



# «Раскопки» в чистой зоне,

Не секрет, что в современной науке много нового и перспективного рождается на стыке разных направлений. Междисциплинарный подход, объединяя далекие научные дисциплины, дает удивительные результаты, благодаря чему даже, казалось бы, всесторонне исследованный объект может вдруг заиграть новыми красками. И спустя время научное сообщество начинает воспринимать новый научный «тандем» уже как нечто естественное и даже очевидное. Одним из таких ярких примеров является палеогенетика – область науки, не так давно родившаяся на стыке молодой, бурно развивающейся молекулярной генетики и классической археологии, история которой насчитывает не одно столетие



ПИЛИПЕНКО Александр Сергеевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий межинститутским сектором молекулярной палеогенетики Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск), старший научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН и Новосибирского государственного университета. Автор и соавтор более 70 научных работ

**Ключевые слова:** палеогенетика, древняя ДНК, древние популяции человека, генофонд, митохондриальная ДНК, Y-хромосома, миграции, анализ степени родства индивидов, новосибирский Академгородок, ИЦиГ СО РАН, ИАЭТ СО РАН.  
**Key words:** paleogenetics, ancient DNA, ancient human populations, gene pool, mitochondrial DNA, Y-chromosome, migrations, kinship analysis, Akademgorodok (Novosibirsk), ICG SB RAS, IAET SB RAS

# или Палеогенетика в новосибирском Академгородке

Название дисциплины говорит само за себя: объектом исследования палеогенетики является «древняя» ДНК, сохраняющаяся в биологических останках разного возраста. Одно из последних выдающихся достижений в этой области – открытие нового подвида древних людей, сделанное на основе анализа ископаемых останков возрастом около 50 тыс. лет, обнаруженных в Денисовой пещере на Горном Алтае. Но путь нового междисциплинарного научного направления к таким сенсациям был непростым, хотя и относительно недолгим.

Первые успешные работы по получению и анализу структуры древней ДНК из останков вымерших животных и египетской мумии вызвали настоящий взрыв интереса не только в научном сообществе, но и во всем мире (Higuchi *et al.*, 1984; Paabo *et al.*, 1985). В последующие несколько лет палеогенетики исследовали самые разные объекты, от останков не так давно умерших известных личностей и вымерших животных из музейных коллекций до окаменелых костей динозавров и насекомых из янтаря возрастом десятки миллионов лет.

Палеогенетик Александр Пилипенко осваивает археологическую науку. Венгеровский район, Новосибирская обл., 2009 г.

© А. С. Пилипенко, 2018





Однако эта волна оптимизма быстро сменилась горьким разочарованием, когда стал очевиден масштаб проблемы загрязнения древней ДНК современной, не говоря уже о ее деградации с течением времени, в результате чего даже в самых благоприятных условиях ДНК не может сохраняться дольше миллиона лет. Многие открытия были «закрыты» или подвергнуты жесткой критике, а самой палеогенетике на протяжении большей части 1990-х гг. пришлось всеми силами доказывать свое право на существование. И лишь создание четкой системы критериев достоверности полученных результатов, включающих оценку степени деградации древней ДНК, введение ряда строгих мер по предотвращению загрязнения образцов ДНК из ископаемого материала на всех этапах работы, начиная от момента обнаружения, а также усовершенствование технологии подготовки образцов для секвенирования позволили палеогенетике уже в нашем веке буквально родиться заново как полноценной науке с хорошим методологическим заделом.

## Первые шаги палеогенетики в Сибири

История становления палеогенетических исследований в новосибирском Академгородке началась с исследования мумий. Когда в середине 1990-х гг. на горном плато Укок были обнаружены погребальные комплексы пазырыкской культуры, в вечной мерзлоте прекрасно сохранились не только ткани и изделия из кожи и дерева, но и тела погребенных, руководство Института археологии и этнографии СО РАН приняло решение провести максимально широкое изучение уникальных находок с использованием всех доступных на тот момент методов естественных наук.

Так, в результате сотрудничества археологов из Института археологии и этнографии СО РАН и молекулярных генетиков из Института цитологии и генетики СО РАН в ходе реализации Международной программы комплексных исследований «Пазырык» в середине 1990-х гг. состоялось первое палеогенетическое исследование, в результате которого из мягких тканей пазырыкских мумий была выделена митохондриальная ДНК. Куратором и научным руководителем этих исследований со стороны ИАЭТ СО РАН стал академик В. И. Молодин, который вместе с Н. В. Полосьмак был одним из главных авторов открытия уникальных погребений. Со стороны ИЦиГ СО РАН работала группа под руководством М. И. Воеводы и А. Г. Ромашенко.

Вечная мерзлота на плато Укок обеспечила исключительную сохранность древней ДНК из мумифицированных останков. Но для дальнейших работ нужно было освоить палеогенетический анализ гораздо более

**Большая часть материалов в палеоантропологических коллекциях представлена костными останками, из них наиболее пригодными для проведения молекулярно-генетического анализа признаются зубы и длинные кости конечностей. Очень высокая сохранность ДНК характерна для пирамиды височной кости черепа. Останки мягких тканей и волосы лишь изредка сохраняются в особенно благоприятных условиях среды (в мерзлоте, очень сухом климате), поэтому неудивительно, что именно мумии первоначально привлекали внимание палеогенетиков. Сейчас мягкие ткани, в отличие от костей и волос, не считают хорошими источниками для выделения древней ДНК**

массового, но намного менее сохранного (в отношении ДНК) материала – ископаемых костных (скелетных) останков, что требовало освоения сложных молекулярно-генетических методов и создания особых условий для работы. Однако отсутствие соответствующей материально-технической базы в конце 1990-х – начале 2000-х гг. существенно задержало развитие палеогенетики в Новосибирске, как и в других научных центрах России, где такие попытки предпринимались.

В 2006 г. международная российско-германско-монгольская экспедиция, руководителем которой с российской стороны был академик Молодин, обнаружила и исследовала на территории Монгольского Алтая новые «замерзшие» пазырыкские погребения. Именно это открытие, получившее широкий резонанс, во многом послужило поводом для реконструкции палеогенетической инфраструктуры ИЦиГ СО РАН, и центральную роль в этом вновь сыграл В. И. Молодин, все эти годы неустанно доказывавший перспективность развития отечественной палеогенетики.

В результате в 2009 г. в новосибирском Академгородке появилась специализированная лаборатория палеогенетических исследований, которая силами двух институтов, ИЦиГ и ИАЭТ, выросла в *межинститутский сектор молекулярной палеогенетики* – хорошо оснащенное современным приборным парком научное подразделение. Одновременно сформировалась и команда молодых палеогенетиков, археологов и антропологов, исследования которых полностью сконцентрировались на анализе древней ДНК: мировой опыт убедительно показал, что из-за очень жестких требований к условиям проведения палеогенетических работ их невозможно совмещать с другими генетическими исследованиями.



Мумифицированное тело женщины из «замерзшего» погребения пазырыкской культуры. Горный Алтай, курган 1 могильника Ак-Алаха 3

Реконструкция женского костюма из могильника Ак-Алаха 3. Рис. Д. Позднякова

**Первым объектом исследования палеогенетики в мире стала ДНК из мягких тканей египетской мумии, а в Сибири – пазырыкской**

## Барабинская «бронза»

Уже в 2010 г. вышла статья, посвященная результатам молекулярно-генетического анализа «монгольских» пазырыкцев, которая стала первой отечественной публикацией по палеогенетике в авторитетном международном журнале (Pilipenko *et al.*, 2010). Одновременно новосибирские исследователи учились анализировать большие серии образцов древней ДНК, что позволяло изучать древние популяции, а не отдельных индивидов. В результате удалось подойти к реализации

давней мечты – анализу *диахронного материала*, т.е. полученного от групп древнего населения, которые последовательно сменяли друг друга на одной и той же территории. Таким образом можно непосредственно проследить, как менялся генетический состав населения со временем.

Я пришел в ИЦиГ СО РАН в качестве студента-дипломника как раз в то время, когда группа палеогенетиков работала над освоением методов получения и анализа ДНК из костных антропологических материалов. Моя дипломная работа, выполненная в 2004–2006 гг.,



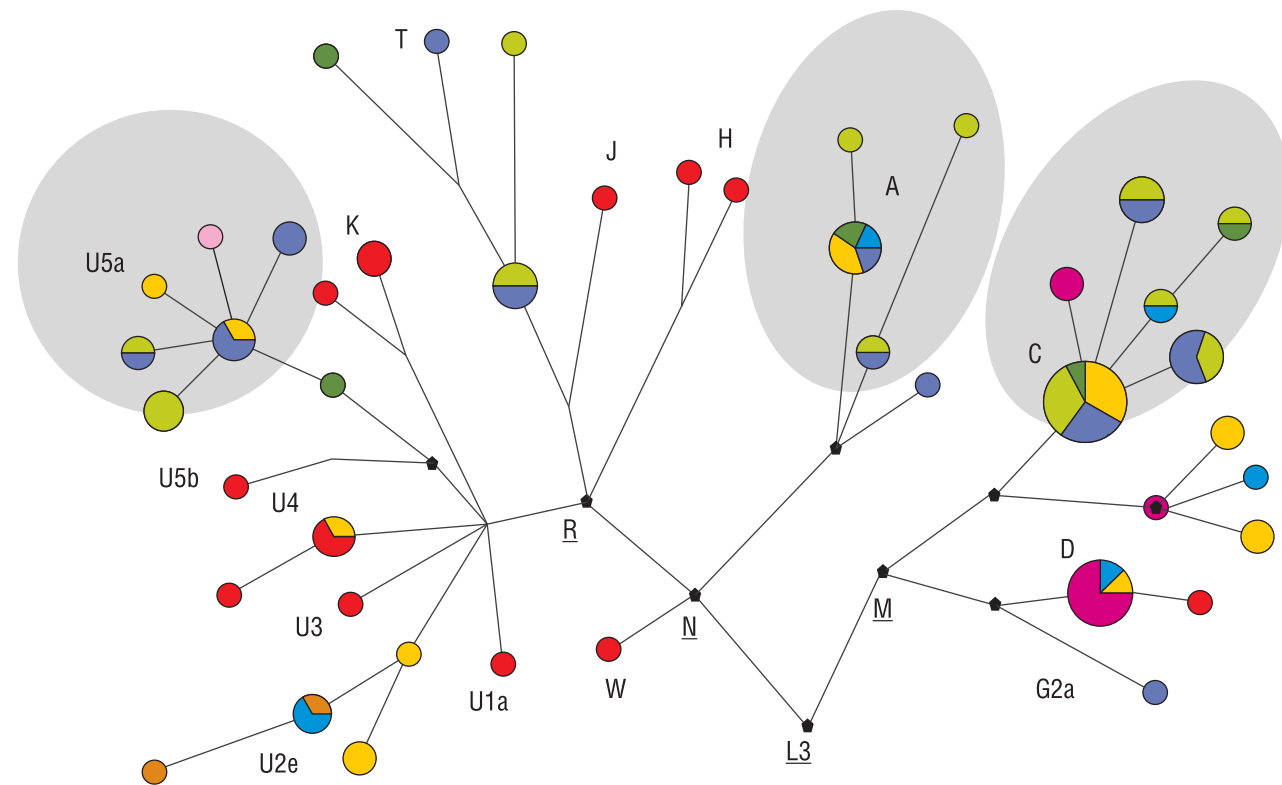


К палеогенетической лаборатории предъявляются гораздо более строгие требования, чем к обычной: высокая степень очистки воздуха, стерильное оборудование, которое не может быть использовано для других работ, специальная экипировка сотрудников, сверхчистые боксы, а также соблюдение специальных мер, предотвращающих загрязнение материала при сборе, хранении, доставке и подготовке к анализу.  
На фото: А. С. Пилипенко в палеогенетической лаборатории ИЦиГ СО РАН. Новосибирский Академгородок

была посвящена палеогенетике населения эпохи бронзы Барабинской лесостепи, которое и стало первым объектом для диахронного анализа.

Собственно говоря, вопрос о выборе подходящей модели для такого исследования даже не стоял. К этому времени В.И. Молодин на основе результатов более чем 30-летних полевых исследований разработал обоснованную классификацию этнокультурных групп Барабы эпохи бронзы. Были охарактеризованы особенности их материальной культуры и направления культурного взаимодействия с населением других регионов. И, что особенно важно, собрана уникальная коллекция палеоантропологических останков представителей населения Барабы всех хронологических этапов эпохи бронзы. Как объект для палеогенетики, эта модель имеет в мире очень мало аналогов.

Результаты первого диахронного исследования генофонда митохондриальной ДНК населения Барабы эпохи бронзы были представлены в 2010 г.



Схематическое изображение филогенетического дерева митохондриальной ДНК представителей населения Барабы различных периодов эпохи бронзы. Кругами обозначены отдельные структурные варианты мтДНК (размер круга пропорционален численности обнаруженных индивидов – носителей данного структурного варианта мтДНК). Контурами выделены группы мтДНК, маркирующие генетическую преемственность между разновременными популяциями

- Переход от бронзы к железу конец II в. до н. э.
- Ранняя кротовская культура начало II в. до н. э.
- Эпоха поздней бронзы вторая половина II в. до н. э.
- Одиновская культура III в. до н. э.
- Андроновская культура первая половина II в. до н. э.
- Усть-Тартасская культура IV в. до н. э.
- Позднекротовская культура первая половина II в. до н. э.
- Неолитическое население VI–V в. до н. э.

на международной конференции в Берлине. Впоследствии мы тиражировали этот опыт на материалы с других территорий и других хронологических эпох, а также расширили спектр маркеров, не ограничиваясь одной лишь митохондриальной ДНК.

Общее научное руководство междисциплинарным коллективом все эти годы осуществлял Вячеслав Иванович Молодин. Именно ему мы обязаны тем, что в основу работы нашего подразделения лег принцип тесного взаимодействия генетиков и археологов на всех стадиях исследования, от выбора модели и соответствующих антропологических материалов до «исторической» интерпретации полученных молекулярно-генетических данных. Взаимопонимание между специалистами далось нелегко и потребовало не только многочисленных дискуссий и совместных докладов на семинарах, но и обязательных выездов «в поле». И оно того стоило: мы получили одну из немногих в России лабораторий, способную на проведение полного цикла палеогенетических исследований.

## Если партнеры, то на равных

Наука не стоит на месте, и палеогенетика не исключение: требования к оснащению лаборатории, используемым технологиям и методам постоянно ужесточаются. Сейчас наша лаборатория занимает отдельный двухэтажный корпус, где оборудована большая чистая зона. Благодаря этому мы можем не только сами проводить масштабные исследования, но и работать по принципу ЦКП (центра коллективного пользования), помогая другим археологам, антропологам и генетикам в их исследованиях.

Немалый интерес к нашему подразделению проявляют и зарубежные коллеги. Отношение к международному сотрудничеству у нас особое: мы признаем только реальное и равноправное сотрудничество, когда каждая из сторон вносит в исследование свой вклад. С самого начала мы считали важным научиться работать так, чтобы зарубежные коллеги воспринимали нас как полноценных партнеров. И эту нелегкую задачу мы полностью выполнили.





На раскопках пазырыкских курганов в Монгольском Алтае: аспирант-биолог А. Пилипенко, немецкий археолог А. Гас и академик В. И. Молодин. 2006 г. Фото В. Мильникова

### ПОЛЕВАЯ ШКОЛА ДЛЯ ГЕНЕТИКОВ

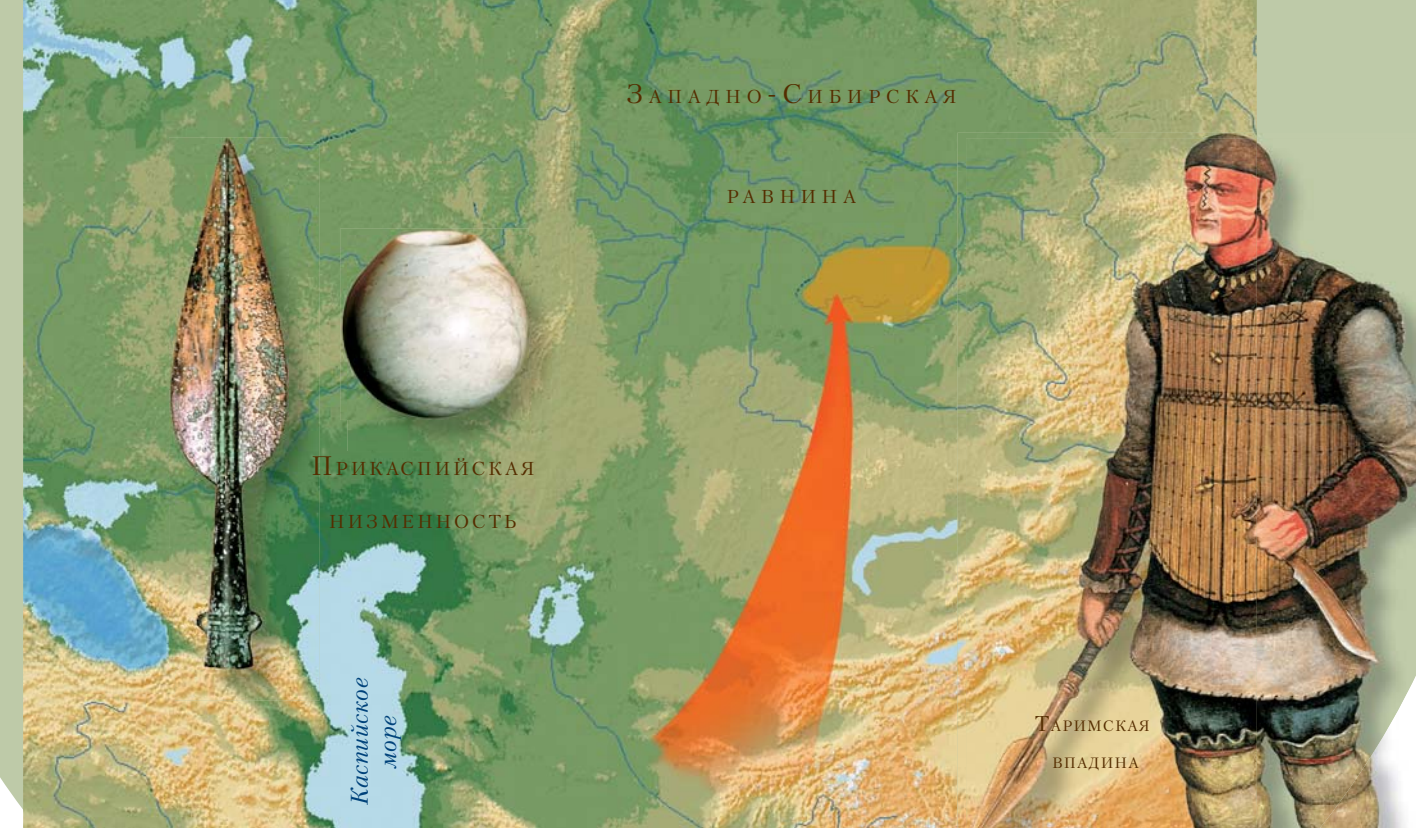
Что значит для генетиков участие в археологических экспедициях, поясню на своем примере. В первый раз выехал «в поле» в 2006 г. – это была та самая экспедиция на Монгольский Алтай, в которой были открыты новые «замерзшие» могильные комплексы пазырыкцев. Именно тогда я близко познакомился с Вячеславом Ивановичем Молодиным, моим будущим учителем, и знакомство это переросло в тесное научное сотрудничество и дружбу, которой я очень дорожу.

Поле преображает археолога. По дороге в Монголию я с удивлением наблюдал перемены, происходившие с Вячеславом Ивановичем: он очень быстро превращался из заместителя председателя Президиума СО РАН, «человека с портфелем», в увлеченного археолога-полевика, который едет заниматься любимым и главным делом своей жизни – открывать тайны прошлого. Глядя на него, я понимал, что именно поле – его «настоящий дом».

В горах Монголии я впервые увидел и прочувствовал на себе, как тяжело добываются материалы, которые

затем попадают в руки генетиков, осознал важность тесного сотрудничества с археологами, необходимость учета археологического контекста объектов палеогенетического исследования. Тогда же я понял, что нам просто необходимо выработать «общий язык», научиться свободно «переводить» с археологического на генетический, и наоборот. И это стало одним из залогов успеха всей нашей дальнейшей работы.

Помня об этом бесценном для меня опыте, я включаю в число обязательных элементов программы подготовки молодых палеогенетиков в нашей лаборатории участие в археологических экспедициях – просто отправляю их в отряд Вячеслава Ивановича, продолжающий работать в Барабе. Для меня самого и сейчас очень важно звонить Вячеславу Ивановичу «в поле», особенно когда сезон уже в разгаре и появляются первые результаты, которыми он может со мной поделиться. И после каждого такого разговора меня переполняет желание продолжать свои «раскопки» в лаборатории



Первые приметы внешнего влияния на население западносибирской лесостепи фиксируются на раннем этапе кротовской культуры (начало II тыс. до н.э.). В погребальных комплексах этого периода появляются предметы (ножи, украшения), характерные для культур Средней Азии (Молодин, 1988). Данные физической антропологии и палеогенетики свидетельствуют о том, что это влияние не сопровождалось миграцией в Барабинскую лесостепь генетически контрастного населения

В качестве примера приведем нашу совместную работу с палеогенетической лабораторией Университета им. Иоганна Гутенберга в Майнце (Германия), и другими зарубежными лабораториями. В составе этой международной команды мы выполнили масштабное исследование генофонда ранних кочевников скифского времени из различных районов степного пояса Евразии. Более трети образцов (в основном представителей пазырыкской культуры Алтая и некоторых других скифо-сибирских групп) были из Сибири. И мы не просто предоставили материал для анализа, но и выполнили свою часть экспериментальной работы (исследование генофонда митохондриальной ДНК пазырыкцев) при финансовой поддержке Российского научного фонда. Итоговую статью в *Nature Communications* мы также готовили вместе с коллегами (Unterländer *et al.*, 2017). РНФ высоко оценил эту работу, включив ее в число десяти наиболее значимых научных достижений за 2017 г.

И все-таки основным направлением для нашей лаборатории является проведение собственных палеогенетических исследований полного (от идеи до публикации) цикла. Сегодня мы работаем с материалами,

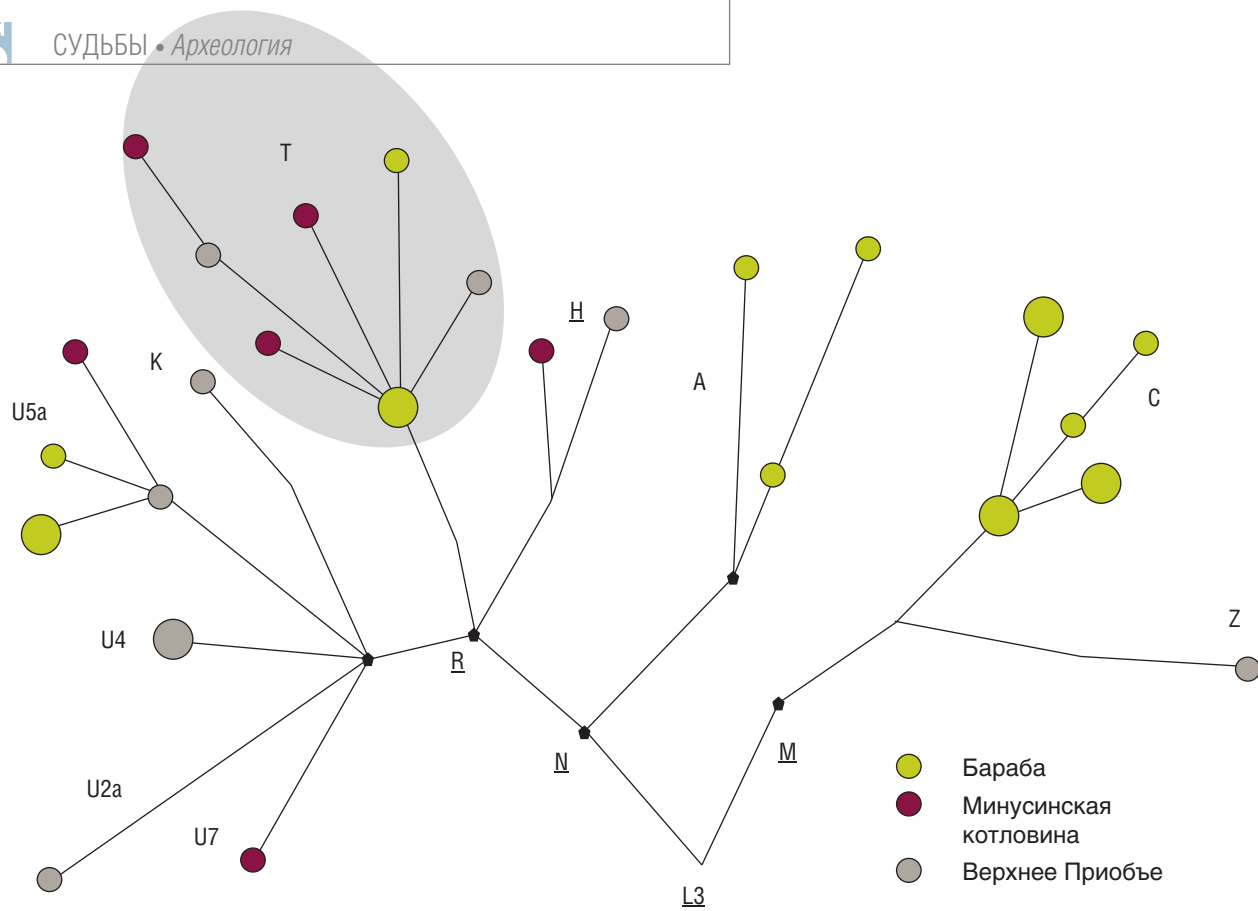
хронологически охватывающими последние 10 тыс. лет – от раннего неолита до позднего средневековья, а географически – значительную часть Сибири и сопредельные регионы. Работаем и с материалами из других регионов России, например, из Нижнего Поволжья, совместно с коллегами из Волгоградского государственного университета.

О масштабах наших работ красноречиво говорят цифры: более двух тысяч исследованных образцов древней митохондриальной ДНК и несколько сот образцов Y-хромосомы. Это одна из наиболее многочисленных в мире коллекций изученной древней ДНК – неплохо для молодой лаборатории с небольшим коллективом!

### «Вчерашний день – учитель при сегодняшнем»

Благодаря финансированию от РНФ в последние годы мы успешно участвовали в выполнении нескольких проектов по изучению миграционных процессов древности. В рамках проекта, посвященного ранним кочевникам Южной Сибири и их взаимодействию





Схематическое изображение филогенетического дерева митохондриальной ДНК представителей андроновского (федоровского) населения Барабы из различных районов юга Западной Сибири. Кругами обозначены отдельные структурные варианты мтДНК (размер круга пропорционален численности обнаруженных индивидов – носителей данного структурного варианта мтДНК). Контуром выделена гаплогруппа Т мтДНК, маркирующая миграцию андроновского населения в западносибирскую лесостепь

с западными кочевыми группами, мы исследовали ископаемые останки более 700 представителей древних популяций из разных регионов и получили данные о женском и мужском генофонде примерно десяти групп древних кочевников скифского и гунно-сарматского времени.

С 2017 г. наш коллектив работает по проекту в рамках Президентской программы РФ, посвященному изучению популяционно-генетических аспектов основных миграций, которые влияли на формирование населения южных районов Сибири в эпоху бронзы и железного века, начиная с IV тыс. до н. э. и до середины I тыс. н. э.

Мы неслучайно уделяем миграционным процессам так много внимания. Именно они способствуют формированию культурных и генетических взаимоотношений между популяциями разного происхождения, с разной культурой, иногда разделенными огромными расстояниями. Изучение исторического опыта сложных этнокультурных взаимодействий, сопровождающих миграционный процесс, является особенно ценным для такой многонациональной страны, как Россия, помогая

выработать правильные стратегии поведения. Ведь именно на недостатке объективных данных о прошлом базируются многие националистические теории, в том числе экстремистского характера. Своими работами мы можем восполнить эти пробелы, что позволит в будущем избежать многих негативных явлений, встречающихся в современном обществе.

Конечно, мы не единственные исследователи в этой области. В частности, историей популяций евразийских степей и юга Сибири интересуются и наши многочисленные коллеги из западных лабораторий. В какой-то степени мы с ними соперничаем, но благодаря особому подходу мы смогли занять свою нишу в палеогенетических исследованиях населения Евразии.

Большинство «громких» палеогенетических работ последних лет представляют собой анализ относительно небольшой серии образцов, охватывающих огромные регионы и/или хронологические периоды. Благодаря такой «масштабности» у авторов больше шансов опубликовать свою работу в журналах с высоким рейтингом, стать научной сенсацией. Обратная сторона



Реконструкция на основе антропологических и генетических данных миграционного потока носителей андроновской (федоровской) культуры в Барабинскую лесостепь (первая половина II тыс. до н. э.) показала, что на территории Барабы мигранты сосуществовали с аборигенным позднекротовским населением. Взаимодействие между ними шло не только в рамках материальной культуры (Молодин и др., 2009), но и на уровне межполювого общения, результатом которого стал «обмен генами» (Пилипенко и др., 2009)

Типичный сосуд андроновской (федоровской) культуры



медали – таким способом можно получить лишь очень грубые реконструкции сложных и многосторонних популяционных процессов. Зачастую такие работы ставят больше новых вопросов, чем дают ответов, однако до их продолжения дело зачастую не доходит.

Пусть мы работаем более «локально», зато последовательно и кропотливо реконструируем детальный механизм популяционно-генетических процессов, протекавших на изучаемых территориях. Нас интересует не только, откуда пришли мигранты, но и как они





Молодой коллектив межинститутского сектора молекулярной палеогенетики Института цитологии и генетики СО РАН. Слева направо: Черданцев С. В., Пилипенко А. С., Пристяжнюк М. С., Пилипенко И. В., Трапезов Р. О., Журавлев А. А. Новосибирск, 2018 г.

За многие десятилетия целенаправленных исследований большинство представителей групп древнего населения в той или иной степени уже хорошо охарактеризованы с точки зрения особенностей материальной и духовной культуры, демографических параметров, фенотипических признаков и т. п. Но этот огромный массив материалов остается на сегодня практически неисследованным с точки зрения молекулярной генетики

взаимодействовали с аборигенным населением. Была ли это одна большая волна миграции или много маленьких, каково было их влияние друг на друга в области культуры и на «уровне генетики», и еще масса других интересных деталей. Поэтому, по мере появления новых методических возможностей или накопления новых материалов, мы часто вновь возвращаемся к одной и той же модели. И раз за разом наше понимание прошлого меняется, становясь более полным и объективным.

Ярким примером служит – все тот же палеогенетический анализ населения Барабинской лесостепи эпохи бронзы, на котором было выполнено наше первое диахронное исследование. Тогда было изучено лишь около сотни образцов мтДНК, а сейчас у нас появилась возможность анализировать большие серии, а также исследовать мужской генофонд (по маркерам Y-хромосомы), использовать и другие генетические маркеры. В результате мы начинаем представлять процессы, протекавшие на арене древней Барабы, намного глубже, чем еще несколько лет назад.

### Скажи мне, кто твой брат

Помимо истории древних популяций, есть еще много других интересных вопросов, на которые может ответить палеогенетика. Один из ярких примеров – реконструкция пола и степени родства индивидов из археологических комплексов. Так, в свое время

много шума в прессе наделало наше палеогенетическое исследование останков из знаменитого парного погребения пазырыкского памятника Ак-Алаха-1, обнаруженного на Укоке. На основе антропологических данных предполагалось, что там были похоронены зрелый мужчина и молодая девушка, оба в полном воинском снаряжении. Это открытие долгое время рассматривалось в качестве доказательства существования пазырыкских «амазонок», но генетический анализ доказал принадлежность обоих индивидов к мужскому полу.

В целом же наши работы в этой области показывают, что степень родства погребенных в коллективных могилах или больших погребальных комплексах зачастую оказывается совсем не такой, какой представлялась ранее. И многие социальные и семейные реконструкции древних групп населения с учетом данных палеогенетики могут и должны быть пересмотрены.

Нам приходилось работать и с такими необычными материалами, как останки известных исторических личностей. Например, коллеги-антропологи из Москвы обратились к нам с просьбой подтвердить родственные связи трех поколений мужчин, погребенных в усыпальнице знаменитого губернатора Кавказа генерала Ермолова.

Еще одно интересное направление – реконструкция черт внешнего вида (фенотипа) или особенностей физиологии представителей древнего населения. Современные методы в большинстве случаев позволяют, к примеру, установить вероятный цвет глаз и волос древних людей, их способность усваивать молоко и некоторые другие характеристики.

Наконец, это исследование ДНК домашних и диких животных, останки которых находят на археологических памятниках. Для нас это возможность не только независимо проследить миграции древних животноводов, но и изучить сами процессы одомашнивания животных, оценить использование природных ресурсов в древности. А в ряде случаев мы можем реконструировать и эволюционные взаимоотношения интересных представителей животного мира, многие из которых уже исчезли с лица земли.

В заключение могу лишь сказать, что наш межинститутский сектор молекулярной палеогенетики состоялся в качестве палеогенетической лаборатории полного цикла во многом благодаря неиссякаемому оптимизму и терпению археологов, в первую очередь академика Вячеслава Ивановича Молодина, обладающего особым талантом: своим энтузиазмом и любовью к поиску нового буквально заражать окружающих.

Наша же междисциплинарная команда продолжит свои «раскопки» как в поле, так и в чистой зоне лаборатории. Мы приглашаем к сотрудничеству всех заинтересованных коллег. Кстати, в разрабатываемой сейчас стратегии развития Новосибирского научного центра – «Академгородок 2.0» – уже нашлось место для нашей молодой, но довольно самостоятельной науки, удивляющей нас все новыми открытиями.

#### Литература

Воевода М. И., Ситникова В. В., Чикишева Т. А. и др. Молекулярно-генетический анализ митохондриальной ДНК представителей Пазырыкской культуры Горного Алтая (IV–II вв. до н. э.) // Докл. Акад. Наук. 1998. Т. 358. № 4. С. 564–566.

Пилипенко А. С., Трапезов Р. О., Полосьмак Н. В. Палеогенетическое исследование носителей пазырыкской культуры из могильника Ак-Алаха-1 (Горный Алтай) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2015. № 4. С. 144–150.

Higuchi R., Bowman B., Freiberger M. et al. DNA sequences from the quagga, an extinct member of the horse family // Nature. 1984. V. 312. P. 282–284.

Krause J., Fu Q., Good J. M. et al. The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia // Nature. 2010. V. 464. P. 894–897.

Molodin V. I., Piliipenko A. S., Romaschenko A. G. Human migrations in the southern region of the West Siberian Plain during the Bronze Age: Archaeological, palaeogenetic and anthropological data / Population Dynamics in Pre- and Early History: New Approaches Using Stable Isotopes and Genetics, Berlin, 2012. P. 95–113.

Paabo S. Molecular cloning of ancient Egyptian mummy DNA // Nature. 1985. V. 314. P. 644–645.

Piliipenko A. S., Romaschenko A. G., Molodin V. I. et al. Mitochondrial DNA studies of the Pazyryk people (4th to 3rd centuries BC) from northwestern Mongolia // Archaeol. Anthropol. Sci. 2010. V. 2. № 4. P. 231–236.

В публикации использованы иллюстрации из архива В. И. Молодина и Н. В. Полосьмак, архива автора, из книги А. И. Соловьева «Оружие и доспехи» (ИНФОЛИО, 2003)

