Spectrum

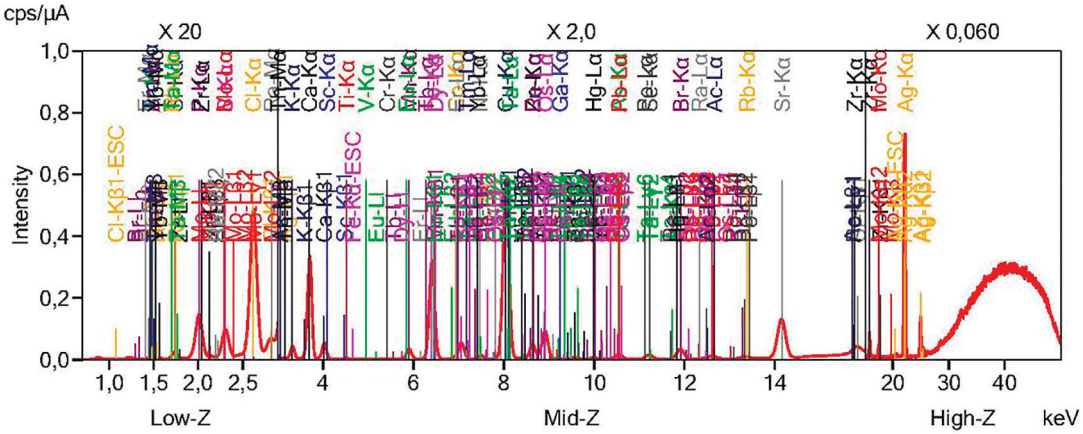


Рис. 6. Спектрограмма содержания химических элементов в составе семян, найденных на территории КП-1 (2022–2023 гг.).

6-расм. Уруғлар таркибидаги кимёвий элементлар миқдорининг спектрограммаси, КП-1 ҳудудида топилган (2022–2023).

Fig. 6. Spectrogram of the content of chemical elements in the composition of seeds, found on the territory of KP-1 (2022–2023).

Поступление фосфора в достаточном количестве с момента прорастания семян усиливает рост корневой системы, вследствие чего резко возрастает способность растений обеспечивать себя питательными веществами и влагой из почвы (Алексеев 1987).

Также выявлено содержание таких элементов, как Cu – 4,75%, Fe – 6 ,28%, K – 6,26%, Si – 5,15% и др. Всего было выделено 23 химических элемента, что показано на спектрограмме (рис. 6). Анализ исследованных растений по определению содержания тяжелых металлов из двух различных местностей показывает, что, несмотря на аридность региона, такие элементы, как Ca, Cl, P содержатся во всех случаях. Максимальная разница между их количественным содержанием колеблется до 2–3 раз. Резких отличий в отношении других металлов не наблюдается.

Анализ археоботанических материалов с одной стороны и орудий труда земледельцев с другой позволяет определить общий уровень развития земледелия в этом регионе и, привлекая письменные и этнографические материалы, установить его место в хозяйственно-экономической структуре общества. Интеграция их и традиционных приемов археологического исследования позволяет выйти на более высокий качественный уровень исторического познания: дает возможность выяснить вопросы взаимодействия древнего общества и окружающей среды, реконструировать производственные технологии древних мастеров (Кабата-Пендиас и др. 1989). Применение естественнонаучных методов необходимо прежде всего

при изучении древнего хозяйства и экономики, палеоэкологии и систем жизнеобеспечения традиционных обществ.

Таким образом, исследованные археоботанические материалы позволяют прийти к заключению, что в период средневековья перемены коснулись как структуры урожая, так и зернового потребления в городах и населенных пунктах средневекового Хорезма. Но шли они в разных направлениях и, не исключено, были вызваны разными причинами. При ограниченном круге археоботанических источников с многочисленных и функционально разнообразных памятников все высказанные здесь предположения будут, наверное, еще долгое время оставаться лишь неподтвержденными гипотезами.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Авеста: Избранные гимны из Видевдата / Пер.с авест. И. Стеблин-Каменского. М.: Дружба народов, 1993.

Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.

Алимкулов С. О., Мурадова Д. К. Биологическая роль фосфора в жизни растений. №10 (90). М: Молодой ученый, 2015. С. 44–47.

Андрианов Б. В. Древние оросительные системы Приаралья. М.: Наука, 1969. 253 с.

Байпаков К. М. Средневековые города Казахстана на Великом шелковом пути. Алматы: Гылым, 1998. 235 с.

Байпаков К. М. Древняя и средневековая урбанизация Казахстана (по материалам исследований Южно-Казахстанской комплексной археологической экспедиции). Книга II. Урбанизация Казахстана в IX – начале XIII в. Алматы: Хикари, 2013. 517 с.

Бартольд В. В. Отчет о поездке в Среднюю Азию с научной целью. 1893–1894 гг. СПб.: Типография Императорской Академии наук, 1897. 198 с.

Бартольд В. В. Туркестан в эпоху монгольского нашествия. Часть 2. Исследование. СПб.: Типография Императорской Академии наук, 1900. С. 102.

Беленицкий А. М., Бентович И. Б., Большаков О. Г. Средневековый город Средней Азии. Л.: Наука, 1973. 393 с.

Большаков О. Г. Город Средней Азии в конце VIII – начале XIII вв: Автореф. дисс. … д-ра ист. наук. Москва, 1973. 48 с.

Вайнберг Б. И. Этногеография Турана в древности. М.: Восточная литература РАН, 1999. С. 18.

Воробьева М. Г. Из истории древнего Хорезма // Советская Археология. № 1. Москва: Наука,1958. С. 253–262.

Ворончихина Е. А. Основы ландшафтной хемоэкологии. Пермь: Пермский государственный университет, 2002. –146 с.

Гольева А. А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных археологических объектов. Москва, Сыктывкар, Элиста: РАН Институт биологии Коми отделения Уральского научного центра, 2001. С. 120 –121.

Гордеева О. Н. Макроэлементы в почвах и растениях техногенных и фоновых ландшафтов Южного Приангарья // Проблемы устойчивого функционирования водных и наземных экосистем. Материалы Международной научной конференции / Отв. ред. С.И. Дудкин. Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, Ростовский гос. ун-т, 2006. С. 88–90.

Гуломов Я. Г. Хоразмнинг суғорилиши тарихи. Тошкент: ФАН, 1959. 326 с.

Гулямов Я. Г. История орошения Хорезма с древнейших времен до наших дней. Ташкент, ФАН. 1957. С. 53–55.

Дударева И. А., Бомс Н. А. Содержание химических элементов в системе почва-растение под влиянием биологически активных веществ //Научные ведомости Белогородского государственного университета: Серия Естественные науки. Вып.23. № 10 (153). Белгород, 2013. С. 116–124.

История Казахстана. Алматы: Атамұра, 1996. С. 336.

Кабата-Пендиас А., Пендиас. Х. Микроэлементы в почвах и растениях/ Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 439 с.
Ковальский В. В., Петрунина Н. С. Геохимическая экология и эволюционная изменчивость растений. Т. 159. № 5. М.: ДАН СССР, 1964. С. 59–60.
Лерх П. И. Археологическая поездка в Туркестанский край в 1867 году. СПб.: Типография Императорской Академии наук, 1870. 39 с.
Махмудов Н. Земледелие и аграрные отношения в Средней Азии в XIV–XV вв. Душанбе: Дониш, 1966. 128 с.
Народы Средней Азии и Казахстана. Этнографические очерки / под ред. С.П. Толстова. Т. 1. М.: изд-во АН СССР, 1962. 739 с.
Старков В. Краткое обозрение Киргизской степи в географическом, историческом и статистическом отношениях. Тобольск: Тобольская губернская типография, 1860. С. 102.
Титов А. Ф., Казнина Н. М., Таланова В. В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН Институт биологии, 2014. С. 3–5.
Толстов С. П. Основные вопросы древней истории Средней Азии. № 1. М.: ВДИ, 1938. С. 176.
Толстов С. П. Древний Хорезм / Отв. ред. М. Н. Тихомиров. М.: изд-во МГУ, 1948. 352 с., 88 табл.
Толстов С. П. По следам древнехорезмийской цивилизации. М.: изд-во АН СССР, 1948а. 328 с.
Толстов С. П. Хорезмская археолого-этнографическая экспедиция. сер. Истории и философии. Т. VI. № 3. М.: изд-во АН СССР, 1949. С. 246.
Толстов С. П. Хорезмская археолого-этнографическая экспедиция АН СССР (1945–1958 гг.) // Труды Хорезмской археолого-этнографической экспедиции. Т. 1. М.: изд-во АН СССР, 1952. С. 7–46.
Толстов С. П. Работы Хорезмской археолого-этнографической экспедиции АН СССР в 1949-1953 гг. // Труды Хорезмской археолого-этнографической экспедиции. Т. 2. М.: изд-во АН СССР, 1953. Т. 2. С. 111.
Толстов С. П. По древним дельтам Окса и Яксарта. М.: Издательство Восточной литературы, 1962. С. 246.
Эшчанов Ж. Хоразм жамоатчилик анъаналарининг тарихий илдизлари (сув хўжалиги ва жамоатчилиги мисолида). Махсус сон. Тошкент: ЎзМу хабарлари, 2011. С. 45–49.
Blindauer C. A., Schmid R. Cytosolic metal handling in plants: determinants for zinc specificity in metal transporters and metallothioneins // Metallomics, 2010. V. 2. P. 510–529.
Holmqvist, E. 2016. Handheld portable energy-dispersive Xray fluorescence spectrometry (pXRF). In The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis. Ed.: Hunt A. Oxford. Oxford University Press. 363–381.
Hunt A. M., Speakman R. J. 2015. Portable XRF analysis of archaeological sediments and ceramics. In Journal Archaeologic Sciences. V. 53. 626–638;
Regert, M. 2011. Analytical strategies for discriminating archaeological fatty substances from animal origin. In Mass Spectrometry Reviews, № 30. 177–220.
Speakman, R. J. [et al.] 2011. Sourcing ceramics with portable XRF spectrometers? A comparison with INAA using Mimbres pottery from the American Southwest.. In Journal Archaeologic Sciences. V. 38, № 12. 3483–3496.
The Oxford handbook of archaeological ceramic analysis. 2016. Ed.: Hunt A. Oxfrod. Oxford University Press. 768.
Wilke, D. 2017. Some updated quality concerns on non-destructive geochemical analysis with XRF spectrometry. In Advances in Applied Science Research. V. 8. № 2. 90–94.

REFERENCES:

Avesta. 1993. *Izabrannie gimni iz Videvdata (Selected hymns from Videvdat).* In I. Steblin-Kamensky (trasl.). Moscow, 10. (In Russian).
Alekseev, Yu. V. 1987. *Tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh (Heavy metals in soils and plants*). Leningrad: Agropromizdat Publ., 142. (In Russian).
Alimkulov, S. O., Muradova D. K. 2015. *Biologicheskaya rol’ fosfora v zhizni rastenij* (*The biological role of phosphorus in plant life*). In *Molodoy uchenyj.* № 10 (90). Moscow, 44–47. (In Russian).

Andrianov, B. V. 1969. *Drevnie orositel’nye sistemy Priaral’ya* (*Ancient irrigation systems of the Aral Sea region*). Moscow: Nauka Publ., 253. (In Russian).

Bajpakov, K. M. 1998. *Srednevekovye goroda Kazakhstana na Velikom Shelkovom puti* (*Medieval cities of Kazakhstan on the Great Silk Road*). Almaty, Gylym Publ., 235. (In Russian).

Bajpakov, K. M. 2013. Drevnyaya i srednevekovaya urbanizatsiya Kazakhstana (po materialam issledovanij Yuzhno-Kazakhstanskoj kompleksnoj arkheologicheskoj ehkspeditsii) (*Ancient and medieval urbanization of Kazakhstan (based on the research materials of the South Kazakhstan Integrated Archaeological Expedition*). Kniga II. Urbanizatsiya Kazakhstana v IX – nachale XIII v. (*Book II. Urbanization of Kazakhstan in the IX – early XIII centuries*) Almaty: Khikari Publ., 517. (In Russian).

Bartol’d, V. V. 1897. *Otchet o poezdke v Srednyuyu Aziyu s nauchnoj tsel’yu. 1893–1894 gg.* (*A report on a trip to Central Asia for a scientific purpose. 1893-1894*). Saint-Petersburg: Tipografiya Imperatorskoj Akademii nauk Publ., 198. (In Russian).

Bartol’d, V. V. 1900. *Turkestan v ehpokhu mongol’skogo nashestviya* (*Turkestan in the era of the Mongol invasion.*). part 2. Issledovanie (*Research*). Saint-Petersburg: Tipografiya Imperatorskoj Akademii nauk Publ., 102. (In Russian).

Belenitskij, A. M., Bentovich I. B., Bol’shakov O. G. 1973. *Srednevekovyj gorod Srednej Azii (The medieval city of Central Asia*). Leningrad: Nauka Publ., 393. (In Russian).

Bol’shakov, O. G. 1973. *Gorod Srednej Azii v kontse VIII – nachale XIII vv. (The city of Central Asia in the late VIII – early XIII centuries*): Thesis of the doctor of historical sciences. Moscow, 48. (In Russian).

Vajnberg, B. I. 1999. *Etnogeografiya Turana v drevnosti* (*Ethnogeography of Turan in ancient times*). Moscow, 18. (In Russian).

Vorob’eva, M. G. *Iz istorii drevnego Khorezma (From the history of ancient Khorezm).* In *Sovetskaya Arkheologiya (Soviet archeology)*. №1. Moscow: Nauka Publ., 253–262. (In Russian).

Voronchikhina, E. A. 2002. Osnovy landshaftnoj khemoehkologii (*Fundamentals of landscape chemoecology*). Perm: Perm State University Publ., 148. (In Russian).

Gol’eva, A. A. 2001. *Fitolity i ikh informatsionnaya rol’ v izuchenii prirodnykh arkheologicheskikh ob»ektov* (*Phytoliths and their informational role in the study of natural archaeological sites*). Moscow, Syktyvkar, Elista: Institute of Biology of the Komi Branch of the Ural Scientific Center Publ., 120. (In Russian).

Gordeeva, O. N. 2006. *Makroehlementy v pochvakh i rasteniyakh tekhnogennykh i fonovykh landshaftov Yuzhnogo Priangar’ya (Macronutrients in soils and plants of technogenic and background landscapes of the Southern Angara region*). In *Problemy ustojchivogo funktsionirovaniya vodnykh i nazemnykh ehkosistem. Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii*. Rostov-na-Donu; AzNIIRKH, Rostov State University Publ., 88–90. (In Russian).

Gulomov, Ya. G. 1959. *Khorazmning suғorilishi tarikhi* (*History of irrigation of Khorezm*). Tashkent. Fan Publ., 326. (In Russian).

Gulyamov, Ya. G. *Istoriya orosheniya Khorezma s drevnejshikh vremen do nashikh dnej (The history of irrigation in Khorezm from ancient times to the present day*). Tashkent: Fan Publ., 53–55. (In Russian).

Dudareva, I. A., Boms, H. A. 2013. *Soderzhanie khimicheskikh ehlementov v sisteme pochva-rastenie pod vliyaniem biologicheski aktivnykh veshhestv* (*The content of chemical elements in the soil-plant system under the influence of biologically active substances*). In *Nauchnye vedomosti Belogorodskogo gosudarstvennogo universiteta: Seriya Estestvennye nauki (Scientific Bulletin of Belogorodsky State University: Natural Sciences series)*. Issue 23. № 10 (153). 116–124. (In Russian).

Istoriya Kazakhstana (*The history of Kazakhstan*). 1996. Almaty: Atamura Publ., 336. (In Russian).

Kabata-Pendias, A., Pendias, X. 1989. *Mikroehlementy v pochvakh i rasteniyakh (Trace elements in soils and plants*). Translated from English. Moscow: Mir Publ., 439. (In Russian).

Kovalskij, V. V., Petrunina, N.S. 1964. Geokhimicheskaya ehkologiya i ehvolyutsionnaya izmenchivost’ rastenij (*Geochemical ecology and evolutionary variability of plants*). Vol. 159. № 5. Moscow: DAN SSSR Publ., 59–60. (In Russian).

Lerkh, P. I. 1870. *Arkheologicheskaya poezdka v Turkestanskij kraj v 1867 godu (An archaeological trip to the Turkestan region in 1867*). Saint-Petersburg: Tipografiya Imperatorskoj Akademii nauk Publ., 39. (In Russian).

Makhmudov, N. 1966. *Zemledelie i agrarnye otnosheniya v Srednej Azii v XIV–XV vv. (Agriculture and agrarian relations in Central Asia in the XIV–XV centuries*). Dushanbe: Donish Publ., 128. (In Russian).

Narody Srednej Azii i Kazakhstana. Ehtnograficheskie ocherki. (The peoples of Central Asia and Kazakhstan. Ethnographic essays). 1962. In S. P.Tolstov (red). Vol. 1. Moscow: Izd-vo AN SSSR Publ., 739. (In Russian).

Starkov, V. 1860. *Kratkoe obozrenie Kirgizskoj stepi v geograficheskom, istoricheskom i statisticheskom otnosheniyakh (A brief overview of the Kyrgyz steppe in geographical, historical and statistical terms*). Tobolsk: Tobol’skaya gubernskaya tipografiya, Publ., 102. (In Russian).

Titov, A. F., Kaznina, N. M., Talanova V. V. 2014. *Tyazhelye metally i rasteniya (Heavy metals and plants*). Petrozavodsk: Karel’skiy nauchnyy tsentr RAN Institut biologii, Publ., 3–5. (In Russian).

Tolstov, S. P. 1938. *Osnovnye voprosy drevnej istorii Srednej Azii (The main issues of the ancient history of Central Asia*). In *VDI (Bulletin of Ancient History).* № 1. Moscow, 176. (In Russian).

Tolstov, S. P. 1948. *Drevnij Khorezm (Ancient Khorezm).* In M. N. Tikhomirov (red). Moscow: Moscow State University Publ., 352. 88 tabl. (In Russian).

Tolstov, S. P. 1948a. *Po sledam drevnekhorezmijskoj tsivilizatsii (In the footsteps of the ancient Khorezmian civilization*). Moscow: Izd-vo AN SSSR Publ., 328. (In Russian).

Tolstov, S. P. 1949. *Khorezmskaya arkheologo-ehtnograficheskaya ehkspeditsiya (Khorezm archaeological and ethnographic expedition*). Series of History and philosophy. Vol. VI. № 3. Moscow: Izd-vo AN SSSR Publ., 246. (In Russian).

Tolstov, S. P. 1952. *Khorezmskaya arkheologo-ehtnograficheskaya ehkspeditsiya AN SSSR (Khorezm Archaeological and Ethnographic Expedition of the USSR Academy of Sciences (1945-1958)*). In T*rudy Khorezmskoj arkheologo-ehtnograficheskoj ehkspeditsii (The works of the Khorezm archaeological and ethnographic expedition).* Vol. 1. Moscow: Izd-vo AN SSSR Publ., 7–46. (In Russian).

Tolstov, S. P. 1953. *Raboty Khorezmskoj arkheologo-ehtnograficheskoj ehkspeditsii AN SSSR v 1949-1953 gg. (The works of the Khorezm Archaeological and Ethnographic expedition of the USSR Academy of Sciences in 1949–1953*). In *Trudy Khorezmskoj arkheologo-ehtnograficheskoj ehkspeditsii (The works of the Khorezm archaeological and ethnographic expedition*). Vol. 2. Moscow: Izd-vo AN SSSR Publ., 111. (In Russian).

Tolstov, S. P. 1962. *Po drevnim del’tam Oksa i Yaksarta* (*Along the ancient deltas of the Oxus and Jaxartes*). Moscow: Izdatel’stvo vostochnoy literatury, Publ., 246. (In Russian).

Ehshchanov, Zh. 2011. *Khorazm zhamoatchilik an»analarining tarikhij ildizlari (suv khuzhaligi va zhamoatchiligi misolida) (Historical roots of the Khorezm community tradition(on the example of water management and public*). In *National University of Uzbekistan. Special issue*. Tashkent, 45–49. (In Russian).

Blindauer, C. A., Schmid, R. Cytosolic metal handling in plants: determinants for zinc specificity in metal transporters and metallothioneins. Metallomics, 2010. V. 2. P. 510–529.

Holmqvist, E. 2016. Handheld portable energy-dispersive Xray fluorescence spectrometry (pXRF). *In The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis*. Ed.: Hunt A. Oxford. Oxford University Press. 363–381.

Hunt, A. M., Speakman, R. J. 2015. *Portable XRF analysis of archaeological sediments and ceramics.* In *Journal Archaeologic Sciences*. V. 53. 626–638;

Regert, M. 2011. *Analytical strategies for discriminating archaeological fatty substances from animal origin.* In *Mass Spectrometry Reviews*. № 30. 177–220.

Speakman, R. J. [et al.] 2011. *Sourcing ceramics with portable XRF spectrometers? A comparison with INAA using Mimbres pottery from the American Southwest.* In *Journal Archaeologic Sciences*. V. 38. № 12. 3483–3496.

The Oxford handbook of archaeological ceramic analysis. 2016. Ed.: Hunt A. Oxfrod. Oxford University Press. 768.

Wilke, D. 2017. *Some updated quality concerns on non-destructive geochemical analysis with XRF spectrometry.* In *Advances in Applied Science Research*. V. 8. № 2. 90–94.

THE RESULTS OF SPECTRAL ANALYSIS OF PLANT SEEDS FOUND DURING ARCHAEOLOGICAL EXCAVATIONS IN THE ARAL SEA REGION

© 2024. Islambek Khodjalepesov

Karakalpak Research Institute of Humanititarian Sciences of the Karakalpak branch of Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Keywords: Aral Sea region, spectral analysis, plant seeds, heavy metal ions, archaeobotanical materials, artifacts.

Currently, modern instrumental methods of elemental analysis are being used, along with the introduction of portable X-ray spectrometers into archaeological research. The most important indicator for the study of agriculture, of course, is the saturation of the layer with the remains of cultivated plants. Of particular interest is the distribution of samples across different quantitative classes, which characterize the concentration of plant residues. One of the best instruments for the archaeological analysis of various materials, objects and substances is the spectral analysis of artifacts. The analysis of plant seeds found at the Gyaur-Kala (Khojeli) site revealed that the largest percentage of the chemical composition consists of Cu (24.4%), Si (22.7%), and Ca (24.4%). According to the spectrogram, the highest peak in the density of elements is observed for Ag (from 20 to 40 and higher). It is hypothesized that silver ions may protect plants from fungal, viral, and microbial diseases. The analysis of plants from two different localities to determine the content of heavy metals shows that, despite the region's aridity, elements such as Ca, Cl, and P are present in all cases. Thus, the studied archaeobotanical materials suggest that, during the Middle Ages, changes occurred both in the structure of the harvest and in grain consumption in the cities and towns of medieval Khorezm.