



Демография, таксономия, генетика модели енисейского осетра. 20 лет спустя.

Часть 4. Полиморфизм микросателлитных локусов сибирского осетра (*Acipenser baerii*)

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-86-96>

Научная статья УДК 577.472

EDN: ILCHLD

Гайденок Николай Дмитриевич – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Природообустройство», Институт землеустройства, кадастров и природообустройства ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, Россия
E-mail: ndgay@mail.ru

Пережидин Александр Иванович – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры «Природообустройство», Институт землеустройства, кадастров и природообустройства ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, Россия
E-mail: alexpr_1982@mail.ru

Адрес :

1. Институт землеустройства, кадастров и природообустройства ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» – Россия, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 70

Аннотация. На основе результатов факторного анализа морфометрических признаков, микросателлитных локусов и митообъектов осетров сектора «Понт – Пацифика», рассмотрена семантическая интерпретация взаимодействия ядерного (менделеевская генетика) и цитоплазматического (митообъектный состав) геномов в виде единой целостности – плоскость в пространстве трех главных факторов. Построены регрессионные зависимости «вес – гаплообъектный состав», «вес – состав аллелей микросателлитных локусов» и «состав аллелей микросателлитных локусов – гаплообъектный состав». Детерминированы прямые и обратные морфометрические, митообъектные и волны аллелей микросателлитных локусов по результатам факторного анализа выборок различных водоемов сектора «Понт – Пацифика».

Ключевые слова: осетры сектора «Понт – Пацифика», митообъект, гаплотип, гаплогруппа, полиморфизм микросателлитных локусов, факторный анализ, морфометрические признаки, митообъектные волны, морфометрические волны, волны аллелей микросателлитных локусов, ядерный, цитоплазматический геном, взаимодействие ядерного и цитоплазматического геномов, зависимость «вес – гаплообъектный состав», зависимость «вес – состав аллелей микросателлитных локусов», «состав аллелей микросателлитных локусов – гаплообъектный состав»

Для цитирования: Гайденок Н.Д., Пережидин А.И. Демография, таксономия, генетика модели енисейского осетра. 20 лет спустя. Часть 4. Полиморфизм микросателлитных локусов сибирского осетра (*Acipenser baerii*) // Рыбное хозяйство. 2025. № 6. С. 86-96.
<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-86-96>

DEMOGRAPHY, TAXONOMY, GENETICS MODEL OF THE YENISEI STURGEON – 20 YEARS LATER. PART 4. POLYMORPHISM OF MICROSATELLITE LOCI OF THE SIBERIAN STURGEON (*ACIPENSER BAERII*)

Nikolay D. Gaidenok – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Environmental Management, Institute of Land Management, Cadastre and Environmental Management, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

Alexander I. Perezhilin – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Institute of Land Management, Cadastre and Environmental Management, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

Address:

1. Institute of Land Management, Cadastre and Environmental Management, Krasnoyarsk State Agrarian University – Russia, 660041, Krasnoyarsk, Svobodny Ave. 70

Annotation. Based on the results of a factor analysis of morphometric features, microsatellite loci and mitoobjects of sturgeons of the Pontypatic sector, the semantic interpretation of the interaction of nuclear (Mendeleev genetics) and cytoplasmic (mitoobject composition) genomes in the form of a single integrity is considered – a plane in the space of three main factors. Regression dependences “weight – haploobject composition”, “weight – composition of alleles of microsatellite loci” and “composition of alleles of microsatellite loci – haploobject composition” are constructed. Direct and reverse morphometric, mitoobject, and allele waves of microsatellite loci are determined based on the results of factor analysis of samples from various reservoirs in the Pont Pacifica sector.

Keywords: sturgeons of the Pont – Pacifica sector, mitoobject, haplotype, haplogroup, polymorphism of microsatellite loci, factor analysis, morphometric features, mitoobject waves, morphometric waves, waves of alleles of microsatellite loci, nuclear, cytoplasmic genome, interaction of nuclear and cytoplasmic genomes, dependence «weight – haploobject composition», the relationship «weight – the composition of alleles of microsatellite loci», «the composition of alleles of microsatellite loci – haploobject composition»

For citation: Gaidenok N.D, Perezhilin A.I. (2025). Demography, taxonomy, genetics model of the Yenisei sturgeon. 20 years later. *Part 4. Polymorphism of microsatellite loci of the Siberian sturgeon (Acipenser baerii)* // Fisheries. No. 6. Pp. 86-96. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-86-96>

Рисунки и таблицы – авторские / The drawings and tables were made by the author

ВВЕДЕНИЕ

Прежде чем перейти к заключительной части исследования сибирского осетра – полиморфизма микросателлитных локусов – сделаем замечание следующего плана: результаты исследования данной области главным образом необходимы для целей искусственного воспроизводства, ибо знание этих вопросов – какое стадо (субпопуляцию популяционного континуума) и какими объемами и темпами необходимо воспроизводить определяет количество, мощность и размещение нересто-выростных хозяйств осетровых.

На данном шаге исследований сибирского осетра продолжается изучение взаимосвязи результатов генетических и морфометрических исследований сибирского осетра, включая взаимодействие ядерного (менделеевская генетика) и цитоплазматического (митобъектный состав)

геномов, а именно – в третьей части исследований сибирского осетра [2; 4], на основе факторного и регрессионного анализа, были проанализированы взаимоотношения экспериментального распределения митотипов – (митов Mt) [1; 5], как с географической локализацией – митотипные волны, так и с морфометрическими показателями (морфы Mr) зависимости среднего веса от долей мито - гаплообъектов.

Взаимодействие ядерного и цитоплазматического геномов в настоящее время еще не столь достаточно изучено, и представлено в печати довольно ограниченным числом работ, преимущественно на растениях, и тем самым является для ихтиологии и, особенно для осетроводства, актуальной задачей. В числе основополагающих фактов, полученных в результате исследований, в данном разделе генетики выявлено, что:

- митохондрии передаются только по материнской линии без расщепления и скрещивания с отцовскими;
- изменения мтДНК возможны за счет мутаций с частотой $10^{-8} \div 10^{-6}$ на поколение;
- сохранение новой мутации (жизнеспособность новой зиготы) происходит под контролем вновь созданной в результате скрещивания ядерной ДНК.

Ввиду того, что, с одной стороны, особенности передачи мтДНК существенно отличаются от особенностей взаимодействия ядДНК, а с другой – как, выше отмеченное, наличие митотипных волн, так и известный факт вызывают потребность в установлении определенной эквивалентности между рассматриваемыми процессами, являющимися иллюстрацией взаимодействия ядерного и цитоплазматического геномов, которое на примере митотипа «baerii – like» у русского осетра в Каспийском море рассмотрено в работе [4].

В данном исследовании приводятся результаты факторного анализа второго раздела генетических исследований – полиморфизма микросателлитных локусов (миксатов Ms), данные по которому были заимствованы из работы [1], и их сопоставление с результатами факторного анализа митов и морфов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материалов были заимствованы результаты генетических исследований из работ [1; 5], где, по мнению А.Е. Барминцевой [1], положение дел характеризуется следующим: «За последнее время значительно расширилась база генетических образцов сибирского осетра и стерляди из Енисея, а, соответственно, и обнаружили много новых митохондриальных гаплотипов, как свойственных только енисейской группе осетров, так и общих предковых гаплотипов. Подтверждено, что, в отличие от енисейской стерляди, которая дифференцируется как от европейской, так и от обско-иртышской со 100% вероятностью, сибирский осетр Енисея ни по митохондриальным, ни по ядерным маркерам с такой большой вероятностью не дифференцируется от других популяций сибирского осетра». И далее цитируемый автор предлагает проводить уже сравнение, но не отдельных экземпляров, а выборку водоемов по статистическим критериям согласия – Колмогорова-Смирнова или χ^2 .

Приводим результаты морфометрических исследований из широкого круга классических работ, ссылки на которых даны в работе [4].

К методам применено использование многомерного статистического анализа, аналитической геометрии и линейной алгебры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

К основной стратегии использования вышеупомянутых разделов математики стоит отнести не столько их номинацию, сколько организацию.

Общая схема анализа здесь следующая:

- на основе факторного анализа происходит инъективное отображение многомерного пространства показателей в 3D. Для митов имеем размерность 51 [1]; морфов – 11 классических меристических признаков, которые в ряде случаев дополняются пятью пластическими, т.е. размерность 6 или 11; в случае миксатов размерность уже составляет 96-109 [1];
- на основе классического линейного отображения осуществляется биекция 3D в единичный неотрицательный октант $R_3 + - 3E$;
- все дальнейшее сравнение локализаций наборов, соответствующих рассматриваемой области исследований, происходит в 3E.

Базисной идеей здесь послужила гомология (подобие) локализации результатов факторного анализа митов, морфов и миксатов в единичной области первого неотрицательного октанта $R_3 +$ (рис. 42)

Действительно, здесь для митов, морфов и миксатов наблюдается практически одна картина – крайними точками, как на географической карте, являются Обь и Лена (рис. 43), а меж ними – близкорасположенные Енисей с Байкалом и, отдаленная от Енисея с Байкалом, Колыма (рис. 30-33 и рис. 37) 40 из [4]. Здесь стоит отметить, Ms имеет крайне мало отличий от рис. 3.10.6 [1] (рис. 42).

Что практически подобно «врезанию» волн тихоокеанской ветви (клады) в волну атлантической ветви (клады) осетров (рис. 43 или рис. 37 из [2; 3]) и подтверждается морфологическим сходством по крайней мере амурского и енисейского осетра (рис. 29-30) из [4], который во время мегацунами попал из Байкала в Енисей.

При другой ориентации осей в первом единичном октанте пространства R_3 , определяемого факторными векторами (f_1, f_2, f_3) в базисах митов, миксатов и морфов, получаются следующие результаты, не столь очевидные на исходных данных. Например, все комплексы показателей (морфы, миты и миксаты) имеют следующую геометрическую структуру – 4 из 5 точек, отражающих водоемы, принадлежат одной плоскости (рис. 44), что является иллюстрацией определенной феноменологической целостности.

Из рассматриваемого сопоставления полученных результатов факторного анализа миксатов, митов и морфов отчетливо видно

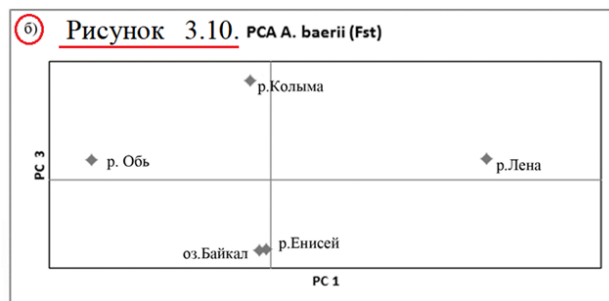
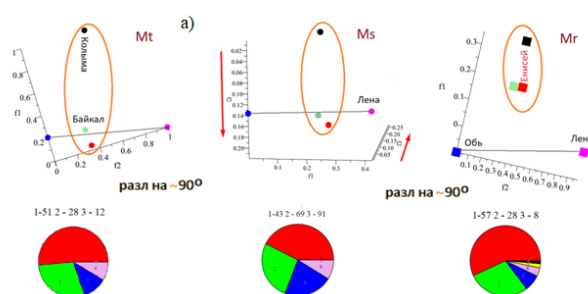


Рисунок 42. Соответствие результатов факторного анализа митов Mt, морфов Mr и миксатов Ms данного исследования результатам рис. 3.10.б. из [1]

Figure 42. Correspondence of the results of factor analysis of mit Mt, morphs Mr and mixats Ms of this study to the results of Fig. 3.10.b. from [1]

наличие довольно подобной геометрической локализации данных.

Кроме того, из рисунка 44 также заметно, что плоскости митов и миксатов, которым принадлежат водоемы Оби, Енисея, Байкала и Лены, довольно гомологичны друг другу, в то время как плоскость морфов, по отношению к плоскостям митов и миксатов, имеет обратную ориентацию самих плоскостей (на 90°) и точек, соответствующих Енисею и Лене.

Для набора морфов также наблюдается закономерность с отдалением одной точки, но только здесь отдалена уже Обь и данный факт соответствует вышеотмеченному классическому подразделению вида сибирского осетра.

В то же время Колыма для обоих типов генетических исследований – митов и миксатов – находится довольно далеко от рассматриваемых плоскостей и отражает иллюстрацию к задаче нахождения расстояния от точки до плоскости. Такое положение дел возможно в двух случаях – это либо некорректно взятая проба или осетр Колымы принадлежит другому типу осетровых, а именно – тихоокеанской ветви (кладе), в то время как остальные точки относятся к атлантической ветви осетров.

Последний случай не только наиболее вероятен, но и представляется наиболее реаль-

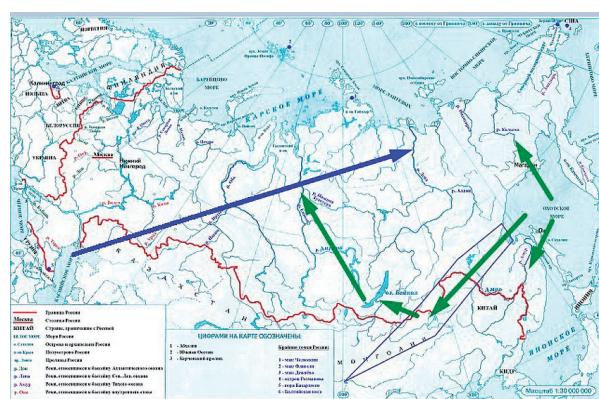


Рисунок 43. Палео-движение волн в секторе «Понт – Пацифика»

Figure 43. Paleo-wave movement in the Pont-Pacific sector

ным в силу базового принципа выделения сибирского осетра как вида, предложенного Г.И. Рубаном [4], имеющего следующую смысловую нагрузку: «Внутрибассейновая дисперсия элементов соответствующих популяционных континуумов перекрывает межбассейновую дисперсию. Поэтому всю разнород-

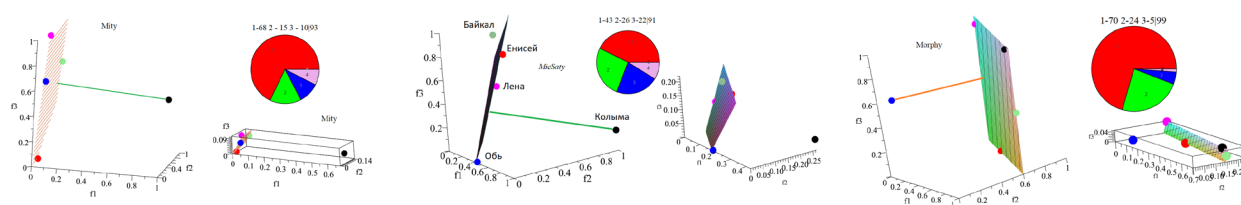


Рисунок 44. Результаты факторного анализа митов Mt, морфов Mr и миксатов Ms

Figure 44. Results of factor analysis of Mt mitoses, Mr morphs, and Ms mixats

ность от Урала до Колымы следует называть сибирским осетром». Что вполне повторяет историческую реальность определения русской нации в XIX веке, когда элементы набора национальностей – «поляк, остзейский немец, татарин, грузин, узбек и прочие нации не из восточных славян, входящих в состав Российской империи – все вместе являются русскими».

В соответствии с выше сказанным, в настоящее время вид *Acipenser baerii* Brandt, 1869, либо считают монотипическим, либо выделяют в нем, что более реально, до четырёх подвидов:

Подвид	Локализация
<i>Acipenser baeri baerii</i> Brandt, 1869	Обской бассейн
<i>Acipenser baeri stenorrhynchus</i> Nikolsky, 1896	Енисей
<i>Acipenser baeri baicalensis</i> Nikolsky, 1896	озеро Байкал
<i>Acipenser baeri chatys</i> Drjagin, 1948	Гыда, Пясины, Хатанга; Лена, Яна, Индигирка, Колыма под вопросом

Однако данное положение дел вполне характерно для того случая, когда географическое пространство от Урала до Колымы (рис. 43) является экотопом или, если сказать более категорично, ареной гибридизации между тихоокеанской и атлантической ветвями осетров. И здесь напрашивается мнение, что «заверхожанские» осетры, как минимум – гибриды указанных ветвей.

Дальнейшим шагом анализа является детализация взаимодействия ядерного и цитоплазматического геномов СО формальным путем установления количественной эквивалентности данных по Оби, Енисею, Байкалу и Лене для митов и миксатов.

Визуальное совмещение локализаций митов Mt и миксатов (отражает взаимодействие цитоплазматического и ядерного геномов) из рисунка 42 или рисунка 44 дает следующую картину в базисе (f_1, f_2) для Mt и в базисе (f_1^s, f_2^s) для Ms (рис. 45).

Что естественным образом приводит к необходимости прибегнуть к преобразованию координат (поворота и растяжения) для приведения базисов Mt и Ms к некоторому единому, с целью максимальной близости координат точек объектов, в первом единичном октанте пространства R3, задаваемого в зависимости от типа объектов тройками векторов (f_1, f_2, f_3) для митов – (f_1^t, f_2^t, f_3^t) и миксатов – (f_1^s, f_2^s, f_3^s), путем решения задачи минимизации (1):

$$\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^3 |f_i^j - f_i^{#j}| \rightarrow \min, i = 1, 2, 3; \quad (1)$$

$j = 1 : N$ – число объектов

$f_i^* = f_i^{\#}, p[Mr_j], p[Mt_i], p[Ms_j]$, – частоты соответствующих морфов, митов и миксатов

$$f_1^t = (r_1^1 p[Dr_1] + r_1^2 p[Da^2] + \dots + r_1^n p[PrFront_n]), Nr = 11,$$

$$f_1^t = (t_1^1 p[BaeH_1] + t_1^2 p[BaeH_2] + \dots + t_1^n p[BaeH_n]), Nt = 51,$$

$$f_1^s = (s_1^1 p[An20145] + s_1^2 p[An20149] + \dots + s_1^n p[Afug41261]), Ns = 96$$

Иллюстрации результатов решения задачи минимизации (1) представлены на рисунке 46. Здесь отчетливо видны, как для Сибири, так и в результатах анализа различных коллективов исследователей – генетики и ихтиоморфологи – для экспериментальных данных, принадлежности соответствующим плоскостям «миты – миксаты» только для Сибири и «морфы – миксаты» для Сибири и сектора Голарктики

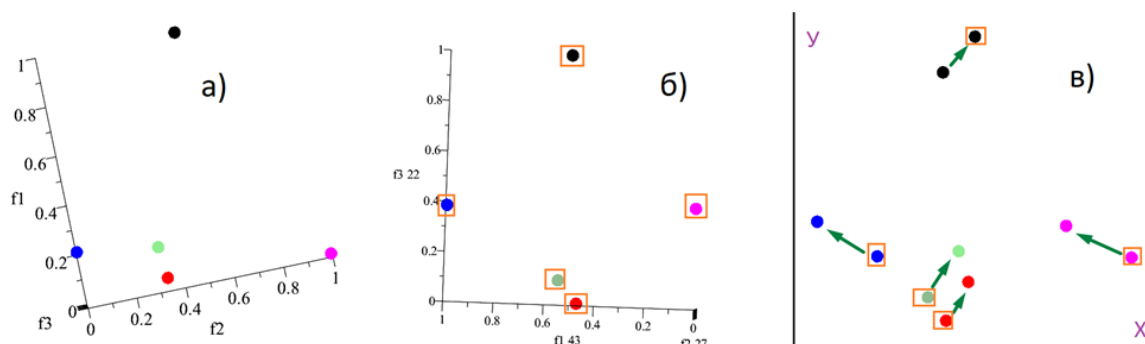


Рисунок 45. Идеи сравнения морфом, митов и миксатов

Figure 45. Comparison ideas for morphs, myths, and mixats

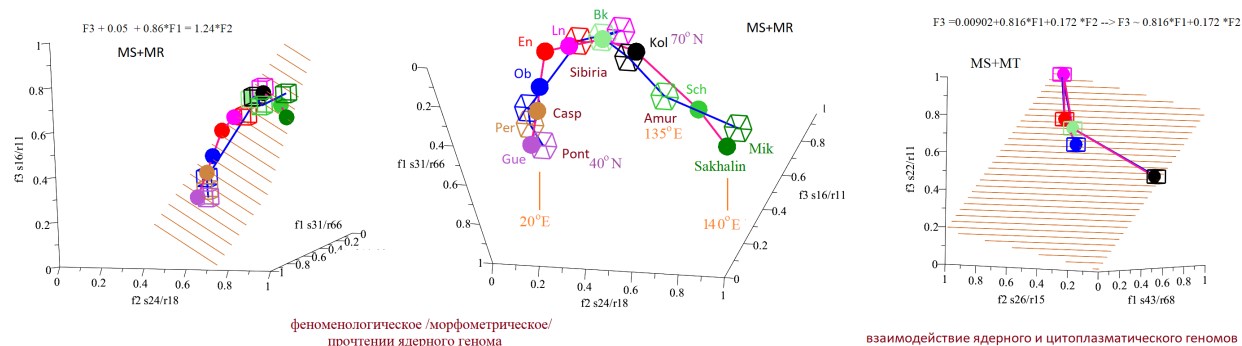


Рисунок 46. Результаты решения задачи (1): а – «Понт – Пацифика», б – Сибирь

Figure 46. Solution of problem (1): a – Pont-Pacific, b – Siberia

«Понт – Пацифика» и кривым второго порядка, расположенным в этих плоскостях. Это позволяет предполагать наличие уже функциональной зависимости между морфами, митами и миксатами и получить представление как о взаимодействии ядерного и цитоплазматического геномов, так и о феноменологическом (экологическом) прочтении ядерного генома. Что в свою очередь проливает свет на степень важности замен нуклеотидов, точнее – столь ли они существенны, ибо формальное прочтение генома, как это уже упоминалось в части 3 [4] представляет собой яркий аналог «манускрипта Войнич»: все символы известны, а предметный смысл – загадка, как и вытекающие отсюда предположения, определяемые рисунками растений.

Кроме того, взаимосвязь «миты – миксаты» для Сибири качественно напоминает вышеупомянутое отдаление Колымы от других водоемов.

Итак, получено, пусть даже формальным образом, равенство координат в базисах митов, миксатов и морфов в первом единичном октанте пространства R3 для точек как главных сибирских рек, так и для сектора Голарктики «Понт – Пацифика». На рисунке 46 даже видна, для случая морфов и миксатов, корреляция

локализации точек с географической локализацией «дуги» рассматриваемых бассейнов (рис. 47). Впрочем, в прошлой части исследования (митотипический полиморфизм) это было показано для митов по данным (Поб) для сибирского региона без Байкала.

Здесь стоит отметить тот факт, что, к глубокому сожалению, геоморфология и гидрография морей и рек в периоды Олигоцен 34-23 млн лет назад, Миоцен 23-5,3 млн лет назад, Плиоцен 5,3-2,58 млн лет назад, Плейстоцен 2,58 млн лет назад – 11,7 тыс лет назад на настоящий момент времени слабо изучена для азиатской части Евразии и несомненно была иной в плане общностей водных бассейнов, как Понта и Каспия даже с Обью, не говоря об амурском бассейне, так и для Байкала и Колымы с Тихоокеанским бассейном.

Однако здесь остается загадкой отдаление осетра Колымы от Оби, Енисея, Лены и Байкала для митов и миксатов по данным [1] (рис. 44) и Оби от Енисея, Лены, Колымы и Байкала для морфов по данным о морфометрии сибирского осетра. Получение решения данной проблемы реализуем путем сравнительного анализа данных по митам и миксатам [1] и морфам для осетров сектора «Понт – Пацифика».



Рисунок 47. Географическая локализация «дуги» рассматриваемых бассейнов

Figure 47. Geographical localization of the «arc» of the basins under consideration

При построении булеана или показательного множества (множество, состоящее из всех подмножеств данного множества) для 6 факторов, дающих 97% факторной нагрузки, было обнаружено 8 фронтов волн (ниже приводятся отдельные):

объединение которых дает «1 1 1 1 1 1», а пересечение – «0 0 0 0 0 0», они дополняют друг друга. Причем доминирующим в волне «Понт – Пацифика» является фактор 2, а в волне «Пацифика – Понт» – фактор 3. Первый главный фактор появляется в фронтах обеих волн только в совокупности с 4-6 факторами.

На рисунках 51 и 52 показаны результаты регрессионного анализа фронтов волн рассматриваемых объектов по типу «Восходящая волна от восходящей, нисходящая от нисходящей» где получены высокие коэффициенты детерминации – они не ниже 0,71.

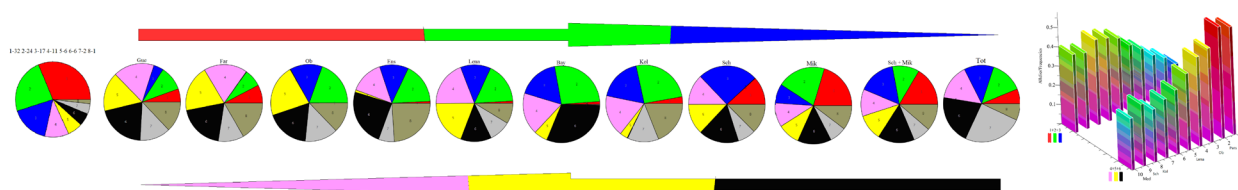


Figure 48. Information picture of factor load for mixats: a – diagram for sturgeons of all reservoirs; b – for specific reservoirs; c – graphical representation of waves

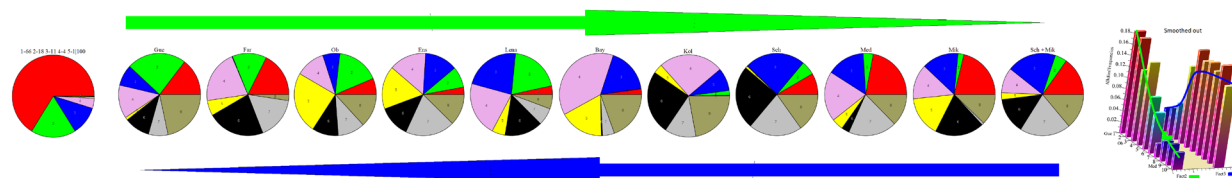


Figure 49. Same for morphs as in Figure 48

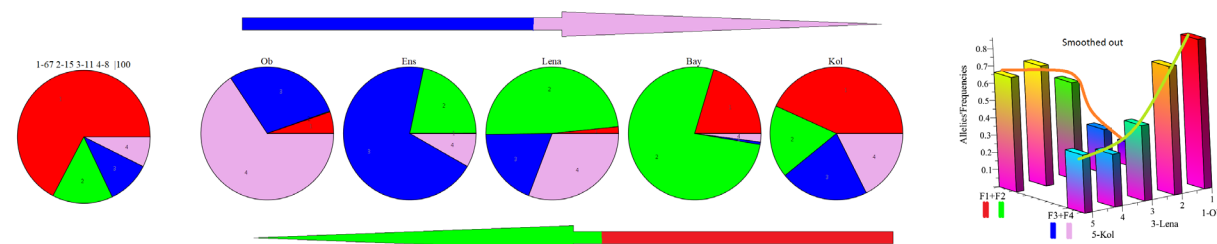


Figure 50. Same for myths as in Figure 48

Если сравнивать представление прямых и обратных волн в графической форме (рис. 48-50), то здесь будем иметь следующие соотношения между комбинациями факторов (табл. 1). При этом необходимо отдавать себе отчет в том, что фактически здесь в виде указанных в табл. 1 комбинаций имеется всего одно следующее соотношение:

$$j=1^{97}\sum_j a_j S_j = j=1^{51}\sum_j b_j T_j = j=1^{11}\sum_j c_j R_j,$$

где a_j , b_j , c_j – коэффициенты в соответствующих наборах показателей миксатов, митов и морфов из интервала (-3,3).

Теперь вернемся к сопоставлению возрастных распределений веса осетров Оби, Енисея, Байкала, Лены и Колымы. Здесь на рисунке 53 результаты регрессионных зависимостей их среднего веса в диапазоне возрастов 20+ - 40+ от первых трех факторов морфов, митов и миксатов – (3).

$$W_j = \sum a_i F_j^i \quad i=1, 2, 3 \quad (3)$$

Получены хорошие результаты для троек «Обь – Енисей – Лена» и «Байкал – Енисей – Лена» по морфам и миксатам, но миты «выбивают». Анализ четверки «Обь – Енисей – Лена –

Байкал» показал отличные результаты восстановления даже по митам для всех водоемов, кроме Колымы. Что говорит об эволюционных различиях Колымы от других водоемов, за счет более высокого содержания генетического материала от осетров Пацифики – сложная смесь генетических показателей *Ac. medirostris* и *Ac. mikadoi*.

Перейдем к рассматриваемому анализу для всего списка осетров от Понта – Каспия до Пацифики по двум имеющимся объектам – морфам и миксатам (рис. 54). Здесь имеются гораздо лучшие результаты, чем для осетров только Сибири, ибо в морфах и миксатах участвуют все осетры от Понта до Пацифики, а в митах – только Сибирь, поэтому, в соответствии с движением волн (рис. 48–50), Колыма и «выбивает» из «доверхожанского» комплекса осетров, в связи с тем, что в результатах исследований [1] нет митотипического базиса Пацифики.

ВЫВОДЫ

Стоит отметить три факта:

1. Общую схему анализа. Здесь на основе факторного анализа производится инъективное отображение пространств экспериментальных данных, размерности N которых из-

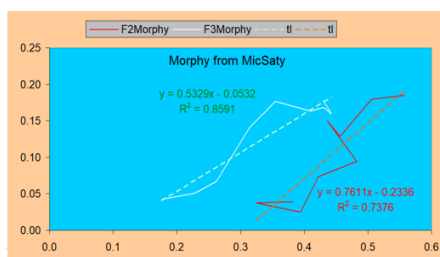
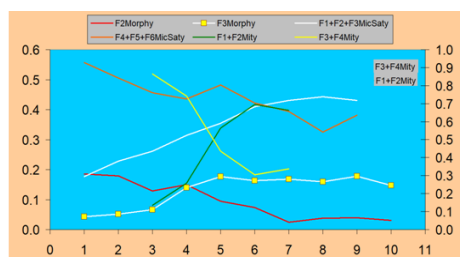


Рисунок 51. Результаты регрессионного анализа фронтов волн на рис.48-50

Figure 51. Results of regression analysis of wave fronts in Figs. 48-50

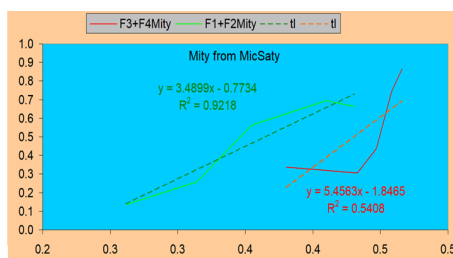
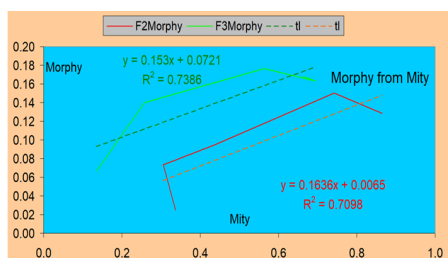


Рисунок 52. Результаты регрессионного анализа фронтов волн на рис.48- 50

Figure 52. Results of regression analysis of wave fronts in Figs. 48-50

Таблица 1. Взаимное соответствие комбинациями факторов миксатов, митов и морфов / **Table 1.** Mutual correspondence between combinations of mixats, myths, and morphs

Волна	миксаты	миты	морфы
«Понт – Пацифика»	$f_1^s + f_2^s + f_3^s =$	$f_3^s + f_4^s =$	f_m^1
«Пацифика – Понт»	$f_4^s + f_5^s + f_6^s =$	$f_1^s + f_2^s =$	f_m^3

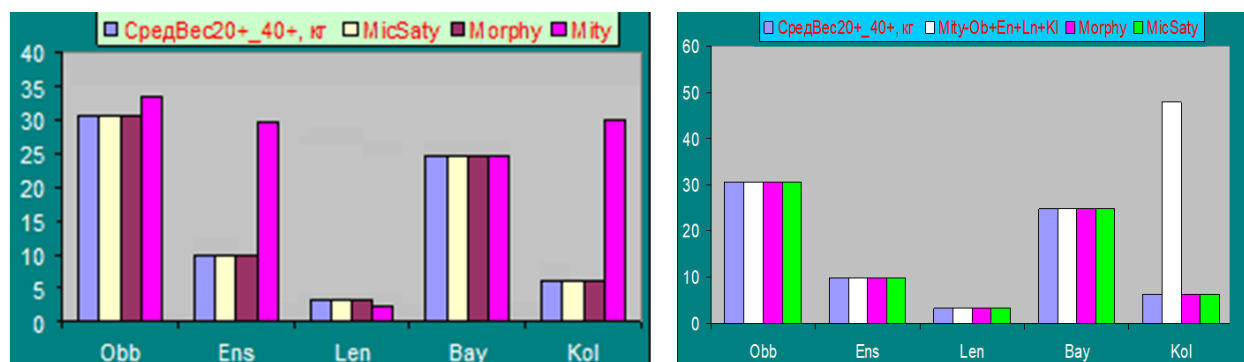


Рисунок 53. Зависимости среднего веса осетров в диапазоне возрастов 20+ - 40+ от первых трех факторов морфов и митов для сибирского осетра

Figure 53. Dependences of the average weight of sturgeons in the age range of 20+ to 40+ on the first three factors of morphs and mites for the Siberian sturgeon

меняются от десятков до сотен показателей в пространстве с размерностью их линейных комбинаций:

$$M \sim \min(3/4 * \text{Число_Объектов}, N^{1/2}).$$

Далее производится анализ в пространствах из трех факторов. Важность 3D анализа вытекает из следующего: сравним правый фрагмент (рис. 46) с его «гистограммной» реализацией (рис. 55). На гистограмме ярко отражается количественная степень соответствия ядерного и цитоплазматического геномов сибирского осетра. Однако при этом совершенно уходит из поля внимания тот факт, что анализируемые показатели образуют определенную целостность – плоскость, в которой они расположены, говорящей, как минимум, о регрессионной и, по всей вероятности, о функциональной зависимости, где три линейно независимые факторы объединены

в целое – фактор F3 линейно зависит факторов F1 и F2.

Это подобно случаю с формой полотен картин Великих Мастеров, где также независимые показатели – длина и высота полотна связаны отношением близким к Золотой Пропорции, которой также подчинены длительности периода эксплуатации и запретов енисейского осетра [3].

2. Семантическую интерпретацию системы (1), определяющую как особенности взаимодействия ядерного и цитоплазматического геномов, так и феноменологическое (экологическое) прочтение ядерного генома. С формальных позиций она представляет собой приравнивание гиперплоскости митов к гиперплоскости миксатов. Здесь уже нет традиционного для регрессий случая, когда один показатель равен некой функции от ряда переменных. В иллюстративном примере демонстрируется в виде трансформации формулы логарифма

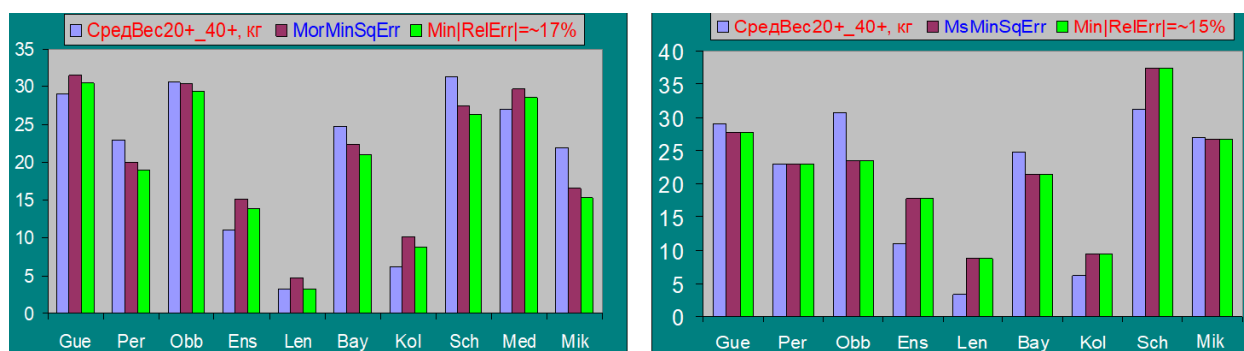
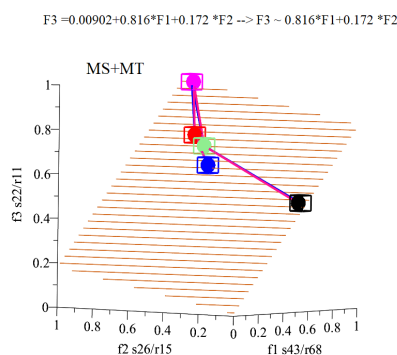


Рисунок 54. Зависимости среднего веса осетров в диапазоне возрастов 20+ - 40+ от первых трех факторов морфов и миксатов сектора «Понт – Пацифика»

Figure 54. Dependences of the average weight of sturgeons in the age range of 20+ to 40+ on the first three factors of morphs and mixats in the Pontic-Pacific sector



взаимодействие ядерного и цитоплазматического геномов

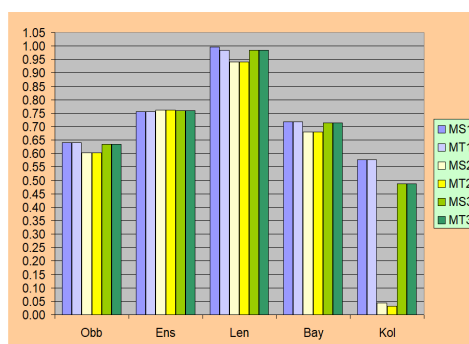


Рисунок 55.
Информативность
сопоставления 3D
и «гистограммной»
реализации

Figure 55. Information
content of 3D
and «histogram»
implementation
comparison

от классического выражения вычисления объема параллелепипеда:

$$V = LBH \rightarrow \ln V = \ln L + \ln B + \ln H \leftrightarrow \ln V - \ln L = \ln B + \ln H$$

В, Н – длина, ширина и высота параллелепипеда, когда в левой и правой частях выражения стоит более одного слагаемого с тем или иным знаком.

С учетом выше сказанного, по типу генных взаимодействий выражение (1.1):

$$f_1^* = f_1^{\#}, p[Mr_j], p[Mt_i], p[Ms_j] - \text{частоты соответствующих морфов, митов и миксатов (1.1)}$$

наиболее близко соответствует кумулятивной полимерии, где в зависимости от числа, иначе говоря, суммы аллелей определяется интенсивность исследуемого признака (рис. 56).

3. На основе факторов миксатов и митов возможно восстановление среднего веса осетров, как для Сибири (рис. 53), так и всего сектора «Понт – Пацифика» (рис. 54).

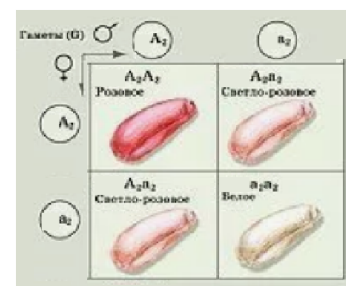
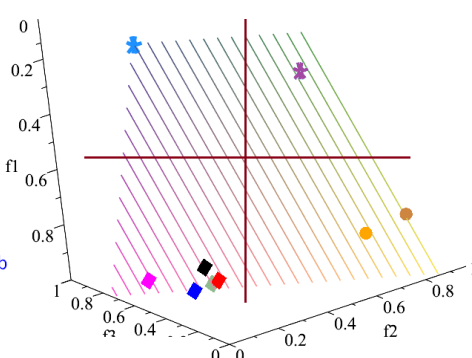
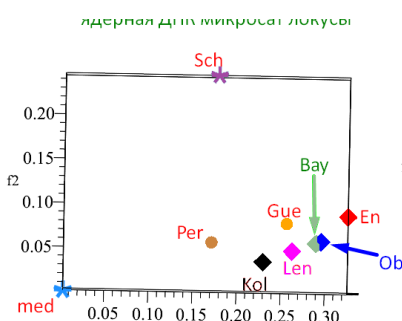


Рисунок 56. Проекция осетров сектора «Понт – Пацифика» в пространстве факторов [F1, F2, F3] и кумулятивная полимерия

Figure 56. Projection of sturgeon in the Pontic-Pacific sector in the factors [F1, F2, F3] space and cumulative polymerization

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: **Н.Д. Гайденок** – идея статьи, сбор и обработка материала, корректировка текста и ее окончательная проверка; **А.И. Пережилин** – подготовка статьи, корректировка текста, подготовка обзора литературы, сбор и обработка материала.

The authors declare that there is no conflict of interest. Contribution to the work of the authors: **N.D. Gaidenok** – the idea of the article, gathering and processing of material, text editing and final verification; **A.I. Perezhilin** – article preparation, text editing, literature review preparation, gathering and processing of material.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Барминцева А.Е. Филогеография и внутривидовой генетический полиморфизм сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt, 1869 в природе и аквакультуре – М., 2017, дисс. ... кбн. 120 с.
2. Гайденок Н.Д. Волны гаплообъектов. Современные методы оценки и рационального использования водных биологических ресурсов. Тезисы международной научно-практической конференции. – М.: Изд-во ВНИРО. 2023. С.45-47



3. Гайденок Н.Д., Пережилин А.И. Демография таксономия генетика модели енисейского осетра – 20 лет спустя. Часть 2. Морфометрический полиморфизм сибирского осетра // Рыбное хозяйство 2025. № 3. С 57-64. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-3-104-115>
4. Гайденок Н.Д., Пережилин А.И. Демография таксономия генетика модели енисейского осетра – 20 лет спустя Часть 3. Митотипический полиморфизм сибирского осетра// Рыбное хозяйство 2025. № 4. С 86-97. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-4-86-97>
5. Побединцева М.А. Молекулярно-генетическое разнообразие речных и озерных полиплоидных рыб Северной Евразии – Новосибирск. 2022. дисс. ... к.б.н. 120 с.
2. Gaidenok N.D. (2023). Waves of haploobjects. Modern methods of assessment and rational use of aquatic biological resources. Abstracts of the International Scientific and Practical Conference. – Moscow: VNIRO Publishing House. Pp. 45-47. (In Russ.)
3. Gaidenok N.D. and Perezhilin A.I. (2025). Demography, Taxonomy, and Genetics of the Yenisei Sturgeon Model: 20 Years Later. Part 2. Morphometric Polymorphism of the Siberian Sturgeon // Fisheries. No. 3. Pp. 57-64. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-3-104-115>. (In Russ., abstract in Eng.)
4. Gaidenok N.D. Perelilin A.I. (2025). Demography Taxonomy Genetics of the Yenisei Sturgeon Model – 20 Years Later Part 3. Mitotipic Polymorphism of the Siberian Sturgeon// Fisheries. No. 4. Pp. 86-97. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-4-86-97> (In Russ., abstract in Eng.)
5. Pobeditseva M.A. (2022). Molecular and Genetic Diversity of River and Lake Polyploid Fishes of Northern Eurasia – Novosibirsk. PhD thesis. 120 p. (In Russ.)

LITERATURE AND SOURCES

1. Barmintseva A.E. (2017). Phylogeography and intraspecific genetic polymorphism of the Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt, 1869, in nature and aquaculture – Moscow. PhD thesis. 120 p.

Материал поступил в редакцию/ Received 02.07.2025
Принят к публикации / Accepted for publication 15.05.2025