

Маяки в лаборатории. Изотопно-химические анализы комплексного памятника Маяки¹

Данную статью мы посвящаем Владиславу Петренко. На протяжении своей активной научной деятельности он достиг невероятных высот в изучении археологии Северо-Западного Причерноморья и энеолита. Особой благодарности заслуживает то, что столь значимый памятник, как Маяки, был исследован и задокументирован с особой тщательностью. Владислав Петренко позаботился о том, чтобы сохранить все находки, обнаруженные на раскопках под его руководством. Лишь благодаря добросовестному архивированию объектов, будь это фрагмент керамики, орудие из кремня или кость рыбы, и сегодня возможно проводить дальнейшие исследования. Научное сотрудничество Владислава Петренко и Эльке Кайзер получило развитие, когда в рамках Exzellenzcluster 264 Topoi (Берлин) представилась возможность проведения изотопно-химических анализов, для которых искали материалы из комплексов энеолита и бронзового века на территории Северного Причерноморья.

Один из проектов, для которого были сделаны радиоуглеродные датировки из погребений в Маяках, уже закончен и находится в печати на немецком языке (Petrenko et al. 2019). Новые ¹⁴C-датировки были опубликованы на русском языке в сборнике «Материалы по археологии Северного Причерноморья» (Петренко, Кайзер 2011). В настоящее время в заключительной стадии находится еще один проект, проводящийся в Институте доисторической археологии Свободного университета Берлина, целью которого является изучение изотопов стронция в зубах животных. На основании результатов этих двух проектов, в данной статье хотелось бы продемонстрировать, сколь высок их потенциал для археологических исследований. Владислав Петренко отчетливо осознавал, какие перспективы открывает применение различных естественно-научных методов, и потому, когда мы обратились к нему с просьбой, без промедления согласился принять участие в совместных исследованиях. Очень жаль, что он сам уже не сможет узнать, к каким результатам привели его усилия и интересы. По этой причине мы посвящаем данную статью Владиславу Петренко, ведь она смогла появиться лишь благодаря его дальновидности и готовности к сотрудничеству!

Памятник Маяки

Разумеется, памятник Маяки, не мог представить никто иной, как сам Владислав Петренко. Этому памятнику он посвятил множество статей, ссылки на некоторые из них приводятся здесь (Петренко, Ковалюх 2003; Петренко, Кайзер 2011; Petrenko et al. 2019). На топографической карте виден памятник размером 600 x 200 м, состоящий из групп курганов и грунтовых захоронений, а также остатков поселения (ил. 1). Первые захоронения на Маяках были сделаны в эпоху раннего энеолита. Здесь представлены и курганные группы усатовской и ямной культуры, а также погребения позднего бронзового века и сарматского времени (Петренко, Кайзер 2011: 32; Petrenko et al. 2019).

¹ Авторы выражают благодарность за перевод статьи на русский язык Марине Тыдо.

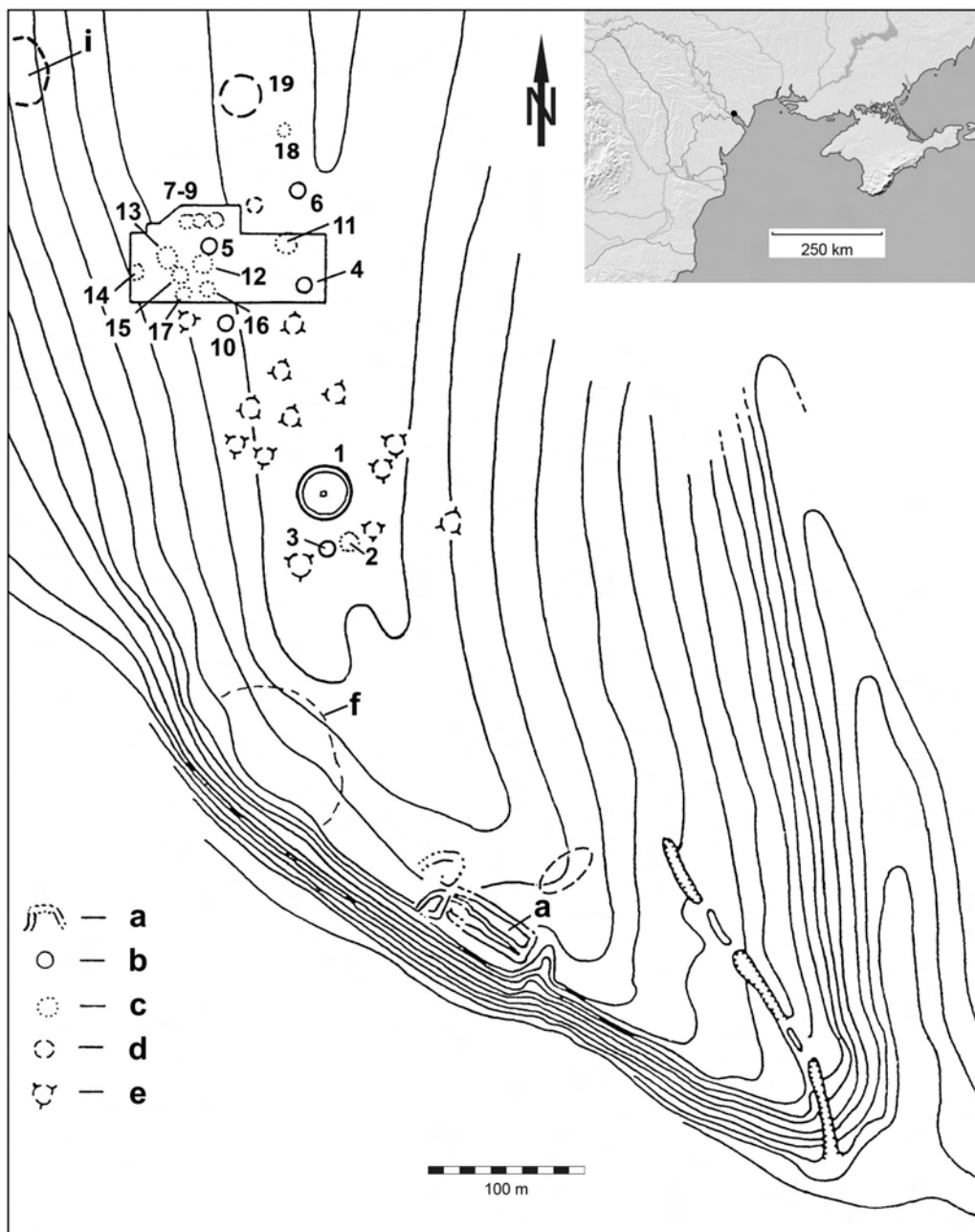


Рис. 1. Сводный план памятника Маяки.

a – рвы городища; b – исследованные курганы; c – участки одиночных и грунтовых захоронений; d – разрушенные участки грунтовых захоронений и курганы; e – предполагаемые места исследованных захоронений; f – стоябище эпохи бронзы; i – поле ритуальных ям первых веков н.э.

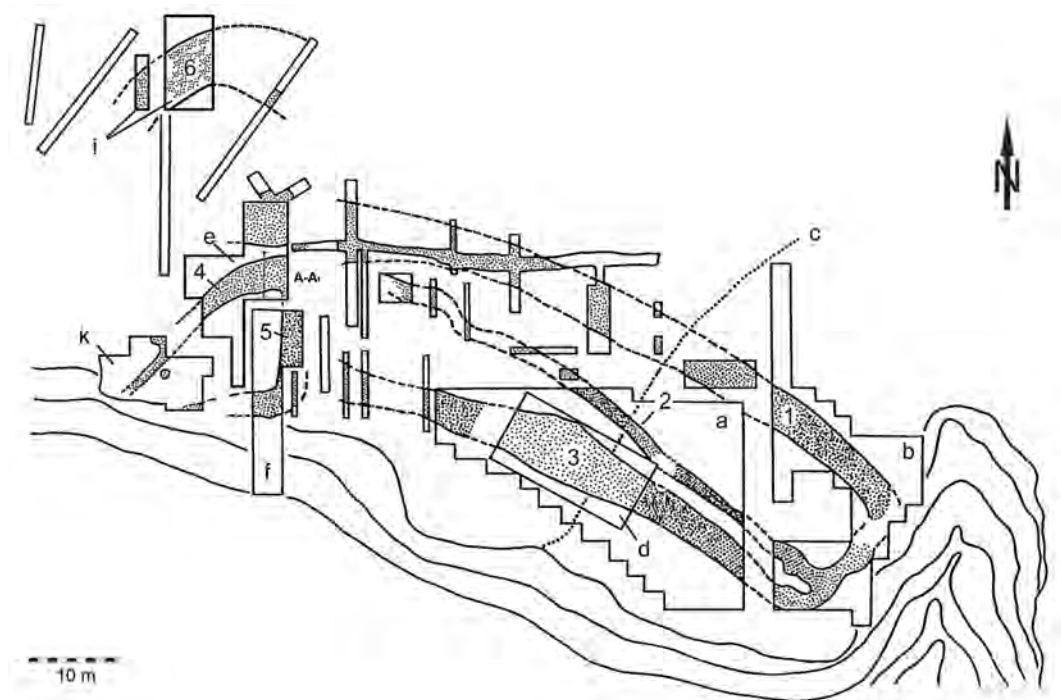


Рис. 2. Городище Маяки.

Сводный план по состоянию на 2009 г.: «зольные рвы» 1–6; участки, вскрытые наряду с шурфами В.Г. Збеновичем (а–b); граница карьера, уничтожившего восточную часть городища в 1972–1974 гг. (с); раскопы экспедиций Одесского археологического музея НАН Украины (d–k); А – А1 – разрез рва № 4 (см. рис. 3).

При раскопках городища Маяки на площади размером 130 x 40 м были обнаружены лишь рвы. Точное количество рвов определить невозможно. Причиной этому служит прерывистость, а также многочисленные разрушения большей части системы рвов, расположенной на бровке берега Днестровского лимана (рис. 2). Однако можно было идентифицировать около шести или семи рвов, глубина и ширина которых крайне вариабельна (Petrenko et al. 2019). Некоторые из них пролегают более или менее параллельно относительно края обрыва, а некоторые поперечно, и в некоторых случаях они напоминают окончания сегментов рвов. Проблематично и то обстоятельство, что невозможно восстановить линию рвов, идущую в направлении юго-запада, а также размер поверхности, некогда ими окруженной. Сколь различны размеры рвов, столь единообразно их заполнение. Оно во всех случаях состояло из нескольких слоев, достигавших иногда толщины до 30 см. Верхние слои заполнения рвов состояли из серо-коричневого суглинка, смешанного с золой (рис. 3). Под ними находились значительно более тонкие слои, частично лессовидные отложения, глиняно-песчаные отложения, в различных частях пересекаемые серыми лентами, содержащими золу. Очевидно, заполнение рвов происходило постепенно, но не все рвы заполнялись одновременно. В верхней части они, вероятно, время от времени очищались и вновь заполнялись тем же грунтом. За исключением слоев из чистого лесса, который, предположительно, заносился в рвы эрозией с поверхности, запол-

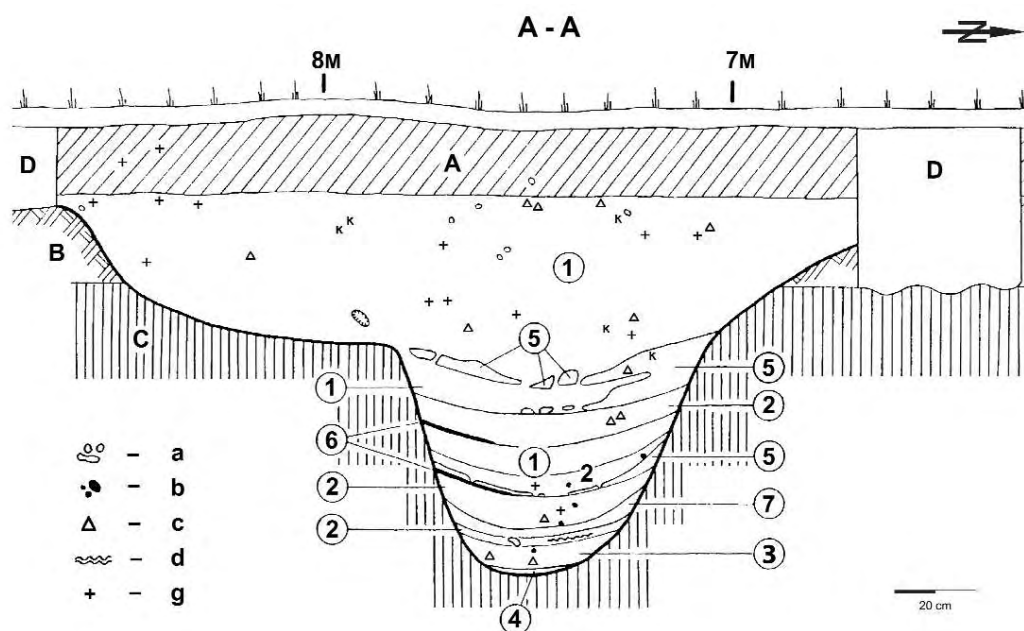


Рис. 3. Городище Маяки. Разрез рва № 4.

- A – верхний (гумусовый) горизонт почвы; B – желтовато-бурый переходный суглинок, C – лессовидный суглинок (супесь), D – шурфы В.Г. Збеновича;
 1 – серый золистый тонкоструктурный суглинок; 2 – серый лессовидный суглинок, напоминающий пойменный; 3 – смесь серовато-желтой супеси и пепла;
 4 – слой утопанной (?) илистой грязи; 5 – чистый натечный (?) суглинок; 6 – пепел;
 7 – темно-коричневый суглинок (a – обмазка, b – древесный уголь, c – керамика, d – кость, g – чешуя рыбы).

нения содержали многочисленные находки: фрагменты керамики, костей животных и рыб, ракушки, обожженную глину, фрагменты зернотерок и артефакты из кремня. В среднем на кубический метр слоя заполнения приходится 600–650 находок! (Petrenko et al. 2019).

Фрагментарная сохранность рвов поселения затрудняет интерпретацию! Находки керамики позволяют отнести материалы к усадовской культуре, что подтверждается и ^{14}C -датировками, о чем более подробно речь пойдет ниже (ил. 7). Владислав Петренко пришел к выводу о том, что рвы не могли выполнять функцию оборонительного укрепления, поэтому название «городище» следует воспринимать как историографический реликт. Он также не истолковывал рвы как приспособление для ограды скота. В качестве сравнения он указывал на *causewayed camps* в Западной Европе, которым дается различная интерпретация. Они служили исходным пунктом для дальнейших размышлений, и Владислав Петренко не исключал, что подобные конструкции могли выполнять ритуальные или астрономические функции (Petrenko et al. 2019).

В самом общем смысле, находки из рвов можно описать как остатки деятельности на поселении. Особенно многочисленны кости животных. Всего было проведено археозоологическое определение 22.916 находок, 997 из которых относятся к

домашним животным.² Среди них преобладают овцы/козы. На основании средней плотности находок на кубический метр слоя заполнения Владислав Петренко с осторожностью предполагал, что численность домашних животных составляла около 6.000, останки которых были найдены в рвах. Помимо них были найдены останки рыб, определениями которых из старых раскопок занималась Л.Д. Житенева (Збенович 1974: 30), а в более поздних публикациях они были дополнены материалами из рва 4 (Petrenko et al. 2019). Овцы, козы, а также в меньшей мере крупный рогатый скот составляли важную основу питания жителей городища Маяки в эпоху энеолита. Однако очевидно, что рыба и моллюски из Днестровского лимана также употреблялись в пищу! Потребление упомянутых животных ресурсов является важным фактором изучения памятника. Наличие в системе питания пресноводной рыбы может оказать значительное влияние на ¹⁴C-возраст индивидов, подвергнутых анализам. Исследование предполагаемого резервуарного эффекта явилось исходной точкой для первого изотопно-химического проекта, проведенного К. Герлинг и Э. Кайзер в рамках Exzellenzcluster 264 Topoi. Результаты будут представлены здесь. Помимо радиоуглеродного датирования и анализов изотопов углерода и азота, были сделаны первые исследования соотношений изотопов стронция преимущественно на антропологических материалах погребенных на Маяках индивидов. Результаты этого пилотного проекта стали в свою очередь основой для второго проекта, находящегося в данный момент в стадии подведения итогов, в котором проводились анализы зубов животных, найденных во рвах на Маяках, на предмет изотопов стронция и кислорода. Целью проекта является изучение вопроса мобильного и сезонного пастбищного хозяйства.

Специализированное скотоводство

Рвы на Маяках содержали необычайно большое количество костей животных.³ На эпонимном поселении Усатово-Большой Куяльник, существовавшем одновременно с Маяками и находящемся на расстоянии лишь нескольких километров от них, было проведено археозоологическое определение 8.250 костей животных (Петренко 1989: 118–125). На этих двух памятниках была найдена достаточно большая доля костей овцы/козы, вместе с которыми, очевидно, держали крупный рогатый скот и лошадей (рис. 4). Охота, по всей видимости, играла лишь незначительную роль при добыче пищи, в процентном отношении кости диких животных находятся в одноразрядном диапазоне.

С приходом усатовской культуры, а подбор материалов с поселений Северного Причерноморья, определенных археозоологами, демонстрирует это достаточно отчетливо, произошла смена в системе скотоводства в восточно-европейской степной зоне. Спектры костей животных из таких более древних энеолитических поселений как Деревка, Молюхов Бугор и Константиновка показывают различные доли диких и домашних животных (рис. 4)⁴. Отягощающим обстоятельством при их оцен-

² Определение проводили различные зоологи: В.И. Бибилова, Л.Д. Житенева, Н.И. Бурчак-Абрамович, Е.П. Секерская, О.П. Журавлев.

³ Для данного исследования материалов из Маяк были использованы лишь 17.381 определенных костей животных. Были учтены данные из Збенович 1974, 112 таб. 1 (по определению В.И. Бибиловой), а также данные определений из раскопок 1986: Е.П. Секерская 1989, 131–133.

⁴ Данные археозоологии из следующих публикаций: Деревка – Telegin 1986: 84; Молюхов Бугор – Журавлев 2008: 108–109 таб. 28; Константиновка – Кияшко 1994: 58.

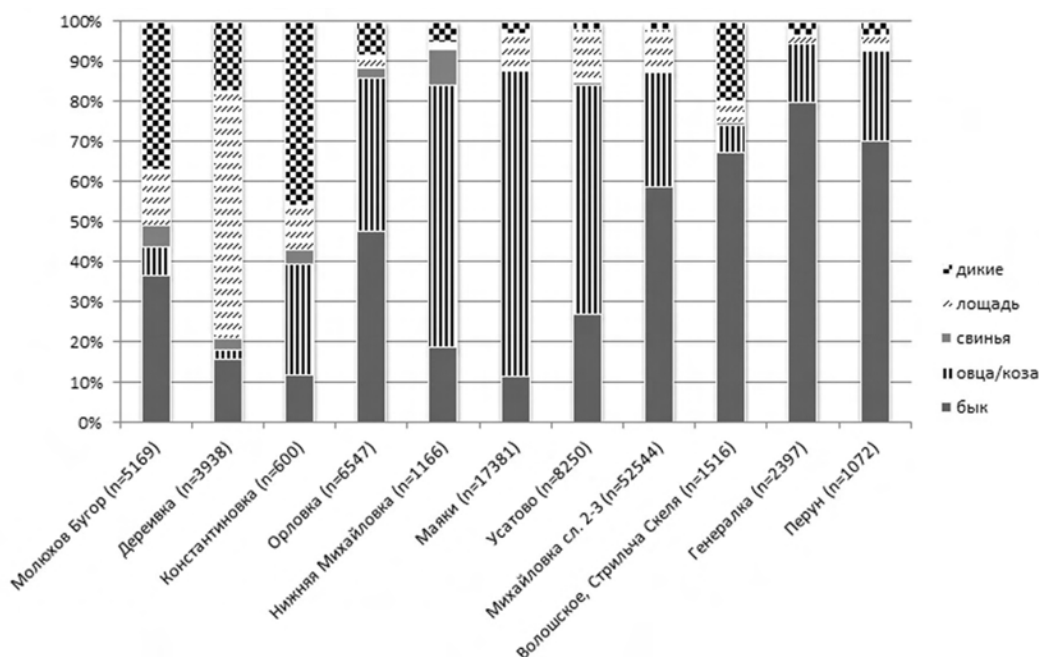


Рис. 4 Оценка археозоологических коллекций с поселений энеолита и ямной культуры.
«n» обозначено абсолютное количество костей.

ках является то, что время domestikации лошади до сих пор не прояснено. Не исключено, что высокий процент костей лошади на поселении Деревинка происходит от неодомашенных лошадей, что может означать, что доля диких животных составляла около 80%. Также на поселениях Молухов Бугор и Константиновка доля диких животных составляет 40–50%. Крупный рогатый скот, овец/коз содержали в незначительном количестве. В нижнем слое поселения Михайловка, датированном энеолитом (Rassamakin 2004: 191; Abb. 132), но несколько древнее, чем поселения Маяки и Усатово, был обнаружен сравнительно низкий процент костей диких животных и высокий процент костей овцы/козы. Примечательно, что в нижнем слое Михайловки были обнаружены кости свиньи, что крайне необычно для степного памятника, по крайней мере, для энеолита и бронзового века, как это будет представлено ниже.

В данный момент остается открытым вопрос о том, что высокий процент костей диких животных на поселениях Деревинка и Молухов Бугор, вероятно, может быть объяснен положением поселений в лесостепи. Возможно, здесь имелись природные ресурсы, традиционно используемые жителями лесостепи, а изменений основы жизнеобеспечения в IV тыс. до н.э. избегали, или же они попросту не требовались. В нижнем слое поселения Михайловка,⁵ соотносимом с нижнемихайловской культурой, находки костей животных указывают на содержание овец/коз и крупного рогатого скота в качестве важной основы питания. Здесь также возникает вопрос о том,

⁵ Данные археозоологии из: Бібікова / Шевченко 1962: 207 таб. 1.

не оказала ли аридная природная среда степи благоприятное воздействие для перехода на специализированное содержание овец/коз, с которым совмещали также и крупный рогатый скот. Количество исследованных энеолитических поселений невелико, доступные из них данные археозоологии уже были представлены в другой публикации (Kaiser 2010). Именно оба поселения усатовской культуры указывают на то, что, очевидно, в районе середины IV тыс. до н.э., по крайней мере в Северо-Причерноморской степи, все чаще отказывались от охоты, но зато предпочитали держать определенный вид животного, а именно овцу/козу. С началом ямной культуры произошла очередная перемена. Археозоологическое определение костей животных из таких поселений как Генералка, Перун и т. д., располагавшихся в Поднепровье, позволяет сделать вывод о том, что преимущественно содержался крупный рогатый скот, а овцы/козы были на втором месте (рис. 4)⁶. Охота на диких животных была совершенно незначительной.

Многочисленные останки рыб, обнаруженные в заполнении рвов на Маяках, указывают на то обстоятельство, что помимо рогатого скота в пищу употреблялись и другие ресурсы, богатые протеинами, а Днестровский лиман явно был ими насыщен. Употребление рыбы и других организмов, обитающих в пресной воде, может стать причиной значительного резервуарного эффекта. Поскольку радиоуглеродные датировки проб погребенных индивидов усатовской культуры на памятнике Маяки в сравнении с датами, полученными из рвов, дали более древние результаты, были проведены анализы стабильных изотопов углерода и азота.

Радиоуглеродные датировки

За последние десятилетия было установлено значительное количество радиоуглеродных дат для проб из рвов городища Маяки. Даты эти были представлены в соавторстве с Владиславом Петренко (Петренко, Кайзер 2011; Petrenko et al. 2019). В нашей статье мы хотели бы уделить внимание прежде всего радиоуглеродным датировкам, сделанным в рамках нашего проекта сотрудничества и указавшим на резервуарный эффект некоторых образцов (рис. 5). В Исследовательской радиоуглеродной лаборатории в области археологии и истории искусств Оксфорда (Research Laboratory for Archaeology and the History of Art) всего было определено шесть датировок. При этом для изучения были предоставлены образцы человеческих костей из пяти погребений на Маяках. **Усатовской культурой** датируются погребение 2 из кургана 7 и погребение 2 из кургана 9. В каждом из этих двух погребений находился мужчина в скорченном положении на левом боку, ориентированно на северо-восток, к тому же скелеты были частично окрашены охрой. Погребение из кургана 9 было безынварным, а инвентарем погребения 2 кургана 7 были два сосуда и кремневый отщеп (Петренко, Кайзер 2011: 48–51; Petrenko et al. 2019). Для погребения 2 кургана 7 была получена следующая датировка: (OxA-22959): **5530 ± 32 BP, 4450–4336 cal BC** (95,4%), $\delta^{13}\text{C}$ -20,13‰. Погребение 2 кургана 9 датируется так: (OxA-22960): **5471 ± 24 BP, 4443–4239 cal BC** (95,4%), $\delta^{13}\text{C}$ -19,75‰.

⁶ Данные археозоологии для поселений ямной культуры из следующих публикаций: Перун – Підоплічко 1956: 51; Михайловка, слой 2–3 – Бібікова / Шевченко 1962, 207 таб. 1; Волошское – Підоплічко 1956: 14–15; Генералка – не опубликовано, обработка: Михаэль Хохмут и Пегги Моргенштерн, Отдел естественных наук Германского археологического института, Берлин.

На **ямную культуру** приходится погребение 13 из кургана 1. Погребенная в скорченном положении молодая женщина была захоронена в прямоугольной яме с остатками деревянного перекрытия. На черепе были обнаружены следы охры, погребение безынвентарное (OxA-22955: **4175 ± 28 BP, 2883–2640 cal BC** (95,4%), $\delta^{13}\text{C} - 18,72\%$).

Изначально к ямной культуре отнесли погребение 18 из кургана 1, однако радиоуглеродное датирование позволило датировать погребение **ранним средневековьем** (ил. 5) (OxA-22956: **1020 ± 24 BP, 974–1040 cal AD** (95,4%), $\delta^{13}\text{C} -14,73 \%$). Но даже если принять во внимание то, что сосуды из этого погребения, как и его конструкция, да и сам погребальный ритуал не свидетельствуют однозначно в пользу ямной культуры, они совершенно нетипичны и для средневековья. Поэтому есть предположение о том, что произошла подмена костей еще до момента отбора пробы (Петренко, Кайзер 2011: 46; Petrenko et al. 2019).

Помимо этого был исследован материал из грунтового погребения K8, для которого были получены две датировки. После калибровки они обе показывают совпадающие отрезки времени. В погребении, несмотря на то, что в области нижних конечностей оно было частично повреждено, был обнаружен индивид в вытянутом положении на спине. Погребение было настолько неспецифичным, что с уверенностью его можно было датировать лишь с помощью методов естественных наук, и датировка эта пришлась на VIII–VI вв. до н.э., тем самым совпадая с другими грунтовыми погребениями железного века этого памятника (Петренко, Кайзер 2011: 48; Petrenko et al. 2019). OxA-22957: **2526 ± 25 BP, 793–545 cal BC** (95,4%), $\delta^{13}\text{C} -16,89\%$ und OxA-22958: **2565 ± 26 BP, 805–569 cal BC** (95,4%), $\delta^{13}\text{C} -16,95\%$.

Помимо двух погребений усатовской культуры, для которых была установлена новая датировка (курган 7, погребение 2 и курган 9, погребение 2), есть еще одна ^{14}C -датировка, позволившая отнести к усатовской культуре погребение 9 кургана 3 из Маяк. Два первых названных погребения после калибровки показывают период времени от 4450–4336 cal BC и 4443–4239 cal BC. Анализ образца из третьего погребения

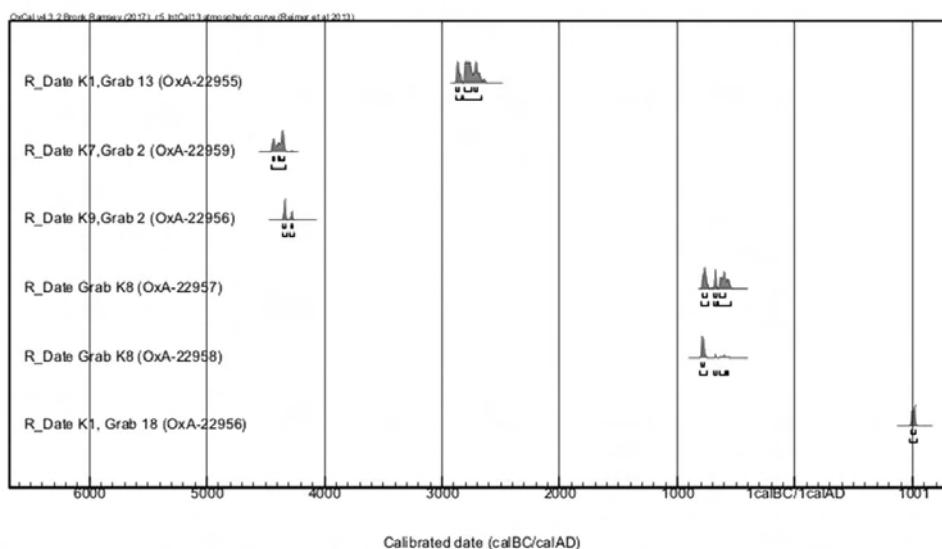


Рис. 5 Калиброванные ^{14}C -даты погребений разных периодов из Маяк.

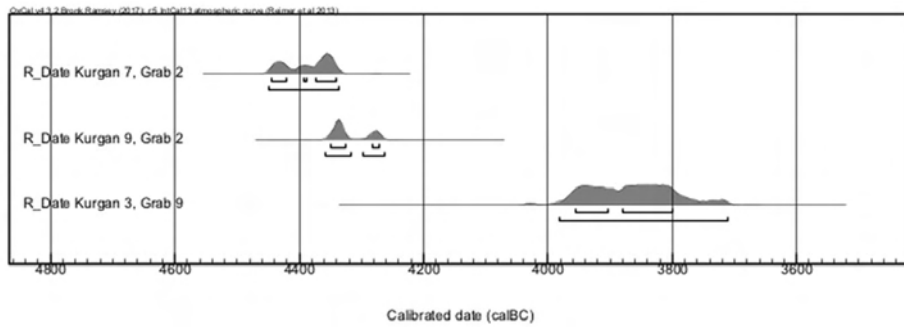


Рис. 6. Калиброванные ^{14}C -даты погребений усаговской культуры из Маяк.

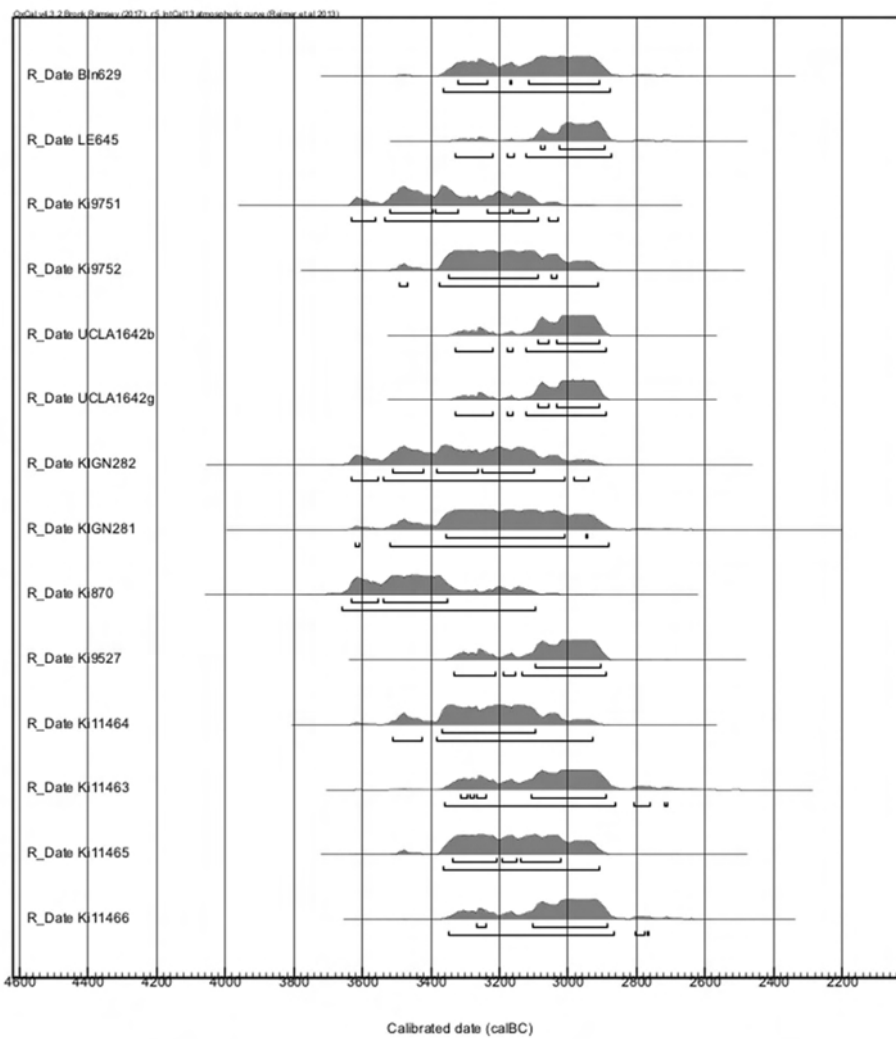


Рис. 7. Калиброванные ^{14}C -даты проб костей животных, древесного угля и керамики из погребений городища Маяки.

ния был проведен в лаборатории Ленинграда (Санкт-Петербурга) и относится к периоду 3960–3790 cal BC (рис. 6). Независимо от отклонений среди этих проб, все три даты значительно отличаются от радиоуглеродных датировок, полученных для образцов из рвов на Маяках (рис. 7) (см. также Петренко, Кайзер 2011: табл. 2; Petrenko et al. 2019). Для анализа были использованы пробы древесного угля, костей животных и фрагментов керамики. Частично датировки показывают значительные отклонения от средней величины, ведущие после калибровки к относительно широким временным интервалам, но в целом временные отрезки совпадают во времени между 3600 и 2900 cal BC (рис. 7).

Вряд ли можно предположить столь длительный период для усатовской культуры, но это не является предметом рассмотрения данной статьи. Отчетливо заметно, что данные, полученные из проб человеческих костей, дают значительно более древние ^{14}C -датировки, чем те, что получены из древесного угля, костей животных и фрагментов керамики. Многочисленные останки рыб, найденные во рвах поселения Маяки также датируемые усатовской культурой, позволяют предположить, что потребление пресноводной рыбы привело к различным датировкам. Для того чтобы проверить справедливость этого предположения, были сделаны анализы стабильных изотопов.

Резервуарный эффект? Анализы стабильных изотопов углерода и азота

В течение последних десятилетий применению анализа стабильных изотопов легких элементов углерода ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$) и азота ($^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$) стало придаваться все большее значение для того, чтобы получить информацию о питании и системе жизнеобеспечения как в доисторических, так и в исторических эпохах. Принцип, лежащий в основе метода, можно описать поговоркой «ты ешь то, что ты ешь», поскольку изотопии из углерода и азота, поступающие в организм с едой, откладываются в коллагене тела человека и животного (Price 2007: 428–430). Стабильные изотопии определяются при помощи масс-спектрометров. Соотношение тяжелого и легкого изотопа

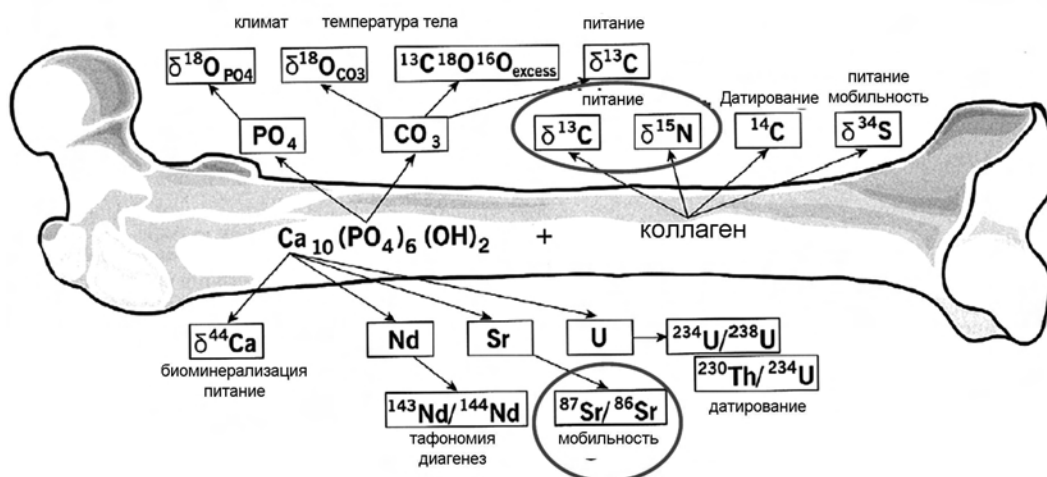


Рис. 8 Наличие элементов, значимых для реконструкции питания и окружающей среды, и их изотопов в минерализованной части кости, а также в органическом коллагене, и область их применения (из Tütken 2010: Abb. 1).

в пробе соотносится со стандартом и выражается в д-значении (Grube et al. 2015: 433). Включение элементов углерода и азота из пищи подлжит четким правилам процесса обмена веществ, вот почему соотношение $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ и $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ в костной ткани коррелирует с изотопиями принятой пищи.

Измеряемые в коллагене человека значения $\delta^{13}\text{C}$, как правило, достигают 5‰ и -25‰. Различные соотношения значений $\delta^{13}\text{C}$ объясняются, с одной стороны, потреблением различных растений, а с другой – пищевыми ресурсами водного и земного происхождения (ил. 9) (Price 2007: 428). Среди растений различают C_3 - и C_4 -растения; цифры выражают различный процесс фотосинтеза. В аридной степной зоне к типичным C_4 -растениям относится просо, в то время как многие другие сорта злаковых являются C_3 -растениями. Люди, преимущественно употреблявшие в пищу C_3 -растения или животных, питавшихся этими растениями, показывают значительно более негативные значения $\delta^{13}\text{C}$, чем те, которые прежде всего питались C_4 -растениями (рис. 9).

Значения $\delta^{13}\text{C}$ морских растений и животных варьируются между -5‰ и -18‰. Если в коллагене человека обнаруживается меньше негативных значений $\delta^{13}\text{C}$, чем -16/-18‰, можно предполагать, что он также принимал пищу морского происхождения. Разумеется, подобные реконструкции следует производить на основании данных археологии. Значения $\delta^{13}\text{C}$ более негативные, чем -16/-18‰, напротив, говорят о питании, в основе которого преимущественно ресурсы земного происхождения (Price 2007: 429). Организмы, обитающие в пресной воде, показывают относительно негативные значения $\delta^{13}\text{C}$ (рис. 9). Дальнейшую информацию в данном случае нам могут дать значения $\delta^{15}\text{N}$. В основном, в коллагене человека его содержание находит-

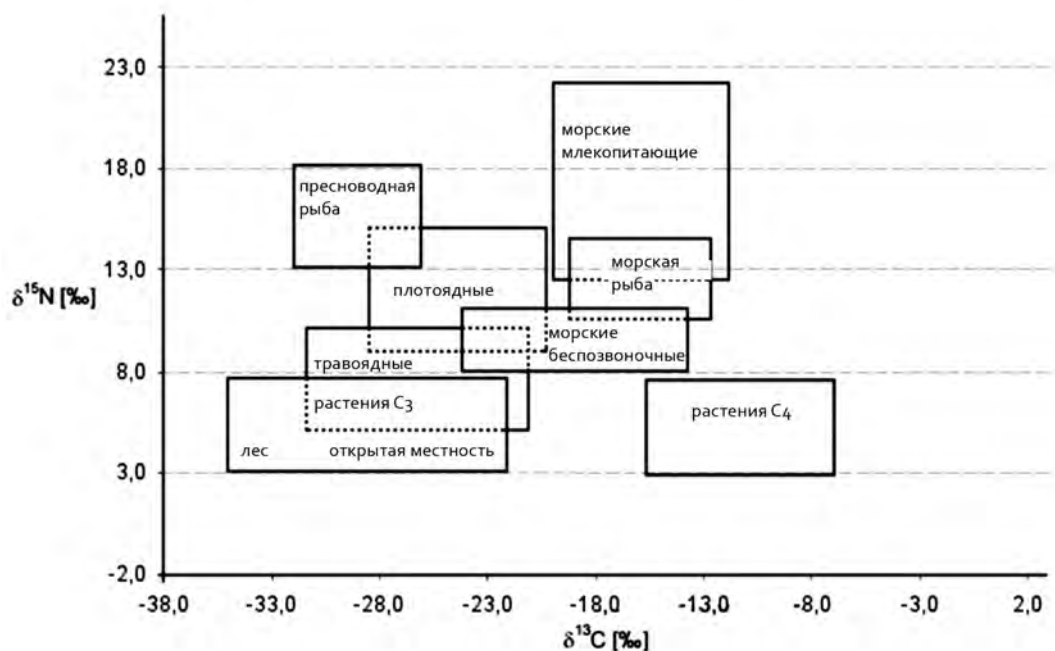


Рис. 9. Модель сети распределения питания, приближенная к Ambrose (1987) и Bocherens (1997) (из Schäuble 2005: Abb. 9).

ся в пределах +5‰ и +20‰. Значение $\delta^{15}\text{N}$ является хорошим индикатором трофического уровня организма и позволяет в случае человека получить информацию о преимущественно растительном или мясном питании. Если в пищу употреблялось значительное количество пресноводной рыбы, следует также ожидать повышенных значений $\delta^{15}\text{N}$. К тому же необходимо отметить, что растения, употребляемые в пищу, могут показывать очень различные значения $\delta^{15}\text{N}$ (рис. 9) (Grupe et al. 2015: 440).

Помимо индивидов из Маяк, для которых было проведено радиоуглеродное датирование, еще были исследованы три индивида усатовской культуры (курган 8, погребения 2 и 4; курган 10, погребение 2) и три индивида ямной культуры (курган 1, погребения 7 и 15; погребение G5) на предмет содержания в коллагене изотопов углерода и азота (табл. 1).⁷ При этом обнаружилось однозначные хронологические различия. Для индивидов усатовской культуры характерны очень высокие показатели соотношения изотопов азота и относительно низкие соотношения изотопов углерода (ил. 10). $\delta^{13}\text{C}$ колеблется от -20,2‰ до -19,6‰, $\delta^{15}\text{N}$ от 16,1‰ до 14,2‰. Погребения ямной культуры показали значения $\delta^{13}\text{C}$ -19,5‰ и -18,5‰, как и среди $\delta^{15}\text{N}$ 10,7‰ и 13,2‰. Для двух погребенных из более поздних эпох соотношения изотопов углерода составляют -16,8‰ и -15,0‰. Соотношения изотопов азота находятся рядом и составляют 10,3‰ и 10,6‰. Таким образом, видны четкие отличия между разными эпохами и культурными группами Усатово (средние значения -19,8‰ ± 0,3 и 15,3‰ ± 0,8 (1σ), n=5), ямной (средние значения -19,0‰ ± 0,4 и 12,2‰ ± 1,1 (1σ), n=4) и поздними периодами – железным веком и средневековьем (средние значения -15,9‰ ± 1,3 и 10,5‰ ± 0,2 (1σ), n=2).⁸ Хронологические различия значительны как для $\delta^{13}\text{C}$, так и для $\delta^{15}\text{N}$, даже если при таких статистических тестах, как расчет средних значений, принимать во внимание небольшое количество образцов.

В плане соотношений изотопов углерода также имеются значительные различия между культурными или же хронологическими группами (рис. 10). Пробы инди-

Курган	Погребение	Культура	¹⁴ C-датировка	антропологическое определение	номер пробы кости	% Коллагена	C:N	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB)	1σ	$\delta^{15}\text{N}$ (AIR)	1σ	номер пробы зуба	Определение зуба	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	1σ
1	7	предположительно ямная *			MA 39	1,5	3,4	-19,1	0,1	12,8	0,1					
1	13	ямная	2883-2640 cal BC	молодая женщина	MA 40	10,6	3,3	-18,9	<0,1	12,0	<0,1					
1	15	предположительно ямная			MA 67	18,2	3,2	-18,5	0,1	13,2	0,6					
1	18	бронзовый	974-1040 cal AD	женщина средних	MA 41	5,5	3,3	-15,0	<0,1	10,3	0,1	MA 2	M2 Mandibula слева	0,709606	0,000006	
1	19	ямная										MA 1	M1 Maxilla справа	0,709708	0,000006	
6	1	усатовская										MA 7	M3 Maxilla справа	0,709558	0,000006	
7	2	усатовская	4450-4336 cal BC	мужчина 25-30 лет	MA 43	8,0	3,2	-20,2	<0,1	15,4	0,1	MA 6	M1 Maxilla справа	0,709463	0,000007	
8	2	усатовская			MA 69	4,1	3,2	-19,7	<0,1	15,2	0,1	MA 12	M1 Maxilla слева	0,709483	0,000007	
8	4	усатовская			MA 68	16,0	3,2	-19,6	<0,1	14,2	0,1	MA 10	M1 Mandibula справа	0,709571	0,000006	
8	6 (инд. 1)	усатовская										MA 9	M3 Maxilla слева	0,709519	0,000007	
8	6 (инд. 2)	усатовская										MA 8	M3 Maxilla слева	0,709430	0,000007	
8	8	усатовская										MA 11	M3 Mandibula слева	0,709543	0,000007	
9	2	усатовская	4443-4239 cal BC	взрослый/зрелый	MA 44	5,9	3,3	-19,7	<0,1	15,9	0,1	MA 5	M1 Maxilla	0,709292	0,000006	
10	2	усатовская			MA 66	6,9	3,3	-20,1	<0,1	16,1	0,1	MA 13	M3 Maxilla слева	0,709305	0,000007	
10	G5	предположительно ямная			MA 65	6,9	3,3	-19,5	<0,1	10,7	<0,1	MA 3	M2 Mandibula слева	0,709859	0,000006	
	18	эпохит ранний бронзовый	1) 793-545 cal BC 2) 805-569 cal BC	взрослая женщина	MA 42	20,0	3,1	16,8	<0,1	10,6	0,1	MA 4	M2 Mandibula слева	0,709710	0,000007	

Табл. 1. Результаты анализов изотопов углерода, азота и стронция исследованных индивидов из Маяк (* возможно, погребение 6).

⁷ Данные исследования К. Герлинг проводила при поддержке Exzellenzcluster 264 Topoi в рамках проекта Postdoc.

⁸ Kruskal-Wallis test, в каждом случае p=0.014 – наши расчеты основываются на двух образцах.

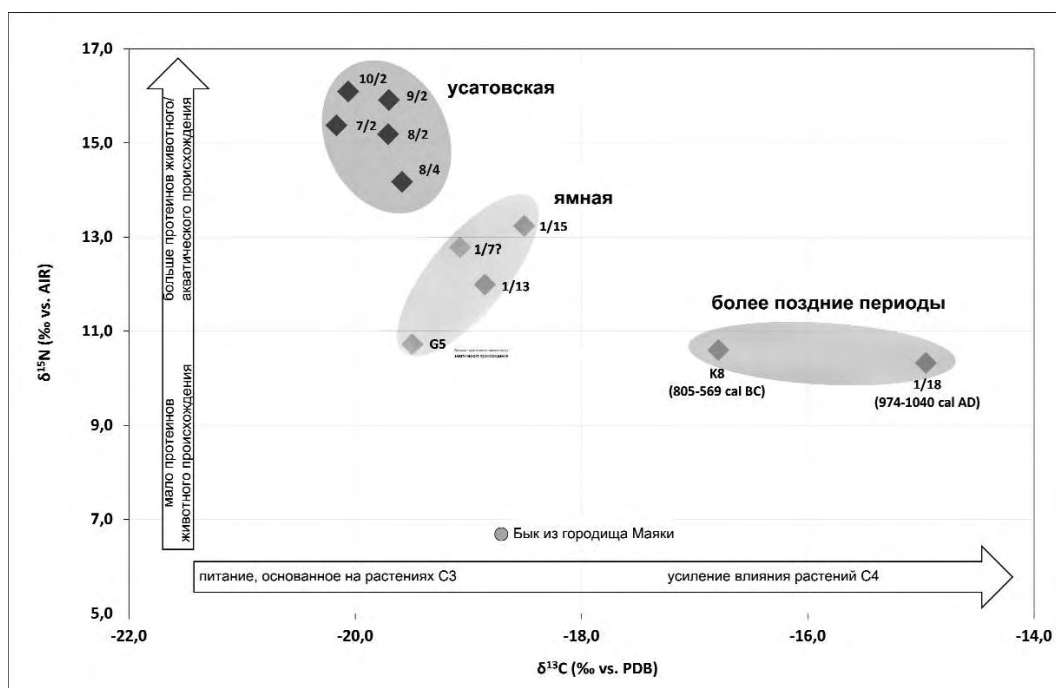


Рис. 10. Показатели $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ у исследованных индивидов и одной особи КРС из Маяк.

видов усатовской культуры показали самые низкие значения $\delta^{13}\text{C}$ (средние значения $-19,8\text{‰} \pm 0,3$ (1σ)). Пробы ямной культуры дали несколько более высокие значения в среднем $-19,0\text{‰} \pm 0,4$ (1σ). Гораздо более позитивные значения показали оба индивида более поздних эпох (в среднем $-15,9\text{‰} \pm 1,1$ (1σ)).

Данные показатели являются результатами пилотного проекта. Они крайне многообещающи в отношении расширения базы образцов. Помимо этого, для реконструкции питания людей, живших в Маяках в разное время, необходимо проводить исследования изотопов, содержащихся в разных источниках питания, растениях и животных. Единственное животное из этого же памятника, исследованное на предмет соотношения изотопов углерода и азота – бык (*Bos taurus*), показавший значения $\delta^{13}\text{C}$ $-18,7\text{‰}$ и $\delta^{15}\text{N}$ $6,7\text{‰}$ (таб. 2, ил. 10). Однако лишь этого недостаточно для каких-либо выводов, поэтому для сравнения мы приведем показатели изотопов из других исследований. Иакумин и др. провели исследования шести особей КРС, давшие в среднем показания $\delta^{13}\text{C}$ $-20,8\text{‰} \pm 0,5$ и $\delta^{15}\text{N}$ $6,6\text{‰} \pm 1$ (1σ) (Iacumin et al. 2004). Однако оба памятника, из которых были взяты пробы – Бугор и Бильшивцы – находятся на расстоянии сотен километров от Маяк и не являются оптимальными для сравнения. К. Приват исследовала в своей диссертации КРС из различных памятников региона Северного Причерноморья (Privat 2004). Для них приводятся средние значения $\delta^{13}\text{C}$ $-19,4\text{‰} \pm 0,5$ и $\delta^{15}\text{N}$ $7,2\text{‰} \pm 0,7$ (1σ). При условии увеличения $\delta^{15}\text{N}$ 3–5‰ (ср. Lee-Thorp 2008) для более высокого трофического уровня, для потребителей мяса значения $\delta^{15}\text{N}$ могут находиться приблизительно между 10 и 12‰ (Hedges, Reynard 2007). В этот диапазон попадают оба индивида, датируемые более поздними периодами, а также две пробы ямной культуры (рис. 10).

Памятник	Культура	^{14}C -датировка	археозоологическое определение	Номер пробы	% Коллаген	C:N	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB)	1σ	$\delta^{15}\text{N}$ (AIR)	1σ	Номер пробы	Определение зуба	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2σ
городище			Бык (<i>Bos taurus</i>)	МА 64	5,2	3,2	-18,7	0,1	6,7	0,1	MG 1a	моляр, коронка	0,709711	0,000007
											MG 1b	моляр, середина	0,709692	0,000006
											MG 1c	моляр, шейка	0,709662	0,000006
											MG 1d	моляр, дентин	0,709469	0,000007
городище			Лошадь (<i>Equus caballus</i>)								MG 2a	моляр, коронка	0,709885	0,000006
											MG 2b	моляр, середина	0,709931	0,000007
											MG 2c	моляр, шейка	0,709967	0,000007
											MG 2d	моляр, дентин	0,709602	0,000007
городище			Овца/коза (<i>Ovis/Capra</i>)								MG 3a	моляр, коронка	0,709620	0,000007
											MG 3b	моляр, середина	0,709684	0,000007
											MG 3c	моляр, шейка	0,709655	0,000007
											MG 3d	моляр, дентин	0,709503	0,000007

Таб. 2. Результаты анализов изотопов углерода, азота и стронция исследованных животных из Маяк.

Остальные два индивида ямной культуры, а также прежде всего усатовской культуры, могут быть охарактеризованы гораздо более высокими значениями $\delta^{15}\text{N}$. Это можно объяснить потреблением большого количества мяса и/или дополнительным употреблением ресурсов водного происхождения. Морские ресурсы, вероятно, можно исключить, т.к. для морской рыбы и прочих морских организмов характерна комбинация повышенного содержания углерода и азота, о чем уже было сказано выше. Более низкие значения азота у обоих индивидов поздних эпох (К8 и погребение 18 кургана 1) позволяют предположить, что более высокие показатели углерода можно связать скорее с дополнительным потреблением C_4 -растений (с характерными значениями $\delta^{13}\text{C}$ составляющими ≥ -16) (Alt et al. 2012, 131 Tabelle 4), нежели чем с употреблением морской рыбы (Katzenberg 2000). Сочетание низкого соотношения углерода и повышенного соотношения азота, характерного для всех индивидов усатовской культуры, может, напротив, служить указанием на крайне высокое потребление мяса и/или пресноводной рыбы (Dufour et al. 1999). Пресноводные ресурсы в эпоху энеолита, в отличие от последовавших периодов, могли иметь большое значение. Основопологающими изменениями в способе хозяйствования также можно попытаться объяснить обнаруженные различия в соотношении изотопов. Ввиду малого количества референтных проб археологических материалов, можно лишь предполагать, чем вызваны эти различия. Например, переходом от специализированного на содержании мелкого рогатого скота способа хозяйствования усатовской культуры к скотоводству, которое основывалось на содержании крупного рогатого скота в бронзовом веке. Исследования К. Приват и П. Иакумина и др. показали, однако, что, скорее, это невозможно, поскольку $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ овец/коз и КРС практически идентичны (Privat 2004; Iacumin et al. 2004).

Поэтому результаты анализов изотопов углерода и азота позволяют предположить, что для проб усатовской культуры энеолита следует учитывать резервуарный эффект, о чем было упомянуто выше в связи с радиоуглеродными датировками и останками рыб в заполнении рвов Маяк.

Возможно, резервуарный эффект характерен и для некоторых проб ямной культуры. Даже если без анализов возможных ресурсов питания на памятнике Маяки не исключено, что сильно повышенные показатели изотопов азота у индивидов усатовской культуры и частично ямной культуры, возможно, являются результатом ярко выраженного потребления мяса в большом количестве, упомянутые выше многочисленные находки останков рыб могут быть аргументом в пользу этого, еще одного

важного в питании компонента. Для двух проб, датированных железным веком и средневековьем, резервуарный эффект, скорее, невозможен, т. к. сочетание высоких значений $\delta^{13}\text{C}$ и низких значений $\delta^{15}\text{N}$ можно, вероятнее всего, объяснить влиянием ресурсов питания C_4 , которое, к примеру, существовало благодаря возделыванию засухоустойчивого проса в аридном регионе Северо-Западного Причерноморья.

Сезонное пастбищное хозяйство? Исследования изотопов стронция и кислорода

На основании определенных археозоологами костей животных из разных поселений энеолита и раннего бронзового века выше уже было сказано о том, что на городище Маяки, очевидно, в раннее для степной зоны Северного Причерноморья время занимались специализированным скотоводством. Н.Я. Мерперт в его основополагающих исследованиях указывал на значение специализированного скотоводства для культурно-исторического развития восточно-европейской степи (Мерперт 1974: 12). По его мнению, этот способ хозяйствования было выгодно вести лишь в сочетании с мобильным пастбищным хозяйством. Понимание сезонного пасторализма в предистории по-прежнему является вызовом для археологии, даже учитывая тот факт, что анализы изотопов являются новым и многообещающим методом для решения подобных вопросов (например, Honeychurch, Makarewicz 2016). Основы анализа изотопов стронция описала К. Книппер (Knipper 2004). На ее исследования опирается ил. 11. Радиогенный изотоп ^{87}Sr образуется в коренной породе благодаря распаду естественного изотопа ^{87}Rb . В процессе выветривания стронций вымывается, попадая в грунтовые воды и почву, и таким образом в круговорот питания организмов. Элемент стронций откладывается у млекопитающих в костях и зубах вместо кальция. В минеральной эмали зубов соотношение изотопов стронция, попавшего с питанием в организм в период развития зубов, архивируется на всю оставшуюся жизнь. В костях, напротив, происходит постоянная, хотя и медленная перестройка в костной ткани гидроксиапатита ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, ср. ил. 8). В то время как пробы эмали зубов позволяют получить информацию об определенном геологическом регионе, в котором человек жил в детстве и ранней юности, пробы костной ткани служат источником информации о месте пребывания человека в последние годы его жизни (рис. 11).

В отличие от изотопов углерода, азота и кислорода, соотношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в пробе не соотносится со стандартом, а дается непосредственно. Многочисленные исследования, использовавшие этот метод для реконструкции мобильности человека и животных, показали, что, хотя знание геологических коренных пород в регионе исследования и является основополагающим, его недостаточно в качестве сравнительного материала для проб. Вместо этого необходимо найти значения биологически доступного стронция. По возможности, в исследование нужно включать и другие референтные пробы, например, воду, растения, дентин постоянно живущих на этом месте животных и т. п. из исследуемого региона (Knipper 2004).

Помимо анализов изотопов углерода и азота для избранных индивидов из Маяков были сделаны анализы изотопов стронция, чтобы получить дополнительный индикатор образа жизни и способа хозяйствования (табл. 1, рис. 12). Для этого была пополнена серия проб усатовской культуры. Помимо проб, уже названных в связи с



Рис. 11. Принцип анализа изотопов стронция для исследования мобильности (изменено по Knipper 2004: Abb. 8)

абсолютной датировкой и анализами стабильных углерода и азота, были отобраны пробы из погребения 6 (2 индивида) и погребения 8 кургана 8, а также погребения 1 кургана 6 некрополя Маяки.⁹

Что касается соотношений изотопов стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), также были установлены различия между культурными и временными группами, имеющие значение для статистики; однако следует указать на малое количество проб. Девять индивидов усатовской культуры варьируются между 0,70929 и 0,70957 и дают среднее значение $0,70946 \pm 0,00021$ (2σ). Несколько более высокое среднее значение $0,70961 \pm 0,00015$ (2σ) получилось при анализе двух проб, датированных поздними периодами. Еще более высокое среднее значение $0,70978 \pm 0,00021$ (2σ) получилось для обоих индивидов ямной культуры. Разница между этими значениями крайне невелика, однако в этом регионе из-за схожей геологии на большом пространстве невозможно было ожидать значительных различий (Asch 2005). По причине диагенетических изменений, т.е. переработанных при хранении в грунте $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -соотношений (Norpe et al. 2003; Trickett et al. 2003) в образцах дентина трех зубов животных (быка, лошади и овцы/козы) дали первые исходные данные, от которых можно ожидать локальный $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -сигнал для Маяк (рис. 12; таб. 2). Среднее значение трех проб дентина составляет $0,70953 \pm 0,00007$ (2σ) и, таким образом, оно схоже с большинством значений, измеренных у индивидов усатовской культуры. Поэтому можно предположить, что носители усатовской культуры жили на месте или же добывали пищу в непосредственной близости от поселения. Оба индивида ямной культуры, напротив, показали в своих $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -значениях небольшие отклонения, что можно, вероятно, воспри-

⁹ Эти погребения подробно опубликованы (Патокова и др. 1989: 66–67 рис. 26, 1–6; 70–72, рис. 27, 11–13; 28, 1.8–12).

нимать как признак использования других пастбищ или территорий, или же как изменение способа хозяйствования. Однако различия слишком незначительны, а база данных еще слишком мала для того, чтобы делать однозначные выводы. В особенности $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -значения, полученные при анализах зубной эмали¹⁰ трех животных – быка, лошади и овцы/козы, схожие со значениями людей ямной культуры и более поздних периодов, предостерегают от придания чрезмерного значения малым различиям. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -значения в эмали овцы/козы и быка даже совпадают со значениями человеческих индивидов ямной культуры и двух более поздних периодов (табл. 2, рис. 12). Соотношения изотопов стронция в зубной эмали лошади являются, напротив, самыми высокими и, соответственно, слегка отличаются от зубов людей. Для всех трех животных можно было установить лишь небольшую $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -вариацию среди исследованных срезов зубной эмали, что можно понимать как указание на незначительные различия по временам года. Но благодаря результатам изотопии стронция, дополняющим результаты анализов изотопов углерода и азота, стало возможным распознать некоторые признаки различного ведения образа жизни и хозяйствования между отдельными культурными группами в разные периоды.

Результаты исследований К. Герлинг привели к созданию нового проекта, который в данный момент разрабатывается в рамках кандидатской диссертации М. Ризенбергом. Он исследует зубы животных, прежде всего овец/коз, из поселения Маяки на предмет соотношения изотопов кислорода и стронция. Основой данного

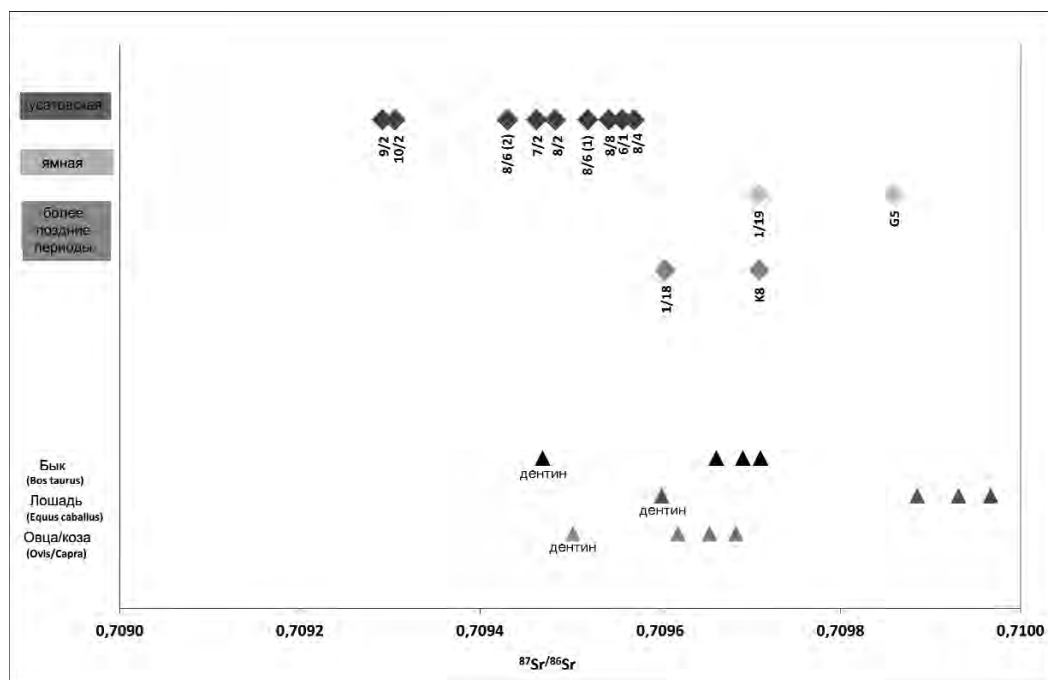


Рис. 12. Показатели $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ у исследованных индивидов и у животных, использованные в качестве референтных данных.

¹⁰ Пробы были взяты из трех разных мест на зубах животных – коронки, середины и шейки, чтобы охватить всю ось роста зубной эмали.

проекта является предположение о том, что значения изотопов упомянутых элементов при ведении мобильного пастбищного хозяйства можно распознать на длиннокоронковых зубах. В длиннокоронковых зубах диких, а также таких полезных животных, как, например, овца/коза и КРС, в соответствии с их специфической продолжительностью роста, могут сохраняться сигналы изотопов приблизительно до целого года жизни.

Для исследования изменений питания животного в разные времена года хорошо подходит секвенционный анализ зубной эмали (рис. 13). В противоположность кости, этот материал из-за своей плотной структуры довольно нечувствителен к диagenетическим изменениям почвы, и поэтому в нем сохраняются исходные сигналы изотопов, например, кислорода и стронция, из времени жизни индивида.¹¹ Благодаря дальновидному архивированию Владиславом Петренко археозоологических материалов, стало возможным проведение анализов для Маяк. Секвенционному анализу на предмет соотношения изотопов кислорода были подвергнуты вторые и третьи коренные зубы овец/коз, которые передают сигнал первого и второго годов жизни (Knipper 2010: 79) (рис. 13). Отдельные значения можно интерполировать в синусоидальную кривую, отражающую локальную температуру.

Для реконструкции сезонных различий при использовании пастбища дополнительно к изотопии стронция исследуются изотопы кислорода. Значения $\delta^{18}\text{O}$ помимо

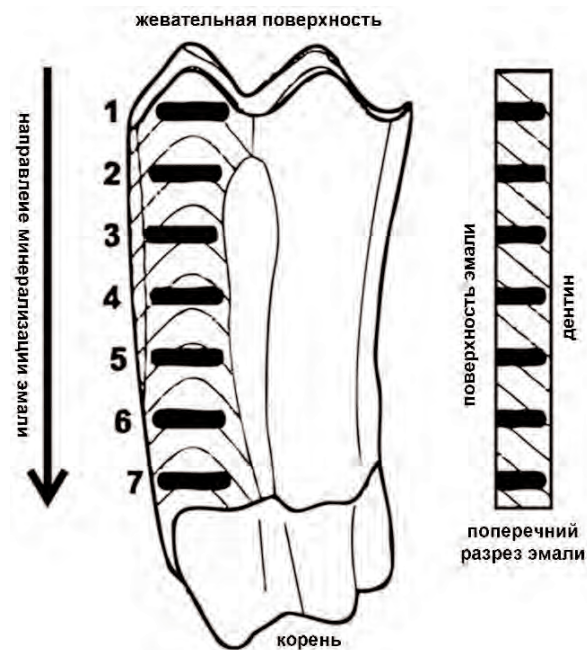


Рис. 13. Схема секвенционного анализа изотопов длиннокоронковых зубов животных (изменено по Knipper 2011: Abb. 8.6).

прочего зависят от температуры окружающей среды и осадков, поэтому благодаря им возможно понять сезонные вариации состава изотопов осадков (Knipper 2010: 78). При этом $\delta^{18}\text{O}$ -значения, содержащиеся в летнем дожде, менее негативны, чем зимой. Всасывание кислорода и связанные с этим метаболические процессы у млекопитающих очень сложны, как показывает рис. 14. Измеренные соотношения изотопов в образцах костей (рис. 8) также необходимо соотносить со стандартом и выразить как значение $\delta^{18}\text{O}$. Сложность метаболических процессов у различных млекопитающих стала предпосылкой для того, что для каждого вида млекопитающих были разработаны собственные уравнения регрессии, с помощью которых должен быть сделан перерасчет $\delta^{18}\text{O}$ -значений образцов кости.

¹¹ Основы методики опубликованы Knipper 2011: 130–198 и Pederzani, Brotton 2019.

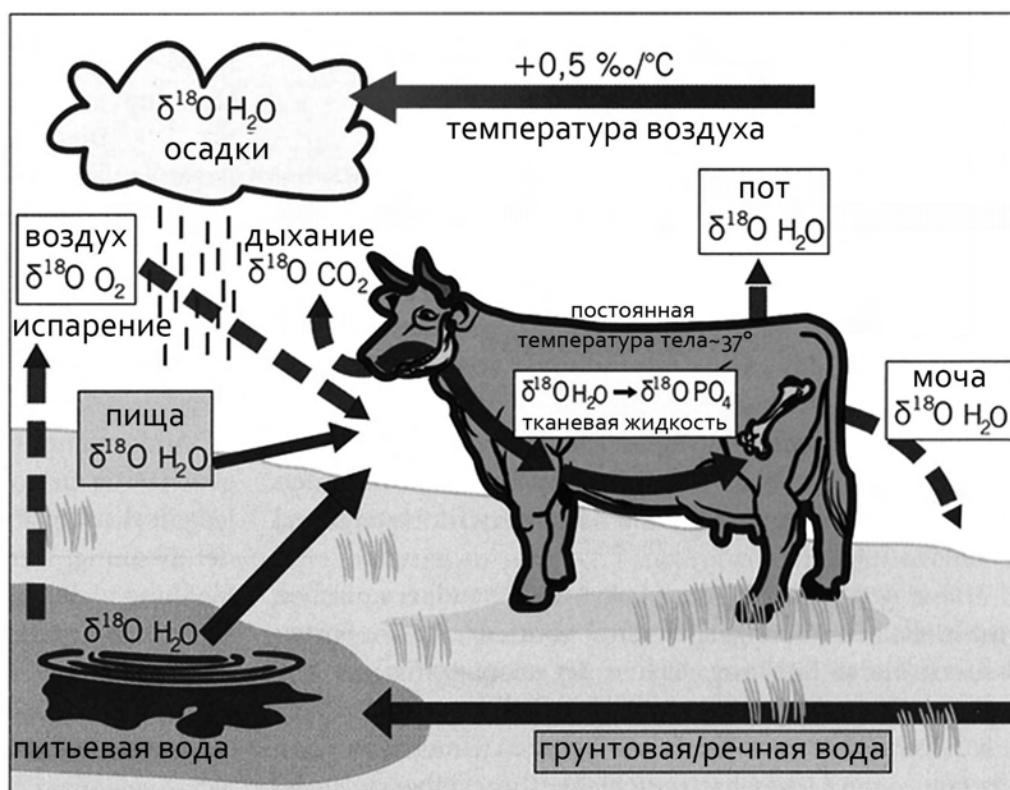


Рис. 14. Блок-схема для кислорода в крови крупного рогатого скота. Кислород, принятый крупным рогатым скотом, поступает прежде всего из питьевой воды. $\delta^{18}\text{O}$ -значения осадков (=питьевая вода) зависят от температуры воздуха и местности (из Knipper 2010: Abb. 3)

Таким образом можно прежде всего определить время рождения индивида. Оно является важным параметром для анализа вида содержания скота. В ареале минимума, который коррелирует с зимой, и максимума, соответствующего лету, на втором этапе был получен дополнительный материал для каждого образца стронция. Между этими двумя периодами смена мест при мобильном содержании скота, как правило, наиболее вероятна. Мобильность в течение года считается в соотношениях изотопов стронция.

Первые результаты соотношений изотопов кислорода исследуемых зубов показали дифференцированную картину. Как правило, и в незагороженных участках для дичи, и при традиционном содержании скота, время рождения овец и коз соответствует определенному времени года (например, Gómez-Brunet et al. 2012). На Маяках же мы видим противоположные изотопные кривые (рис. 15). Исходя из них получаются разные периоды рождения.

Такие указания на неравномерную стратегию содержания образуют основу для дальнейших возможностей интерпретации системы жизнеобеспечения усатовской культуры, но здесь они представлены не будут. Полученные значения кислорода на секвенционно проанализированных зубах животных, даже без привлечения значе-

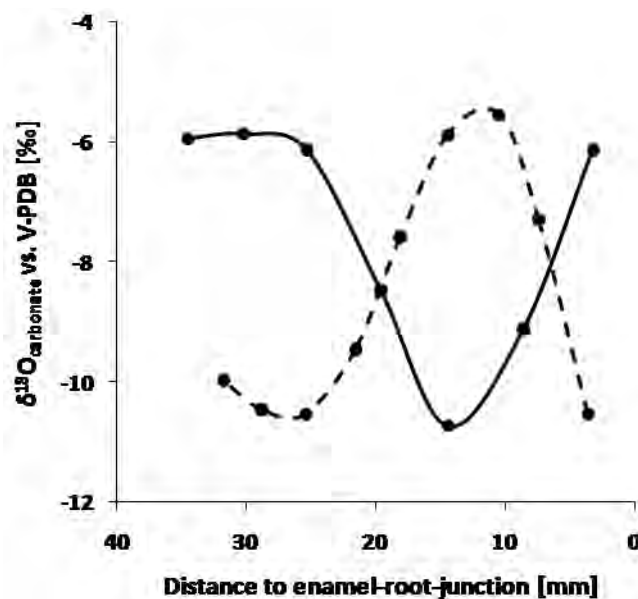


Рис. 15. В образце представлены изотопные кривые кислорода двух овец/коз из поселения Маяки. Здесь была взята проба третьего коренного зуба нижней челюсти. Отчетливо видны противоположные градиенты со смещенными друг против друга минимумами (соответствуют зимнему периоду) и максимумами (охватывают летний сезон).

ний изотопов стронция, уже позволяют получить представление о содержании скота, которое еще недавно казалось невозможным.

Выводы

Прежде всего в данной статье нам хотелось продемонстрировать потенциал изотопно-химических исследований, а также представить первые интересные и дальнейшие результаты. Для памятника Маяки были сделаны следующие важные выводы:

- Новые ¹⁴C-даты, полученные в лаборатории Оксфорда, показали влияние «старого» углерода, что, во-первых, вызывает некоторые проблемы для интерпретации, а во-вторых, открывает новые перспективы для разработки абсолютной хронологии усадовской культуры.

- Прежде всего индивиды усадовской культуры дали более древний ¹⁴C-возраст. Очевидно, именно памятник Маяки предоставляет все необходимые условия для разработки методической стратегии для количественного исследования резервуарного эффекта.

- Даже если учесть то, что количество проб в первом пилотном проекте было очень небольшим, изотопии углерода позволяют предположить, что носители усадовской культуры помимо мяса полезных животных потребляли в немалом количестве пресноводные пищевые ресурсы. Это подтверждается и многочисленными останками рыб, обнаруженными во рвах на поселении.

• Однако не только значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ показали заметные различия для трех культурно-хронологических отрезков усатовской и ямной культуры, а также двух индивидов из более поздних периодов. Соотношения изотопов стронция также отличаются. В то время как, по меньшей мере, большинство индивидов усатовской культуры предположительно жили постоянно на одном месте, индивиды ямной культуры и более поздних периодов дают отклоняющиеся показатели. Для точной оценки мобильности усатовской культуры серии образцов недостаточно!

• Оценка анализов изотопов кислорода и стронция, полученных на основании образцов зубов овец и коз, еще не завершена. Кривые значений изотопа кислорода привели к противоположным направлениями со смещенными друг против друга минимумами (соответствуют зимнему периоду) и максимумами (охватывают летний сезон). Это указывает на различные периоды рождения животных!

Хронологические и биоархеологические результаты показывают существенные различия для позднего энеолита, раннего бронзового и раннего железного века в Северо-Западном Причерноморье. Было бы вполне в духе Владислава Петренко, а также для памяти о нем, если бы представленные здесь результаты привели к дальнейшим исследованиям такого рода, чтобы начатое им предприятие успешно продолжилось и принесло пользу науке.

Литература

- Бібікова В.І., Шевченко, А.І. 1962. Фауна Михайлівського поселення // О.Ф. Лагодівська, О.Г. Шапошникова, М.Л. Макаревич, Михайлівське поселення. Київ.
- Журавльов О.П. 2008. Тваринництво та мисливство у трипільських племен на території України. Київ.
- Збеневич В.Г. 1974. Позднетрипольские племена Северного Причерноморья. Киев.
- Кияшко В.Я. 1994. Между камнем и бронзой (Нижнее Подонье в V–III тыс. до н.э.). Азов.
- Петренко В.Г. 1989. Усатовская статуэтка, найденная в Нижнем Подунавье // Археологические памятники степей Поднестровья и Подунавья. Киев.
- Мерперт Н.Я. 1974. Древнейшие скотоводы Волжско-Уральского междуречья. Москва.
- Патокова Э.Ф., Петренко В.Г., Бурдо Н.Б., Полищук Л.Ю. 1989. Памятники трипольской культуры в Северо-Западном Причерноморье. Киев.
- Петренко В.Г., Кайзер Э. 2011. Комплексный памятник Маяки. Новые изотопные даты и некоторые вопросы хронологии наличных культур // Материалы по археологии Северного Причерноморья. Вып. 12.
- Петренко В.Г., Ковалюх Н.Н. 2003. Новые данные по радиоуглеродной хронологии энеолита Северо-Западного Причерноморья // Трипільські поселення-гіганти в Україні. Тальянки.
- Підоплічко І.Т. 1956. Матеріали до вивчення минулих фаун 2. Київ.
- Секерская Е.П. 1989. Новые остеологические материалы поселения Маяки // Патокова Э.Ф., Петренко В.Г., Бурдо Н.Б., Полищук Л.Ю. 1989. Памятники трипольской культуры в Северо-Западном Причерноморье. Киев.
- Alt K., Knipper C., Held P., Nicklisch N., Fecher M., Roth C., Enzmann F., Tuckermann J., Seitz H., Polzin C., Klopfsch V., Brauns M., Pike A.W.G. 2012. Königin Editha – Ein Indizienbeweis zur Identifikation einer historischen Persönlichkeit aus dem Magdeburger Dom // Meller H., Schenkluhn W., Schmuhl B.E.H. (Hrsg.), Königin Editha und ihre Grablegen in Magdeburg. Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen, Sonderband 18. Halle.

- Ambrose S. H. 1990. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis // *Journal of Archaeological Science* 17.
- Asch K. 2005. The 1:5 Million International Geological Map of Europe and Adjacent Areas. Hannover.
- Bocherens H. 1997. Isotopes stables et reconstitution du régime alimentaire des hominides fossiles: une revue // *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 11 (3–4).
- Dufour E., Bocherens H., Mariotti A. 1999. Palaeodietary implications of isotopic variability in Eurasian lacustrine fish // *Journal of Archaeological Science* 26.
- Gómez-Brunet A., Santiago-Moreno J., Toledano-Díaz A., López-Sebastián A. 2012. Reproductive seasonality and its control in Spanish sheep and goats // *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15.
- Grupe G., Harbeck M., McGlynn G. 2015. *Prähistorische Anthropologie*. Berlin.
- Hedges R.E.M., Reynard L. 2007. Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology // *Journal of Archaeological Science* 34.
- Honeychurch W., Makarewicz Ch. 2016. The Archaeology of Pastoral Nomadism // *Annual Review of Anthropology* 45.
- Hoppe K.A., Koch P.L., Furutani T.T. 2003. Assessing the preservation of biogenic strontium in fossil bones and tooth enamel // *International Journal of Osteoarchaeology* 13.
- Iacumin P., Nikolaev V., Genoni L., Ramigni M., Ryskovk Y.G., Longinelli A. 2004. Stable isotope analyses of mammal skeletal remains of Holocene age from European Russia: a way to trace dietary and environmental changes // *Geobios* 37.
- Kaiser E. 2010. Der Übergang zur Rinderzucht im nördlichen Schwarzmeerraum // *Godišnjak Centar za balkanološka ispitivanja* 39.
- Katzenberg M.A. 2000. Stable isotope analysis: A tool for study past diet, demography, and life history // Katzenberg M.A., Sanders S.R. (Eds.) *Biological Anthropology of the human skeleton*. New York.
- Knipper C. 2004. Die Strontiumisotopenanalyse: eine naturwissenschaftliche Methode zur Erfassung von Mobilität in der Ur und Frühgeschichte // *Jahrbuch des Römisch Germanischen Zentralmuseums Mainz* 51.
- Knipper C. 2010. Die räumliche Organisation der linearbandkeramischen Tierhaltung. Beiträge von Isotopenanalysen // Meller H., Alt K.A. (Hrsg.) *Anthropologie, Isotopie und DNA – biografische Annäherung an namenlose vorgeschichtliche Skelette*. 2. Mitteldeutscher Archäologentag vom 8. bis 10. Oktober 2009 in Halle (Saale). Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle 3. Halle.
- Knipper C. 2011. Die räumliche Organisation der linearbandkeramischen Rinderhaltung: naturwissenschaftliche und archäologische Untersuchungen. *British Archaeological Reports International Series* 2305. Oxford.
- Lee-Thorp J.A. 2008. On Isotopes and Old Bones // *Archaeometry* 50(6).
- Pederzani S., Britton K. 2019. Oxygen isotopes in bioarchaeology: Principles and applications, challenges and opportunities // *Earth-Science Reviews* 188. pp. 77–107. DOI: 10.1016/j.earscirev.2018.11.005
- Petrenko V., Gerling C., Kaiser E. 2019. Majaki – ein komplexes Denkmal der Usatovo-Kultur. Isotopendaten werfen neue Fragen auf. *Eurasia Antiqua* 21, 2015 (2019).
- Price T. D. 2007. *Principles of archaeology*. Boston [u.a.].
- Privat K. 2004. Palaeoeconomy of the Eurasian Steppe: biomolecular studies. Unpublished Ph.D. Thesis. University of Oxford 2004.
- Rassamakin Ju. Ja. 2004. Die nordpontische Steppe in der Kupferzeit, Gräber aus der Mitte des 5. Jts. bis Ende des 4. Jts. v. Chr. *Archäologie in Eurasien* 17. Mainz.
- Schäuble A. 2005. Ernährungsrekonstruktion dreier mittelalterlicher Bevölkerungen anhand der Analyse stabiler Isotope und Spurenelemente. Dissertation an der Freien Universität Berlin 2005. <https://refubium.fu-berlin.de/handle/fub188/10455?show=full>

Telegin D. Y. 1986. Dereivka. A settlement and cemetery of copper age horse keepers on the Middle Dnieper. British Archaeological Reports International Series 2305. Oxford.

Trickett M. A., Budd P., Montgomery J., Evans J. 2003. An assessment of solubility profiling as a decontamination procedure for the Sr-87/Sr-86 analysis of archaeological human skeletal tissue // Applied Geochemistry 18.

Tütken T. 2010. Die Isotopenanalyse fossiler Skelettreste – Bestimmung der Herkunft und Mobilität von Menschen und Tieren // Meller H., Alt K.A. (Hrsg.), Anthropologie, Isotopie und DNA – biografische Annäherung an namenlose vorgeschichtliche Skelette. 2. Mitteldeutscher Archäologentag vom 8. bis 10. Oktober 2009 in Halle (Saale). Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle 3. Halle.

Zazzo A., Balasse M., Passey B.H., Moloney A.P., Monahan F.J., Schmidt O. 2010. The isotope record of short- and long-term dietary changes in sheep tooth enamel: Implications for quantitative reconstruction of paleodiets. Geochimica et Cosmochimica Acta 74.

Zusammenfassung

Mit diesem Beitrag gedenken wir Vladislav Petrenko, der sich um die Archäologie des nordwestpontischen Steppenraumes und des Äneolithikums in seinem engagierten Forschungsleben so verdient gemacht hat. Ihm ist im Besonderen zu verdanken, dass so bedeutende Denkmäler wie Majaki sehr sorgfältig und nachhaltig ausgegraben worden sind. Seinem umsichtigen Umgang mit dem Fundstoff ist es zu verdanken, dass Probenmaterial auch für isotopechemische Analysen bereitlag und noch immer liegt. In diesem Beitrag werden Vladislav Petrenko zu Ehren verschiedene Ergebnisse für die kupfer- und bronzezeitlichen Komplexe vom Fundplatz Majaki vorgestellt. Dazu gehören neue Radiokarbondatierungen für Gräber, die zu Untersuchungen hinsichtlich eines Reservoir-effektes für die Usatovo-Kultur geführt haben und damit zur diachronen Erforschung der Ernährungsweise im nordwestpontischen Raum. In einem weiteren Projekt wurden Tierzähne hinsichtlich der Strontiumisotopen beprobt und erste Resultate werden hier vorgestellt.

Zu den wichtigsten Rückschlüssen zählen: 1) Die neuen ^{14}C -Daten des Labors in Oxford zeigen eine Beeinflussung durch «alten» Kohlenstoff, was zum einen gewisse Probleme für ihre Interpretierbarkeit mit sich führt, zum anderen aber auch neue Perspektiven für die Erarbeitung einer absoluten Chronologie für die Usatovo-Kultur aufzeigt. Es sind vor allem die Individuen der Usatovo-Kultur, die höhere ^{14}C -Alter aufwiesen; 2) Ungeachtet der recht kleinen Probengröße legen die Kohlenstoffisotopen nahe, dass die Menschen in der Usatovo-Kultur außer Fleisch von Nutztieren zu einem nicht unerheblichen Maße auch Süßwasserressourcen konsumiert haben. Das wird zudem von den vielen Fischresten in den Gräbern der Siedlung bestätigt; 3) Doch nicht nur die $\delta^{13}\text{C}$ - und die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte ergaben sich signifikante Unterschiede für die drei kulturchronologischen Abschnitte der Usatovo-, Jamnaja-Kultur und zwei Individuen aus verschiedenen jüngeren Zeiten. Auch die Strontiumisotopenverhältnisse unterscheiden sich. Während sie zumindest für die meisten Individuen der Usatovo-Kultur eine ortskonstante Lebensweise andeuten, zeigen die Individuen der Jamnaja-Kultur und der noch jüngeren Perioden abweichende Werte; 4) Die Auswertung der Sauerstoff- und Strontiumisotopenanalysen, die anhand der Zähne von Schafen und Ziegen vorgenommen wurden, ist noch nicht abgeschlossen. Die Kurven der Sauerstoffisotopenwerte ergaben gegensätzlichen Verläufe mit den jeweils gegeneinander verschobenen Minima (entsprechen dem Winterzeitraum) und Maxima (umfassen die Sommerjahreszeit). Das weist auf unterschiedliche Geburtszeiträume der Tiere hin!

Die chronologischen und bioarchäologischen Ergebnisse lassen somit deutliche Unterschiede für die späte Kupfer-, frühe Bronze- und frühe Eisenzeit im nordwestlichen Schwarzmeerraum erkennen und beschreiben somit das Potential weiterer isotopechemischer Untersuchungen.