# Эколого-биологический центр “Крестовский остров”

# Лаборатория Экологии Морского Бентоса

# (гидробиологии)



# А. Бритиков

# Разделение каких экологических ниш Littorina saxatilis и L. obtusata мы наблюдаем на литорали Белого моря?

# Санкт-Петербург

# 2024

# Введение

Экологическая ниша - это многомерное пространство, формируемое условиями и ресурсами, которые обеспечивают существование видов. Весь многомерный объем, которы определяет условия окружающей среды, при которых вид может выживать и размножаться называется фундаментальной или физиологической нишей. Многомерный объем который данный вид занимает в действительности, измененный в результате взаимодействия с другими видами, называется реализованной нишей (Smith and Smith (2012), Hutchinson (1957)).

Способы изменения

, влияя на то, как виды сосуществуют и разделяются, используя различные ресурсы и условия окружающей среды для снижения конкуренции (Reyes-Puig et al. (2024)). Дифференциация на специфические ниши включает пространственную, трофическую, временную и/или их комбинацию (Guo (2012)). У пресноводных улиток рода *Tylomelania* адаптивная радиация, вероятно, способствовала трофическая специализация через диверсификацию их ключевого кормового органа - радулы (Hilgers et al. (2022)).  
Так в работе Гуо Guo (2012), было показано, на примере бычков *Rhinogobius cliffordpopei* и *Rhinogobius giurius*, разделение экологических ниш двумя схожими вида в пространстве, времени и пищевых объектах. Понимание как похожие между собой виды разделяют свои экологические ниши, имеет решающее значение для понимания эволюционных процессов, приспособляемости видов к разнообразным условиям среды и механизмов, определяющих биоразнообразие. Это позволяет разрабатывать стратегии сохранения и прогнозировать реакцию на изменения окружающей среды в экосистемах (Cooper (2024)).

В данном исследование изучалось разделение экологических ниш между двумя вида моллюсков: *L.saxatilis* (далее саксатилис) и *L.obtusata* (далее обтузата). Понимание различий в экологических нишах между *L.saxatilis* и *L.obtusata* очень важно, поскольку оно показывает, как экологическая диверсификация смягчает межвидовую конкуренцию, способствует эффективной эксплуатации ресурсов и вносит вклад в процесс экологического видообразования в симпатрических популяциях (Maltseva et al. (2021)). Целью данной работы было оценить расхождение ареалов обитания *Littorina saxatilis* и *Littorina obtusata* и установить возможные причины такого разделения. В задачи исследования входило: определить, как в зависимости от высоты меняется процентное соотношение этих двух видов моллюсков и какие могут быть причины такого разделения экологических ниш.

# Материалы и методика

## Место сбора

Работа проводилась на территории Кандалакшского заповедника на острове Ряжков. Непосредственный сбор материалов происходил на илисто-песчаной литорали Южной губы (координаты точки сбора 667°00’27.2”N 32°34’34.4”E) и на литорали Фукусовой губы около скальных выходов (координаты точки сбора 67°00’27.6”N 32°35’07.5”E) (рис. +++).



Место сбора материалла для исследования

## Анализ вертикального распределения видов

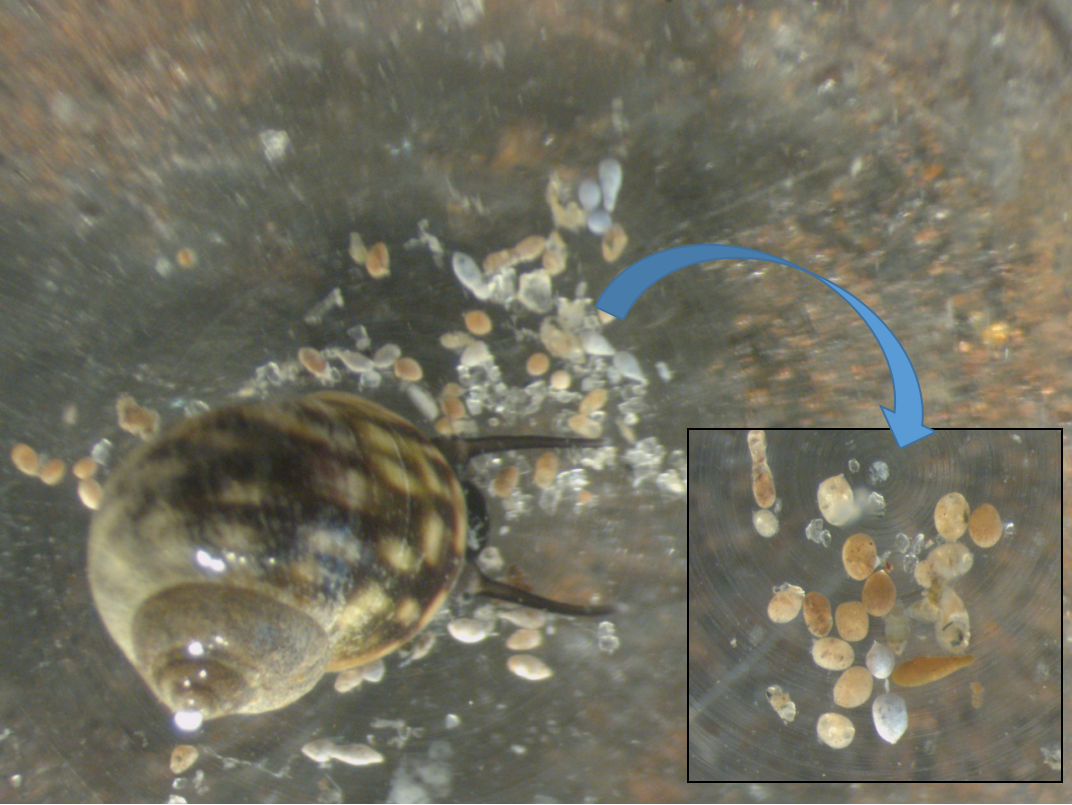
В этом эксперименте подсчитывали число число моллюсков на разных уровнях литорали. Это нужно, чтобы оценить соотношение Lo и Ls на разных уровнях литорали.

По малой воде мы заложили две трансекты - колышки расположенные в одну линию через определенное расстояние. Одну - на литорали Южной губы, трансекта 1, другую на литорали Фукусовой губы у скальных выступов, трансекта 2 (рис. +++). Первая трансекта была поделена на двенадцать уровней. Первый уровень был отмечен колышком, находящимся на высоте 145,9 см над нулем глубин. Все последующие колышки находились на расстоянии 5 метров друг от друга. Вторая трансекта была поделена на девять уровней. Первый колышек второй трансекты находился на высоте 72,3 см над нулем глубин. Промежуток между колышками составлял 10 метров, кроме трех последних, расстояние между которыми было 5 метров. Для оценки высоты уровней трансект над нулем глубин был использован водяной уровень, работающий на принципе сообщающихся сосудов. Стометровая, силиконовая, прозрачная трубка привязывалась к размеченной метровой палке. Через воронку, закрепленную на конце, мы наливали в трубку воду. Второй конец трубки мы подносили к уровню трансекты и ждали, пока из этого конца переставала течь вода. После этого мы измеряли высоту на которой находилиась вода на нижнем уровне трансекты (рис. +++).

На каждом уровне трансекты 1 было взято по три пробы, а на каждом уровне трансекты 2 - по пять проб. Пробы были взяты с помощью рамки 1/40 м2. Из каждой рамки мы выбирали всех улиток. Виды улиток мы различали по форме раковин и характреу исчерченности периостракума. Моллюсков после определиня подсчитывали.

## Оценка количества фекалий, выделяемых в естественных условиях

Чтобы проверить возможную причину разделения, связанную с разницей пищевых объектов мы собирали представителей двух видов моллюсков с различных субстратов: с фукоидов и с камней. Таких моллюсков мы транспортировали в лабораторию, где мы их определяли до вида и помещали по одному в ячейку сорока пяти луночного планшета с морской водой без взвеси. После мы закрывали планшеты, привязывали к ним утяжелитель и оставляли на литорали на одни сутки. У собранных нами после этого моллюсков мы измеряли размер устья, а также количество выделившихся фекалий (пеллет) (рис.+++).



Внешний вид пеллет *Littorina saxatilis*

## Экспериментальное изучение влияния типа субстрата на выделение пелет

Данный эксперимент был организован для того, чтобы о проверить, влияет ли тип субстрата, на котором происходит питание улиток разных видов на активность выделения пеллет. Улитки Lo были собраны с фукоидов, а Ls - с поверхности камней. Отобранных моллюсков мы помещали в контейнеры с водой накрытые сеткой на 24 часа. По прошлым исследованиям, мы знаем, что улитки рода *Littorina* отчищают свой кищечник за одни сутки ((**бритиковэколого?**)). Так мы получали улиток с пустыми кищечниками. Далее этих животных мы помещали в садки содержащие либо камни, либо фукоиды. Камни мы собрали с литорали (отбирали только те камни, на которых в естественных условиях были отмечены улитки). Фкоиды двух видов *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* были собраны в тех же местах, где были собраны улитки. Водоросли были очищены от эпибионтов и прочих организмов. Талломы водорослей (без разделения на виды) юыди помещены в садки, куда затем добавляли по 7-8 голодных особей каждого вида. Далее садки были закрыты делью с размером ячеи 4 мм и к ним были привязанны грузы. Всяконструкция располагалась на литорали на одни сутки. Всего было проведено 3 повторности в каждой из которых было установлено 3 садка с камнями и 3 садка с фукоидами. Спустя 24 часа мы извлекали садки, из кторых вынимали моллюсков. Каждая особь далее была помещена индивидуально в ячейки сорока пяти луночного планшета. Планшеты мы помещали в приливно отливную зону на сутки. После периода экспозиции в каждой ячейке мы подсчитывали число выделившихся фекалий.

## Статистическая обработка

Все расчеты проводились с использованием функций языка статистического программирования R 4.4.2 (R Core Team, 2024). В качестве порогового значения отвержения нулевой гипоетзы использовался уровень значимости α=0,05.

В качестве зависимой переменной при анализ вертикального распределения видов мы использовали логарифм численности моллюсков в данной пробе. В качестве предиктора использовалось значение высоты над нулем глубин. Поскольку, визуально, вертикальное распределеине видов носило нелинейный характер для построения модели была выбрана техника аддитивных обобщенных моделей (GAM, +++). Подбор парамтеров модели осуществляли с помощью пакета mgcv (+++).

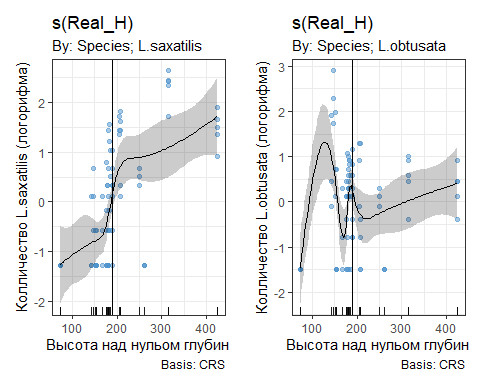
В качестве зависимой переменной в статистическом анализе количества фекалий, выделяемых в естественных условиях мы использовали количество пеллет выделенных моллюсками. Предикторами в этом анализе были вид моллюска и тип субстрата с которого был собран моллюск.

В качестве зависимой переменной в статистическом анализе экспериментального изучение влияния типа субстрата на выделение пелет мы использовали колличество пеллет. В качестве изменяемой переменной мы использовали тип субстрата, виды моллюска. Из-за плоховидимых различий в колличестве пеллет в качестве случайного фактора был взят так же номер повторности.

# Результаты

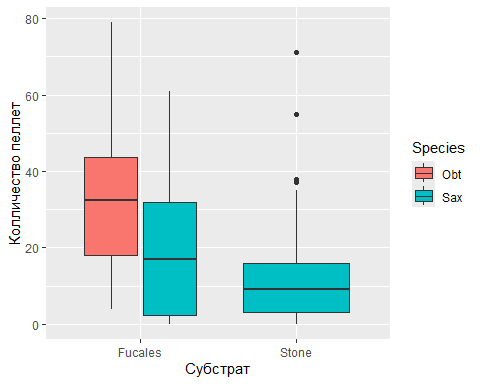
## Анализ вертикального распределения видов

Рисунок +++ показывает изменение колличества моллюсков двух видов в зависимости от высоты над нулем глубин. Вертикальной линией на графиках обазначено приблизительное место окончания пояса фукоидов. На левом графике представлено логорифмическое значение от колличества *Ls* в зависимости от высоты над уровнем моря. Видно, что обилие этого вида в пределах пояса фукоидов было невелико. Вне пояса фукоидов их обилие резко возрастает и с повышением высоты оно незначительно увеличивается. На правом графике графике представлено логорифмическое значение от колличества *Lo* в зависимости от высоты над уровнем моря. Обилие *Lo* было максимальным в пределах пояса фукоидов достигая своего максимума приблизительно на высоте 125 см над уровнем моря. После пояса фукоидов их обилие резко падает, после чего, с увеличением высоты, незначительно увеличивается.

 +++

## Оценка количества фекалий, выделяемых в естественных условиях

Рисунок +++ показывает колличество пеллет выделенных двумя видами моллюсков собранных с двух разных субстратов в естественных условиях. На фукоидах *Lo* выделяли значимо больше фекалий чем *Ls*. *L.saxatilis* находящиеся на субстратах выделяли значимо больше пеллет, чем представители того же вида на камнях.

 +++

## Экспериментальное изучение влияния типа субстрата на выделение пелет

Рисунок +++ показывает изменение колличества пеллет у двух видов моллюсков в зависимости от типа субстрата и вида моллюска. *Lo* находящиеся на фукоидах выделяли значимо больше пеллет, чем *Lo* собранные с камней. *Ls* собранные с камней выделяли значимо больше пеллет, чем представители того же вида на фукоидах. В то же время, *Ls* и *Lo* выделяли больше пеллет на том участке, на котором они встречались чаще всего.

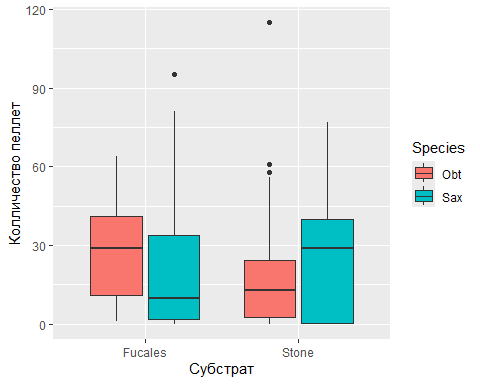
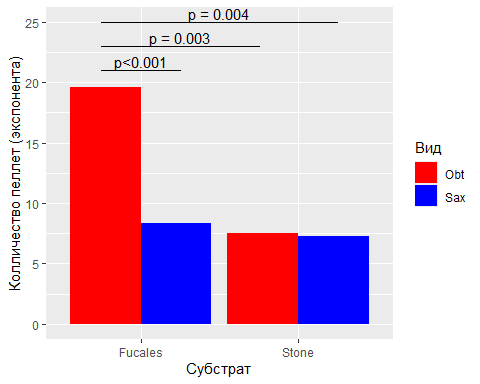
 +++

График на рисунке +++ показывает колличество пеллет

 +++

# Обсуждение

# Заключение

Таким образом можно сказать, что соотношение саксатилис и обтузат менялось следующим образом: на более низком уровне литорали преобладали *L. obtusata*, а после пояса фукоидов количество *L. obtusata* уменьшалось, а *L. saxatilis*, наоборот, увеличивалось. Такое разделение может быть обусловлено тем что обтузаты, имея фундаментальное разделение ниш, преобладали в нижней зоне литорали, где находятся фукоиды. Саксатилисы имели реализованное разделение экологических ниш встречаясь массово лишь в тех местах, где количество обтузат было не велико.

# Благодарности

Я хотел бы поблагодарить участников Беломорской экспедиции за помощь в подготовке и постановке полевого эксперимента, сотрудников Кандалакшского Государственного Природного заповедника за предоставление возможности сбора материала для написания данной исследовательской работы и моего научного руководителя Вадима Михайловича Хайтова, без участия которого не был бы поставлен эксперимент и написана данная работа.

# Список литературы

Cooper, Jacob C. 2024. “Ecological Niche Divergence or Ecological Niche Partitioning in a Widespread Neotropical Bird Lineage.” *PeerJ* 12: e17345.

Guo, Zhiqiang. 2012. “Séparation de Niche Entre Deux Espèces Invasives de Gobies.” PhD thesis, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.

Hilgers, Leon, Stefanie Hartmann, Jobst Pfaender, Nora Lentge-Maaß, Ristiyanti M Marwoto, Thomas von Rintelen, and Michael Hofreiter. 2022. “Evolutionary Divergence and Radula Diversification in Two Ecomorphs from an Adaptive Radiation of Freshwater Snails.” *Genes* 13 (6): 1029.

Hutchinson, G. 1957. “Concluding Remarks–Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology 22: 415–427. Reprinted in 1991: Classics in Theoritical Biology.” *Bull. Math. Biol* 53: 193–213.

Maltseva, Arina L, Marina A Varfolomeeva, Roman V Ayanka, Elizaveta R Gafarova, Egor A Repkin, Polina A Pavlova, Alexei L Shavarda, Natalia A Mikhailova, and Andrei I Granovitch. 2021. “Linking Ecology, Morphology, and Metabolism: Niche Differentiation in Sympatric Populations of Closely Related Species of the Genus Littorina (Neritrema).” *Ecology and Evolution* 11 (16): 11134–54.

Reyes-Puig, Carolina, Urtzi Enriquez-Urzelai, Miguel A Carretero, and Antigoni Kaliontzopoulou. 2024. “Is It All about Size? Dismantling the Integrated Phenotype to Understand Species Coexistence and Niche Segregation.” *Functional Ecology* 38 (11): 2350–68.

Smith, Thomas M, and RL Smith. 2012. “Elements of Ecology, Eight Editions.” *Person Benjamin Cummings: San Francisco*, 1–611.