

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

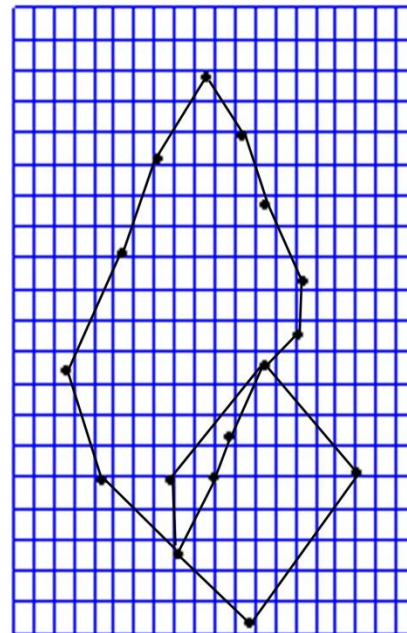
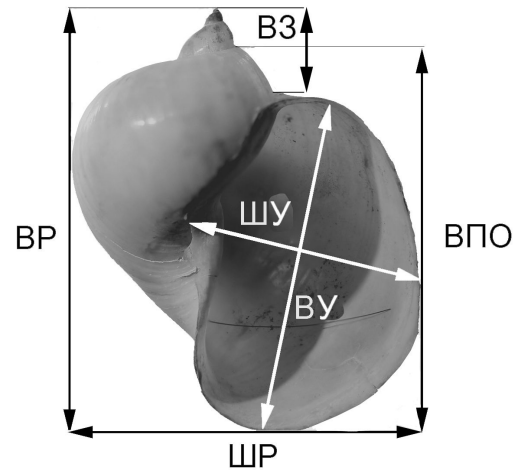
А.В. Жарова

М.В. Винарский

Омский государственный  
педагогический университет

# Методы количественного изучения изменчивости раковины брюхоногих моллюсков со спиральной раковиной:

- классическая конхометрия
- геометрическая морфометрия



# Классическая конхометрия

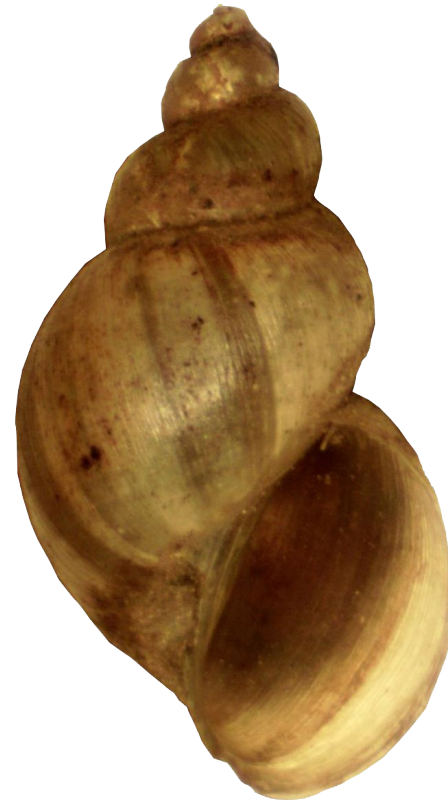
- в качестве показателя общих размеров раковины выбирается один из параметров (чаще всего – высота раковины), а форму раковины характеризуют т.н. морфометрические индексы, которые представляют собой простые соотношения линейных промеров (ШР/ВР и т.п.).
- Его преимущества – простота и быстрота снятия 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.



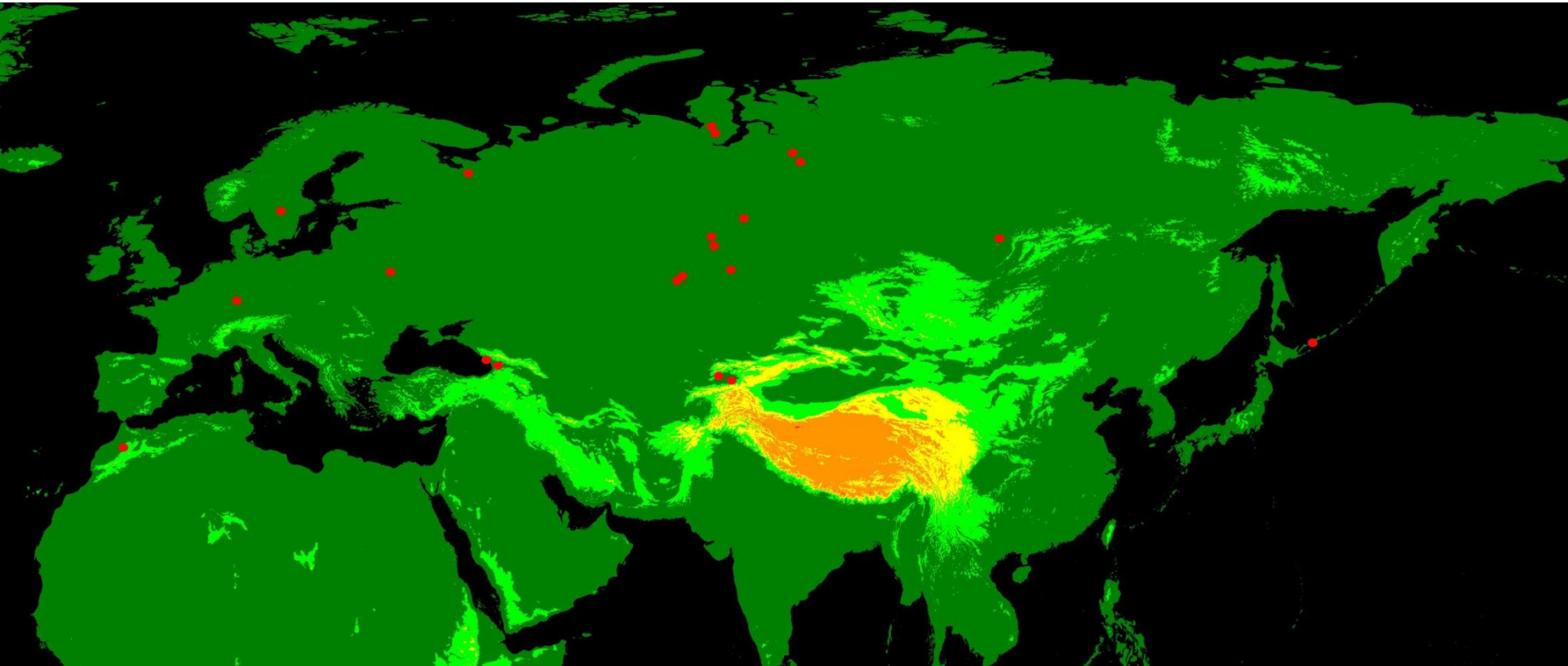
*Galba truncatula*, оз.Кочу-Урuiй

# 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.



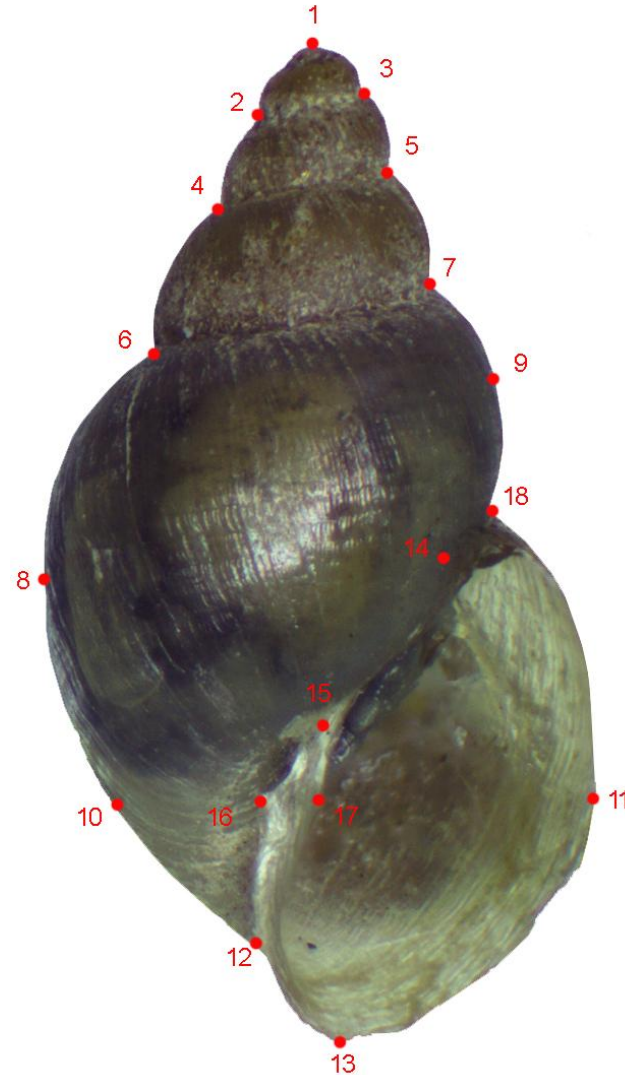


# Использованный материал

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 ландмарок, оконтуривающих как общий профиль раковины, начиная с её вершины, так и очертания устья.



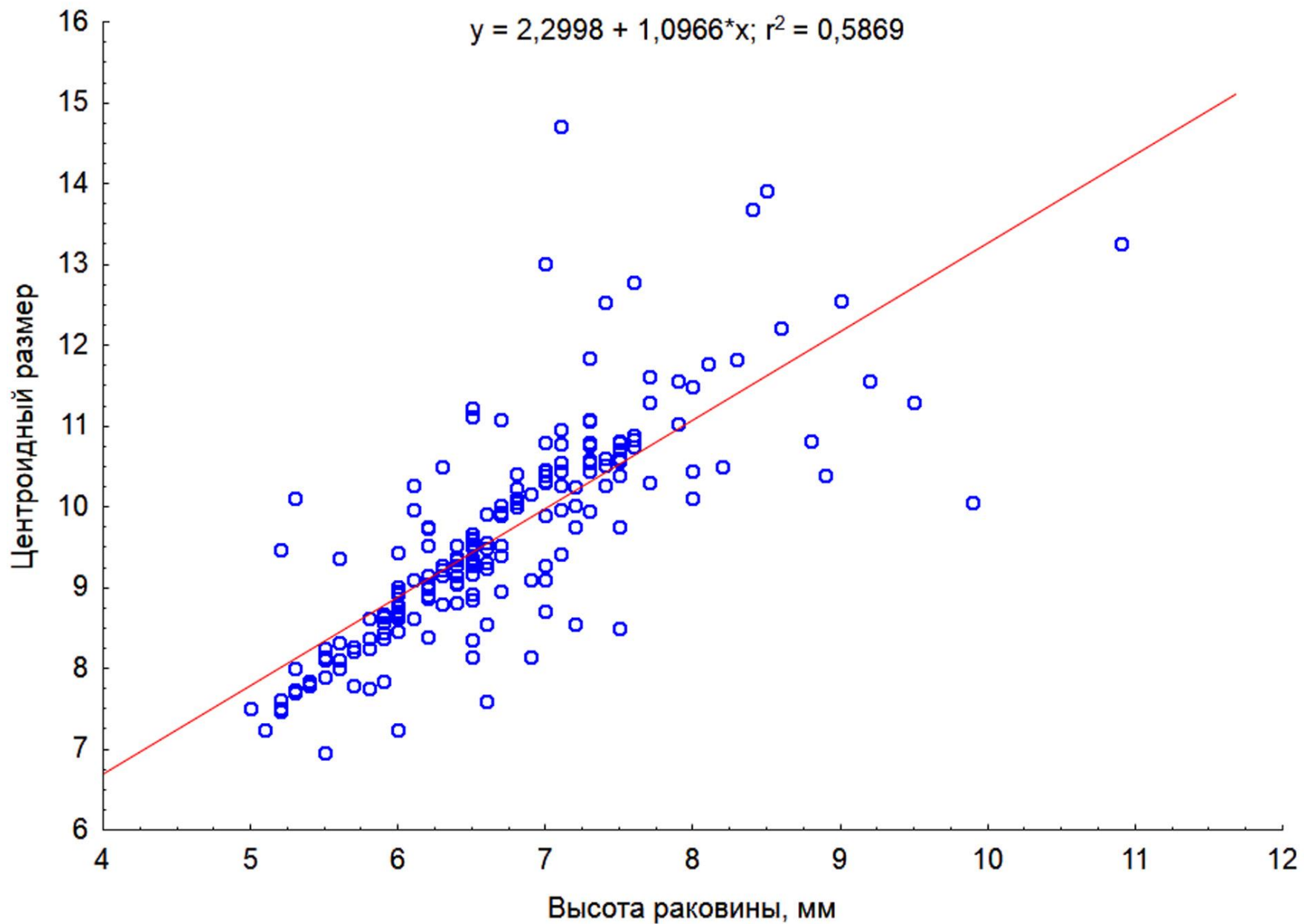
# Использованные статистические алгоритмы

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.

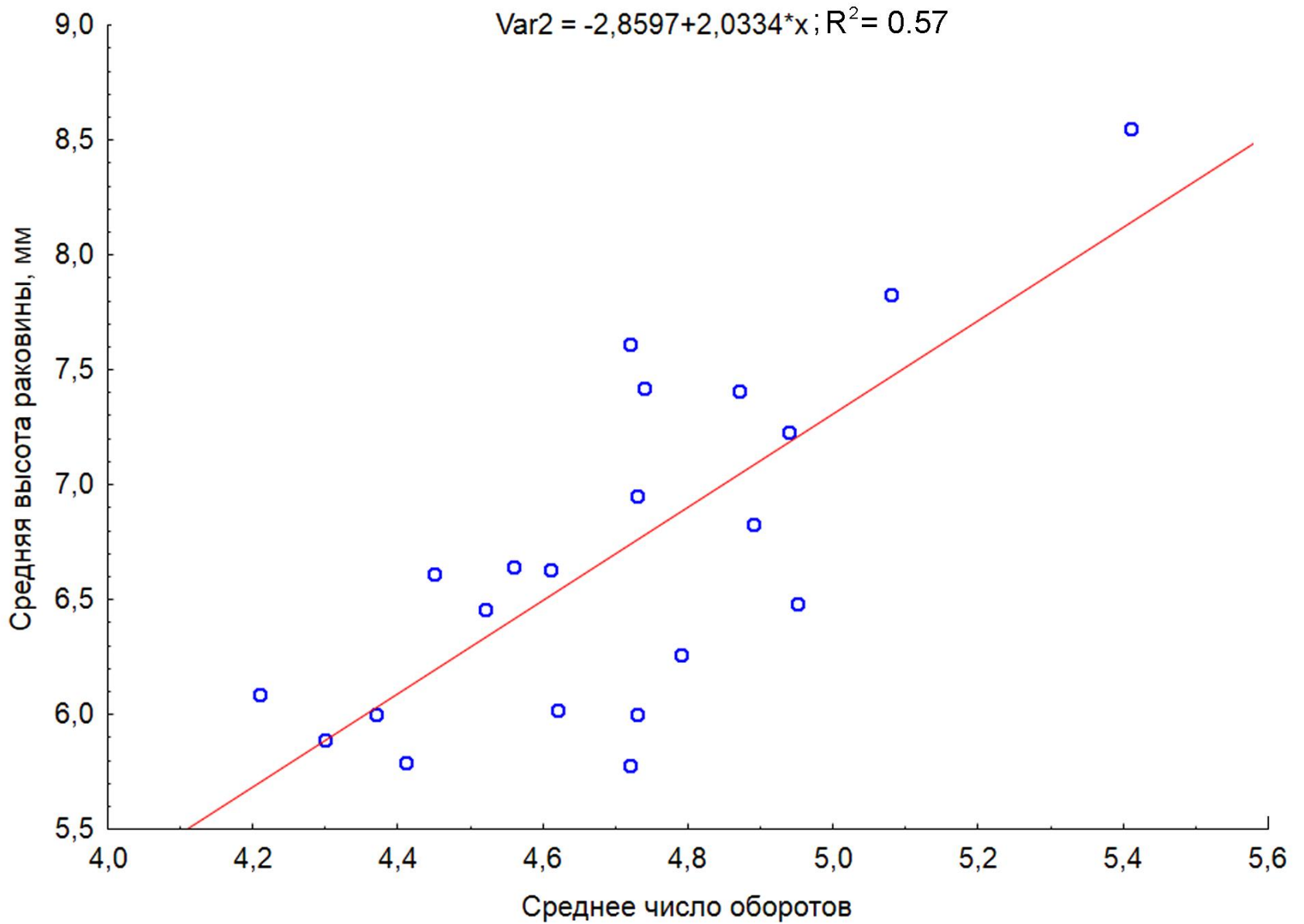
**Взаимосвязь между отдельными показателями размера раковины (на примере малого прудовика). Над диагональю – значения коэффициента корреляции Спирмена ( $r_s$ ), под диагональю – значения показателя достоверности ( $p$ ). Все значения  $r_s$  статистически значимы ( $p < 0.05$ )**

	ЧО	ВР	ШР	CS
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  $p$ ).**

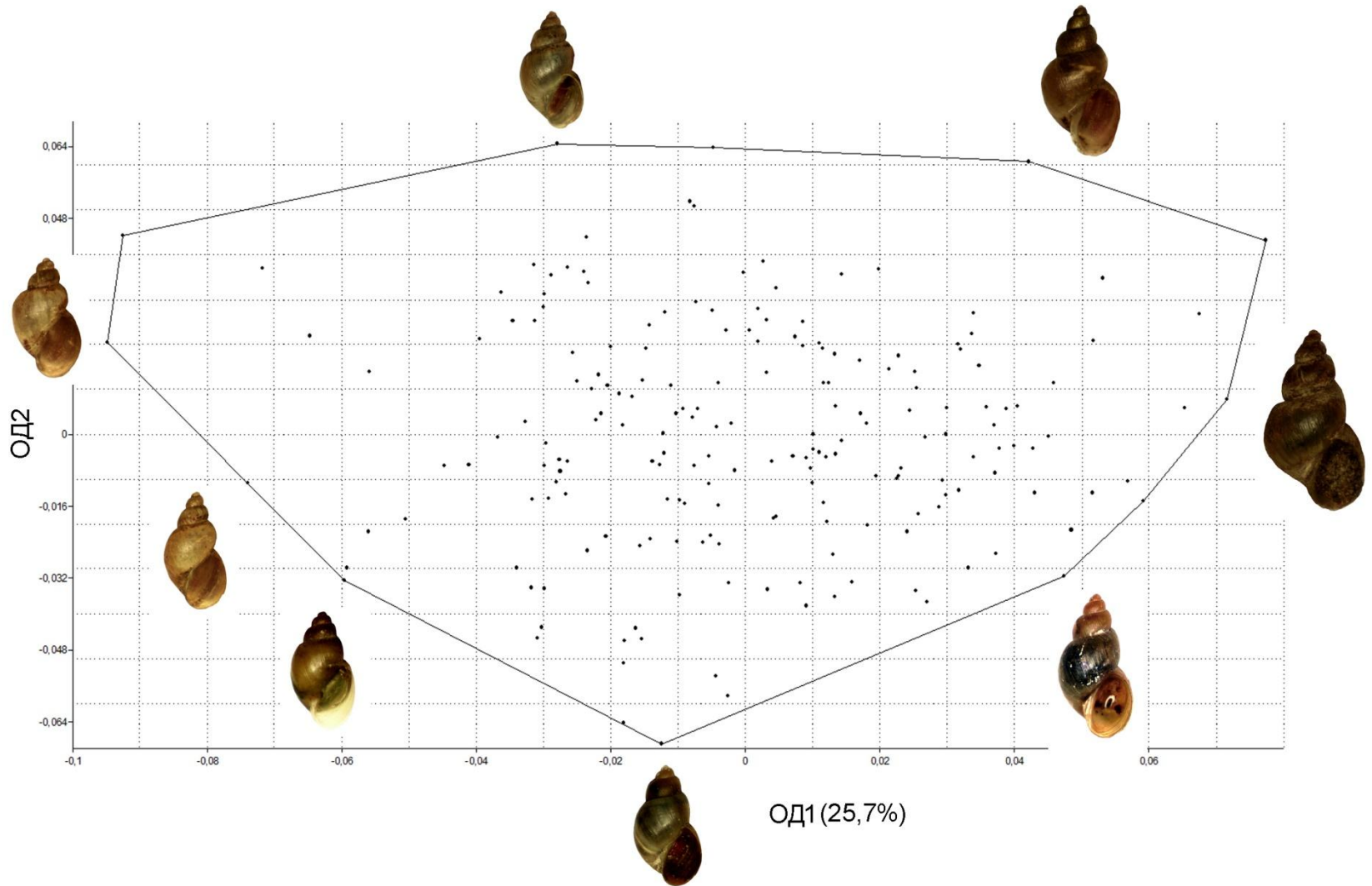
Показатель	Широта	Долгота	Высота над уровнем моря
Число оборотов	<b>-0,47 (0,03)</b>	-0,43 (0,05)	<b>0,50 (0,02)</b>
Высота раковины	-0,05 (0,83)	-0,11 (0,62)	0,10 (0,44)
Центроидный размер	-0,07 (0,75)	-0,13 (0,59)	-0,11 (0,65)



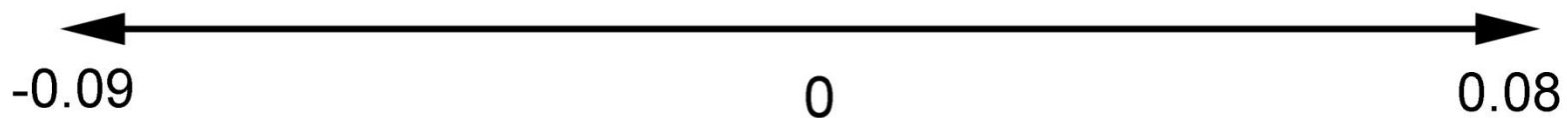
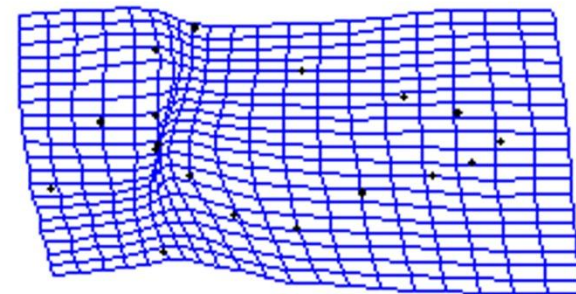
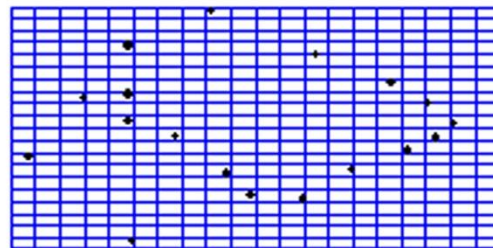
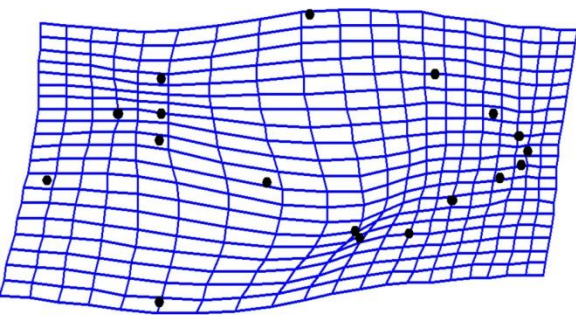
Номер ОД	% объясненно й изменчивос ти	Номер ОД	% объясненно й изменчивос ти	Номер ОД	% объясненно й изменчивос ти
1	25,7	12	1,53	23	0,37
2	19,57	13	1,33	24	0,27
3	12,68	14	1,12	25	0,23
4	7,94	15	0,95	26	0,19
5	6,38	16	0,78	27	0,15
6	5,52	17	0,72	28	0,14
7	4,18	18	0,64	29	0,11
8	3,52	19	0,54	30	0,09
9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



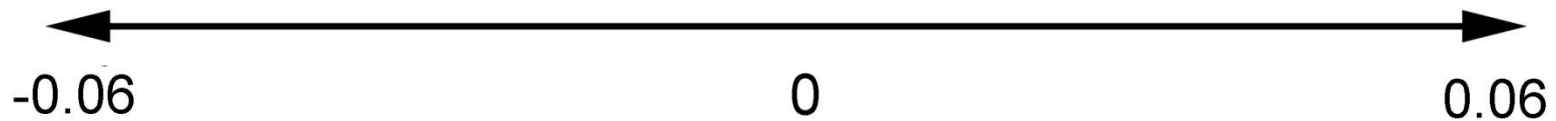
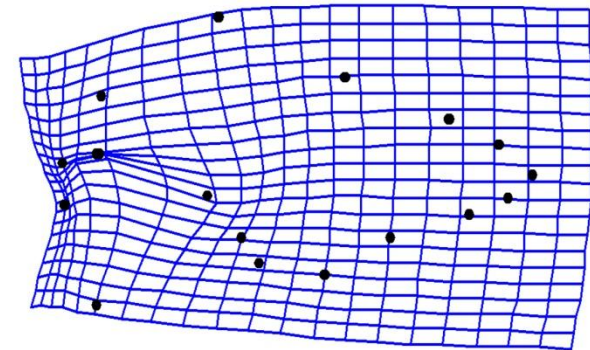
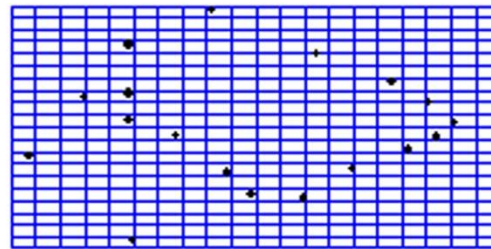
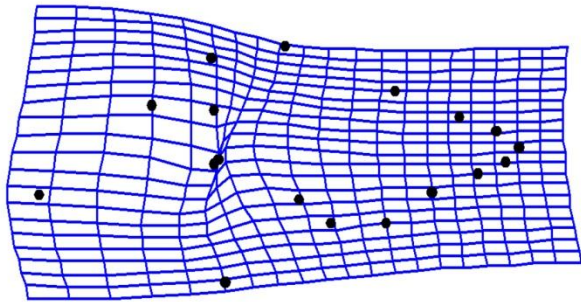
**Расположение особей малого прудовика в плоскости первой и второй  
ОД. Приведены изображения раковин, соответствующие крайним  
значениям ОД.**



# Визуализация трансформаций раковины вдоль ОД1



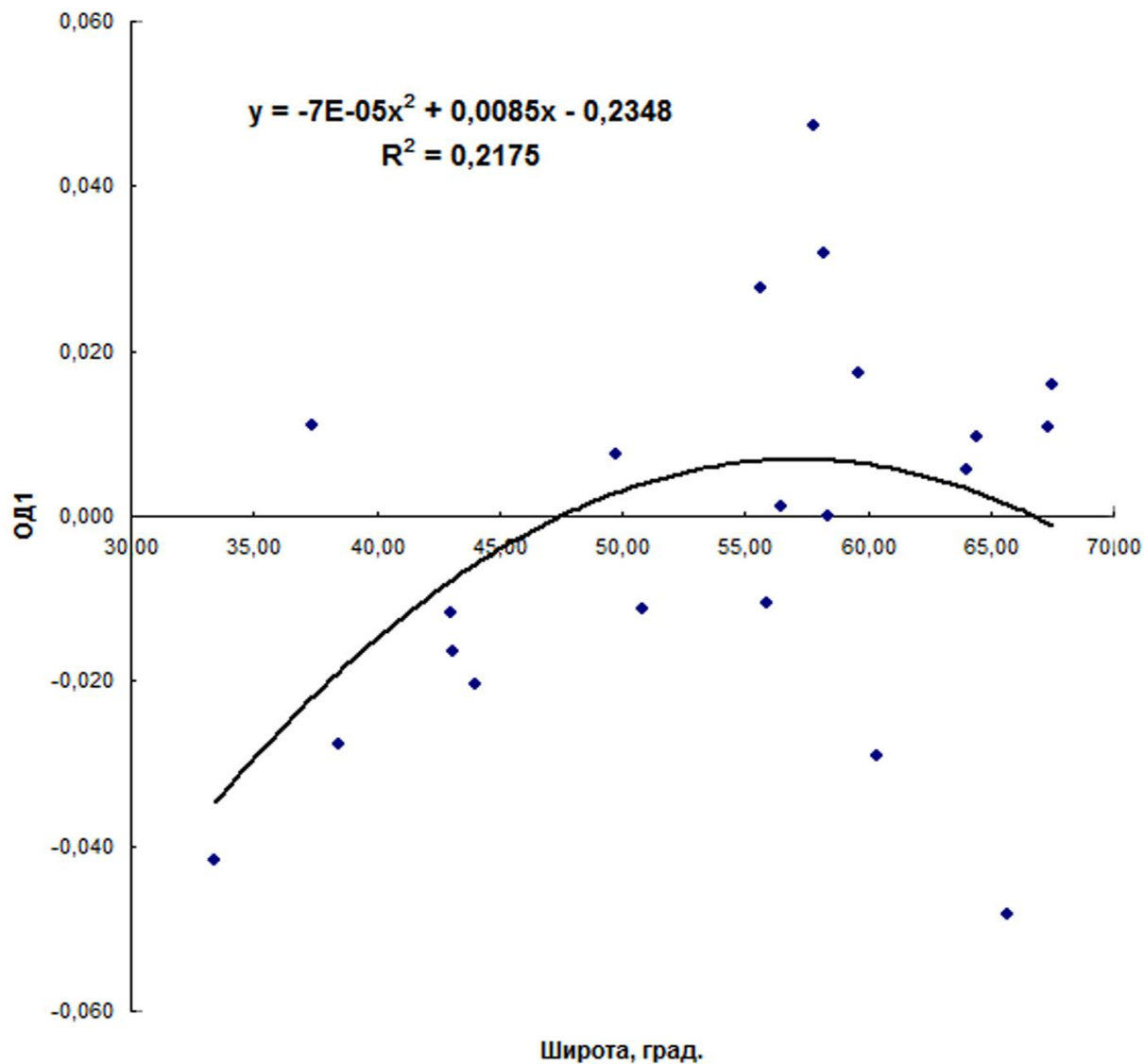
# Визуализация трансформаций раковины вдоль ОД2



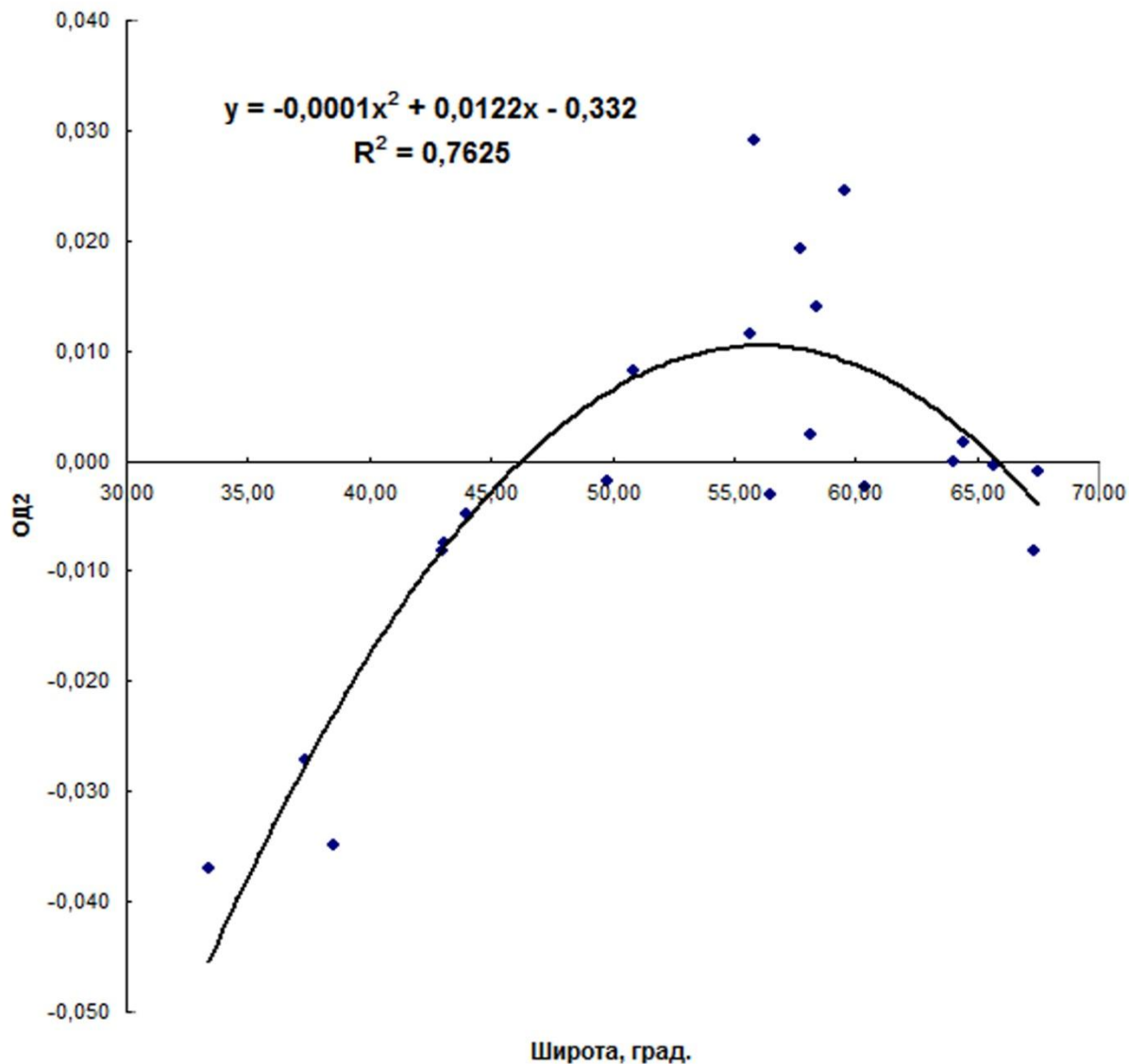
## Значения коэффициента корреляции Спирмена между средними выборочными значениями ОД и широтой местности

	$r_s$	$p$
ОД1	0.31	0.17
ОД2	<b>0.47</b>	<b>0.032</b>
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)
<b>Ч. обор.</b>	<b>-0,760456</b>	<b>0,341621</b>	<b>0,546688</b>	-0,069974	-0,025137	0,022489	-0,009983
<b>ВР</b>	<b>-0,980920</b>	0,106563	-0,075787	0,085139	-0,019994	0,019197	0,112601
<b>ШР</b>	<b>-0,911317</b>	0,053009	<b>-0,265927</b>	<b>-0,287401</b>	-0,104593	0,047067	-0,014801
<b>ВЗ</b>	<b>-0,798965</b>	<b>0,534015</b>	-0,223127	0,092553	0,091138	-0,090984	-0,039324
<b>ВПО</b>	<b>-0,948867</b>	-0,170186	-0,044993	0,214453	-0,063407	0,127080	-0,050041
<b>ВУ</b>	<b>-0,888383</b>	<b>-0,403194</b>	0,087630	0,029403	-0,126753	-0,153287	-0,010165
<b>ШУ</b>	<b>-0,890539</b>	<b>-0,358896</b>	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	$R^2$
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.