

**Изучение географической
изменчивости малого прудовика
(*Galba truncatula*) методами
классической и геометрической
морфометрии**

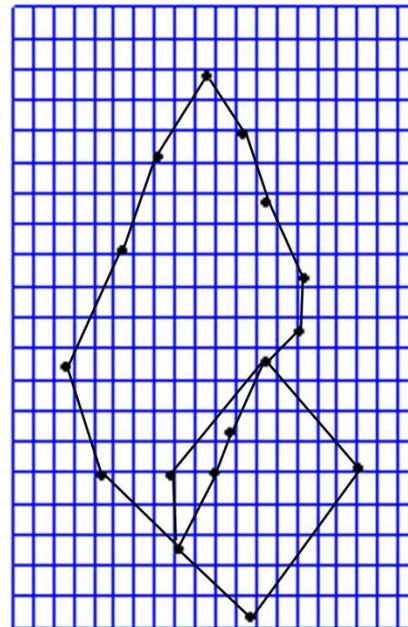
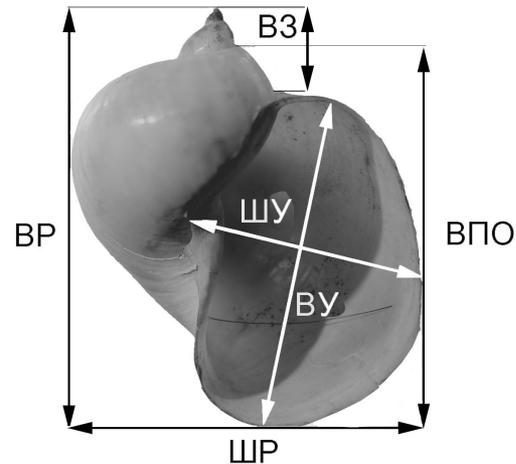
А.В. Жарова

М.В. Винарский

Омский государственный
педагогический университет

Методы количественного изучения изменчивости раковины брюхоногих моллюсков со спиральной раковиной:

- классическая конхометрия
- геометрическая морфометрия



Классическая конхометрия

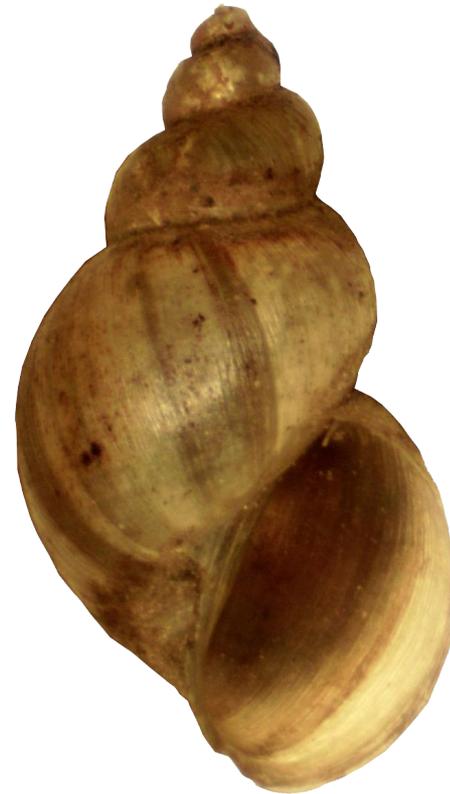
- в качестве показателя общих размеров раковины выбирается один из параметров (чаще всего – высота раковины), а форму раковины характеризуют т.н. морфометрические индексы, которые представляют собой простые соотношения линейных промеров (ШР/ВР и т.п.).
- Его преимущества – простота и быстрота снятия промеров, простота математической обработки.
- Очевидным недостатком конхометрии является то, что при попытках выразить таким способом пропорции раковины (трехмерного объемного объекта) мы не можем анализировать отдельно форму раковины и её размеры.

Геометрическая морфометрия

- В отличие от традиционного подхода, здесь форма раковины (кости, зуба, черепа, листовой пластинки и пр.) выражается через серию т.н. ландмарок, располагаемых вдоль контура изучаемого объекта. С помощью особых статистических процедур для каждой ландмарки вычисляются её координаты, а затем производятся различные преобразования этих координат. Это позволяет не только более точно выразить форму объекта, но и определить количественно меру различий между особями с различной формой.
- Такой подход считается более точным и широко используется сейчас для изучения изменчивости раковины моллюсков в различных аспектах – экологическом, географическом, онтогенетическом и т.д.
- Более трудоемок и времязатратен.

Объект исследования

- Несмотря на то, что этот вид имеет колоссальное практическое значение, являясь промежуточным хозяином трематоды *Fasciola hepatica* (возбудителя – фасциолёза, заболевания рогатого скота и изредка человека), до сих пор в литературе географическая изменчивость малого прудовика не была изучена.



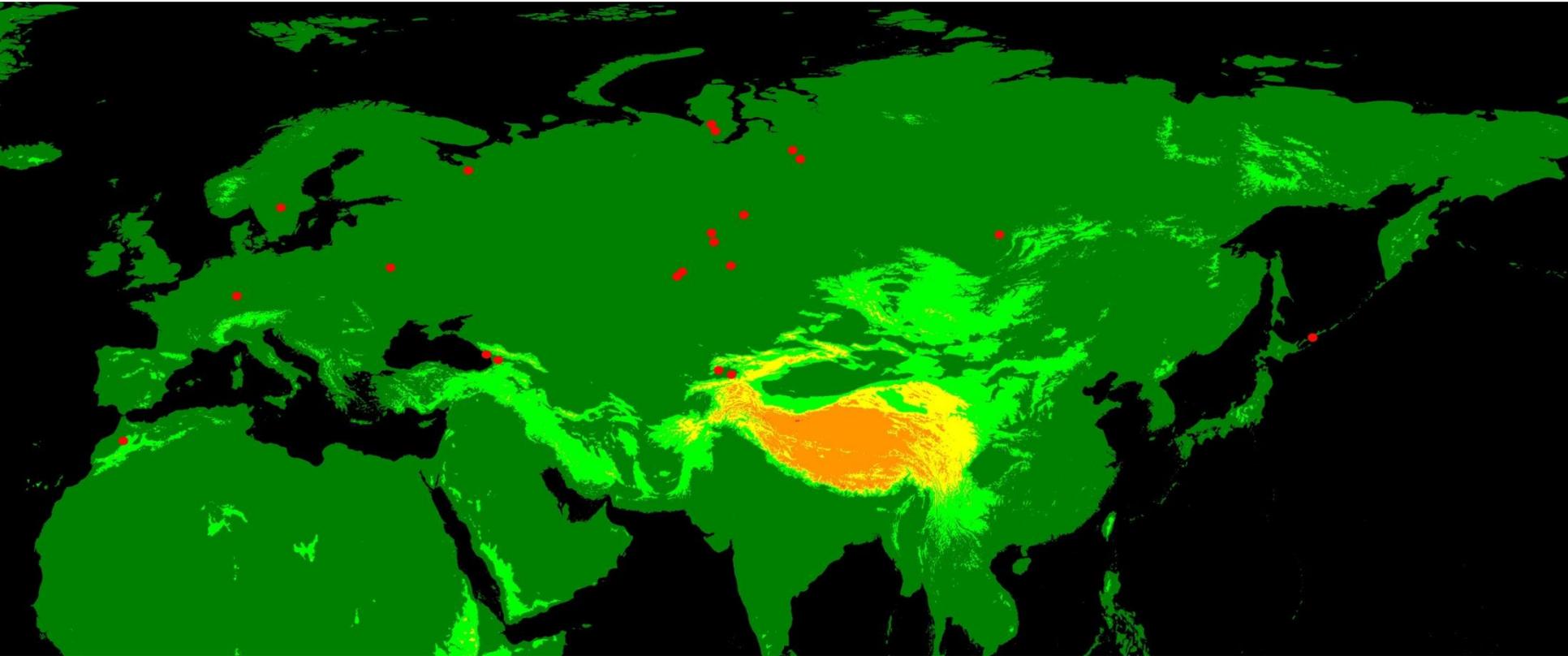
Galba truncatula, оз.Кочу-Урuiй

Задачи исследования

- Изучить широтную изменчивость размеров раковины *Galba truncatula* с помощью метода классической конхометрии
- Изучить широтную изменчивость формы раковины *G. Truncatula* с помощью метода геометрической морфометрии
- Сопоставление классической и геометрической морфометрии, их эффективности применительно к изучаемому вопросу

Использованный материал

- В основу работы легли данные по 195 раковинам *Galba truncatula* из 21 популяции, широко расположенных в пространстве, от Марокко до Кунашира если смотреть с запада на восток, и от Ямала до Таджикистана, если смотреть в широтном направлении.
- Раковины взяты из малакологической коллекции Лаборатории макроэкологии и биогеографии беспозвоночных Санкт-Петербургского государственного университета.

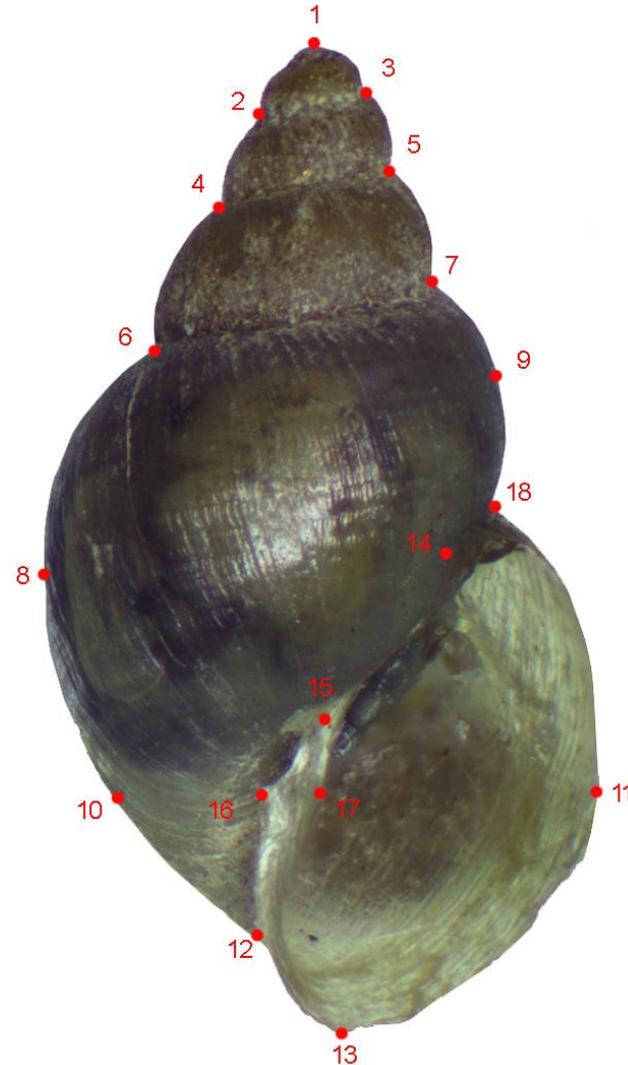


Использованный материал

| Местообитание | Широта | Долгота |
|----------------|--------|---------|
| Рукав р. Щучья | 67,5 | 68,6 |
| Красноселькуп | 65,7 | 82,45 |
| Кочу-Урий | 60,41 | 73,55 |
| Радеторп | 59,6 | 14,2 |
| Ломайка | 58,19 | 68,2 |
| Телячиха | 57,78 | 108,1 |
| Басандайка | 56,48 | 90 |
| Ича | 55,87 | 78,40 |
| Тартас | 55,67 | 76,71 |
| Тангельштедт | 50,85 | 11,27 |
| Оброшино | 49,78 | 23,87 |
| Кунашир | 44,00 | 145,70 |
| Псырцха | 43,09 | 40,81 |
| Цебельда | 43,02 | 41,27 |
| Кафирниган | 38,50 | 68,79 |
| Арримек | 33,40 | 7,13 |

Использованный материал

- Все раковины сначала промерялись по стандартной схеме, а затем были сфотографированы, и полученные цифровые изображения раковин послужили основой геометрико-морфометрического исследования.
- Всего использовано 18 ландмарков, оконтуривающих как общий профиль раковины, начиная с её вершины, так и очертания устья.



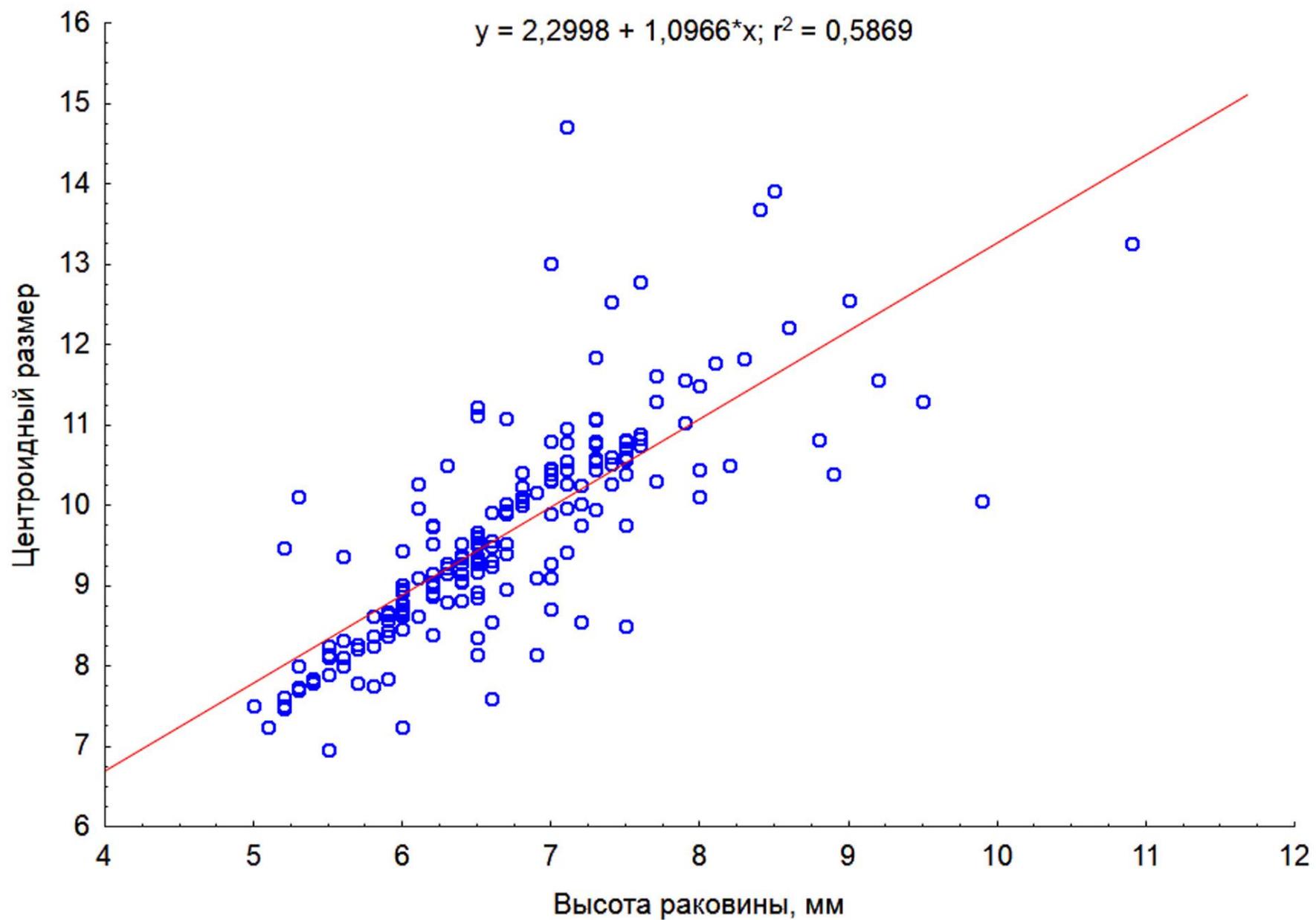
Использованные статистические алгоритмы

1. Анализ относительных деформаций
2. Прокрустово совмещение
3. Корреляционный анализ
4. Анализ главных компонент

Расстановка ландмарок производилась с помощью программы tpsDig2, расчеты и визуализация данных – с помощью программ tpsRelw и PAST.

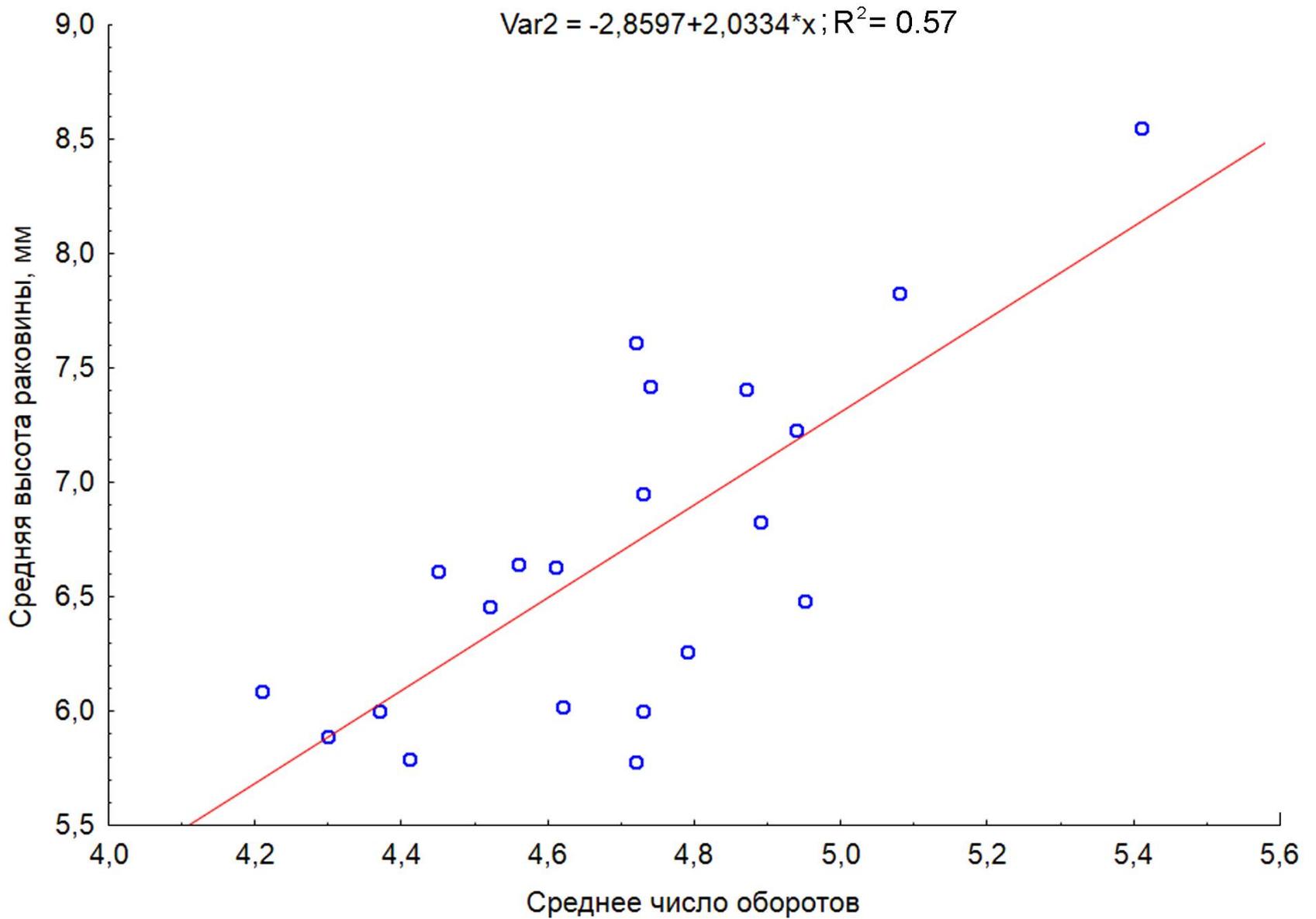
Взаимосвязь между отдельными показателями размера раковины (на примере малого прудовика). Над диагональю – значения коэффициента корреляции Спирмена (r_s), под диагональю – значения показателя достоверности (p). Все значения r_s статистически значимы ($p < 0.05$)

| | ЧО | ВР | ШР | СS |
|--------------------|------|------|------|------|
| Число оборотов | 1 | 0.65 | 0.51 | 0.55 |
| Высота раковины | 0.02 | 1 | 0.89 | 0.83 |
| Ширина раковины | 0.00 | 0.00 | 1 | 0.80 |
| Центроидный размер | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1 |



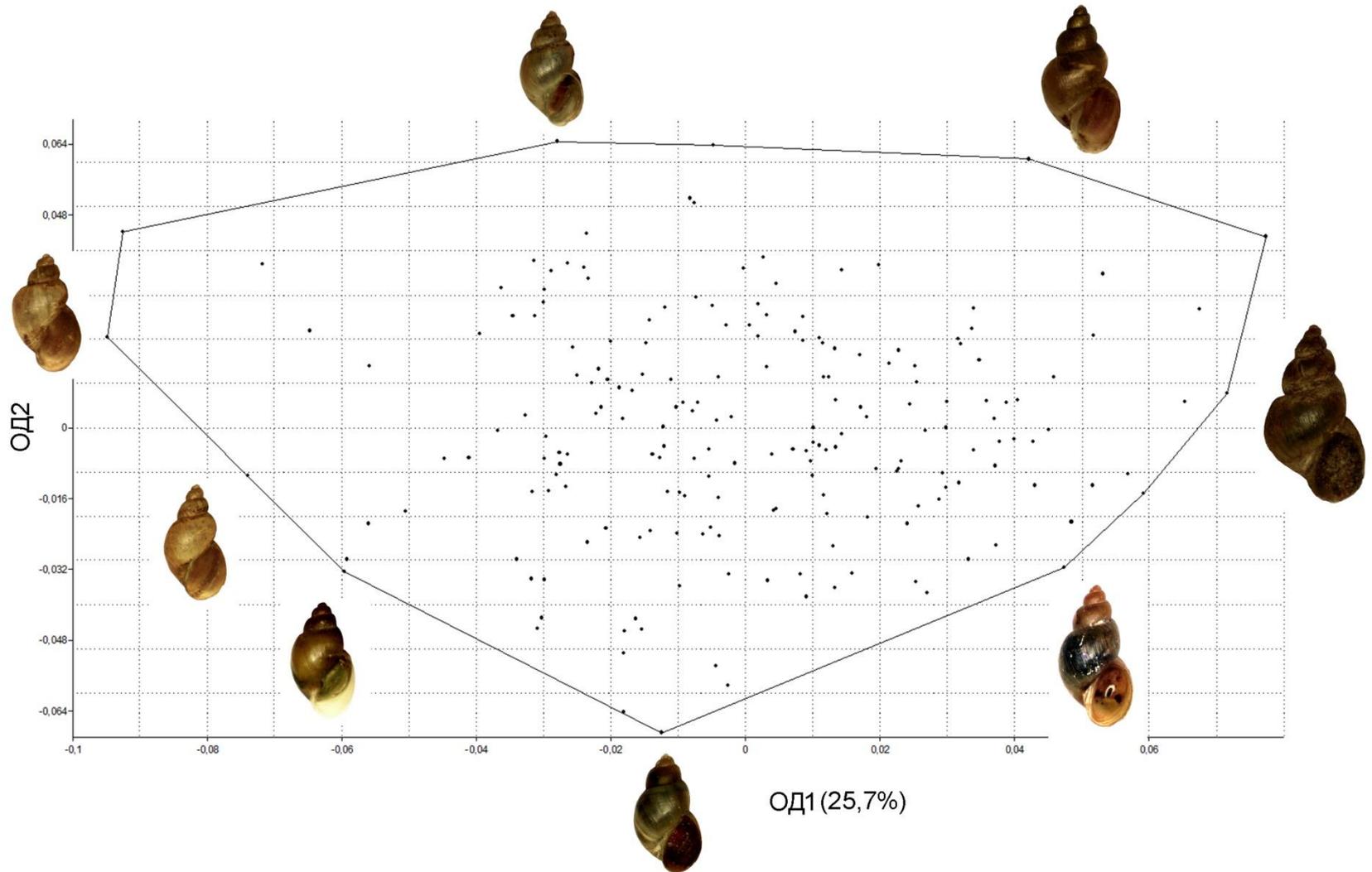
Значения коэффициента корреляции Спирмена между различными характеристиками размера раковины и географическими переменными (в скобках – значения p).

| Показатель | Широта | Долгота | Высота над уровнем моря |
|--------------------|---------------------|--------------|-------------------------|
| Число оборотов | -0,47 (0,03) | -0,43 (0,05) | 0,50 (0,02) |
| Высота раковины | -0,05 (0,83) | -0,11 (0,62) | 0,10 (0,44) |
| Центроидный размер | -0,07 (0,75) | -0,13 (0,59) | -0,11 (0,65) |

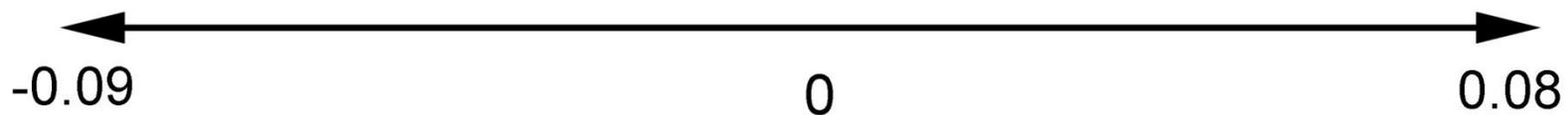
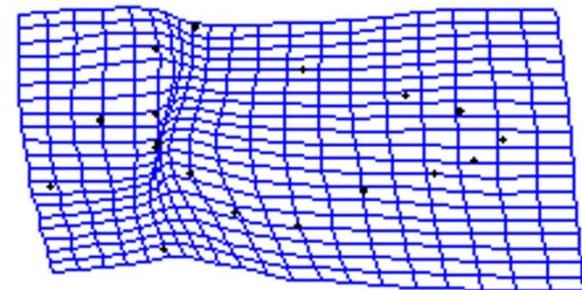
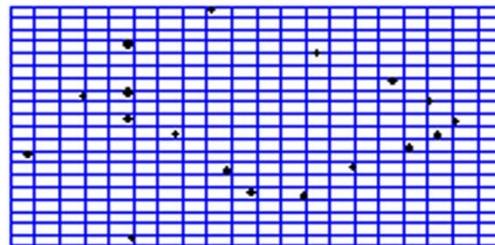
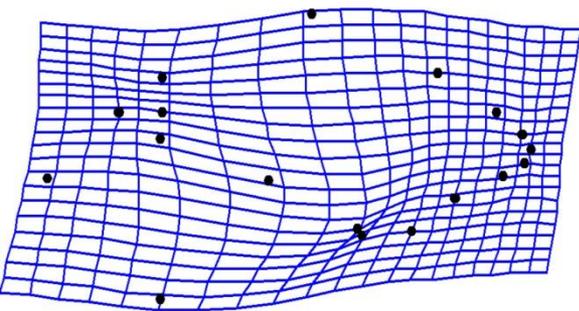


| Номер ОД | % объясненно й изменчивос ти | Номер ОД | % объясненно й изменчивос ти | Номер ОД | % объясненно й изменчивос ти |
|----------|--|----------|--|----------|--|
| 1 | 25,7 | 12 | 1,53 | 23 | 0,37 |
| 2 | 19,57 | 13 | 1,33 | 24 | 0,27 |
| 3 | 12,68 | 14 | 1,12 | 25 | 0,23 |
| 4 | 7,94 | 15 | 0,95 | 26 | 0,19 |
| 5 | 6,38 | 16 | 0,78 | 27 | 0,15 |
| 6 | 5,52 | 17 | 0,72 | 28 | 0,14 |
| 7 | 4,18 | 18 | 0,64 | 29 | 0,11 |
| 8 | 3,52 | 19 | 0,54 | 30 | 0,09 |
| 9 | 2,87 | 20 | 0,47 | 31 | 0,07 |
| 10 | 2,05 | 21 | 0,44 | 32 | 0,03 |
| 11 | 1,83 | 22 | 0,38 | | |

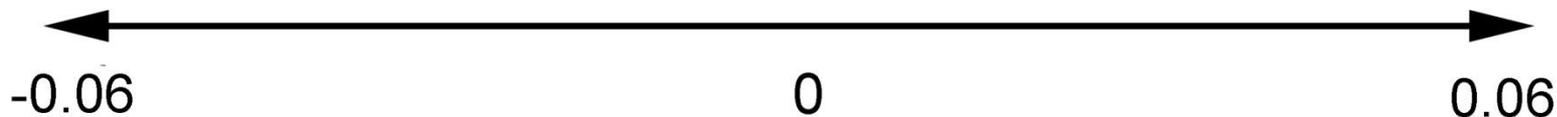
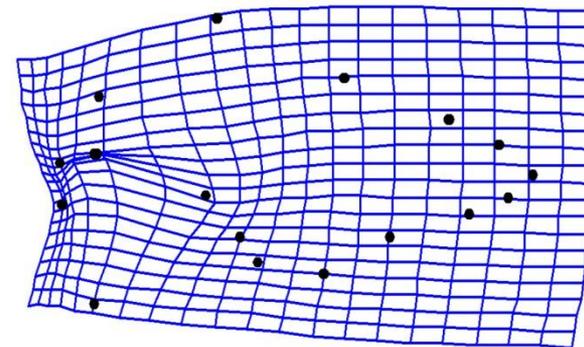
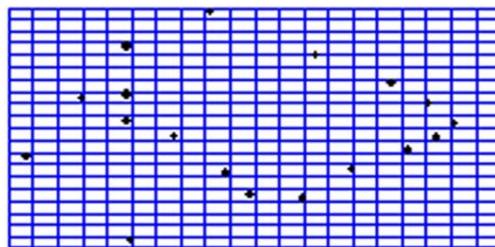
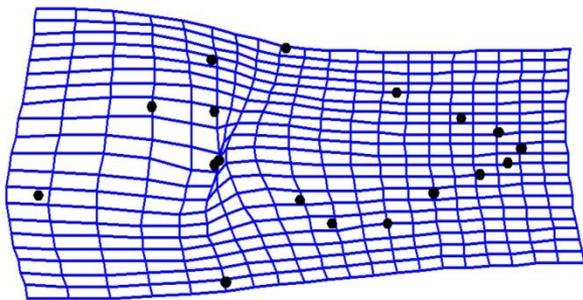
Расположение особей малого прудовика в плоскости первой и второй ОД. Приведены изображения раковин, соответствующие крайним значениям ОД.



Визуализация трансформаций раковины вдоль ОД1



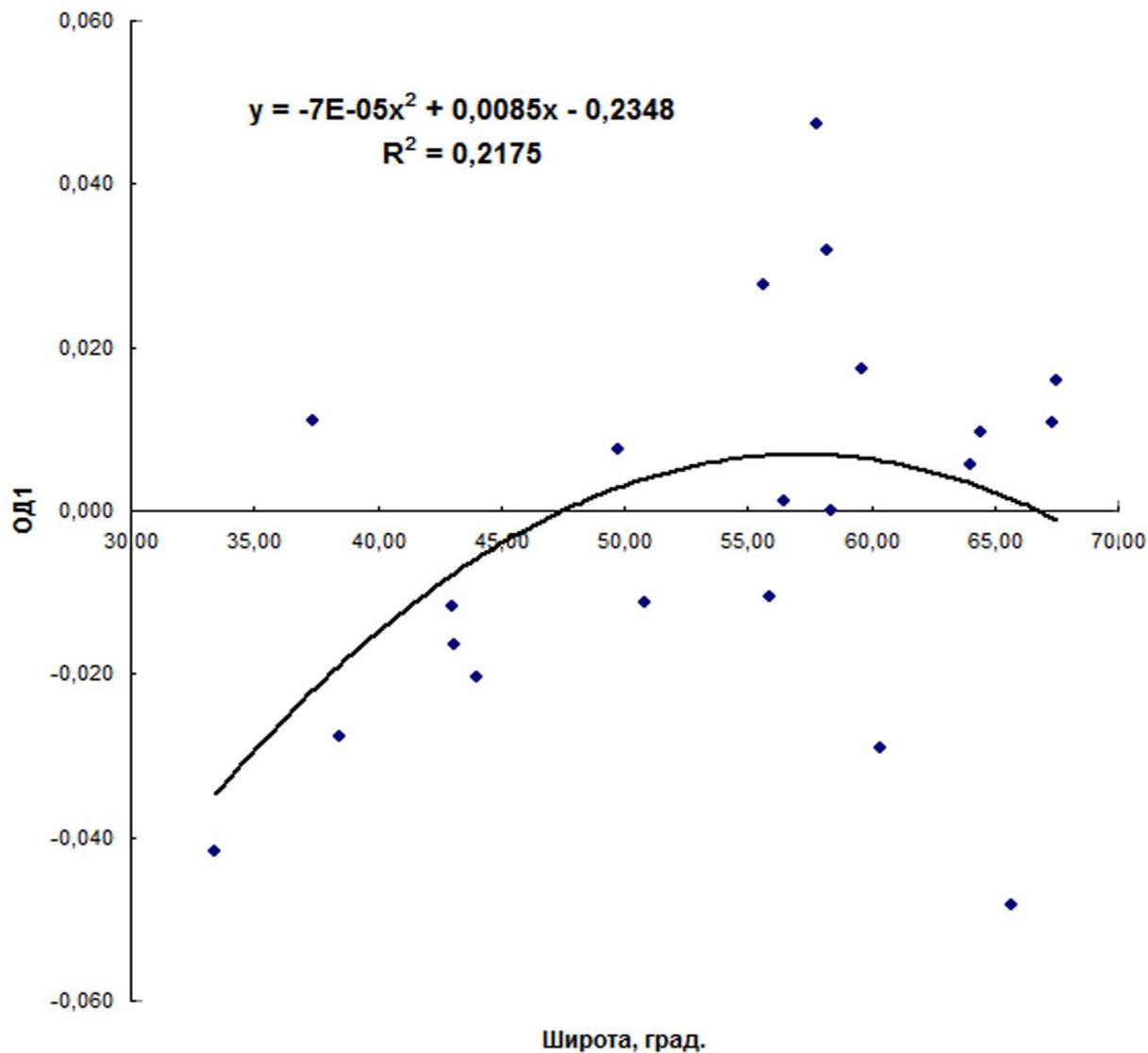
Визуализация трансформаций раковины вдоль ОД2



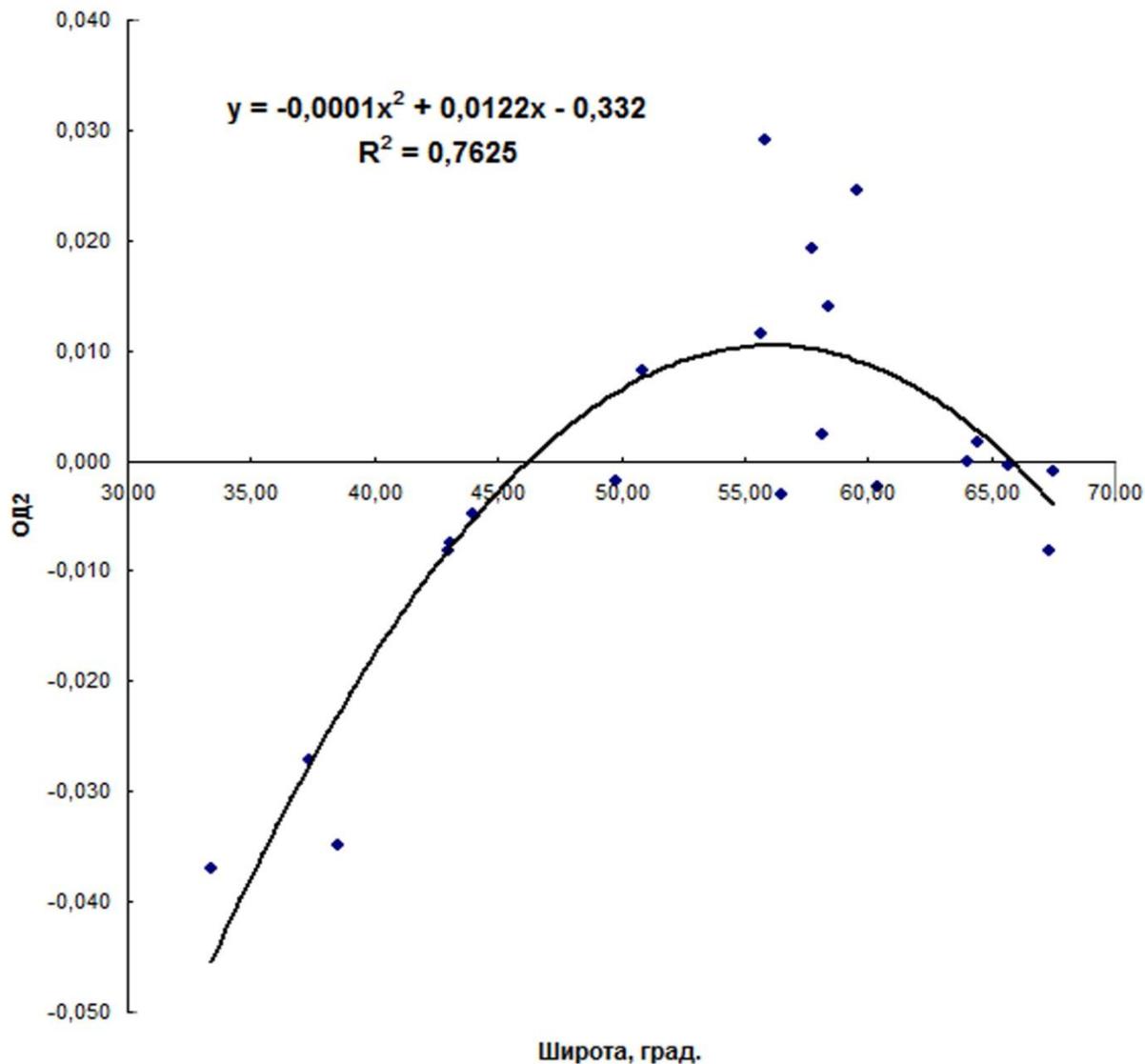
Значения коэффициента корреляции Спирмена между средними выборочными значениями ОД и широтой местности

| | r_s | p |
|-----|-------------|--------------|
| ОД1 | 0.31 | 0.17 |
| ОД2 | 0.47 | 0.032 |
| ОД3 | -0.10 | 0.68 |

Зависимость средних выборочных значений ОД1 от широты местности. Приведены уравнение регрессии и коэффициент детерминации (R^2)



Зависимость средних выборочных значений ОД2 от широты местности. Приведены уравнение регрессии и коэффициент детерминации (R^2)



Результаты обработки данных промеров с помощью АГК

| Признак | Главная компонента (в скобках – процент объясненной изменчивости) | | | | | | |
|-----------------|---|------------------|------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
| | ГК1 (78.5) | ГК2 (10.5) | ГК3 (6.2) | ГК4 (2.2) | ГК5 (1.6) | ГК6 (0.7) | ГК7 (0.2) |
| Ч. обор. | -0,760456 | 0,341621 | 0,546688 | -0,069974 | -0,025137 | 0,022489 | -0,009983 |
| ВР | -0,980920 | 0,106563 | -0,075787 | 0,085139 | -0,019994 | 0,019197 | 0,112601 |
| ШР | -0,911317 | 0,053009 | -0,265927 | -0,287401 | -0,104593 | 0,047067 | -0,014801 |
| ВЗ | -0,798965 | 0,534015 | -0,223127 | 0,092553 | 0,091138 | -0,090984 | -0,039324 |
| ВПО | -0,948867 | -0,170186 | -0,044993 | 0,214453 | -0,063407 | 0,127080 | -0,050041 |
| ВУ | -0,888383 | -0,403194 | 0,087630 | 0,029403 | -0,126753 | -0,153287 | -0,010165 |
| ШУ | -0,890539 | -0,358896 | 0,049484 | -0,080786 | 0,262762 | 0,010626 | -0,001618 |

Значения коэффициента детерминации при описании зависимости средних значений многомерных показателей (ОД или ГК) от широты местности полиномиальной моделью второго порядка

| Показатель | R² |
|-------------------|----------------------|
| ОД1 | 0.22 |
| ОД2 | 0.76 |
| ОД3 | 0.15 |
| ГК2 | 0.07 |
| ГК3 | 0.02 |
| ГК4 | 0.09 |

Выводы

1. Географическая изменчивость раковин малого прудовика имеет место быть.
2. Размер раковины связан с широтой местности линейным негативным соотношением (чем севернее, тем раковина меньше), а вот связь формы с широтой более сложная и для её описания лучше использовать нелинейные модели.
3. ГМ – более мощный инструмент для анализа формы раковины, чем традиционный метод, основанный на линейных промерах. Но если стоит задача исследовать только изменчивость размеров раковины, можно ограничиться более простым и менее трудоемким традиционным способом.