

Природоохранная генетика



Туранов С.В.

ННЦМБ ДВО РАН

Лаб. Молекулярной систематики

Осень 2019

Природоохранная генетика — раздел популяционной генетики, изучающий динамику генетического разнообразия в целях предотвращения вымирания вида.

Простейшая мера генетического разнообразия — **гетерозиготность**, т.е. доля особей в популяции, гетерозиготных по определённому локусу (маркеру).

Низкая гетерозиготность популяции обычно сопровождается пониженной выживаемостью молоди, уменьшением возможности воспроизводимости популяции, меньшим сроком жизни особей и т.д.

Основные уровни разнообразия, определяемые
Международным Союзом Охраны Природы:

1. Гены.

2. Виды.

3. Экосистемы.

4. Генетически дивергированные локальные популяции (самый важный, комплексный).

Но есть вопрос: что сохранять - существующие паттерны популяционно-генетического разнообразия или процессы (экологические или эволюционные), их генерирующие?

- нейтральная дивергенция, вызванная фактором изоляции.
- адаптивное разнообразие.

Эволюционно-значимая единица (ESU – *evolutionary significant unit*)

может быть определена как популяция или группа популяций, которая требует отдельного управления или приоритета для сохранения ввиду своей значительной обособленности, как экологической, так и эволюционно-генетической. Одно из важнейших и наиболее сложных понятий природоохранной генетики.

Критерии:

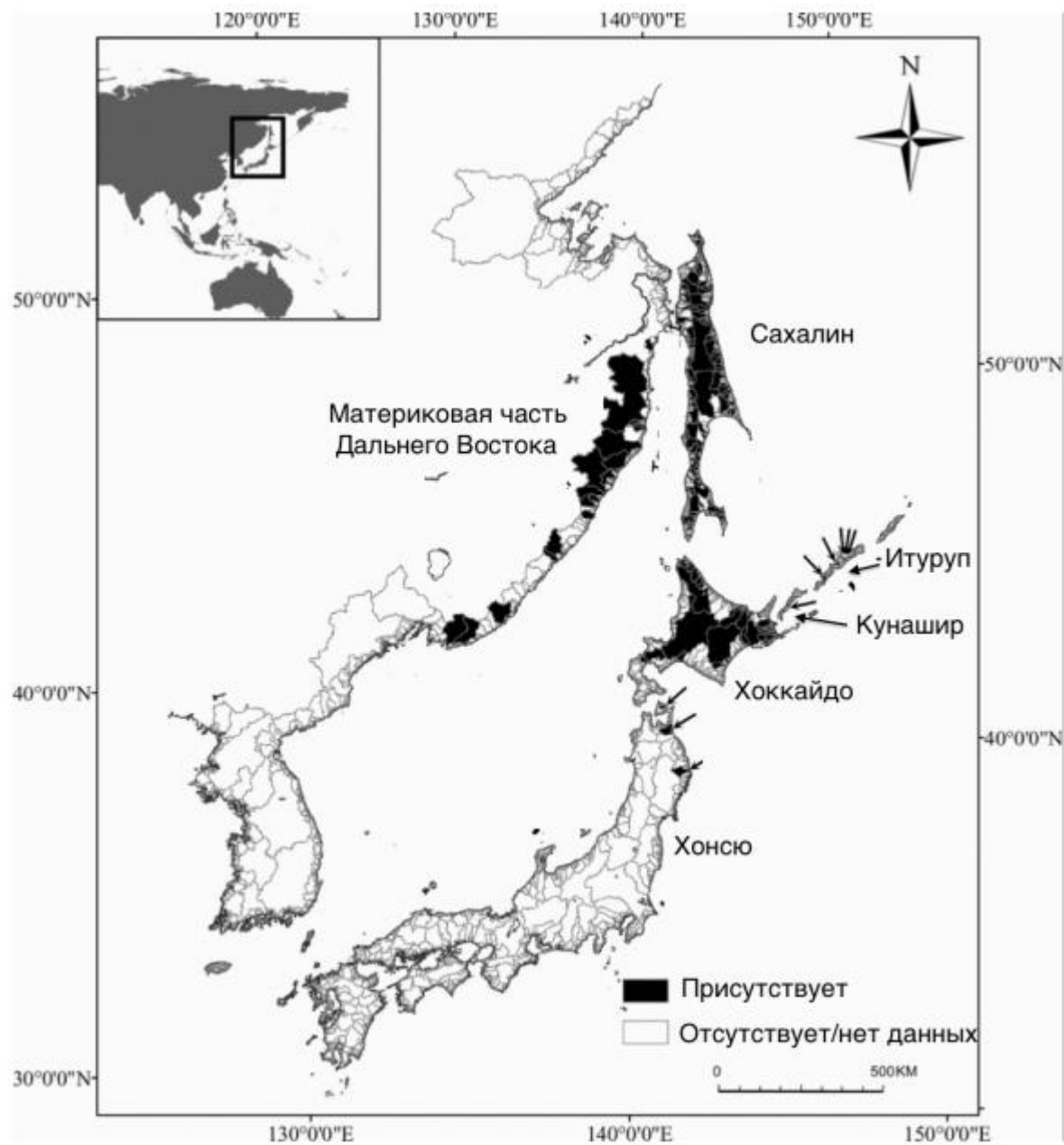
- изоляция и адаптация;
- реципрокная монофилия;
- взаимозаменяемость (если есть аутбредная депрессия — есть ESU).

Т.е. природоохранным мероприятиям должно предшествовать изучение популяционной структуры вида: кол-во субпопуляций, гетерозиготность, эффективная численность, эволюционно сложившееся соотношение внутри- и межгрупповой компонент генетического разнообразия.

Генетическая структура популяций сахалинского тайменя *Parahucho perryi* Brevoort, 1856.



Сахалинский таймень - *Parahucho perryi* Brevoort, 1856 — полупроходной (сложный характер миграций) вид лососевых рыб, эндем российского Дальнего Востока и северных японских островов. Хищник, имеет долгий жизненный цикл, низкую плодовитость. Отнесен к исчезающим видам.



Современное распространение сахалинского тайменя *Parahucho perryi*. Черным цветом выделены бассейны рек с достоверно обитающими в них популяциями сахалинского тайменя. Черными стрелками обозначены отдельные небольшие водоемы, населенные особями вида.

ПОДАРИ ЖИЗНЬ



ПОЙМАЛ — ОТПУСТИ!



САХАЛИНСКИЙ ТАЙМЕНЬ (PARANUSCHO PERRYI) Древнейший род рыб, возникший 40 миллионов лет назад, от которого ведут эволюцию все лососевые. Нерестится в реках Сахалина, Приморья и юга Хабаровского края. Нагуливается в прибрежных морских водах, протяженных миграций не совершает. Неоднократно заходит в пресную воду и обратно. Зимует в ямах крупных рек и озер. Созревает в 6-8 лет, нерест не ежегодный. Нерестится весной, икру зарывает в грунт. Типичный хищник. Вылов запрещен Правилами рыболовства. **ИСЧЕЗАЮЩИЙ ВИД!**



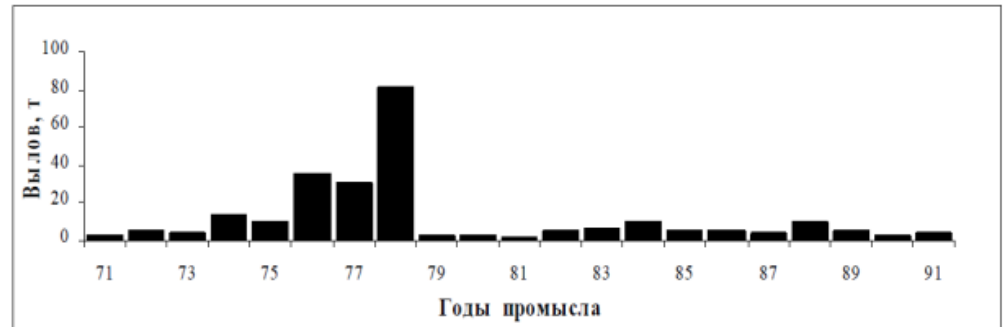


Рисунок 1.4.3 Динамика вылова сахалинского тайменя в Ныйском заливе (северо-восточный Сахалин) в 1971-1991 годах (из Сафронов, 2006).

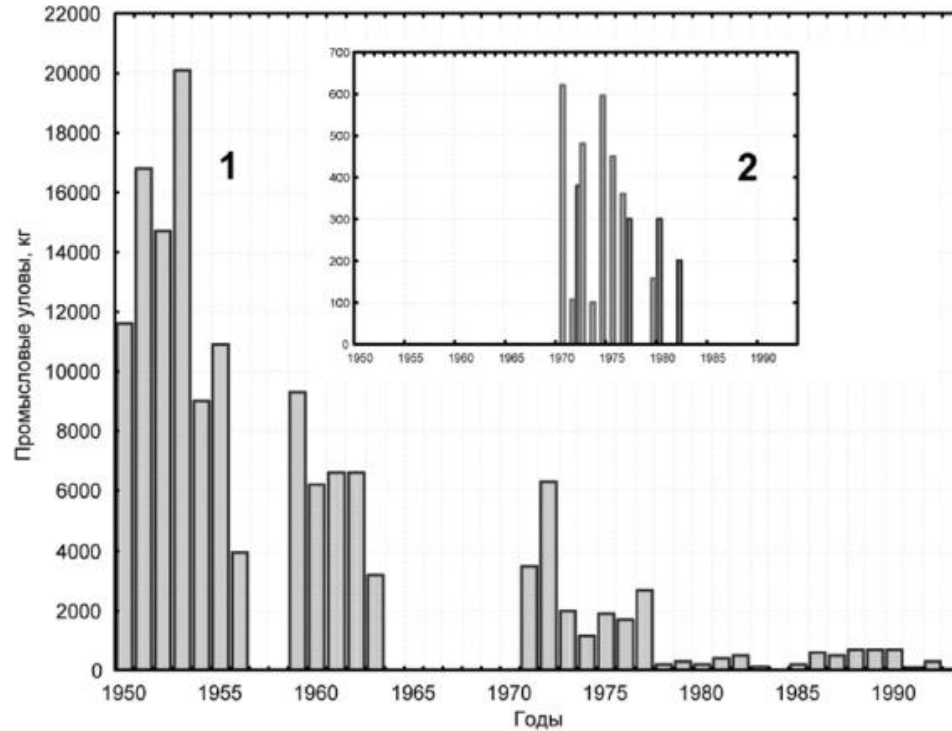


Рисунок 1.4.5. Межгодовая динамика прибрежных уловов сахалинского тайменя ставными неводами в реках материкового побережья Приморья. 1 — реки Тумнин и Коппи, 2 — реки Самарга и Киевка (из Золотухин, 2008).

Основные факторы, влияющие на сокращение численности сахалинского тайменя:

1. Изменение климата. Ареал сахалинского тайменя сильно вытянут с юга на север от относительно теплого Японского моря до сурового побережья северо-восточного Сахалина.

2. Деграция мест обитания сахалинского тайменя. Активная хозяйственная деятельность человека. Лесные пожары.

3. Браконьерский вылов и прилов сахалинского тайменя при промысле лосося. Браконьерский промысел сахалинского тайменя – основная угроза виду.

Основные факторы, определяющие популяционную структуру сахалинского тайменя:

1. Неоднородность условий среды обитания.

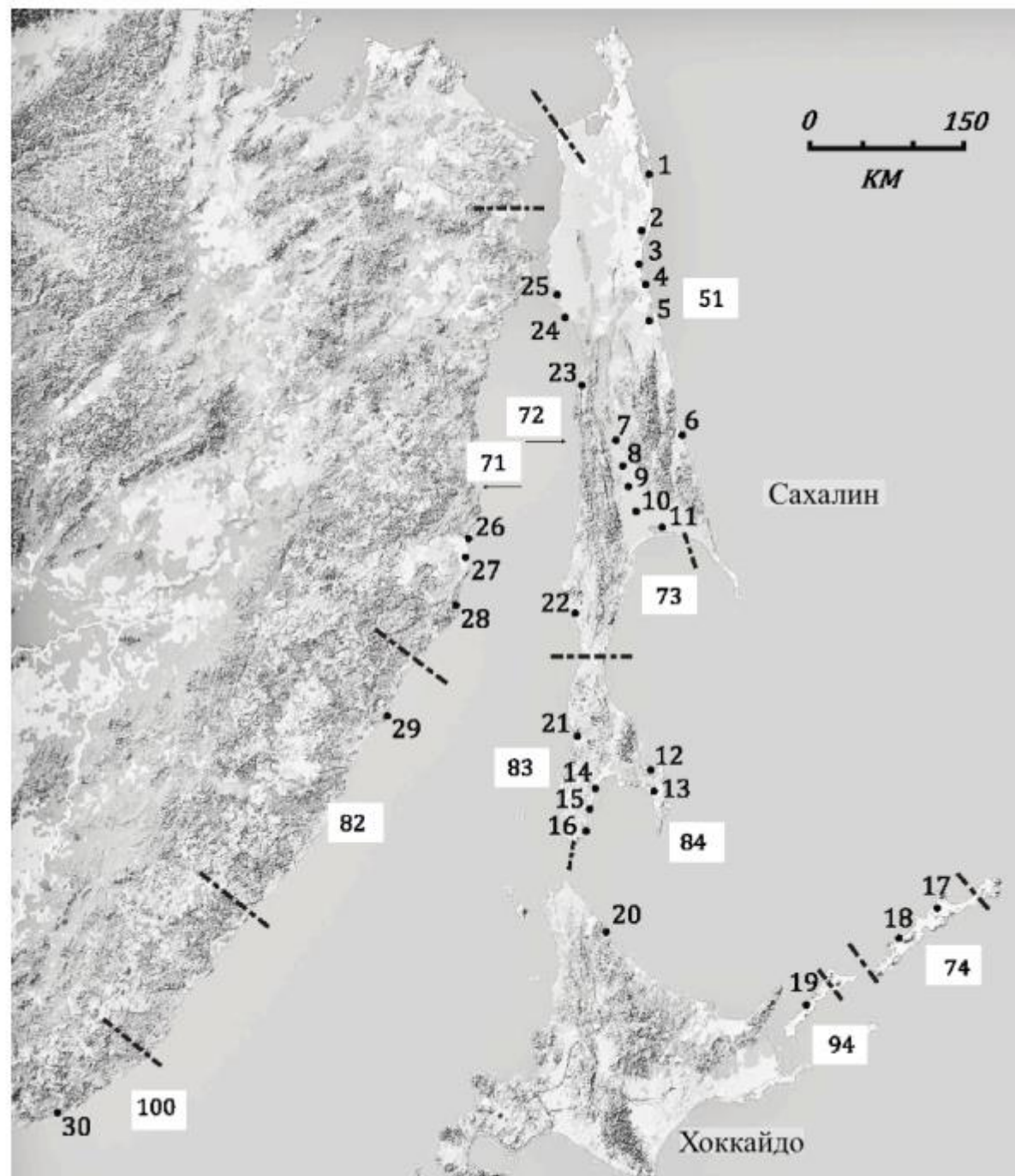
2. Хоминг и стрейнг. Особенность лососевых рыб возвращаться в «родные» реки (хоминг), но при этом поддерживать уровень миграции между реками и притоками (стрейнг). Явление не изучено (не найдено генетических маркеров, отвечающих за то или иное поведение).

3. Динамика численности разных метапопуляций.

Цель и задачи исследования. Целью данной работы является описание популяционно-генетической структуры сахалинского тайменя *Parahucho perryi* и разработка практических рекомендаций по сохранению популяционных генофондов вида на основе анализа молекулярных маркеров ДНК.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

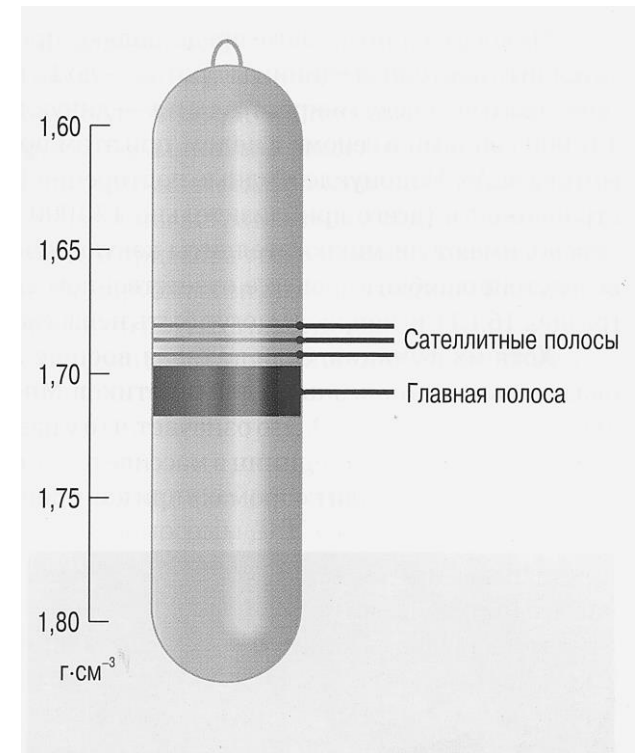
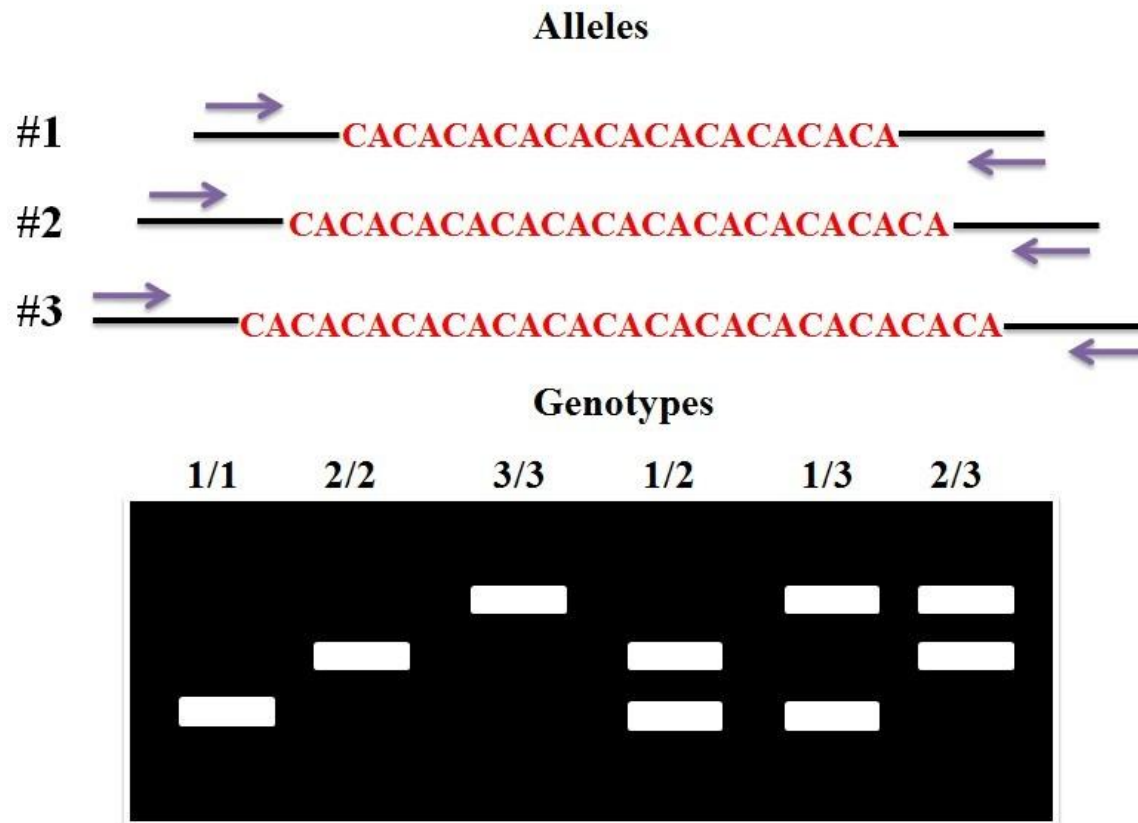
1. Разработать эффективную панель микросателлитных маркеров ДНК для анализа популяционно-генетической структуры сахалинского тайменя *Parahucho perryi*.
2. Обеспечить выборки сахалинского тайменя с большей части ареала вида.
3. Генотипировать образцы ДНК сахалинского тайменя по разработанной панели микросателлитных локусов.
4. Провести статистический анализ внутри- и межпопуляционной генетической изменчивости сахалинского тайменя по микросателлитным локусам ДНК.
5. Секвенировать последовательности участков митохондриальных генов *Co-1* и *CytB*.
6. Провести филогеографический анализ на основе полиморфизма митохондриальных нуклеотидных последовательностей.
7. Выработать рекомендации по сохранению популяционных генофондов сахалинского тайменя на основе полученных результатов популяционно-генетического анализа.



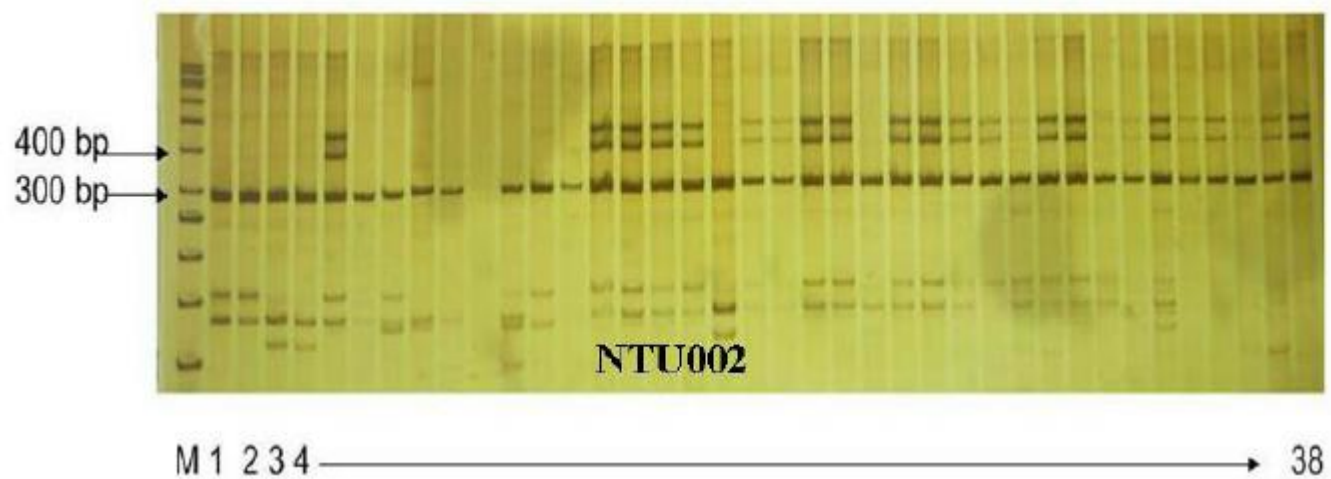
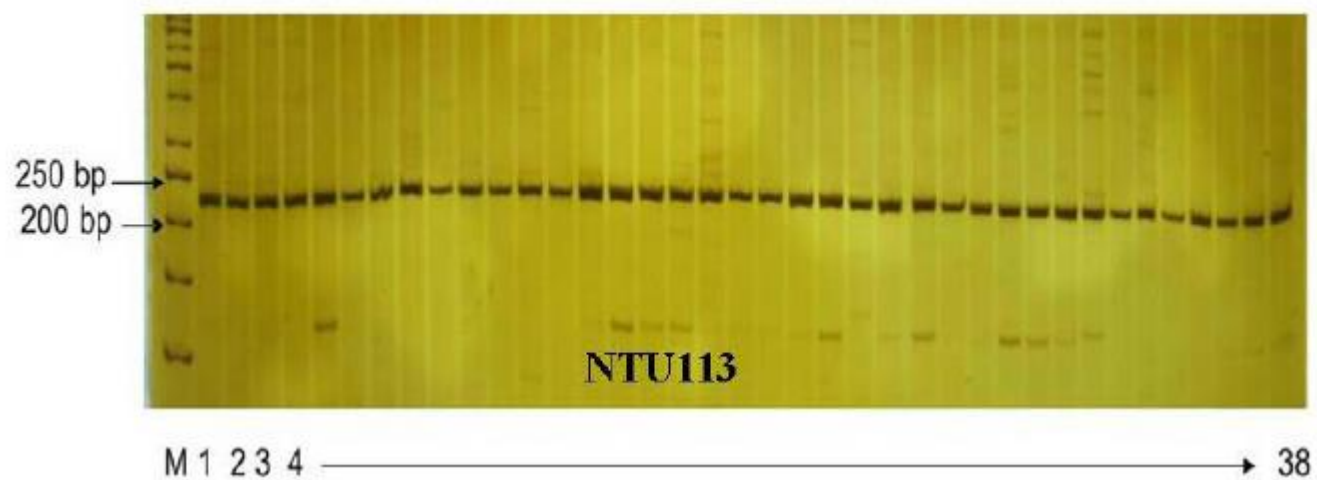
Методы

- изменчивость микросателлитной ДНК (форез в полиакриламидном геле)
- изменчивость митохондриальной ДНК (секвенирование)

Микросателлиты. Микросателлитная ДНК (VNTR, SSR, STR)



Фракционирование геномной ДНК в плавающем градиенте хлористого цезия.



Фореграммы двух микросателлитных локусов в полиакриламидном геле.

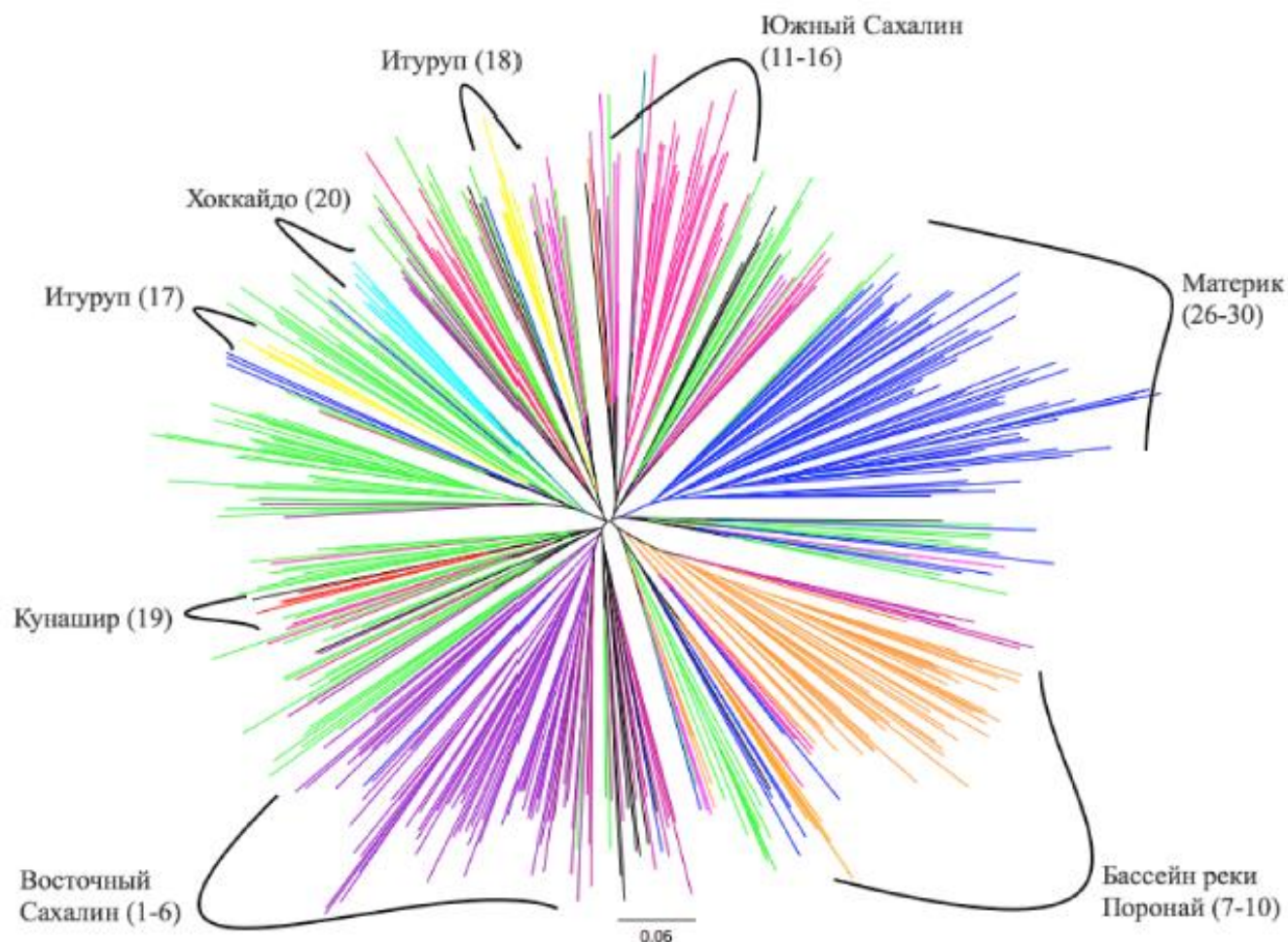


Рисунок 3.2.4. Неукоренённое дерево, построенное методом ближайшего соседства (*Neighbour Joining*) на основе матрицы расстояний *Dps* (пропорция одинаковых аллелей) между мультилокусными генотипами особей сахалинского тайменя. Цифры в скобках – номера водоемов (Рисунок 3.1.1). Подписаны наиболее плотные группы. Зеленый цвет - выборки с западного Сахалина

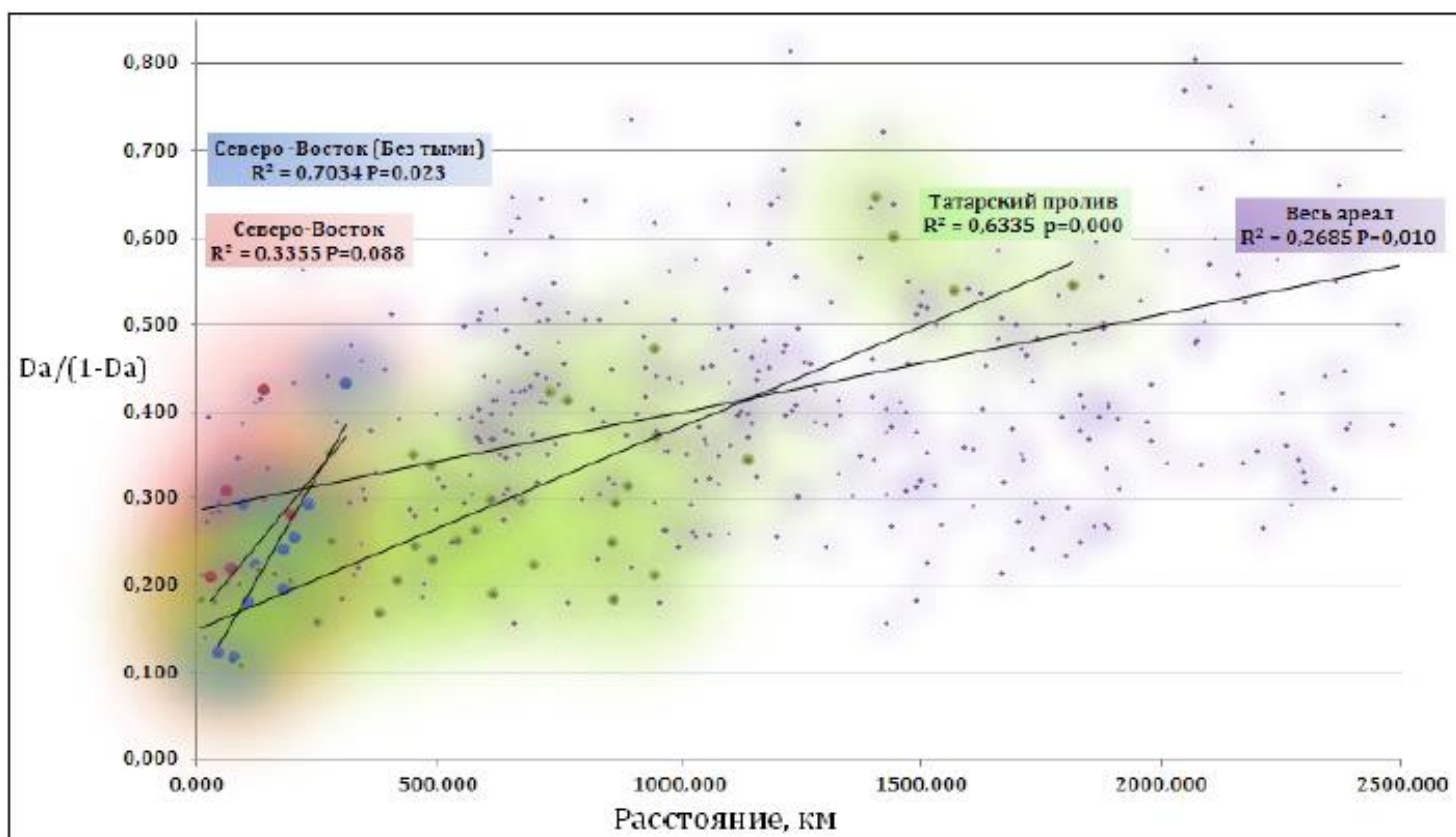


Рисунок 3.5.1. Результаты теста Мантеля на эффект изоляции расстоянием между популяциями сахалинского тайменя для всех выборок сразу, а также подвыборок для отдельных географических районов. Показаны уровни статистической значимости.

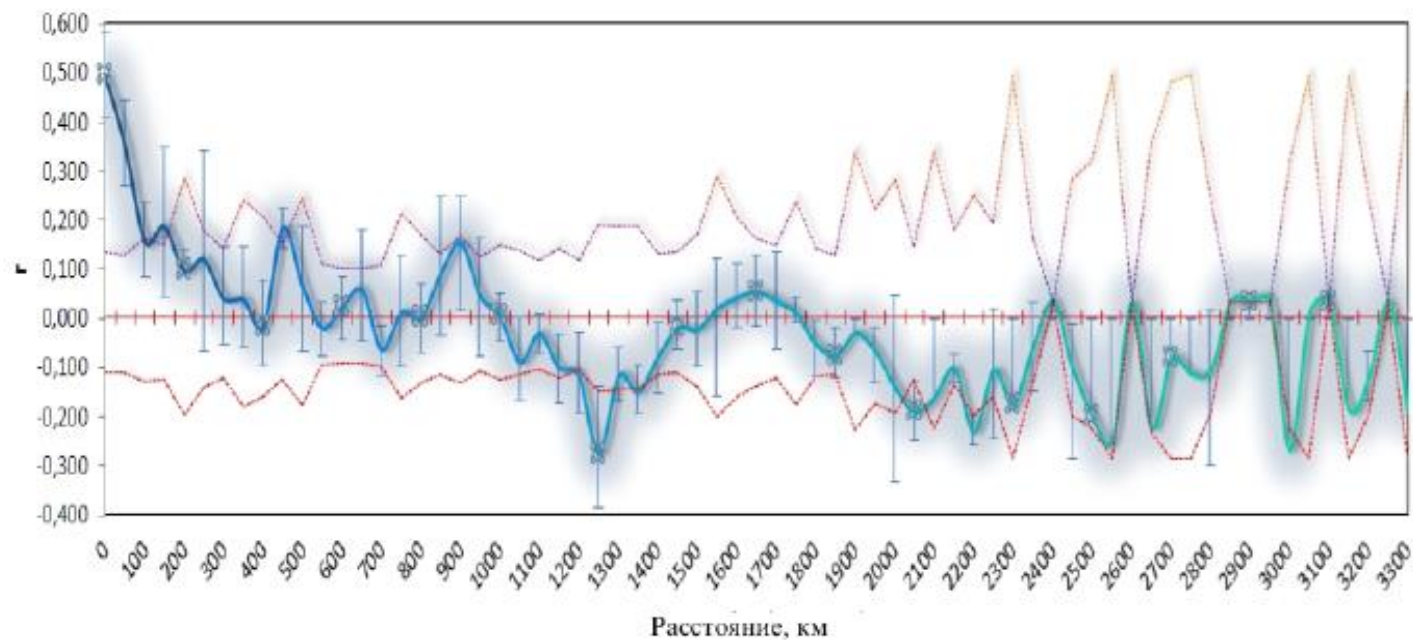


Рисунок 3.5.2. Результаты пространственного автокорреляционного анализа. Синяя линия – уровень корреляции между генетическими и географическими дистанциями. Показаны доверительные интервалы на основе 5000 бутстреп-репликаций.

В ходе работы показано, что генетическая структура сахалинского тайменя формируется **высоко дифференцированными локальными популяциями** на уровне отдельных водоемов с **возможной микрогеографической дифференциацией** на уровне отдельных нерестовых ручьев и притоков рек и озер. Несмотря на высокий уровень дифференциации между популяциями, они группируются на уровне отдельных географических экорегионов (северо-восточный Сахалин, бассейн реки Поронай, о. Итуруп, северо-западный Сахалин, материковая часть ареала вида) и **возможно связаны миграциями внутри них. Гипотеза о длительной изоляции зоогеографических групп популяций не подтверждается филогеографическими данными.**

Рекомендации к восстановлению популяций сахалинского тайменя

Таблица 4.5.2. Результат анализа возможности инбредной депрессии для популяций сахалинского тайменя по схеме из Frankham et al., 2011.

	Зоогеографические районы	Внутри зоогеографических районов
1. Таксономия разрешена?	Да	Да
2. Фиксированные хромосомные различия?	Нет информации	Нет информации
3. Генные потоки между популяциями в последние 500 лет?	Нет (уровень дивергенции между крупными регионами говорит, скорее, об их отсутствии)	Да (исходя из данных по изоляции расстоянием и анализа в программе <i>STRUCTURE</i>)
4. Значительные различия мест обитания?	Да	1. Нет 2. Да (для случаев река-озеро)
5. Популяции разделены более 20 поколений?	Да	Да
РЕЗУЛЬТАТ	Не смешивать популяции	1. Возобновить генные потоки. 2. Оценить вероятность аутбредной депрессии более детально.

Литература:

1. Юрченко А.А. Генетическая структура популяций сахалинского тайменя *Parahucho perryi* Brevoort, 1856 и вопросы природоохранной генетики вида. Автореф. канд. дис. М., 2015.
2. Allendorf F.W. Conservation and the Genetics of Populations / F. W. Allendorf, G. Luikart – John Wiley & Sons, 2007. – 642 с.

