

Владимир Иванович БЕЛЯЕВ —
Институт экологии растений
и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия;

Виктор Владимирович РУСАНОВ

УДК 573: 591.4

ОТРАЖЕНИЕ СТАТИКИ И ДИНАМИКИ ФОРМЫ ТЕЛА ЖИВОТНЫХ ПРИ ПОМОЩИ МОДЕЛИ ДВУМЕРНОГО ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО ВИРТУАЛЬНОГО ОБЛИКА (НА ПРИМЕРЕ РЫБ)

АННОТАЦИЯ. Предложена новая модель двумерного изометрического виртуального облика животных (ДИВО). Показана ее применимость для отражения статики и динамики формы тела животных.

A new model of two-dimensional isometric virtual appearance of animals is proposed (TIVA). Its application for demonstration of the animal body form statics and dynamics is shown.

Как известно, методической основой для описания связи значений биологических признаков животных разными математическими функциями служит статистическая модель линейной регрессии [1]. Практика показала при этом, что описание одинаковых исходных данных разными математическими выражениями неизбежно приводит к получению разных конечных результатов и возникновению трудных или тупиковых ситуаций в «творческом» процессе определения биологической информативности параметров этих выражений [2, 3, 4]. Теперь, после создания модели геометрического роста животных, можно надеяться на то, что процедура поиска, линеаризации и расчета параметров «наиболее подходящих» математических выражений станет менее актуальной. Вместо статистических методов расчета и последующего анализа значений параметров прогностических регрессий y_i по x_i или x_i по y_i пришло время прямого графического воспроизведения линий функциональной связи x_i и y_i — геометрических прогрессий индексов y_i/x_i , на плоскости рисунков системы прямоугольных координат Ox и Oy и последующего элементарного анализа связи значений самих пластических признаков X и Y [5].

Моделирование внешнего строения тела животных (формы тела) до настоящего времени проводилось преимущественно на основе фундаментальных понятий математики и физики [6, 7], и, вероятно, по этой причине результаты отмеченных и других работ до сих пор не востребованы биологами.

Задачей предлагаемой работы является презентация рабочего варианта модели ДИВО — модели двумерного изометрического виртуального облика животных, и, на примере рыб, иллюстрация ее приложимости для воспроизведения графической картины и проведения количественной оценки функциональ-

ной связанности значений нескольких ($n > 2$) пластических признаков у разных по размеру тела животных в отдельно взятой выборке или функциональной связи значений тех же признаков у животных в разных выборках, призванных отразить динамику формы тела или размеров внутренних органов в процессе роста животных в среде обитания.

Работа выполнена на материалах измерения пяти пластических признаков самок и самцов пеляди (*Coregonus peled* Gmelin), отловленных в реке Хулга осенью 1972 г. (Приполярный Урал, бассейн реки Северная Сосьва), и пяти пластических признаков самок и самцов щуки (*Esox lucius* L.), отловленных в озере Миассово (Южный Урал) в 1981-1988 гг. Используются выборки измеренных значений следующих признаков: l — промысловая длина тела рыб, Q — масса тела, H — высота тела, B — толщина тела, lC — длина головы, M — масса головного мозга, C — масса сердца, Π — масса печени. Значения всех перечисленных признаков выражены в сантиметрах — однородных и одного масштаба единицах измерения линии в системе СИ [8]. Для этого из всех отдельно взятых выборочных значений массы тела и внутренних органов, измеренных в граммах, извлечен кубический корень. Кубический корень из массы любого физического тела есть сторона куба, наполненного дистиллированной водой, масса которого при 20°C и нормальном атмосферном давлении равна массе этого тела. При этом условии длина стороны куба — отрезок прямой линии, является адекватной линейной характеристикой массы и объема любого физического тела. Правила проведения операций с цифровыми базами данных подробно изложены в работе [5]. Количественной характеристикой любого пластического признака (X или Y) в выборочной совокупности его значений служит средняя геометрическая

$$\tilde{x}_i = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n (x_i)} \quad (1)$$

Строение формы тела, черепа млекопитающих (голова рыбы), осевого скелета, размеры тела и внутренних органов традиционно описывают по результатам линейных промеров и измерений массы некоторого числа соответствующих пластических признаков. Понятно при этом, что линейные и условно линейные промеры (условная масса тела и внутренних органов — выраженные в сантиметрах исходные значения массы этих признаков) средних и малых по величине признаков могут отличаться от промера длины тела животных в разы, десятки и сотни раз. Для иллюстрации сказанного на ось OX рисунка 1, а системы прямоугольных координат OX и OY нанесем произвольно взятое значение длины тела животного — x_1 , а на ось OY — n произвольных значений $y_{i,1}$ — линейных или условно линейных промеров некоторого числа других пластических признаков ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) — порядковые номера признаков Y , где большинство $y_{i,1} < x_1$. Понятно и здесь, что точки $(x_1; y_{i,1})$ на плоскости рисунка 1, а отражают выборочную совокупность попарно сопряженных числовых значений признака X и признаков Y . Мысленно представим, что по (1) вычислено $\tilde{y}_{i,1}$, после чего точка $(x_1; \tilde{y}_{i,1})$ нанесена на тот же рисунок. Видно и понятно без результата вычисления — величина $\tilde{y}_{i,1}/x_1$ в этой точке меньше единицы. Мысленно вычислим $x_1/y_{1,1}; x_1/y_{2,1}; \dots; x_1/y_{n,1}$ для каждого из n значений признаков Y на рисунке 1, а и назовем эти величины исходными (стартовыми) модельными отношениями между измеренным значением x_1 (длина тела) и измеренными значениями конкретных пластических признаков Y животного.

Увеличим каждое $y_{i,1}$ рис. 1а в $x_1/y_{i,1}$ раз таким способом:

$$y_{1,1}(x_1/y_{1,1}) = y'_{1,1} = x_1; y_{2,1}(x_1/y_{2,1}) = y'_{2,1} = x_1; \dots; y_{n,1}(x_1/y_{n,1}) = y'_{n,1} = x_1 \quad (2).$$

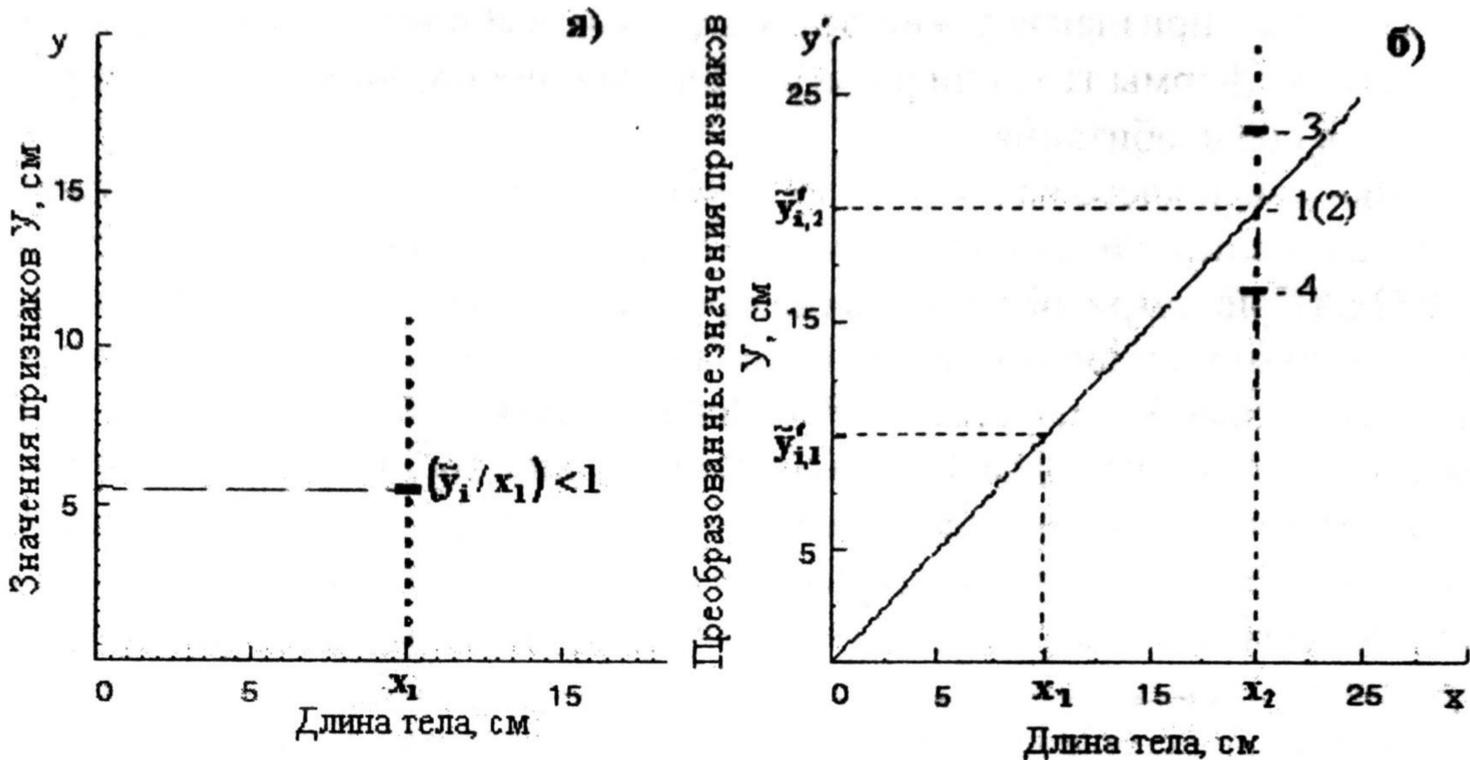


Рис. 1. Построение отправной точки $(x_1; \tilde{y}_{i,1})$ модели ДИВО. 1, 2, 3, 4 — варианты расположения точки $(x_2; \tilde{y}_{i,2})$ на плоскости координат по отношению к отрезку модельной прямой (пояснение в тексте).

На плоскость рис. 1б системы координат OX и OY' нанесем точку

$$(x_1; \tilde{y}_{i,1}), \text{ где } \tilde{y}_{i,1} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n (y_{i,1})} = x_1.$$

Последнее означает, что точка $(x_1; \tilde{y}_{i,1})$ на рисунке 1, б отражает координаты ДИВО этого животного на плоскости рисунка системы координат OX и OY' . При этом на листе бумаги может быть воспроизведена фигура правильного многоугольника, у которого длина каждой из $n + 1$ сторон эквивалентна длине тела животного — x_1 . Рисунок фигуры правильного многоугольника — это и есть рабочая модель двумерного изометрического виртуального облика животного.

Через точку $(x_1; \tilde{y}_{i,1})$ на рисунке 1, б проведем из начала координат отрезок прямой линии и назовем его отрезком линии модели ДИВО первого животного. На ось OX рис. 1б, правее x_1 , нанесем x_2 — значение длины тела второго животного того же вида. Очевидно при этом, что размеры тела второго животного больше, чем первого. Естественно предполагать, что у более крупного животного несколько больше и исходные линейные промеры тех же признаков Y . Каждое из n значений $y_{i,2}$ увеличим аналогично тому, как это сделано выше, то есть используем для вычислений исходные модельные отношения $x_1/y_{i,1}$ первого животного:

$$y_{1,2}(x_1/y_{1,1}) = y'_{1,2}; y_{2,2}(x_1/y_{2,1}) = y'_{2,2}; \dots; y_{n,2}(x_1/y_{n,1}) = y'_{n,2} \quad (3).$$

В итоге $\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n (y'_{i,2})} = \tilde{y}_{i,2}$ и точки $(x_2; y'_{i,2})$ и $(x_2; \tilde{y}_{i,2})$ могут быть нанесены на рисунок 1, б. Рассмотрим возможные варианты расположения этих точек на плоскости рисунка.

ны на рисунок 1, б. Рассмотрим возможные варианты расположения этих точек на плоскости рисунка.

Если первое и второе животные по своему внешнему строению (облику) являются полными геометрическими аналогами, то любое выборочное значение $y'_{i,2} = \tilde{y}'_{i,2} = x_2$, точки $(x_2; y'_{i,2})$ совместятся с точкой $(x_2; \tilde{y}'_{i,2})$, которая, в свою очередь, наложится на линию ДИВО (позиция 1 на рис. 1, б). Ясно, что этот вариант гипотетический. Вероятнее ожидать иной результат — точка $(x_2; \tilde{y}'_{i,2})$ попадет на линию ДИВО, но отдельные точки $(x_2; y'_{i,2})$ расположатся на плоскости координат выше и ниже этой линии (позиция 2). Наиболее реальны, однако, варианты расположения точки $(x_2; \tilde{y}'_{i,2})$ выше (позиция 3) или ниже (позиция 4) линии ДИВО. Сказанное справедливо и для случая, при котором размеры третьего, четвертого и т. д. животных меньше, чем размеры первого животного ($x_i < x_1$). Проиллюстрируем это на примере выборки пятилетних самок щуки ($n = 21$), у которых промерены и выражены в сантиметрах длина, высота, толщина и условная масса тела. Выборочные средние геометрические значения признаков: $\tilde{l}_i = 45.84$ см, $\tilde{Q}_i = 9.29$ см, $\tilde{H}_i = 6.89$ см, $\tilde{B}_i = 4.50$ см. В этом примере выборочная \tilde{l}_i соответствует x_1 , а отдельные $l_i < x_1$.

По выборочным средним $\tilde{l}_i, \tilde{Q}_i, \tilde{H}_i, \tilde{B}_i$ вычислим исходные модельные отношения: $\tilde{l}_i/\tilde{Q}_i, \tilde{l}_i/\tilde{H}_i, \tilde{l}_i/\tilde{B}_i$. Все отдельно взятые выборочные значения Q_i увеличим в \tilde{l}_i/\tilde{Q}_i раз: $Q_i(\tilde{l}_i/\tilde{Q}_i) = Q'_i$, все H_i — в \tilde{l}_i/\tilde{H}_i раз: $H_i(\tilde{l}_i/\tilde{H}_i) = H'_i$ и, наконец, все B_i — в \tilde{l}_i/\tilde{B}_i раз: $B_i(\tilde{l}_i/\tilde{B}_i) = B'_i$. Точки $(l_i; Q'_i), (l_i; H'_i), (l_i; B'_i)$ нанесем на рисунок 2а системы координат OX и OY' . Видно, что каждому l_i на плоскости координат соответствуют три точки с такими координатами. В геометрическом центре распределения точек на плоскости:

$$\sqrt[21]{\prod_{i=1}^{21} (Q'_i)} = \tilde{Q}'_i = \tilde{l}_i; \sqrt[21]{\prod_{i=1}^{21} (H'_i)} = \tilde{H}'_i = \tilde{l}_i; \sqrt[21]{\prod_{i=1}^{21} (B'_i)} = \tilde{B}'_i = \tilde{l}_i.$$

Значение координаты $\tilde{y}'_{i,2}$ для каждого l_i вычислим по формуле

$$\tilde{y}'_{i,2} = \sqrt[3]{Q'_i \times H'_i \times B'_i} \quad (4),$$

где Q'_i, H'_i, B'_i — сопряженные с l_i значения признаков Y каждой кон-

кретной самки щуки. И в этом случае $\sqrt[21]{\prod_{i=1}^{21} (\tilde{y}'_{i,2})} = \tilde{y}'_{i,2} = \tilde{l}_i$. Точки $(\tilde{l}_i; \tilde{y}'_{i,2} < x_1)$ нанесем на рисунок 2, б, после чего начало координат и геометрический центр $(\tilde{l}_i; \tilde{y}'_{i,2})$ распределения точек на плоскости координат соединим прямолиней-

ным отрезком линии ДИВО. Видно, что только одна точка $(l_i; \bar{y}_{i,2})$ совпала с линией ДИВО (обведена кружком).

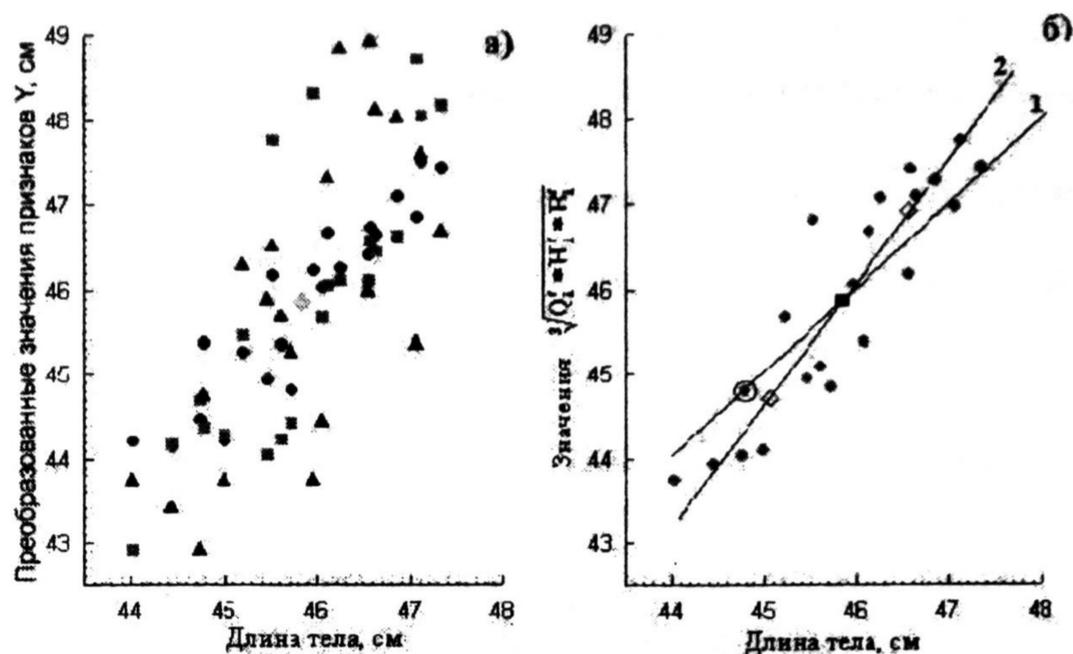


Рис. 2. Последовательность построения линии функциональной связанности выборочных значений четырех пластических признаков пятилетних самок щуки ($n=21$, пояснение в тексте).

Обозначения: а) \bullet — точки $(l_i; Q_i)$, \blacksquare — $(l_i; H_i)$, \blacktriangle — точки $(l_i; B_i)$, \diamond — геометрический центр распределения всех типов точек; б) 1 — линия ДИВО, 2 — выборочная линия двумерного виртуального облика разных по длине тела самок щуки, \diamond — реперные точки линии 2, \blacksquare — геометрический центр распределения точек.

В итоге по четырем признакам выборочный геометрический ДИВО самок щуки — квадрат, а каждой самки в отдельности — равнобокая трапеция разной степени выраженности, у которой длина верхнего основания равна длине боковых сторон.

Так, как показано в работе [5], вычислим по данным рис. 2, б координаты реперных точек и проведем линию функциональной связанности выборочных значений признаков l, Q, H, B . На фоне линии ДИВО отчетливо видно, что по отношению к длине тела условная масса, высота и толщина тела у крупных самок щуки, в среднем, больше, чем у самок меньшего размера. Иначе говоря, значения признаков Q, H, B у самок в выборке связаны с длиной тела положительной аллометрической зависимостью.

Уровень коррелированности совокупности выборочных виртуальных обликов щук (трапеций) с выборочным средним геометрическим виртуальным обликом (квадратом) оценим по данным рис. 2, б. Выборочный геометрический коэффициент корреляции значений двух признаков рассчитывается по формуле:

$$\bar{r}_B = \sqrt{\prod_{i=1}^n \left(\frac{\hat{y}_i / \hat{x}_i}{\hat{x}_i / \hat{y}_i} \right)}, \text{ где } \hat{y}_i / \hat{x}_i = \frac{y_i / x_i}{(y_i / x_i)} \text{ и } \hat{y}_i / \hat{x}_i < 1, \hat{x}_i / \hat{y}_i — \text{обратные величины всех}$$

$\hat{y}_i / \hat{x}_i > 1$ [9]. В геометрическом центре $(\bar{l}_i; \bar{y}_{i,2})$ распределения $(l_i; \bar{y}_{i,2})$ на рис. 2, б

значение индекса $\bar{y}_{i,2} / \bar{l}_i$ равно единице. Поэтому, $\bar{r}_B = \sqrt{\prod_{i=1}^{21} \left(\frac{\bar{y}_{i,2} / l_i}{l_i / \bar{y}_{i,2}} \right)} = 0,9884$.

Динамику совместного роста значений пяти пластических признаков: l, Q, H, B, l_s , проиллюстрируем на материалах по росту самок щуки в озере Миас-

сово на отрезке времени их жизни от двухлетнего (в 1981 г.) до девятилетнего (в 1988 г.) возраста (данные профильные). Уместно напомнить, что измеренные в граммах значения массы тела рыб преобразованы в значения условной массы с размерностью — сантиметр (см. выше). Для каждой из сорока выборок исходных данных рассчитаем выборочные средние геометрические по (1). Затем по выборочным средним геометрическим значениям признаков рыб первой пробы (возраст рыб — 1+ лет) вычислим четыре модельных отношения: $\bar{l}_{i,1}/\bar{Q}_{i,1}$ (5), $\bar{l}_{i,1}/\bar{H}_{i,1}$ (6), $\bar{l}_{i,1}/\bar{B}_{i,1}$ (7), $\bar{l}_{i,1}/\bar{C}_{i,1}$ (8). Выборочные: от $\bar{Q}_{i,1}$ до $\bar{Q}_{i,8}$ умножим на (5), от $\bar{H}_{i,1}$ до $\bar{H}_{i,8}$ — на (6), от $\bar{B}_{i,1}$ до $\bar{B}_{i,8}$ — на (7), от $\bar{C}_{i,1}$ до $\bar{C}_{i,8}$ — на (8). Ясно, что $\bar{Q}_{i,1} \times (5) = \bar{l}_{i,1}$; $\bar{H}_{i,1} \times (6) = \bar{l}_{i,1}$; $\bar{B}_{i,1} \times (7) = \bar{l}_{i,1}$; $\bar{C}_{i,1} \times (8) = \bar{l}_{i,1}$. Результаты вычислений нанесем на плоскость системы координат OX и OY' и точки с одноименными координатами соединим прямолинейными отрезками (рис. 3). Эмпирические линии 2-5 на рисунке отражают динамику попарно сопряженных выборочных средних геометрических значений признаков по мере роста генерации самцов щуки от года к году: линия 2 — (\bar{l}_i/\bar{Q}_i) , 3 — (\bar{l}_i/\bar{H}_i) , 4 — (\bar{l}_i/\bar{B}_i) , 5 — (\bar{l}_i/\bar{C}_i) . Далее, для каждого из $\bar{l}_{i,1}, \bar{l}_{i,2}, \dots, \bar{l}_{i,8}$, вычислим по (4) $\bar{y}_{i,1}, \bar{y}_{i,2}, \dots, \bar{y}_{i,8}$, точки $(\bar{l}_{i,1}; \bar{y}_{i,1}), (\bar{l}_{i,2}; \bar{y}_{i,2}), \dots, (\bar{l}_{i,8}; \bar{y}_{i,8})$, нанесем на рис. 3 и последовательно, начиная с точки $(\bar{l}_{i,1}; \bar{y}_{i,1})$, соединим прямолинейными отрезками (линия 6). Очевидно, что в точке $(\bar{l}_{i,1}; \bar{y}_{i,1})$ значение $\bar{y}_{i,1} = \bar{l}_{i,1}$, то есть эта точка является исходной моделью ДИВО самцов щуки. Из начала координат через точку исходной модели $(\bar{l}_{i,1}; \bar{y}_{i,1})$ проведем линию ДИВО (линия 1).

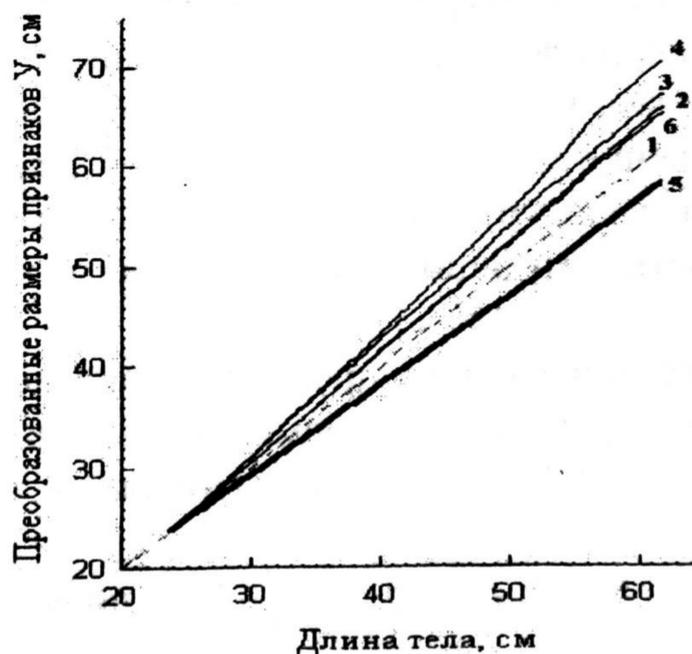


Рис. 3. Соотносительная динамика размеров отдельных признаков и формы тела с длиной тела самцов щуки в оз. Миассово с 1981 г. по 1988 г. по пяти пластическим признакам. Цифровое обозначение линий связи значений признаков см. в тексте.

Построенная на рисунке 3 по $(\bar{l}_{i,1}; \bar{y}_{i,1})$ эмпирическая линия функциональной связи преобразованных средних значений четырех признаков У и ис-

ходных средних значений длины тела (линия б) с определенной степенью информативности отражает динамику двумерного виртуального облика самцов щуки в процессе роста генерации особей щуки в озере. Понятно, что при большем числе признаков степень информативности может быть иной. Однако на фоне линии ДИВО на рисунке 3 отчетливо видно, что эта эмпирическая линия, в среднем отражает и динамику реального — зрительно воспринимаемого облика самцов щуки: по мере роста рыб проявилась четкая положительная аллометрия роста между длиной тела и размерами признаков У (линия б, индексы по порядку: 1,0; 1,014; 1,027; 1,035; 1,038; 1,045; 1,056; 1,056). Другие эмпирические линии на рис. 3 отражают положительную аллометрию роста между: длиной и условной массой тела (линия 2: 1,0; 1,015; 1,028; 1,041; 1,044; 1,052; 1,063; 1,065), длиной и высотой (линия 3: 1,0; 1,030; 1,063; 1,069; 1,070; 1,087; 1,085; 1,087), длиной и толщиной тела (линия 4: 1,0; 1,033; 1,056; 1,082; 1,103; 1,114; 1,147; 1,141), а также отрицательную аллометрию роста между длиной тела и длиной головы у рыб (линия 5: 1,0; 0,980; 0,965; 0,954; 0,942; 0,935; 0,941; 0,941). Следует ожидать, что специально подобранная комбинация пластических признаков (с положительной и отрицательной аллометрией роста) позволит разработать стандартную схему для воспроизведения статики и динамики внешнего облика (формы тела) у рыб разных видов и других животных. Оценка различий по $(x_i; y_i)$ или $(\tilde{x}_i; \tilde{y}_i)$ у мелких и крупных по размерам тела рыб в популяции вида может быть выполнена тем же способом, какой использован для сравнения разных выборок $(x_i; y_i)$ в работе [5].

Не менее интересна графическая иллюстрация процесса совместной динамики размеров тела и внутренних органов животных в постнатальном онтогенезе. Решение этой задачи на основе модели ДИВО связано с аналогичным преобразованием размерностей и масштабов измеренных значений признаков и возможно только при наличии исходной информации, действительно отражающей процесс онтогенеза конкретной группы или генерации животных. Использованные ниже данные по классификации Ричардса и Кэвенэ [2; 105-106] относятся к смешанным профильным. То есть на следующем рисунке представлены данные, отражающие соотношение между длиной тела (признак X) и условной массой тела, головного мозга, сердца и печени (признаки Y) у пяти-десятилетних самок пеляди нерестовой части популяции вида, отловленных после завершения нереста в реке Хулга.

Результаты предварительного преобразования исходных данных (схема преобразования данных предыдущего примера) нанесены на плоскость рисунка 4 системы координат OX и OY'. Из начала координат и точку исходной модели

$(\tilde{l}_{i,1}; \tilde{y}_{i,1})$, где $\tilde{y}_{i,1} = \sqrt[4]{\tilde{Q}_{i,1} \times \tilde{C}_{i,1} \times \tilde{П}_{i,1} \times \tilde{M}_{i,1}} = \tilde{l}_{i,1}$ (4), проведен отрезок модельной

прямой линии 1. Назовем этот отрезок модельной прямой линией двумерного изометрического соотношения длины тела и условно линейных размеров органов — значений условной массы признаков Q, M, C, П у 4+ - 9+ летних самок пеляди. Эмпирические линии отражают картину соотношения выборочных средних геометрических значений признаков Y и длины тела у разных по длине тела (и возрасту) самок: линия 2 — соотношение между длиной тела и преобразованной условной массой тела (индексы: 1,0; 1,033; 1,039; 1,041; 1,042; 1,037), линия 3 — длиной

тела и преобразованной условной массой сердца (1,0; 1,006; 1,046; 1,067; 1,077; 1,078), линия 4 — длиной тела и преобразованной условной массой печени (1,0; 1,073; 1,117; 1,125; 1,139; 1,128), линия 5 — длиной тела и преобразованной условной массой головного мозга (1,0; 0,948; 0,914; 0,915; 0,916; 0,915). Линия 6 отражает соотношение между $\tilde{l}_{i,1}, \tilde{l}_{i,2}, \tilde{l}_{i,3}, \dots, \tilde{l}_{i,6}$ и $\tilde{y}_{i,1}, \tilde{y}_{i,2}, \tilde{y}_{i,3}, \dots, \tilde{y}_{i,6}$ у тех же рыб (1,0; 1,014; 1,026; 1,034; 1,040; 1,036).

Отчетливо видно, как по мере роста размеров тела рыб от возраста к возрасту величины индексов $\tilde{Q}_i/\tilde{l}_i, \tilde{C}_i/\tilde{l}_i, \tilde{P}_i/\tilde{l}_i, \tilde{y}_i/\tilde{l}_i$ увеличиваются и достигают максимальных значений у девятилетних самок. То есть с возрастом самки «тяжелее», а в верховья реки Хулга поднимаются особи, у которых, в среднем, относительные размеры сердца и печени в каждой, по порядку увеличения возраста, генерации пеляди больше, чем в предыдущей. На линии 5 величина индекса \tilde{M}_i/\tilde{l}_i у самок от 5+ лет и старше меньше модельного значения — 1,0, но от возраста 6+ лет до 9+ лет одинакова (0,914; 0,915; 0,916; 0,915), что не согласуется с известным из литературных источников снижением индекса мозга у рыб с возрастом [11].

Исходные данные рис. 4 преобразуем по формулам (7) и (10) из работы [5]:

$x_{i, \text{собств.}} = x_i q_x$, где x_i — выборочные $\tilde{l}_{i,1} - \tilde{l}_{i,6}$, использованные для построения рис. 4;

$y_{i, \text{собств.}} = y_i q_y$, где y_i — сопряженные с \tilde{l}_i значения $\tilde{Q}_i, \tilde{M}_i, \tilde{C}_i, \tilde{P}_i$; $q_x = 20 / x_{i, \text{max}}$,

где $x_{i, \text{max}} = \tilde{l}_{i,6} = 40,98$ см, 20 — число разбиений оси ОХ, и воспроизведем на рис. 5. Переход от метрических к «собственным» размерам пластических признаков выразился в повторении на рис. 5 картины соотношения выборочных средних геометрических размеров признаков Y с длиной тела рыб на рис. 4. Представление исходных данных в таком виде позволяет воспроизвести на одном рисунке системы координат ОХ и ОУ не только линии связи размеров нескольких пластических признаков самок, но и линии связи размеров тех же признаков самцов этого вида рыб или аналогичные линии связи признаков X и Y самок и самцов других видов.

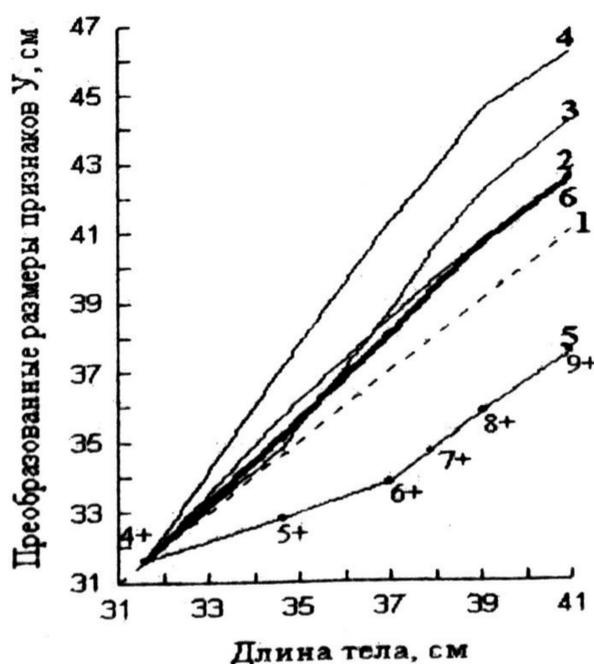


Рис. 4. Соотношение между длиной тела и преобразованными значениями размеров четырех пластических признаков у самок пеляди разного возраста из р. Хулга (пояснение в тексте).

Привлечем в качестве примера рис. 5, стартовые модельные отношения выборочных средних геометрических значений признаков пятилетних самок пеляди:

$$\tilde{l}_{i,1}/\tilde{Q}_{i,1} = 4,219 (9), \tilde{l}_{i,1}/\tilde{C}_{i,1} = 39,713 (10), \tilde{l}_{i,1}/\tilde{P}_{i,1} = 17,722(11), \tilde{l}_{i,1}/\tilde{M}_{i,1} = 45,672 (12)$$

и выборочные средние геометрические значения тех же признаков у разных по размерам и календарному возрасту самцов пеляди (4+ - 9+ лет), отловленных вместе с самками в реке Хулга в одно и то же время. Необходимо напомнить, что модельные отношения (9), (10), (11), (12) использованы ранее для построения

рис. 4. Выборочные средние значения признаков самцов: от $\tilde{Q}_{i,1}$ до $\tilde{Q}_{i,6}$ умножим

на (9), от $\tilde{C}_{i,1}$ до $\tilde{C}_{i,6}$ — на (10), от $\tilde{P}_{i,1}$ до $\tilde{P}_{i,6}$ — на (11), от $\tilde{M}_{i,1}$ до $\tilde{M}_{i,6}$ — на (12),

вместе с $\tilde{l}_{i,1}$ - $\tilde{l}_{i,6}$ преобразуем по формулам (7) и (10) из работы [5] (см. порядок построения рис. 5), после чего полученные результаты и линии 2-5 из рис. 5 нанесем на плоскость рис. 6 системы прямоугольных координат. Акцентируем внима-

ние на том, что $\tilde{l}_{i,1}$ у самок и самцов равны 31,65 см и 31,41 см, а $\tilde{l}_{i,6}$ — 40,98 см и 39,73 см, соответственно. То есть, совпадение диапазонов «собственных» размеров тела самок и самцов на рис. 6 обусловлено совпадением диапазонов физических размеров тела самок и самцов в исходных выборках. Последняя цифра — 39,73 см, вычислена по длине тела трех восьмилетних самцов, так как у пяти

самцов десятилетнего возраста (больше не встречено) $\tilde{l}_i = 36,60$ см, и эти рыбы

мельче девятилетних, у которых $\tilde{l}_i = 36,98$ см.

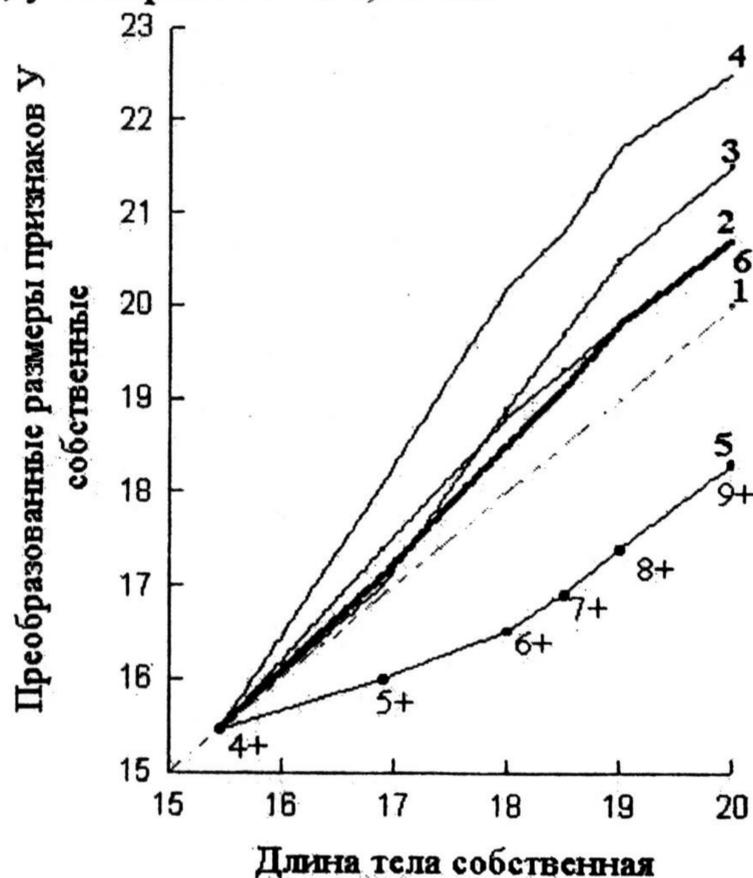


Рис. 5. Соотношение между «собственной» длиной тела и «собственными» размерами четырех признаков у самок пеляди разного возраста из р. Хулга.

Обозначения кривых те же, что и на рисунке 4.

Рисунок 6 позволяет увидеть, что во всех шести генерациях пеляди самцы несколько «тяжелее» самок (линия 2, индексы по порядку: 1,029; 1,045; 1,053; 1,062; 1,063; 1,070). Ясно при этом, что различия возникли после завер-

шения нереста и сохранятся до конца весны следующего календарного года; в период летнего нагула и последующей миграции к местам нереста сгладятся или возникнет обратное отношение в результате увеличения (до 20% от общей массы тела) массы половых продуктов у самок. По сравнению с самками размеры печени у самцов, в среднем, во всех генерациях рыб меньше (линия 4: 0,937; 0,997; 1,012; 1,016; 1,024; 1,022), а размеры сердца больше (линия 3: 1,058; 1,071; 1,082; 1,122; 1,128; 1,103). У самцов возраста от 5+ до 8+ лет средние значения условной массы головного мозга выше, чем у самок (линия 5: 0,977; 0,988; 0,959; 0,955; 0,953; 0,921). Понять и обсудить последнее, однако, далеко не так просто [10], как и данные по размерам головного мозга у самок от 6+ до 9+ лет здесь и на рис. 4 и 5, из-за отсутствия сведений по росту и дифференциальной смертности самок и самцов разных генераций пеляди в предыдущие годы их жизни — до момента отлова в 1972 г.

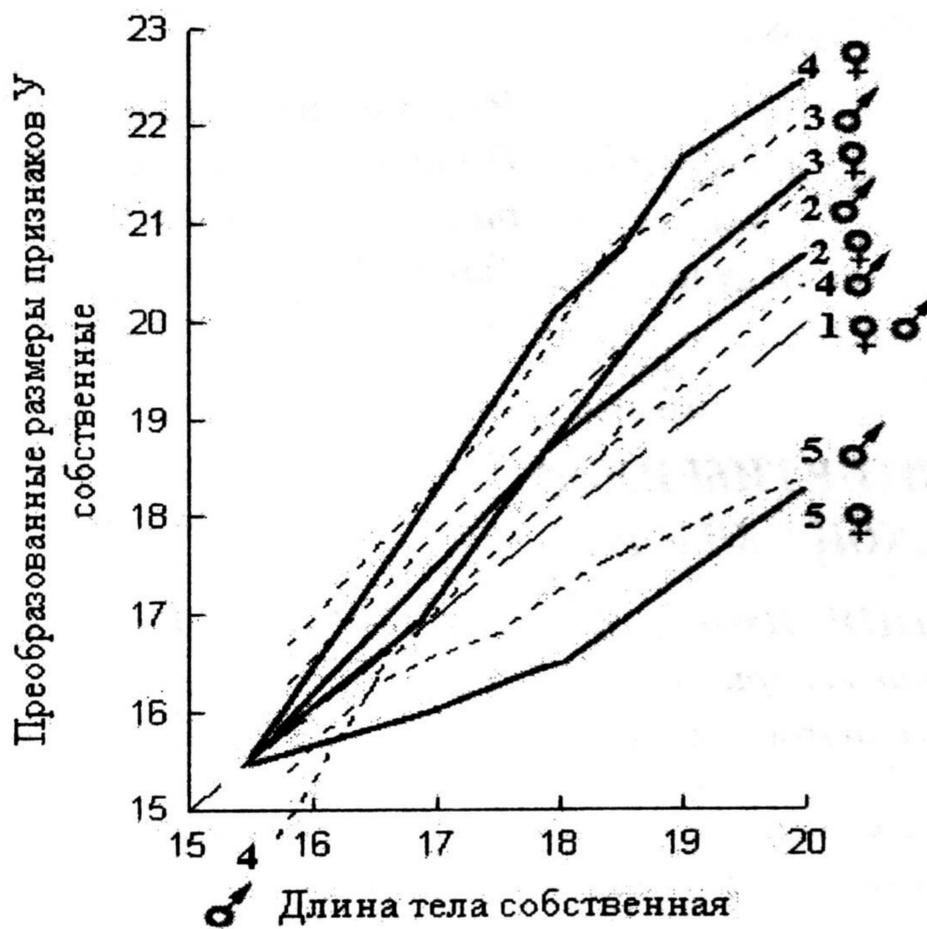


Рис. 6. Соотношение между «собственной» длиной тела и «собственными» размерами четырех признаков у самок и самцов в разных генерациях пеляди из р. Хулга осенью 1972 г. Цифровые обозначения кривых те же, что и на рисунках 4 и 5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глотов Н. В., Животовский Л. А., Хованов Н. В., Хромов-Борисов Н. Н. Биометрия. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. 264 с.
2. Мина М. В., Клевезаль Г. А. Рост животных. М.: Наука, 1976. 292 с.
3. Рикер У. Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. М.: Пищевая промышленность, 1979. 408 с.
4. Беляев В. И. Степень соответствия экспоненциального и степенного уравнений для описания роста молоди карпа в длину // Количественные методы в экологии позвоночных. Свердловск, УНЦ АН СССР, 1983. С. 127-133.
5. Беляев В. И. Оценка функциональных отношений биологических признаков животных в выборочных базах данных (на примере рыб) // Проблемы отдаленных эколого-

генетических последствий радиационных инцидентов: Тоцкий ядерный взрыв. Екатеринбург: Екатеринбург, 2000. С. 88-98.

6. Преснов Е. В. Классификация биологических форм // Математическая биология развития. М.: Наука, 1982. С. 126-135.

7. Мартынов Л. А. Роль макроскопических процессов в формообразовании (математические и физические модели) // Математическая биология развития. М.: Наука, 1982. С. 124-154.

8. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1987. 430 с.

9. Беляев В. И. Новый взгляд на понятие корреляции пластических признаков животных и метод ее оценки // Исследования эталонных природных комплексов Урала. Екатеринбург: Екатеринбург, 2001. С. 24-33.

10. Беляев В. И. Об использовании веса головного мозга в популяционных исследованиях молоди карпа // Экология. № 5. 1979. С. 88-92.

11. Смирнов В. С., Божко А. М., Рыжков Л. П., Добринская Л. А. Применение метода морфофизиологических индикаторов в экологии рыб // Труды. СевНИОРХ. Том 7. Петрозаводск: Карелия, 1972. 168 с.

*Яна Владимировна МАРКОВА,
Нина Анатольевна БОМЕ —
биологический факультет,
Тюменский государственный
университет, Тюмень, Россия*

УДК 630*165.69

РОСТ И РАЗВИТИЕ ГИБРИДОВ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ. Изучены особенности формирования биомассы растений в различные периоды онтогенеза с прогнозированием отбора высокоадаптивных форм гороха в условиях юга Тюменской области.

The authors present the results of their study of pea plants biomass formation peculiarities during different ontogeny periods at the south of Tyumen region.

Введение

В решении проблемы растительного белка важное место принадлежит зернобобовым культурам, обладающим высокой питательной ценностью [1, 2].

Разнообразие, специфичность и широкая амплитуда изменчивости почвенно-климатических условий Тюменской области определяют подбор и создание форм зернобобовых культур, в том числе и гороха, адаптированных к факторам среды.

По мнению В. А. Бободжанова и В. А. Драгавцева [3], дальнейший процесс улучшения растений будет зависеть от уровня знаний о принципах подбора исходного материала.

Для повышения результативности селекции необходима разработка способов оценки и отбора продуктивных растений в онтогенезе [4].

Оценка индивидуальной изменчивости признаков, периодичности и ритмичности роста растений позволяет дать наиболее точную оценку степени адап-