

## Добавочные хромосомы могут быть фабрикой для образования новых генов

Сибирские ученые вместе с иностранными коллегами исследовали В-хромосомы (добавочные элементы генома) у лис, енотовидных собак, косуль, грызунов, рыб и рептилий. Генетики установили, что, в отличие от того, как считалось ранее, В-хромосомы включают целиком некоторые кодирующие белок гены, их фрагменты, а также сегменты дубликации (удвоения участков хромосом).

Детали опубликованы в нескольких статьях, спецвыпуске журнала Genes и недавно вышедшей монографии.

«Открытию В-хромосом уже больше 100 лет, их легко подсчитать с помощью обычного светового микроскопа. Они встречаются примерно у 5 % эукариот, но как случайные элементы, их число непостоянно и может варьироваться даже в пределах разных тканей у одной особи. Сейчас очевидно, что В-хромосомы — часть общей избыточности генома, характерной для ядерных организмов», — говорит заведующий лабораторией сравнительной геномики Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН кандидат биологических наук **Владимир Александрович Трифонов**.

Поскольку эти компоненты не являются необходимыми для функционирования организмов, в них могут образовываться, например, новые гены или происходить слияние фрагментов генов из разных частей генома. Существует предположение, что В-хромосомы — это своеобразный пластилин для эволюции, чтобы создать новые элементы, которые потом могут оказаться полезными для выживания.

«Мы находим одни и те же гены, связанные с цитоскелетом, мейозом, онкогенами в независимо образовавшихся В-хромосомах, например у косули и лисы. Это говорит в пользу неслучайного их попадания в добавочные элементы. Возможно, в дальнейшем при определенных условиях с них будет считываться инфор-

мация — эти гены будут транскрибироваться (с них будет синтезироваться РНК) и даже транслироваться (на матрице РНК будет синтезироваться белок). Уже показана большая роль дубликаций на хромосомах основного генома (всех остальных хромосом помимо В-хромосом. — Прим. ред.): в частности, за наличие крупного мозга человека отвечает ген, образовавшийся в новом месте генома в результате удвоения участка хромосомы», — отмечает Владимир Трифонов.

Возникновение повторов отдельных генов в В-хромосомах не вызывает заболеваний, которые возникают при появлении избыточных копий аутосом, как, например, трисомия 21-й хромосомы, известная как синдром Дауна.

«Гены, входящие в В-хромосомы, обладают вариацией числа копий, то есть их может быть больше или меньше, и это не влияет критически на работу организма. Обычно сравнивают животных с В-хромосомой и без нее, в большинстве случаев никакой разницы найти не могут. Среди сибирских косуль изучили сотни особей, и почти все они с В-хромосомами, а у европейских косуль — противоположная ситуация. Это, конечно, два разных вида, но они ничем не отличаются по своему основному кариотипу (комплекту хромосом без добавочных) и могут скрещиваться с образованием жизнеспособного потомства», — говорит Владимир Трифонов.

В дальнейших работах по исследованию В-хромосом предполагается определить, экспрессируются ли их гены, нарабатываются ли с них белки, и на каком этапе они образуются.

В июле этого года в Бразилии состоится международная конференция, посвященная только В-хромосомам. На нее съедутся со всего мира представители научных групп, занимающихся исследованиями добавочных хромосом; в программу мероприятия включены два доклада ученых СО РАН.

Работа выполняется при поддержке гранта РФФИ № 19-14-00034.

Соб. инф.

## Обская стерлядь генетически более разнообразна, чем енисейская

Ученые Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН с коллегами из Томска, Красноярска, Санкт-Петербурга и Ульяновска исследовали генетическое разнообразие стерляди в бассейнах сибирских рек и выяснили, что обь-иртышская и енисейская популяции изолированы друг от друга. В то же время разных генетических вариантов этой рыбы больше в первом бассейне, чем во втором.

Подробности опубликованы в журнале Mitochondrial DNA Part A.

Стерлядь широко распространена в евроазиатских реках от Дуная до Енисея. Исследование биоразнообразия осетровых рыб, численность которых сокращается из-за частых браконьерских выловов, позволяет создать рекомендации по восстановлению этих видов. А также реконструировать климатические изменения, из-за которых происходили миграции некоторых видов на восток в эпохи плейстоцена и голоцена. Сейчас в Волжском бассейне обитает шесть видов осетровых, а в Оби, Енисее — только стерлядь и сибирский осетр. Вероятно, последние выжили во время смены водных режимов в плейстоцене именно потому, что относятся к маломигрирующим видам.

Специалисты ИМКБ СО РАН исследовали больше 300 образцов стерляди, предоставленной сотрудниками «Госрыбцентра» и выловленной в бассейнах Оби и Енисея. По набору специфических маркеров определялось разнообразие популяции. Чтобы узнать, как изменялась ее демографическая структура во времени, ученые выделили первичную структуру митохондриального маркера ДНК стерляди. Это самая быстро эволюционирующая часть ДНК, поэтому она удобна для филогенетических реконструкций (закономерностей исторического развития живых организмов) и исследований демографической истории популяции.

В результате определения гаплотипов (совокупность разных вариантов одного и

того же гена в пределах одной хромосомы, обычно наследуемых вместе. — Прим. ред.) мы можем сказать, что обская стерлядь более разнообразна, чем енисейская. Возможно, так произошло потому, что заселение восточных регионов происходило в плейстоцене в то время, когда трансформировались водные режимы. Из-за оледенения был затруднен сток воды на север, происходили изменения течения рек. Енисейская популяция стерляди была изолирована в течение длительного времени, да и сейчас не происходит обмена с популяциями из Западной Сибири», — говорит заведующий лабораторией сравнительной геномики ИМКБ СО РАН кандидат биологических наук **Владимир Александрович Трифонов**.

Генетическое разнообразие имеет большое значение для популяции: чем сложнее система, тем она более устойчива — например, лучше противостоит внедрению паразитов и другим формам воздействия.

«Мы видим, что практически нет взаимодействия между обской и енисейской популяциями стерляди, даже в случае попыток перемещать разные линии в несвойственные им условия обитания. Вообще говоря, формы-интродуценты (привезенные из других ареалов) часто вызывают существенные проблемы в рыбном хозяйстве. Например, привнесенный ротан на Волге вытесняет местные виды, съедая их икру и молодь. С осетровыми такими проблем мы пока не наблюдаем, но тем не менее всегда даем рекомендации не смешивать рыб из разных бассейнов. Если это произойдет, то может возникнуть агрессивная форма, которая повлияет на традиционных обитателей», — объясняет Владимир Трифонов.

В дальнейших планах ученых — работа с коллегами из Европы по сравнительной характеристике генетического разнообразия всего ареала стерляди от Дуная до Сибири.

Работа выполняется при поддержке гранта РФФИ № 18-44-04007.

Соб. инф.

В 2019 году Российский фонд фундаментальных исследований поддержал проект опорного вуза Алтайского края, посвященный социокультурной адаптации древнего населения региона — андроновской культуры периода бронзового века.

В команду проекта под названием «Биоархеологические подходы к проблемам адаптации андроновского населения Алтая», которым руководит ведущий научный сотрудник лаборатории междисциплинарного исследования археологии Западной Сибири и Алтая АлтГУ кандидат исторических наук **Дмитрий Валентинович Папин**, вошли и ученые лаборатории палеогенетики и палеогеномики ФИЦ ИЦиГ СО РАН во главе с заведующим лабораторией кандидатом биологических наук **Александром Сергеевичем Пилипенко**.

«С археологами Алтайского государственного университета мы успешно сотрудничаем уже на протяжении нескольких лет. Сейчас мы реализуем большой проект по генетическому исследованию населения андроновской культуры и миграционной волны эпохи развитой бронзы. Его конечная цель — получить новые генетические данные, расширить число локально-территориальных

## Ученые выяснили, что в эпоху бронзы на юге Сибири жили голубоглазые блондины

Археологи Алтайского государственного университета и палеогенетики ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН» выяснили, что в период бронзового века значительную территорию юга Сибири населяли светловолосые и голубоглазые представители андроновской культуры.

групп андроновского населения и включить их в комплексное представление об этой группе изучаемого исторического периода. Сейчас идет очередной этап работы — отбор материала для анализа из антропологической коллекции АлтГУ. Это образцы из могильников, на которых работают археологи Алтайского государственного университета, — рассказал Александр Пилипенко. — Мы давно и целенаправленно сотрудничаем с вузом в области генетических исследований древних ДНК. Это большой цикл исследований, который, как правило, не ограничивается сроками выполнения грантов, а далеко выходит за эти рамки».

Палеогенетика позволяет по-новому взглянуть на традиционные исследования археологов. С помощью независимых методов она проверяет, тестирует выводы коллег-археологов, подтверждает их или опровергает. «В частности, изучая андроновскую культуру, мы пришли к выводу, что она лучше всего маркируется (определяется по ряду признаков) благодаря мужскому генофонду. Андроновцы отличались от представителей других культур, например афанасьевской, — это были преимущественно светловолосые и голубоглазые мужчины. Сейчас стало понятно, что именно мужской генофонд андроновской культуры, привнесенный в

эпоху развитой бронзы на юг Сибири, сыграл ключевую роль в развитии населения данной территории на протяжении нескольких тысячелетий. В то же время сценарий взаимодействия между андроновскими мигрантами и местным населением на разных территориях не был одинаковым. Где-то андроновская культура сохраняла свою специфику, например в Минусинской котловине, тогда как, например, в Барабинской лесостепи происходило активное взаимодействие с абригенами, в результате чего через несколько поколений от андроновцев здесь остается лишь несколько элементов», — уточнил Александр Пилипенко.

Также ученый отметил, что специалистов, кроме всего прочего, интересует более глубокий взгляд на популяционные генетические процессы: как андроновцы взаимодействовали с местным населением, включали ли они в свою среду местных мужчин или женщин, как это происходило на разных территориях, чем и почему отличалось. Над решением этих вопросов сейчас и работает коллектив барнаульских и новосибирских специалистов.

Пресс-служба АлтГУ