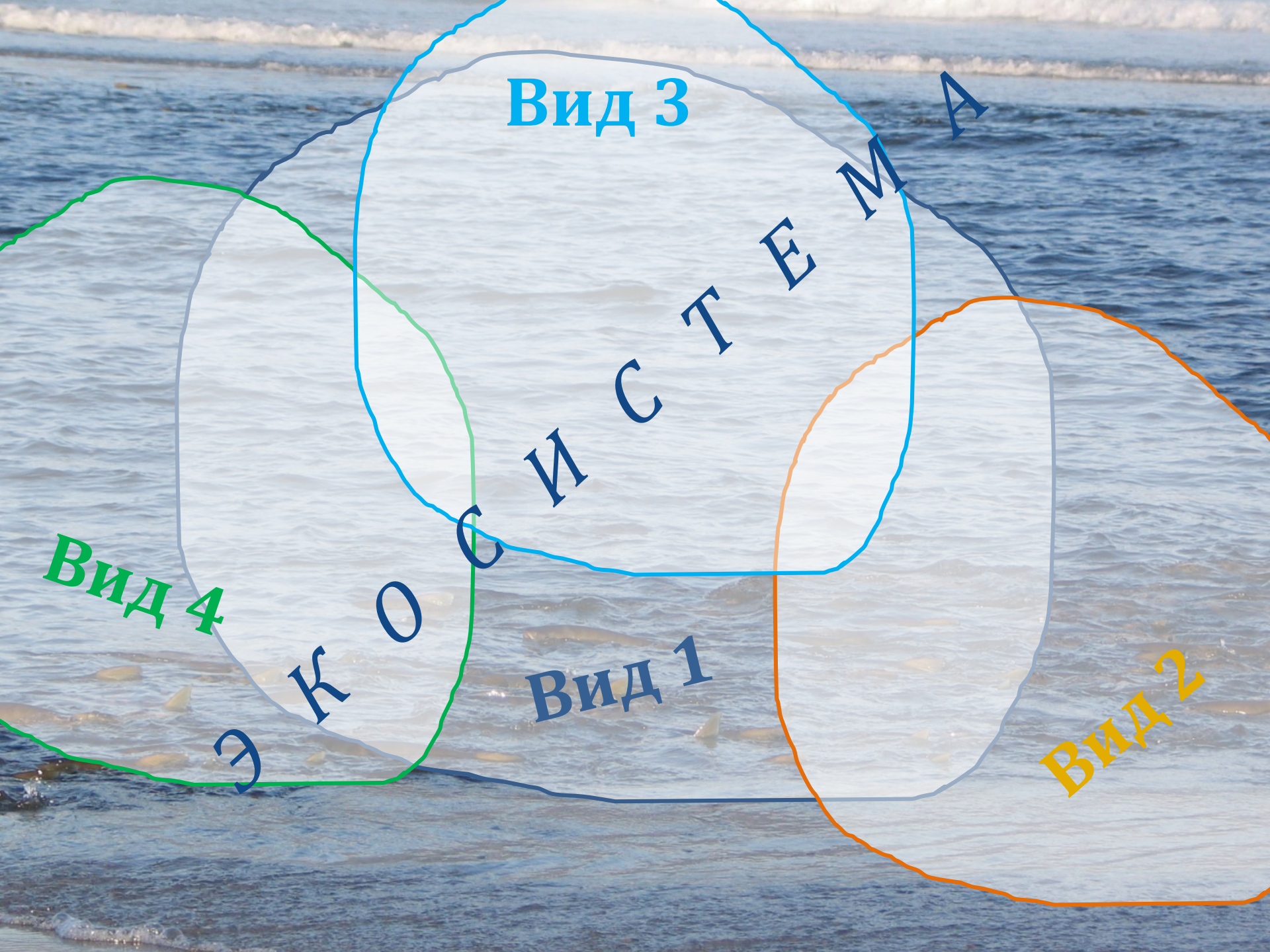




**Выделение единиц запаса
гидробионтов:
эколого-генетический подход**

Л.А. Животовский



Вид 3

ЭКОСИСТЕМА

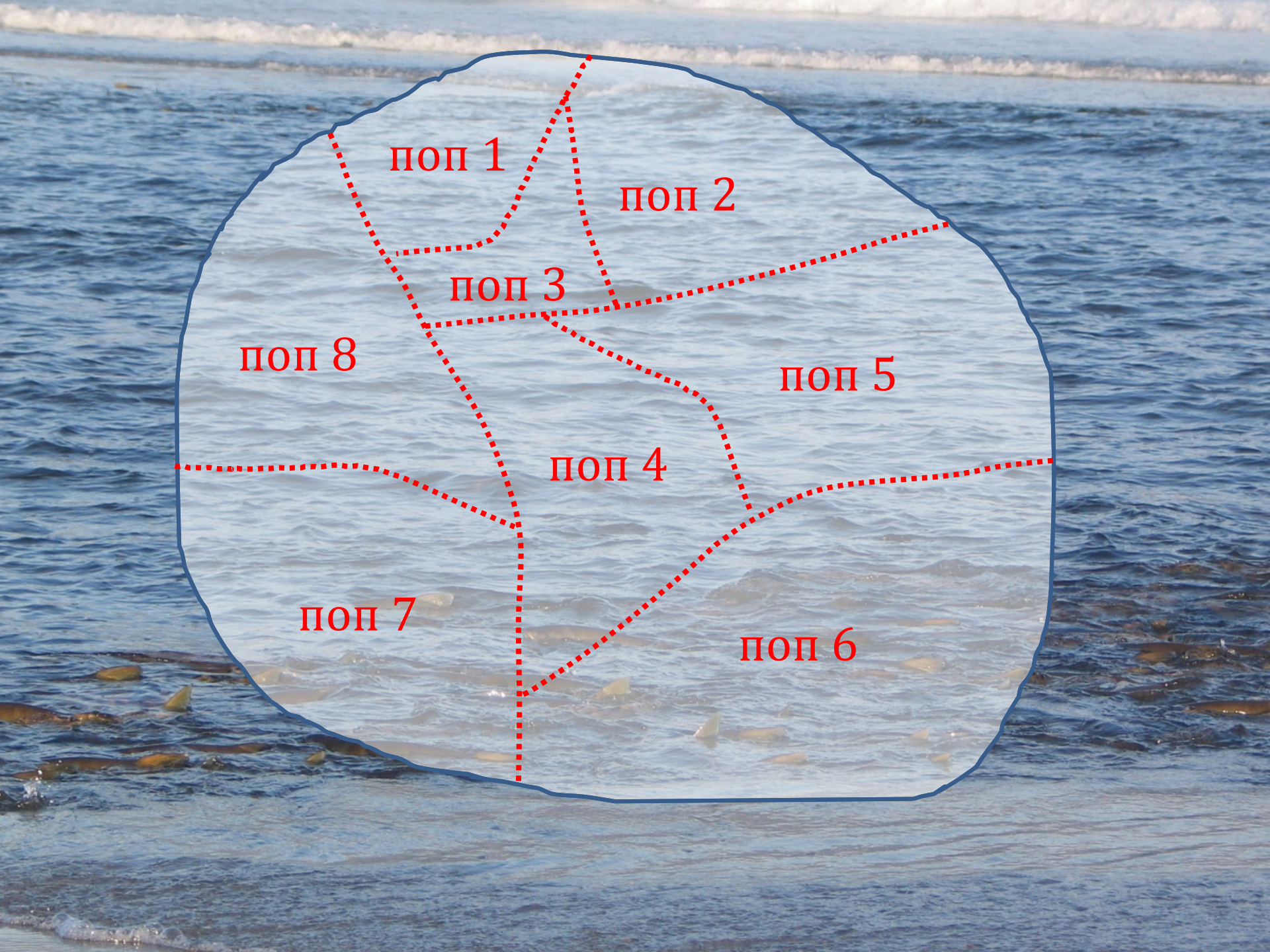
Вид 4

Вид 1

Вид 2



Вид 1



поп 1

поп 2

поп 3

поп 8

поп 5

поп 4

поп 7

поп 6



Популяция –
это.....

ПОПУЛЯЦИЯ:

Сертификация морского промысла

Объектами сертификации являются отдельные объекты (промысловые популяции) и районы лова. Конкретный перечень оцениваемых

аспектов
управления п
ведения пром
определяется
MSC, и серти
(фирмой ауд
на основе пр
ки ответствен

Основной единицей сертификации по программе MSC является одна промысловая популяция (или несколько популяций) морских промысловых организмов. Поэтому предварительным условием сертификации является наличие такой популяции. Подробные сведения о популяциях промысловых организмов, сертифицированных промыслах приведены в отчете-резюме для представления обществу, отчеты можно получить от MSC.

ПОПУЛЯЦИЯ:

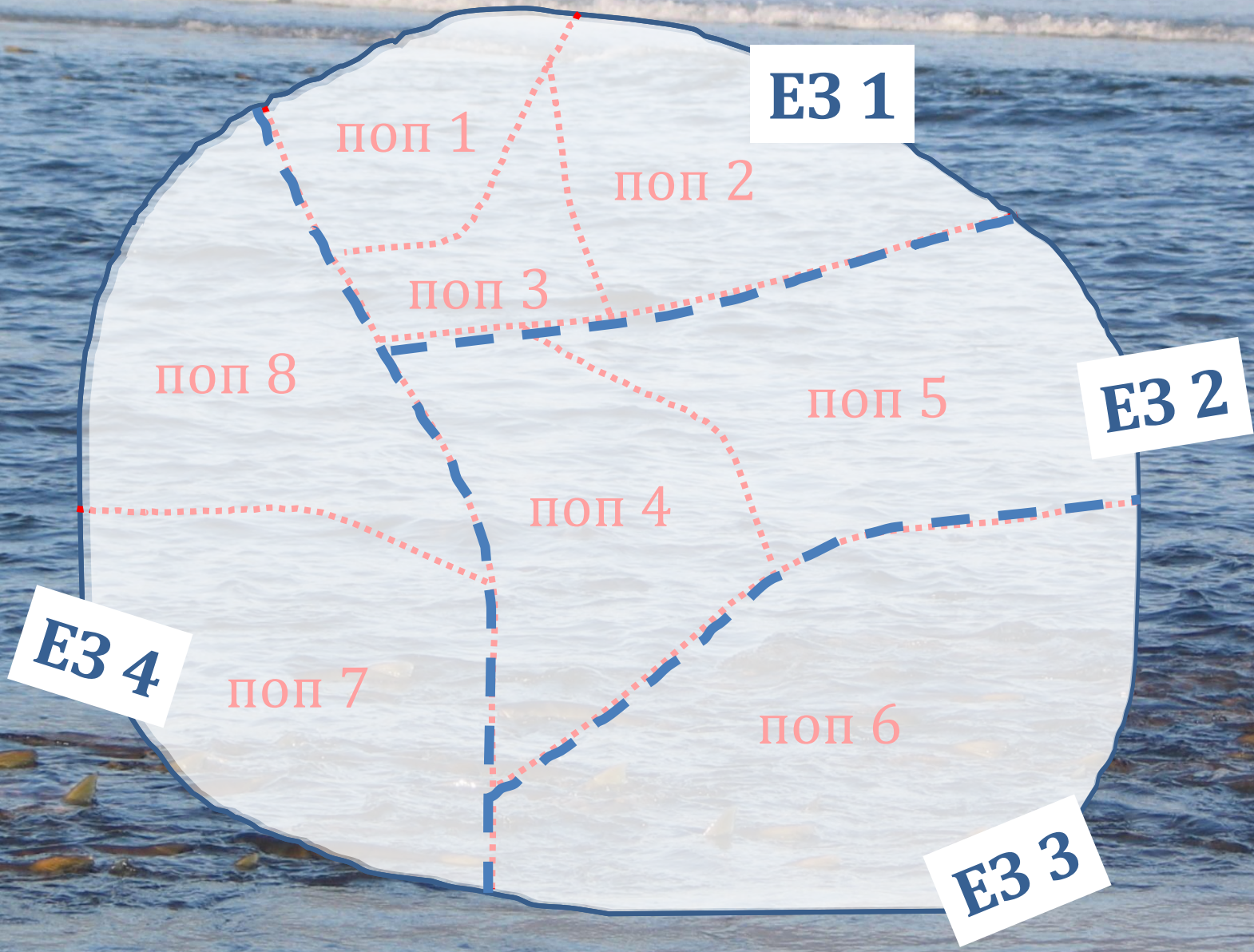
Генетические критерии экологической сертификации морского рыболовства

Для оценки по принципу I (неистощительное использование промысловых популяций)

1. Рыболовство должно вестись таким образом, чтобы сохранялись воспроизводительные способности как популяций, являющихся объектами промысла, так и популяций других организмов, зависящих от их продуктивности;
2. Для тех популяций, которые снижают свою численность, промысел должен вестись таким образом, чтобы они имели возможность восстановления запаса в определенный период времени и до определенного уровня;
3. Промысел должен вестись таким образом, чтобы возрастная, половая или генетическая структура промысловых популяций не нарушалась до такого уровня, за которым воспроизводительные возможности существенно снизятся.

Для оценки по принципу II (сохранение поддерживающей экосистемы и фонового биологического разнообразия)

4. Рыболовство должно вестись таким образом, чтобы не нарушались естественные функциональные и трофические связи и вследствие этого не происходило существенных антропогенных изменений в экосистемах;
5. Рыболовство должно вестись таким образом, чтобы не нарушалось разнообразие на видовом и генетическом уровне, так, чтобы избежать или минимизировать смертность видов, находящихся на грани исчезновения, в угрожаемом состоянии и под особой охраной;



Единица запаса - как популяционно-биологический объект

Единица запаса – это отдельная популяция или группа соседних популяций с:

- (1) сходными условиями среды обитания, сходными биологическими признаками, объединяющими их генными потоками;*
- (2) средовыми и генетическими отличиями от других таких групп и изоляцией от них.*

Все популяции одной единицы запаса могут управляться единым планом их воспроизводства, промысла, охраны.

**Как выделить
единицы запаса?**

Маркеры сходства/различия популяций и их местообитаний

Маркеры среды

определяются условиями среды обитания: физико-химические характеристики среды, параметры воспроизводства популяций, миграционные отношения между популяциями, фенотипические признаки, индуцированная средой экспрессия генов, и пр.

ДНК-маркеры

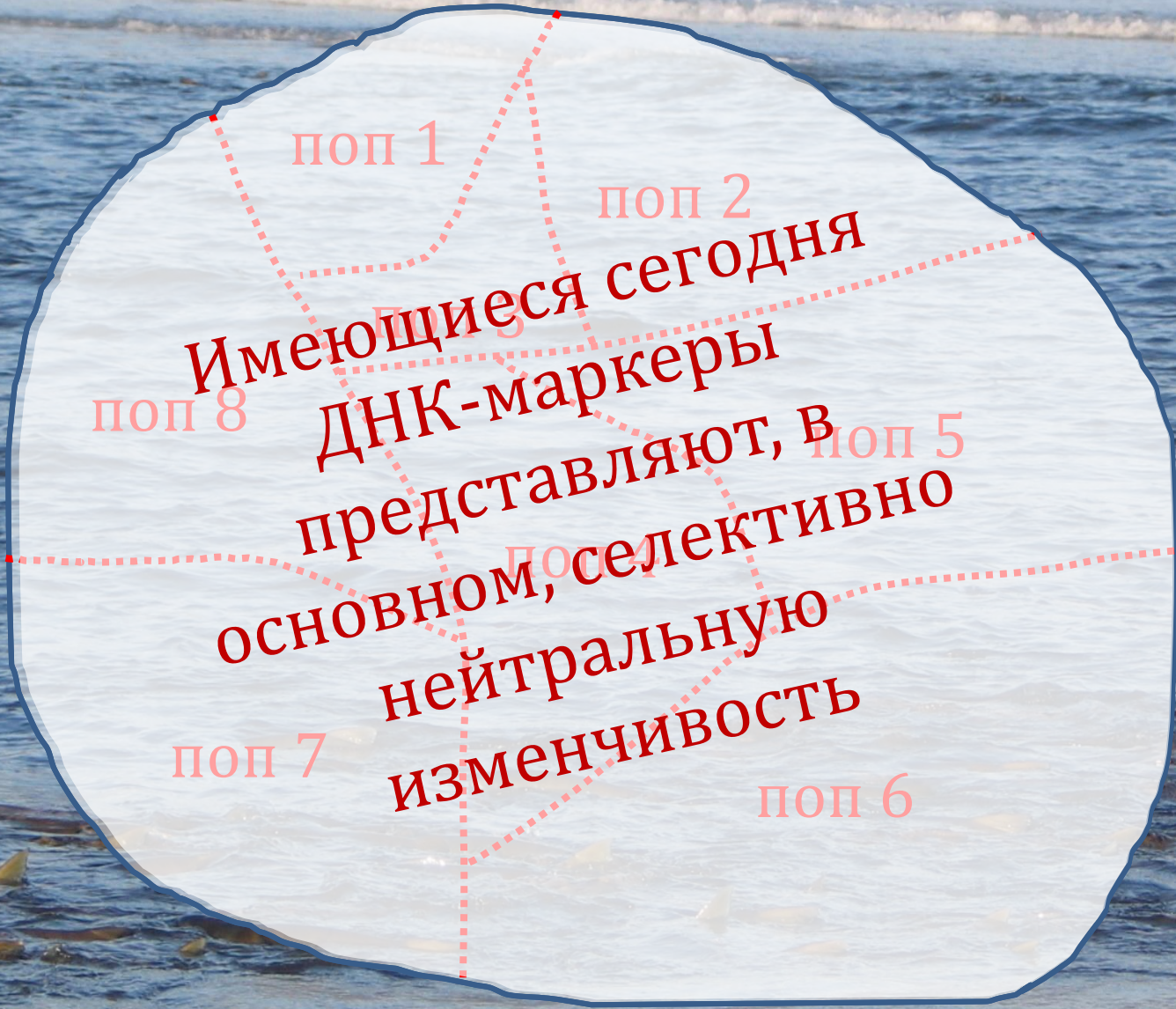
определяются последовательностями ДНК и другими не зависящими от среды молекулярно-генетическими вариациями:

однонуклеотидные замены (SNP), делеции и вставки, микросателлиты, варьибельные нуклеотидные последовательности, аллозимы, и пр.

*Основное и неоспоримое
преимущество
ДНК-маркеров:*

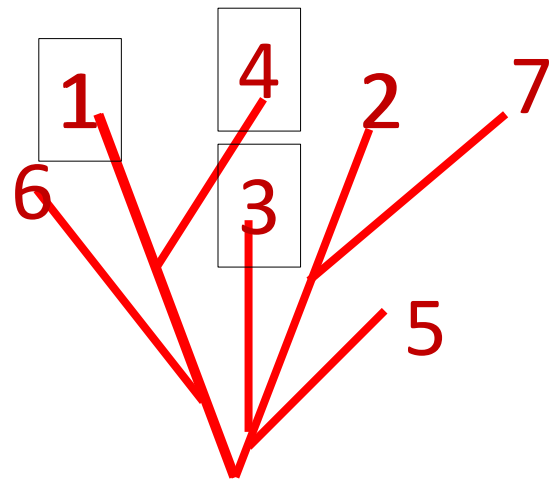
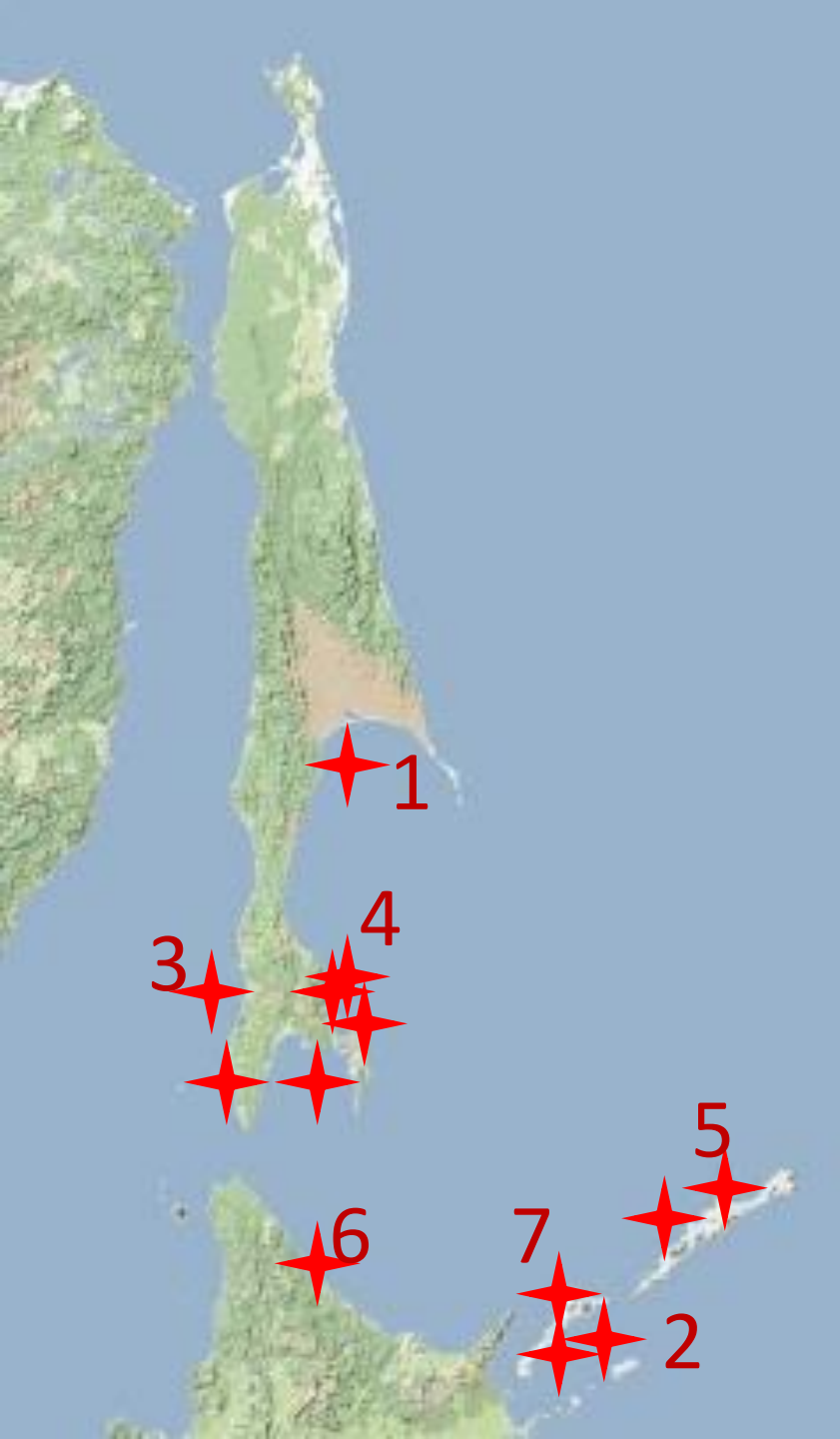
Если популяции репродуктивно изолированы друг от друга, то из поколения в поколение в их генофондах накапливаются различия (в первую очередь – в нуклеотидных последовательностях), которые тестируются современными методами.

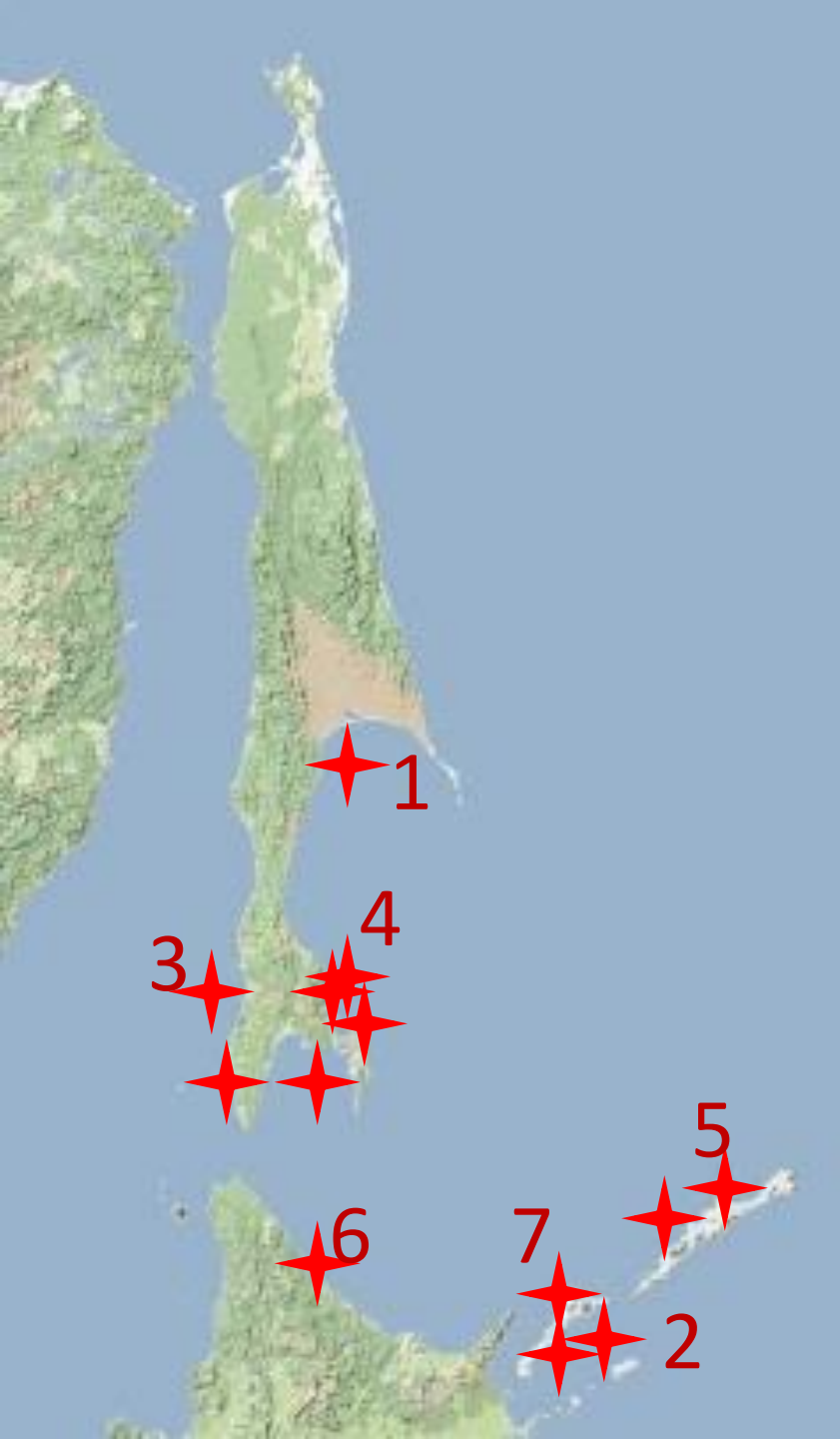
Warning! ДНК-оценки
популяционных параметров
включают непредсказуемые
компоненты и потому могут
быть смещёнными.



«Селективно нейтральные» ДНК-маркеры (т.е. маркеры, внутривидовая изменчивость которых слабо связана с адаптацией популяций к условиям местообитаний) могут давать смещённые оценки сходства или различия между популяциями вследствие:

- малого объёма выборок;
- малой численности популяций;
- небольшого числа ДНК-маркеров;
- обмена между популяциями (генных потоков);
- не-представительности (не-репрезентативности) выборок по отношению к популяционной структуре вида;
- искусственного воспроизводства, интродукций;
- неадекватных статистических методов.





Маркеры сходства/различия популяций и их местообитаний

Маркеры среды

определяются условиями среды обитания: физико-химические характеристики среды, параметры воспроизводства популяций, миграционные отношения между популяциями, фенотипические признаки, индуцированная средой экспрессия генов, и пр.

ДНК-маркеры

определяются последовательностями ДНК и другими не зависящими от среды молекулярно-генетическими вариациями:

однонуклеотидные замены (SNP), делеции и вставки, микросателлиты, варьибельные нуклеотидные последовательности, аллозимы, и пр.

Методология анализа данных в целях выявления единиц запаса

- 1) Выделить экогеографические единицы (ЭГЕ, или EGU – ecogeographic units) – как группы соседних популяций, схожих друг с другом по **маркерам среды**.
- 2) Оценить межпопуляционные различия по **ДНК-маркерам** внутри и между ЭГЕ для уточнения их границ.

Zhivotovsky et al. 2015. *Conservation Genetics*;
Животовский 2016. *Биология моря*;
Животовский 2017. *Генетика*.

Методология выделения экогеографических единиц

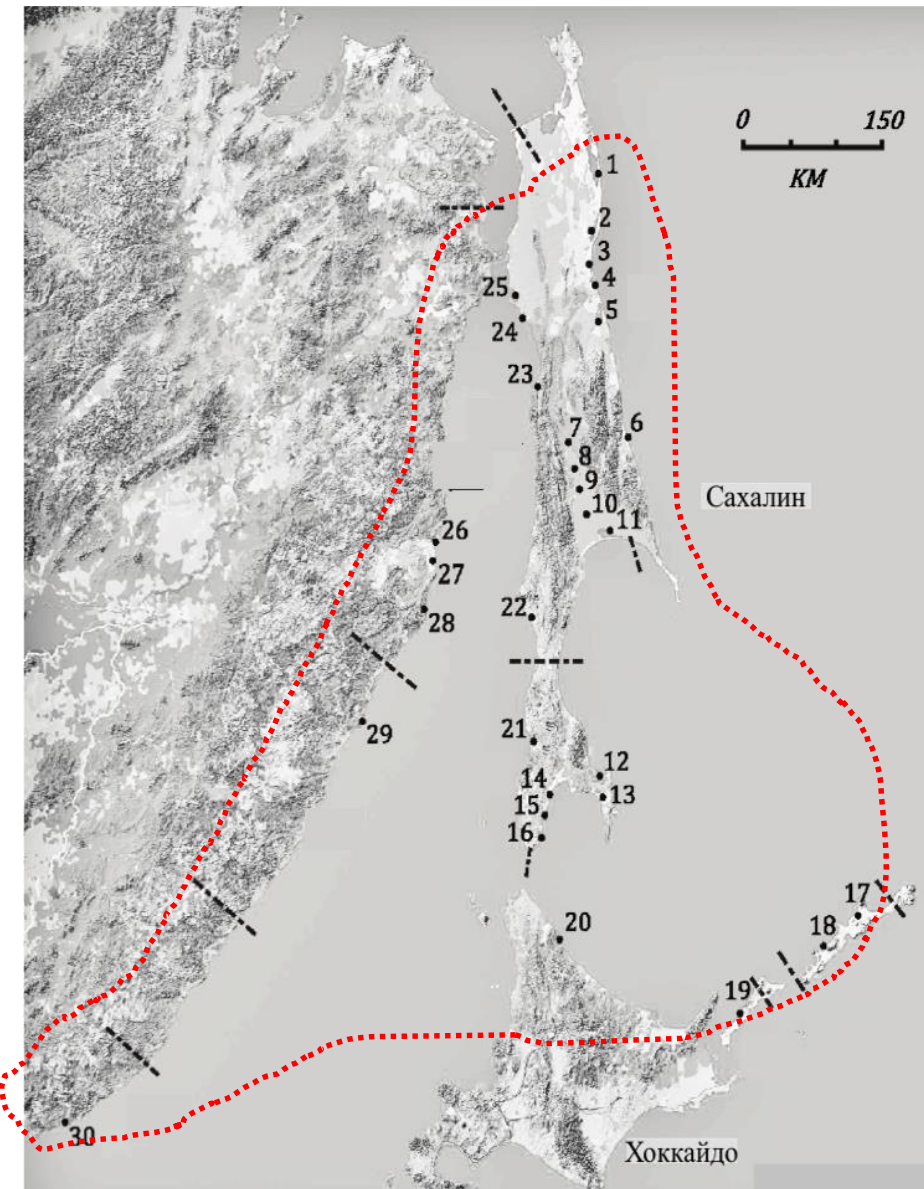
Экогеографическая единица данного вида выделяется как совокупность популяций, географически близких и **схожих по маркерам среды**, которые:

- 1) занимают территорию относительно однородную по основным для данного вида условиям местообитания;
- 2) связаны друг с другом обменами в ряду поколений.

Возможные маркеры среды

- (1) физико-химические характеристики бассейна;
- (2) места нереста и типы нерестилищ;
- (3) гидрологические характеристики;
- (4) особенности климата;
- (5) ботанико-зоо-географические районы;
- (6) экологические характеристики местообитаний, оцененные по данным гидробиологических описаний;
- (7) межпопуляционные обмены.

Как источники информации важны тематические географические карты, анализируемые с использованием ГИС-технологий.



Экогеографические единицы

(EGUs) сахалинского тайменя,

составленные из

(1) географических и

(2) экологических

компонентов:

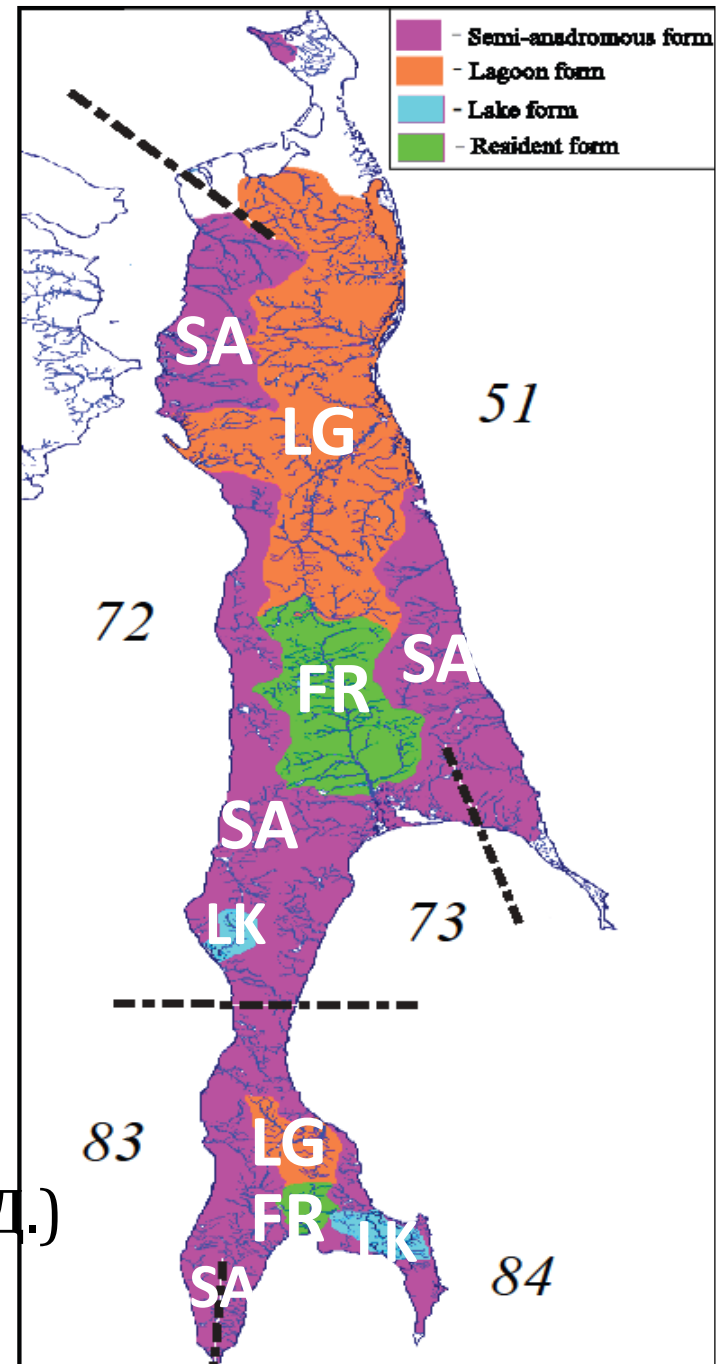
(1) подразделённость ареала на географические провинции:

51, 72, 73, 83, 84

(по Мартыненко А.Б.)

(2) подразделённость вида на экологические формы

(по Сафронову С.Н. и Никитину В.Д.)

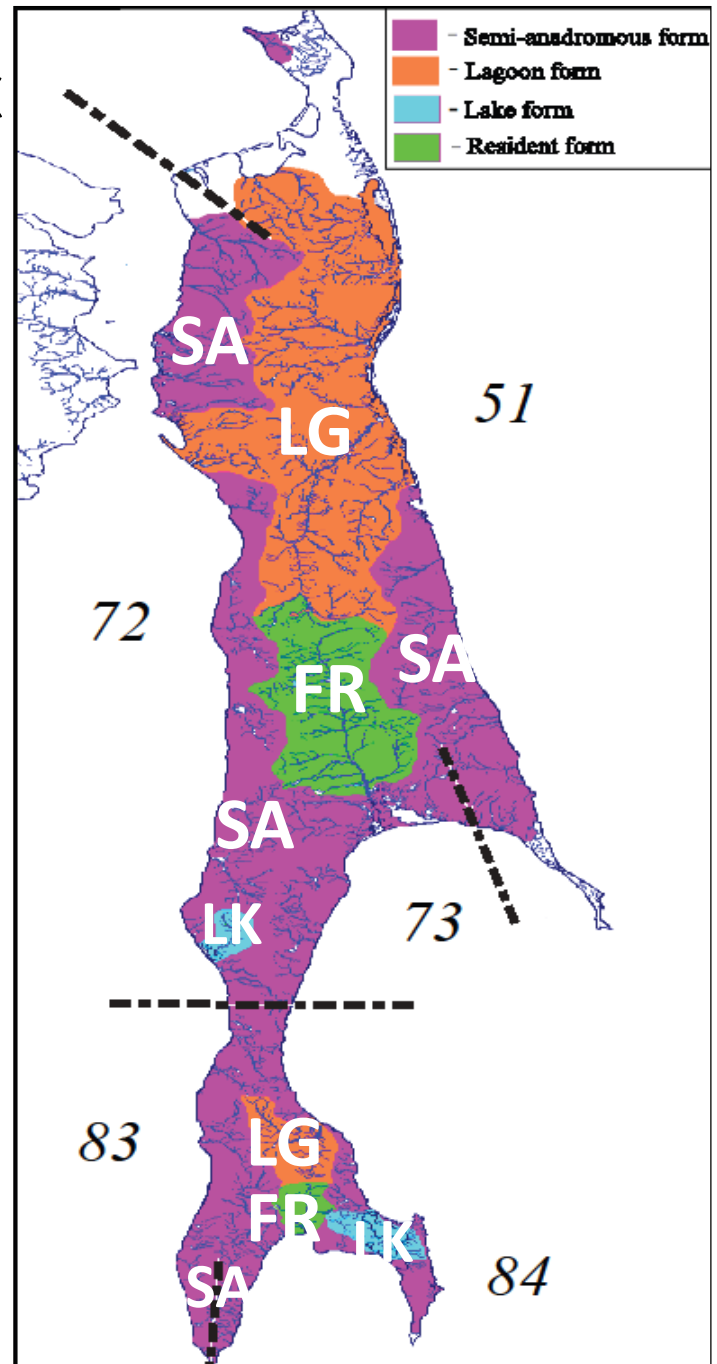


11 EGU (эко-географических единиц) на Сахалине:
51-LG, 51-SA,
84-LK, 84-LG, 84-FR,
73-FR, 73-SA, и др.

ДНК-маркеры:

Полная дифференциация
(F_{st}) между всеми реками
= **0.150**

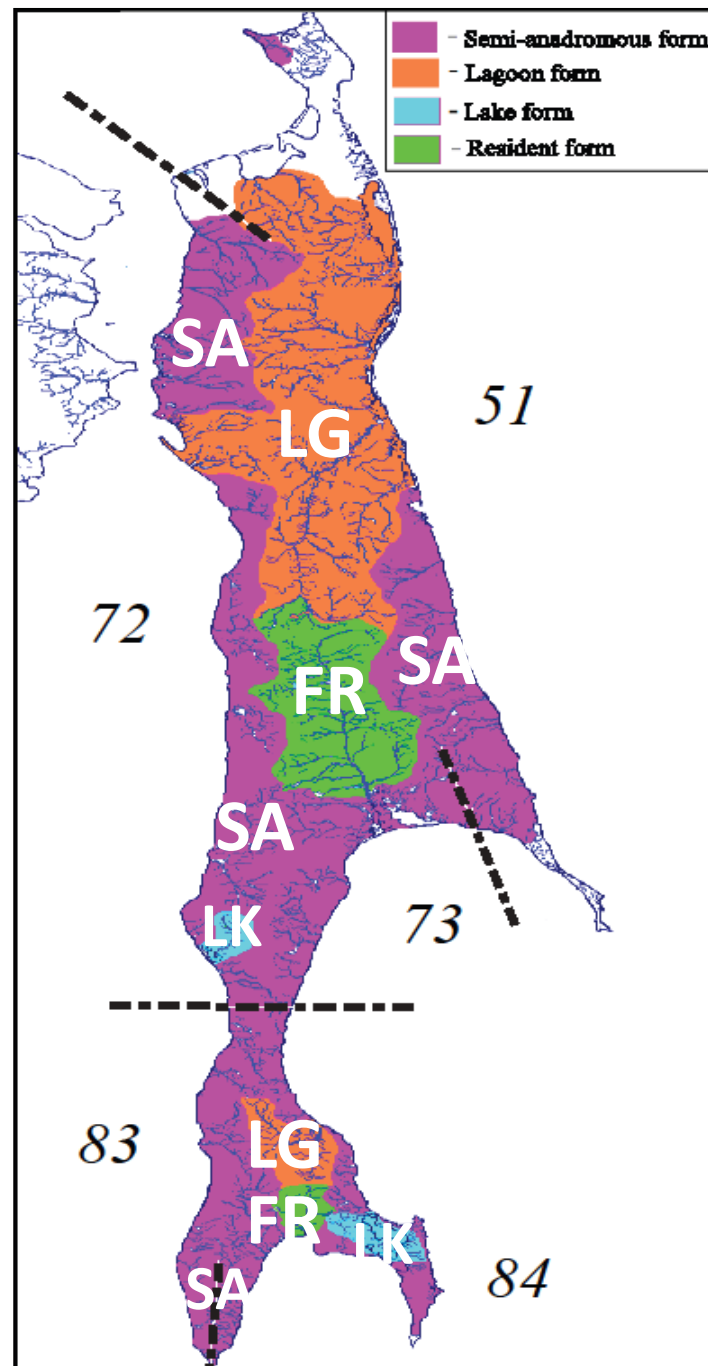
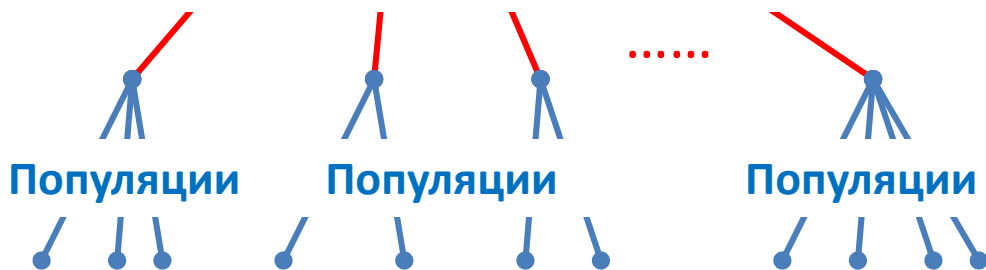
F_{st} между EGUs = **0.079**

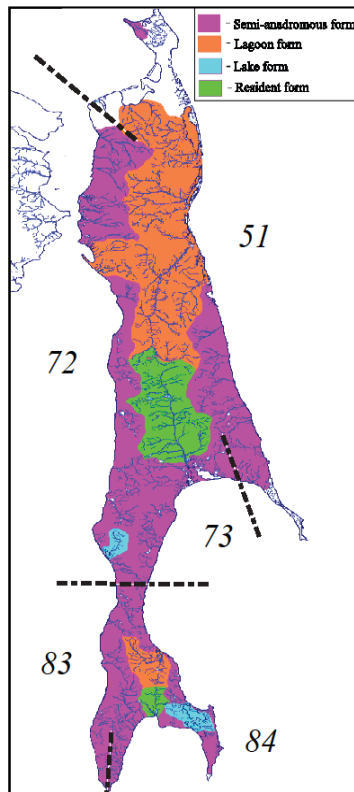


Два основных
иерархических уровня
популяционной структуры вида
с учетом экогеографических
единиц (единиц запаса)



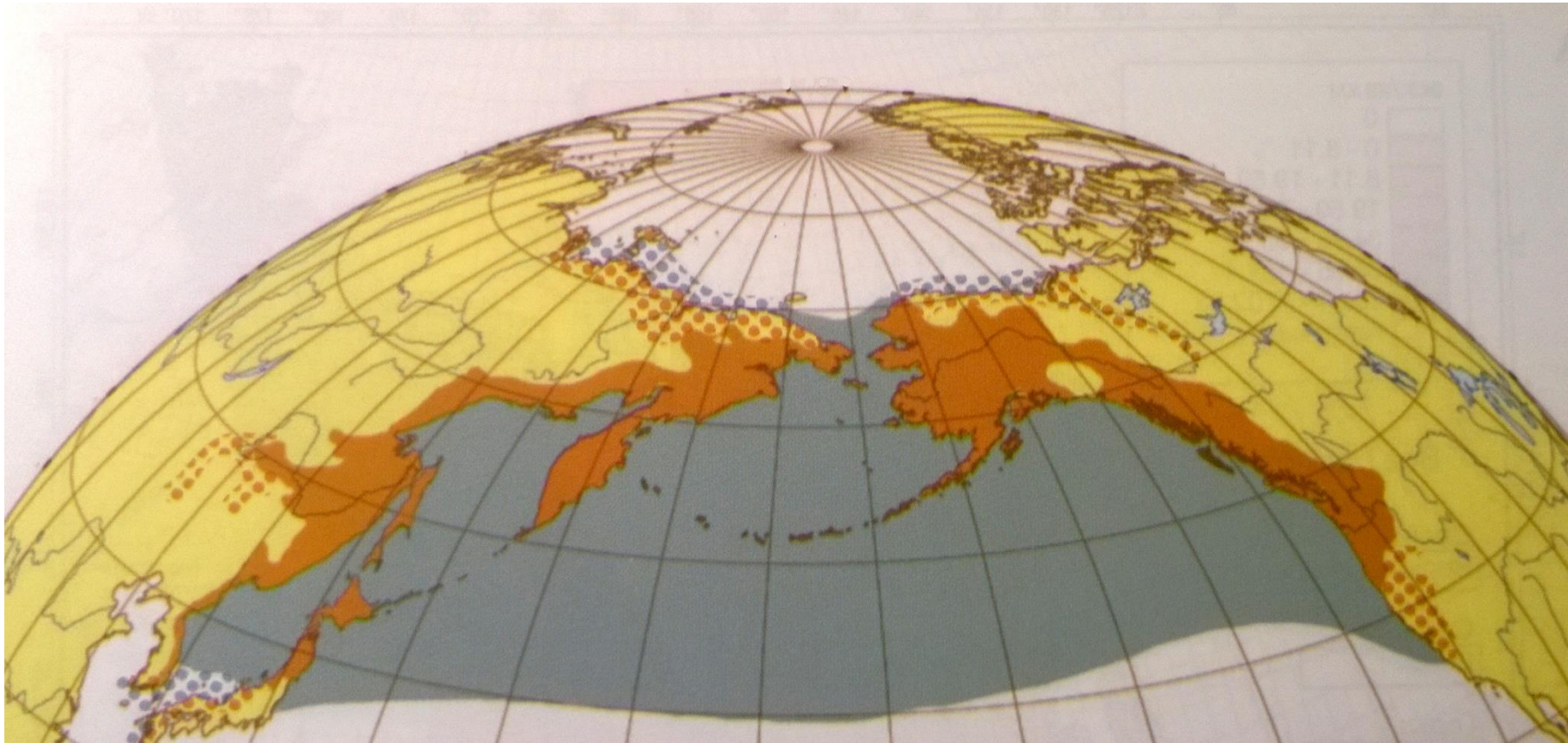
Экогеографические единицы
(единицы запаса)



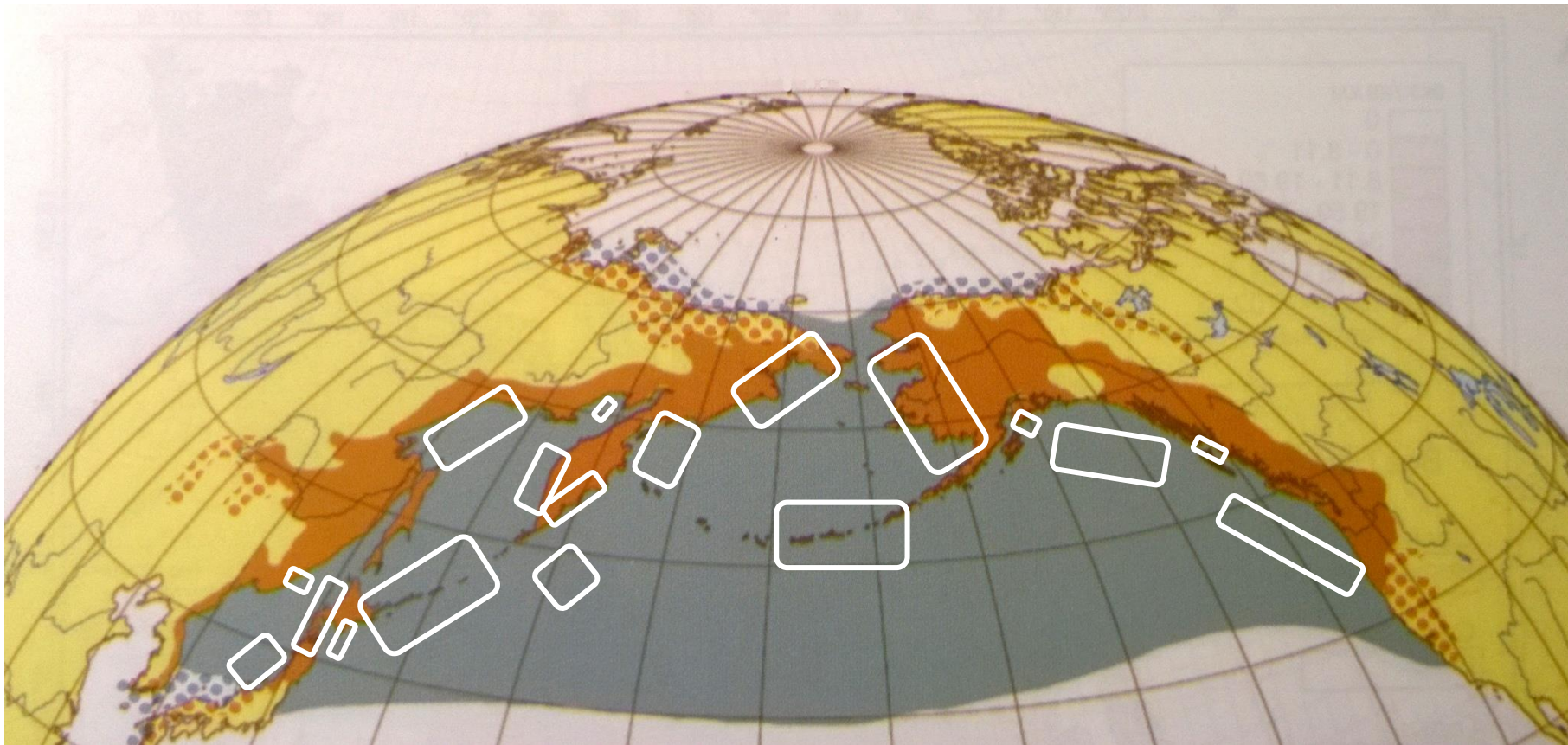


1. **Стратегия на уровне единиц запаса:** охрана и воспроизводство должно проводиться отдельно в каждой единице запаса; перевозки между популяциями разных единиц запаса запрещаются.

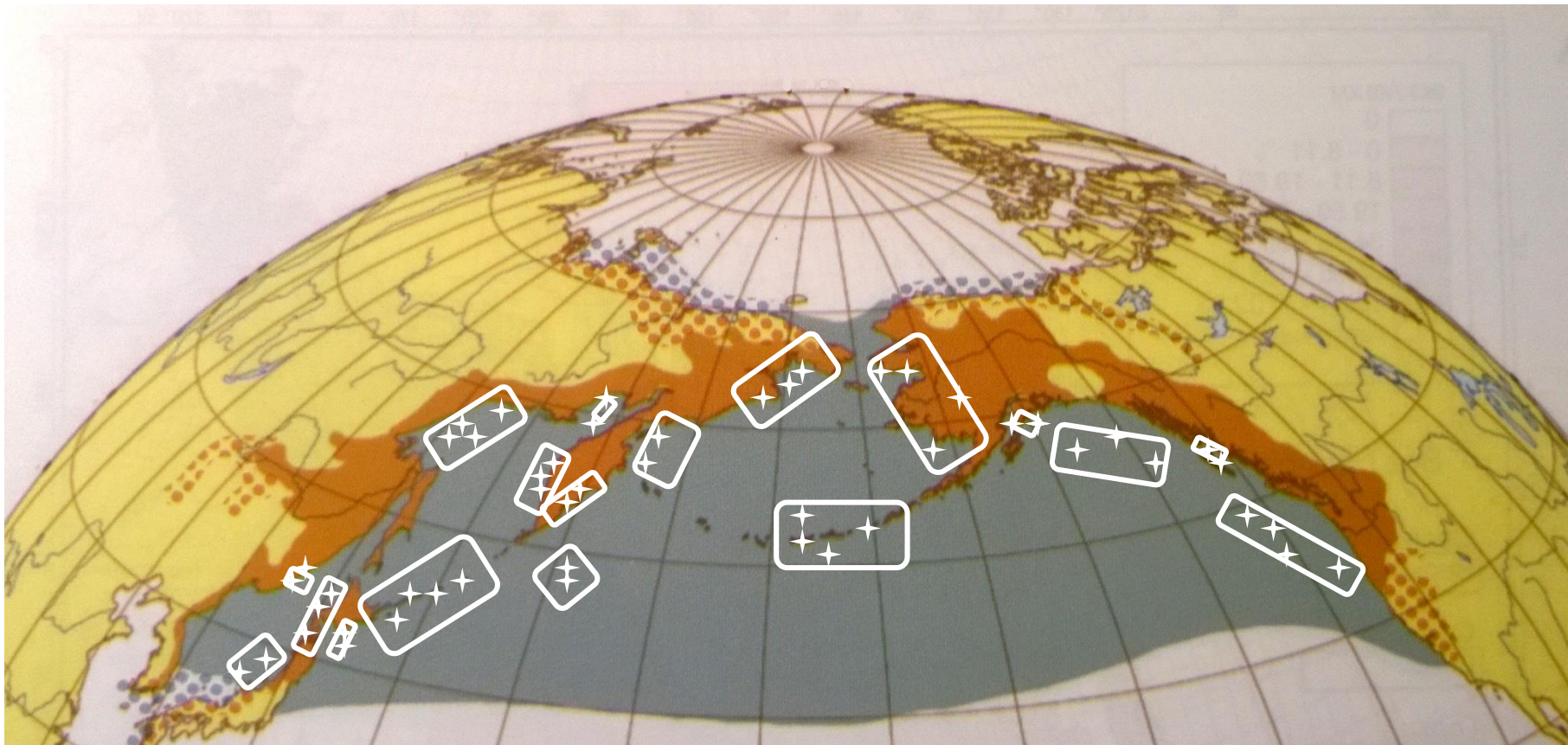
2. **Стратегия внутри единиц запаса:** охрана и воспроизводство должно принимать во внимание средовые, экологические и генетические особенности популяций; восстановление должно основываться на генетических ресурсах самой популяции, а в крайнем случае привлекать ресурсы популяций той же единицы запаса.



Логическая схема исследования популяционной структуры вида и единиц запаса



Подразделение исследуемой части вида и его ареала на экогеографические единицы по маркерам среды



Исследовать выборки по ДНК-маркерам.

Выборки должны быть **репрезентативными** по отношению к популяционной структуре вида

Изучение биологии и экологии вида (возможные маркеры среды)

- (1) физико-химические характеристики бассейна;
- (2) места нереста и типы нерестилищ;
- (3) гидрологические характеристики;
- (4) особенности климата;
- (5) ботанико-зоо-географические районы;
- (6) экологические характеристики местообитаний, оцененные по данным гидробиологических описаний;
- (7) межпопуляционные обмены.

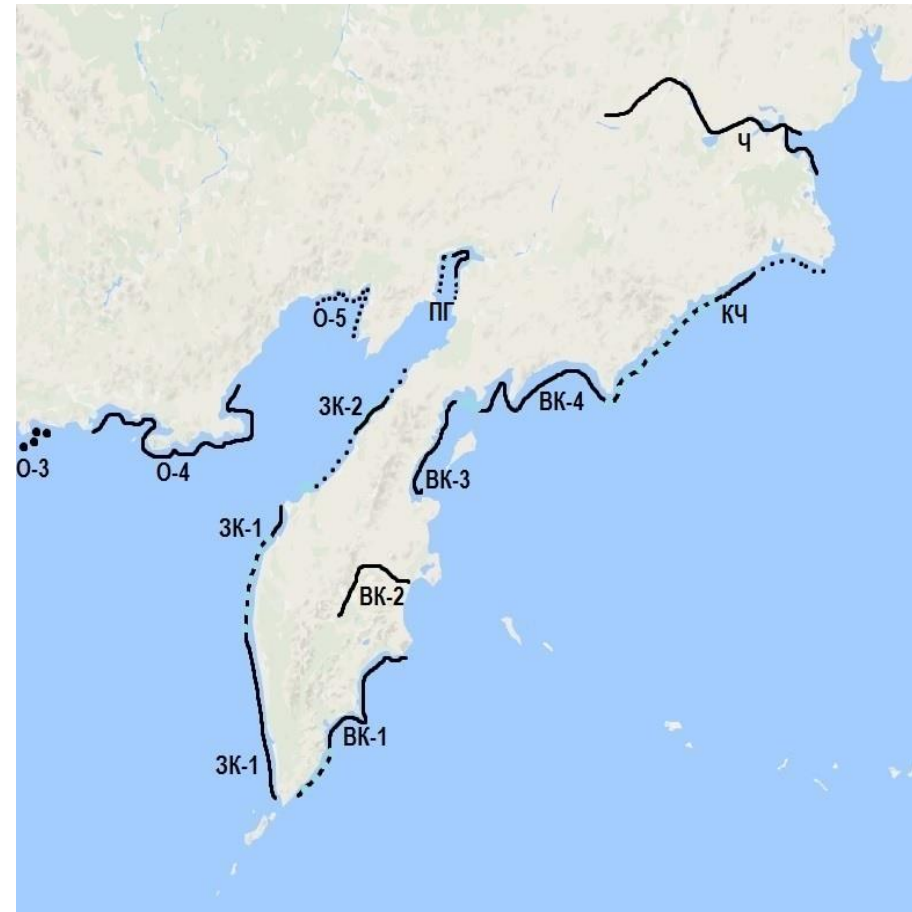
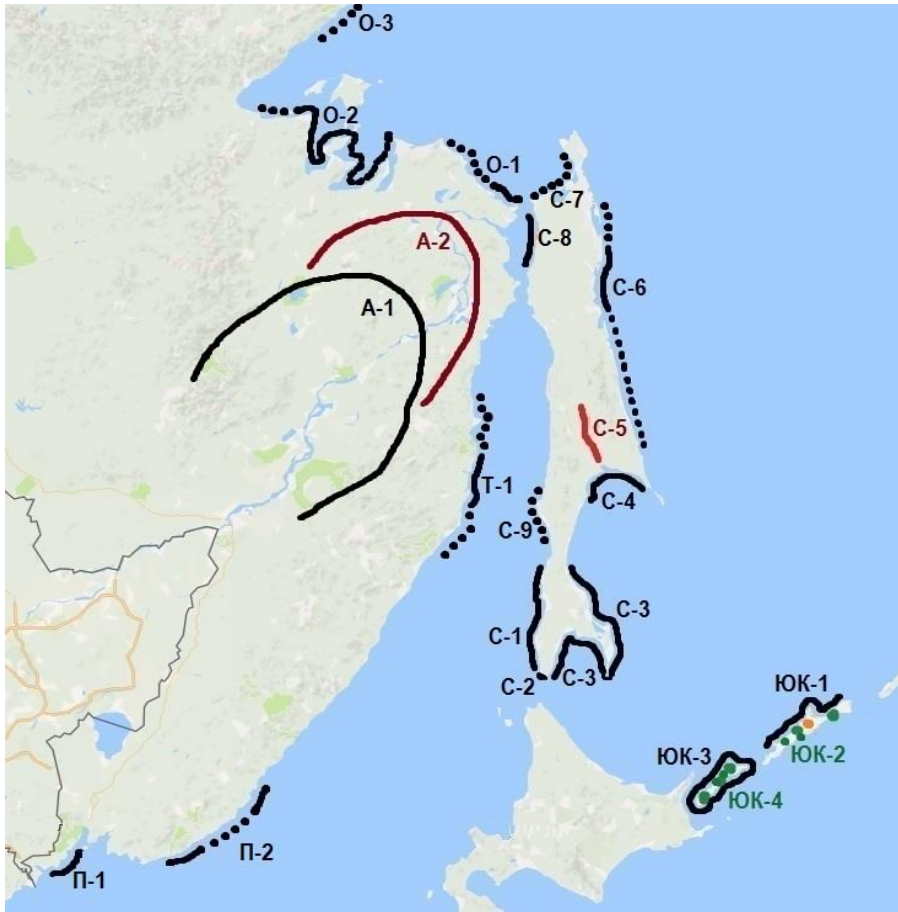
Как источники информации важны тематические географические карты, анализируемые с использованием ГИС-технологий.

Предложенный подход изучения популяционной структуры вида и выделения единиц запаса в первую очередь требуют:

- (1) проведения **широких и детальных полевых исследований;**
- (2) создания коллектива **заинтересованных в совместной работе** ихтиологов, морских биологов, экологов, зоогеографов, геоботаников, генетиков ...

Спасибо за внимание!





Эколого-генетическая схема
нерестовых единиц запаса кеты
Дальнего Востока России

Eco-geographic units, population hierarchy, and a two-level conservation strategy with reference to a critically endangered salmonid, Sakhalin taimen *Parahucho perryi*

Lev A. Zhivotovsky · Andrey A. Yurchenko · Vitaly D. Nikitin ·
Sergei N. Safronov · Marina V. Shitova · Sergei F. Zolotukhin ·
Sergei S. Makeev · Steven Weiss · Peter S. Rand · Anatoly Yu. Semenchenko

Received: 19 June 2014 / Accepted: 14 October 2014
© Springer Science+Business Media Dordrecht 2014

Abstract Hierarchical population structure can result from range-wide geographic subdivision under conditions of environmental heterogeneity and weak gene flow. While a lower level of structure can be formed by local populations within eco-geographic regions, an upper level can be characterized by variation between populations from different regions, and thus, be represented by evolutionarily significant units (ESUs) defined by environmental, ecological and genetic variation. Selection of ESUs may depend on the sequence of using these three sources of variation. We propose to determine ESUs by first using non-genetic, ecological and geographical gradients for defining preliminary population groups (*eco-geographic units*, EGUs) and then testing whether the boundaries of these units are genetically coherent and thus represent

ESUs or warrant their further modification. We evaluate this approach using Sakhalin taimen, an East Asian endangered endemic fish. Forty-one samples (473 fish) were drawn from thirty populations across the species range and genotyped at microsatellite DNA markers. We assign the populations into ESUs based on geographic and life history criteria and subsequent application of genetic diversity analyses. The ESUs appeared to be greatly diverged genetically. Within ESUs, local populations are genetically differentiated, have low effective sizes, show signatures of demographic decline and extremely restricted gene flow. Conservation plans aimed to restore or maintain a specific threatened population should take into account such hierarchical structure, and in particular be based on the genetic resources drawn from each population or using ecologically and genetically similar populations from the same ESU as donors for restoration of the population.

Lev A. Zhivotovsky and Andrey A. Yurchenko have contributed equally to this work.

Electronic supplementary material The online version of this article (doi:[10.1007/s10592-014-0670-4](https://doi.org/10.1007/s10592-014-0670-4)) contains supplementary

Keywords Semi-anadromous salmonid fish · Genetic divergence · Reproductive isolation · Restricted gene flow · Small population and sample size · Landscape genetics

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ВИДА: ЭКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ

© 2016 г. Л. А. Животовский

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва 119991

e-mail: lavash@gmail.com

Статья принята к печати 31.03.2016 г.

*Светлой памяти
Леонида Филатовича Самарикова
и Анатолия Никифоровича Горюканова*

Обсуждается двухступенчатый подход к изучению популяционной структуры вида, основанный на совместном использовании экологических, географических и генетических данных: 1) вначале популяции группируют в эко-географические единицы (eco-geographic units, EGU) соответственно средовым градиентам в исследуемой части ареала, типам жизненных стратегий и иным негенетическим характеристикам, предположительно ассоциированным с градиентами адаптаций и межпопуляционными генными потоками; 2) затем выделенные EGU тестируют на соответствие генетическим данным путём сравнения генетической дифференциации между популяциями внутри EGU и между популяциями разных EGU. Анализируется связь EGU с понятиями биогеоценоза и эволюционно-значимой единицы, рассмотрены вопросы практического выделения EGU, обсуждены схема иерархической популяционной структуры, а также роль генетических и фенотипических маркеров в выявлении популяционной дифференциации. В качестве примера рассмотрена популяционная структура сахалинского тайгана в терминах эко-географических единиц.

Ключевые слова: популяция, экология, окружающая среда, вид, генетическая дифференциация, охрана среды, биогеоценоз, биоморфологическая единица, адаптация, фенотипический признак, ДНК-маркёр, репродуктивная изоляция, генный поток, генетический дрейф.

**ОБЗОРНЫЕ
И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СТАТЬИ**

УДК 502/504:574.3:575.2:57.06:58.07:591.5

*Светлой памяти
Юрия Петровича Алтухова
и Николая Васильевича Глотова*

**ДВЕ ВЕТВИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОПУЛЯЦИОННОЙ
СТРУКТУРЫ ВИДА – ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ:
ИСТОРИЯ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ**

© 2017 г. Л. А. Животовский

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва 119991

e-mail: levazh@gmail.com

Поступила в редакцию 01.04.2017 г.

Дается краткая история двух различных методов изучения популяционной структуры вида. Первый метод использует экологические маркеры, характеризующие популяционно-специфичные условия среды, а также биологические характеристики исследуемых популяций. Вторым методом используют генетические маркеры: фрагменты ДНК и РНК, аллозимы и т.п. Обсуждается проблема объединения этих двух методов. Предложен двухступенчатый подход к изучению популяционной структуры вида, основанный на совместном использовании экологических и генетических маркеров. Вначале на исследуемой части ареала выделяют экогеографические единицы (ЭГЕ; EGU) соответственно средовым градиентам, типам жизненных стратегий и иным характеристикам, предположительно ассоциированным с градиентами адаптаций и межпопуляционными генными потоками. Далее, выделенные экогеографические единицы генетически тестируют по данным о множественных выбор-