

ДНК-идентификация гидробионтов для выявления случаев фальсификации продукции и браконьерства



Руслан Шейко,
директор Института генетики и цитологии
НАН Беларуси, член-корреспондент



Александр Слуквин,
ведущий научный сотрудник Института
генетики и цитологии НАН Беларуси,
кандидат биологических наук

Разработка ДНК-технологий видовой и популяционной идентификации гидробионтов крайне актуальна: они способны повысить эффективность борьбы с экономическими и уголовными преступлениями, связанными с фальсификацией продукции из ценных видов водно-биологических ресурсов (ВБР) и браконьерством гидробионтов на территории Союзного государства, также с их помощью можно создавать, наполнять и поддерживать базы данных и банк генетических профилей по видам водных биоресурсов.

Согласно постановлению Совета Министров Республики Беларусь №962 от 15.12.2017 г. «О доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 г.» потребление рыбы и рыбопродуктов в расчете на душу населения должно быть на уровне 18,2 кг в год [1]. Для решения поставленной задачи необходима устойчивость для наращивания объемов собственного производства качественной продукции, наличие соответствующих резервов и фондов, а также гарантированный импорт до уровня рекомендуемой нормы рыбы и рыбопродуктов для жителей Союзного государства.

На 01.01.2020 г. в Республике Беларусь проживало 9,4 млн человек [2]. При этом общий промысловый вылов рыбы из водоемов и прудов в 2019 г. составил 10 962 т, или 1,2 кг на душу населения (6,6% от необходимой биологической нормы) [3].

Наименование импортируемой продукции ВБР	Объем импорта, тыс. т	Средняя цена, в долл. /кг
Рыба глубокой заморозки	87,0	1,7
Филе рыбное и прочее мясо рыбы (включая фарш)	39,3	2,0
Рыба свежая или охлажденная	18,2	6,3
Печень, икра и молоки мороженные различных видов рыб	4,5	5,2
Ракообразные	2,0	6,0
Моллюски	2,3	3,4
Каракатицы и кальмары мороженные	1,9	2,4
Живая рыба	0,027	15,0
Осьминоги живые, свежие или охлажденные	0,005	19,0

Таблица. Структура некоторых объектов импорта продукции ВБР в Республику Беларусь (данные за 2019 г.) [4]

Следовательно, имеется острая необходимость импорта рыбы, рыбопродуктов, а также моллюсков и ракообразных. По данным Белстата, в 2019 г. в нашу страну было ввезено около 1178,5 тыс. т разнообразной продукции ВБР на общую сумму 372,1 млн долл. [4] (таблица).

Основной объем приходится на рыбу глубокой заморозки, на втором месте стоит филе и прочее мясо рыбы (включая фарш), на третьем – рыба свежая или охлажденная. Несмотря на то что по объемам филе и прочее мясо стоит на втором месте, эта продукция для импортеров в целом по закупкам оказалась более дешевой, чем свежая или охлажденная рыба и другие виды ВБР, и находилась почти на одном стоимостном уровне с продукцией глубокой заморозки. Следовательно, именно в сегменте ввозимых филе, мяса и фарша возможны различные нарушения по видовому составу с подменой и фальсификацией – при покупке этой продукции в магазине или на рынке визуально трудно определить, к какому виду рыбы она относится.

В мире известны факты массовой подделки филе трески путем замены его на более дешевое – минтая, пикши, хека, путассу [5]. В США такие манипуляции чаще осуществляют с морским окунем (87% случаев) и тунцом (59%). Реже всего подменяют лосося (7%) (за исключением нерки) и морского языка (9%). С помощью молекулярно-генетических методов было доказано, что под видом филе трески продава-

лось около 40% филе более дешевых видов рыб. Кроме того, при импорте продукции с низкой ценой имеется возможность сокрытия налогов.

Фальсификация пищевой продукции – явление не новое, но в последнее время оно обращает на себя все больше внимания [6]. В 2013 г., когда сразу в нескольких европейских странах были установлены многочисленные случаи добавления в мясные продукты конины, разразившийся скандал показал уязвимость международных производственно-сбытовых производственных цепочек перед лицом организованной преступности. Были созданы национальные, региональные и международные сети и платформы, в том числе Агентство Европейского союза по сотрудничеству в обеспечении законности (ЕВРОПОЛ), содействующие в борьбе с такими явлениями, как подлог маркировки, подмена, подделка, незаконное использование товарных знаков, разведение или подмешивание.

То же относится и к рыбной продукции, которая может подвергнуться фальсификации в любом звене производственно-сбытовой цепочки, путем подложной маркировки, содержанием чрезмерного количества льда в упаковках, незаявленным или избыточным применением веществ, связывающих воду (фосфатов и др.), для увеличения веса. Основная проблема – подмена видов с целью продать дешевые как более дорогие, скрыть географическое происхождение товара, факты незаконной добычи, вылова охраняемых видов и в охраняемых районах.

Проведенные недавно масштабные исследования выявили также многочисленные случаи подлога маркировки [7, 8], что отмечено у 20–30% отобранных образцов продукции. В США так маркируется 75% рифового окуня [9], в Канаде – 41% всей поступающей в розницу рыбы [10], на юге Италии – 43% рыбного филе [11]. Чаще всего это не сопряжено с рисками для здоровья потребителей, однако случаи нанесения ему вреда все же имеют место. Под видом чистых от токсинов продаются ядовитые виды, например фугу, загрязненные гистамином скумбрия, серая макрель, рувета, рыба, содержащая сигуатоксин. Также продукция может быть поражена опасными для здоровья человека паразитами – возбудителями дифиллоботриоза, анизакидоза, эписторхоза и др. Опасны также выращенные рыбоводами экземпляры, в избыточных количествах содержащие остатки антибиотиков и удобрений, которые продаются как дикие.

В обзоре ФАО за 2018 г. предложены меры, которые должны помочь в борьбе с фальсификацией рыбной продукции: создание согласованного списка названий видов рыб, введение обязательных требований к маркировке, укрепление официальных систем контроля пищевых продуктов и управления их безопасностью, разработка комиссией специальных рекомендаций в виде Кодекса Алиментариус.

Баркодирование ДНК или ДНК-идентификация продукции даст возможность быстро и точно определить вид рыбы, но для внедрения его в практику контрольных и правоохранительных органов в странах Союзного государства необходимы такие меры как проведение научных изысканий, стандартизация методик, а также техническое оснащение и перевооружение соответствующих служб.

К сожалению, факты фальсификации рыбной продукции зарегистрированы в последнее время и на территории Союзного государства. Российская система качества (Роскачество), учрежденная в 2015 г., представила результаты исследования филе трески под 16 торговыми марками [12]. Все они имеют российское происхождение и закупались в сетевых магазинах. ДНК-анализ выявил, что ряд производителей заменяет треску более дешевой рыбой. Под торговыми марками «Штурман КФ», «Каждый день», ИП Землянский, FISH House и ARSFISH в действительности продавался минтай, а под брендом ARTFISH – пикша. Это происходит по двум причинам: стремление к получению большей прибыли и нехватка сырья. В случае, когда контракт с торговыми сетями подписан, а сезон вылова закончен, изготовитель может «грешить» подменой видов.

Современная ихтиофауна водоемов Беларуси представлена 65 видами рыб, принадлежащими к 19 семействам и 11 отрядам [13]. Из них 47 видов относятся к аборигенным (73,4% из общего количества), 18 (26,6%) – к интродуцированным. Ресурсное значение имеют около 30 видов (45%).

Анализ статистических данных промыслового вылова рыб из озер, рек и водохранилищ за последние 10 лет показывает, что около 75% уловов приходится на три вида: плотву, леща и карася, 0,8% – на долю угря, 10,5% – на крупных хищников (щука, сом, судак, жерех). В отдельных водоемах и водотоках промысловые уловы мелкого частика (плотвы, густеры, окуня, ерша) не превышают 50% от установленных квот, а около 60% запасов хищных видов

нуждаются в восстановлении. Сиговые рыбы в последние десятилетия в промысловых уловах не отмечаются. Дальнейшее сокращение количества отдельных видов (эксплуатируемые популяции изначально всегда имеют высокую численность) может привести к их исчезновению и изменению структуры водных экосистем [13].

Несмотря на то, что Государственной инспекцией по охране животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь, усилиями арендаторов водоемов, общественных организаций и населения за последние несколько лет сокращен браконьерский лов рыбы запрещенными орудиями (сети, багры, мережи, электроток и др.), такие факты имеют место.

Основной объект браконьерства в 17 прудовых хозяйствах – карп, в том числе ценные ремонтно-маточные стада селекционно-племенного материала отечественных и зарубежных пород, а также товарная рыба. Племенные стада являются основными средствами рыбоводных предприятий, и любое хищение этих рыб может нанести ощутимый ущерб.

В структуре видов, выращиваемых в аквакультуре Беларуси, имеются и ценные дорогостоящие, такие как осетровые (осетрообразные) – стерлядь, ленский осетр, белуга, бестер, американский веслонос), а также радужная форель. Случаи незаконного вылова зарегистрированы и для них. Половое созревание самок осетровых в зависимости от вида рыбы составляет от 8 до 23 лет, поэтому браконьерство наносит невосполнимый ущерб рыбоводным хозяйствам и может сорвать планы по наращиванию производства дорогостоящей пищевой продукции по программе импортозамещения. Ряд видов осетровых относится к особо охраняемым краснокнижным объектам, и их реализация, а также продукция из них (включая черную икру) строго регламентированы положениями СИТЕС. В нашей стране выращивание осетровых регулируется постановлением Совета Министров Республики Беларусь №181 от 09.03.2015 г. «О некоторых вопросах производства и реализации осетровых видов рыб и (или) икры из них» с выдачей при экспорте пищевой продукции генетического сертификата аккредитованной лабораторией.

Согласно Указу Президента Республики Беларусь №551 от 05.12.2013 г. «О внесении изменений и дополнений в указы Президента Республики Беларусь от 08.12.2005 г. №580 и от 26.04.2010 г. №200» установлены таксы в базовых величинах

для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде физическими и юридическими лицами в результате незаконного изъятия или уничтожения диких животных и вредного воздействия на среду их обитания [14].

В этой связи важной с точки зрения криминалистики является ДНК-видовая идентификация объектов ВБР. При избрании меры пресечения за незаконный лов возможны ошибки при составлении протоколов о правонарушениях и дальнейших разбирательствах в судах. Органолептические и морфометрические данные не всегда дают точную информацию, какие виды были добыты браконьерами. Так, довольно часто путают золотого карася с серебряным, штрафы за незаконный вылов которых отличаются в 6 раз. Трудно различимы внешне признаки, особенно в молодом возрасте, у таких видов, как густера, синец, лещ, сапа, плотва, жерех (штрафы от 1 до 12 базовых величин). В уловах браконьеров регистрируются также и межвидовые гибриды, подсчет ущерба по которым проблематичен без проведения точного молекулярно-генетического анализа.

Особо опасно для биоразнообразия водоемов браконьерство в нерестовый период. В это время необходимо знать не только вид, но и половой состав выловленных рыб, который в ряде случаев без использования генетических методов трудно установить.

В случае обнаружения в водоеме запрещенных орудий лова с погибшей в сетях или мережах и разложившейся рыбой или при сокрытии браконьерского улова и наличия только биологических отпечатков на руках правонарушителя, орудиях лова, в помещениях или на транспорте проведение генетических исследований позволит точно установить причиненный ущерб и привлечь нарушителя к ответственности по всей строгости закона.

Большую угрозу браконьерство представляет и для видов, внесенных в Красные Книги Республики Беларусь и Российской Федерации. Для нашей страны это стерлядь, кумжа, атлантический лосось, хариус, ручьевая форель, европейская корюшка, озерный голянь, обыкновенный усач, рыбец, речная минога и широкопалый рак. За их браконьерскую добычу в нашей стране установлены высокие штрафы – от 6 до 15 базовых величин за 1 экземпляр вне зависимости от веса и размера.

В естественных водоемах браконьерству подвержены и особо ценные и дорогостоящие промысловые виды, такие как угорь, судак,

а также наиболее распространенные щука, карась, лещ. Таксы за это на примере европейского угря (*Anguilla anguilla* L.) составляют 15 базовых величин вне зависимости от веса и размера особи. Если в 2010 г. уловы угря составляли около 30 т., то в 2019 г. – только 2,7 т. Несмотря на это и меры, принимаемые рыбоохраной, его незаконный вылов до сих пор существует [15, 16]. Европейский угорь – дорогостоящий объект на внутреннем рынке республики: цена за 1 кг живого и охлажденного составляет 40 руб. (17 долл.), а копченого – в 2 раза выше (34 долл.).

В то же время, по данным Белстата [4], наблюдается резкий рост объемов ввоза в страну мороженого угря. Если в 2017 г. его было импортировано 253 кг по цене 19 долл. за 1 кг, то в 2018 и 2019 гг. уже 3,7 и 7,7 т соответственно по цене 3 долл. Основу закупок составил новозеландский длинноплавниковый речной угорь (*Anguilla dieffenbachia*, J.E. Gray), относящийся к тому же роду *Anguilla*, что и европейский, обитающий в водоемах Беларуси и РФ. По морфометрическим признакам неспециалисту трудно определить, какой перед ним вид, а следовательно, может быть осуществлена подмена дорогой мороженой и копченой продукции из европейского угря на дешевую из новозеландского с его реализацией по завышенным ценам.

В Институте генетики и цитологии НАН Беларуси проводятся исследования по видовой и популяционной ДНК-идентификации стерляди, белуги, длиннопалого рака, острорылого атлантического осетра, ряда видов пресноводных моллюсков, пород карпа с использованием микросателлитных маркеров ядерной и митохондриальной ДНК [17–19]. Разработана методика генетической идентификации осетровых видов рыб и продукции из них, а также пород карпа *Cyprinus carpio* L., справочно-информационная система по генотипической паспортизации карпа, паспорта его лахвинской, тремлянкой и изобелинской пород, методические рекомендации «Генотипическая паспортизация пород карпа белорусской селекции (лахвинская, тремлянская и изобелинская породные группы)». Выполнены и выполняются практические работы по генетической сертификации черной икры по договорам с СП «Санта-Бремор» ООО. По двум хозяйствам (ОАО «Рыбхоз «Полесье», ООО «ТерраФиш») определена видовая чистота стерляди и ее популяционная принадлежность.

В ходе выполнения задания Государственной программы научных исследований «Биотехнологии» на 2016–2020 гг., исследовано генетическое разнообразие, видовая чистота, популяционная принадлежность, фенотипическая изменчивость и половые характеристики в единственном в стране аквакультурном ремонтно-маточном стаде белуги в ОАО «Опытный рыбхоз «Селец». При использовании 6 микросателлитных маркеров ДНК (An20, AoxD161, AoxD165, AfuG41, Aox23, Spl106), D-петли мтДНК, видоспецифичного ядерного рибосомального маркера S6 Ribosomal Protein (RP2S6), D-петли мтДНК подтверждена видовая чистота белуги в сформированном стаде, межвидовых гибридов не обнаружено. Была установлена ее волго-каспийская популяционная принадлежность (гаплотип №3 по классификации ВНИРО (РФ)). Показано, что ее генетическое разнообразие в белорусском хозяйстве (4 гаплотипа) уступает ему у доместифицированной белуги в осетровых хозяйствах Российской Федерации (5–14 гаплотипов) [20].

При финансовой поддержке БРФФИ Институтом генетики и цитологии НАН Беларуси совместно с Институтом рыбного хозяйства НАН Беларуси в 2020–2022 гг. выполняется проект «Оценка эффективности использования молекулярно-генетических маркеров хозяйственно-полезных признаков в селекционном процессе создания новой породы белорусского зеркального карпа».

Также в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси проводятся работы по поиску молекулярных маркеров для проведения идентификации европейского, новозеландского и других представителей пресноводных угрей рода *Anguilla* [21–29]. Отбор биологических образцов у европейского угря произведен на единственной в Беларуси угревой ферме на базе УЗВ в РФХ «АКТАМ-ФИШ». Осуществляется также сбор литературы по молекулярно-генетическим исследованиям основных промысловых и всех краснокнижных объектов, обитающих во внутренних водоемах на территории Беларуси и России.

Институтом генетики и цитологии НАН Беларуси планируется дальнейшая научная работа на основе метода секвенирования нового поколения по следующим направлениям:

— ДНК-идентификация ценных промысловых видов рыб (угорь, судак, лещ, карась и других), обитающих в естественных водо-

емах Республики Беларусь, с целью определения ущерба от незаконного лова рыбы;

— ДНК-идентификация особо ценных краснокнижных видов гидробионтов для криминального расследования при браконьерском вылове (9 видов рыб и 1 вид рака, внесенных в Красную Книгу Республики Беларусь);

— ДНК-видовая идентификация массовых (карп) и ценных объектов аквакультуры (осетровые, лососевые) и рыбной продукции из них (мясо, икра) для криминального расследования незаконного лова рыбы, фальсификации рыбной продукции, подсчета ущерба рыбным хозяйствам;

— ДНК-видовая идентификация опасных для здоровья человека паразитов морских и пресноводных рыб для установления причины заболевания при расследовании смертельных случаев, обусловленных потреблением человеком зараженной паразитами рыбы.

Результатом выполнения исследований будет разработка современных технологий ДНК-идентификации наиболее ценных видов ВБР и продукции из них для борьбы с браконьерством и фальсификацией пищевой продукции на рынках Союзного государства. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года // <http://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21700962>.
2. Численность населения на 1 января 2020 г. по областям Республики Беларусь // https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/ssrd-mvf_2/natsionalnaya-stranitsa-svodnyh-dannyh/naselenie_6/chislennost-naseleniya1_yan_poobl/.
3. Рыбное хозяйство // <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/rybnoe-khozyaistvo/>.
4. Импорт товаров. Раздел I. Живые животные и продукты животного происхождения // <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/vneshnyaya-torgovlya/operativnye-dannye/eksport-i-import-tovarov-g-6-znakov-tn-ved-eaes/import-tovarov/>.
5. Какие продукты в разных странах подделывает чаще всего // <https://rg.ru/2018/11/05/kakie-produkty-v-raznyh-stranah-poddelyvaiut-chashche-vsego.html>.
6. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Достижение целей и устойчивого развития. 2018 г. // <http://www.fao.org/3/i9540ru/i9540RU.pdf>.
7. Oceana. Annual report, august 2016. // <https://oceana.org/publications/reports/2016>.
8. Pardo, Miguel Ángel et al. Misdescription incidents in seafood sector // *Food control*. 2016. V.62. PP. 277–283.
9. Marko et al. Fisheries: Mislabelling of a depleted reef fish / *Nature*. 2004. №430. PP. 309–310.
10. Hanner et al. FISH-BOL and seafood identification: Geographically dispersed case studies reveal systemic market substitution across Canada / *Mitochondrial DNA*. 2011. №22. PP. 106–122.