

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение Города  
Москвы «Школа №1535»

**Реконструкция трофических цепей девонской и каменноугольной фауны  
Смоленского Поозерья**

Автор проекта:  
Чистякова Софья Антоновна  
Ученица 10 класса

Научный руководитель:  
Еребакан И.Г., н.с. ПИНа им. Борисяка

Методические руководители:  
к.б.н. Хухарева Д.Д.  
Тычинская М.М., учителя биологии

Москва 2025 г.

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	<b>3</b>
<b>Обзор литературы</b> .....	<b>3</b>
<b>Брахиоподы</b> .....	<b>4</b>
Отряд Orthida .....	4
Отряд Atrypida .....	5
Отряд Spiriferida .....	6
<b>Мшанки</b> .....	<b>7</b>
<b>Кораллы</b> .....	<b>8</b>
Четырехлучевые кораллы (Tetracoralla) .....	8
Таблитчатые кораллы .....	8
<b>Лилии</b> .....	<b>8</b>
<b>Брюхоногие моллюски</b> .....	<b>9</b>
<b>Рыбы</b> .....	<b>10</b>
<b>Морские ежи</b> .....	<b>11</b>
<b>Описание трофических цепей</b> .....	<b>11</b>
Продуценты .....	12
Консументы .....	12
Редуценты, или деструкторы .....	12
Детритофаги.....	13
<b>Материалы и методы</b> .....	<b>14</b>
<b>Результаты и обсуждения</b> .....	<b>16</b>
<b>Выводы</b> .....	<b>17</b>
<b>Список литературы</b> .....	<b>17</b>

## Введение

Данная работа является первым исследованием палеосообществ на территории Смоленского поозерья. Изучение этих палеосообществ позволяет реконструировать трофические цепи древних сообществ, лучше понять видовой состав и взаимоотношения организмов. Также данное исследование имеет фундаментальную ценность с точки зрения эволюционной биологии и экологии современных морских сообществ.

Цель работы: провести реконструкцию трофических цепей девонской и каменноугольной фауны Смоленского Поозерья

Задачи работы:

1. Изучение коллекции ископаемых образцов Смоленского Поозерья
2. Определение таксономического состава представителей разных типов
3. Использование метаданных, полученных в ходе других проектов
4. Реконструкция экологических взаимоотношений и трофических цепей

## Обзор литературы

Изучение трофических связей ископаемых экосистем является ключевым направлением палеоэкологии, позволяющим реконструировать структуру и динамику жизни в геологическом прошлом. Девонский и каменноугольный периоды, характеризующиеся становлением наземных экосистем и расцветом морской жизни, представляют для этого особый интерес. Реконструкция трофических цепей фауны Смоленского Поозерья нацелена на восстановление сложной сети взаимоотношений между организмами, населявшими древние моря и прибрежные ландшафты этого региона. Данный литературный обзор призван систематизировать существующие сведения о видовом составе и экологических нишах девонской и каменноугольной фауны, чтобы предложить целостную модель их пищевых взаимодействий. **В обзоре литературы и далее представлены фото найденных нами образцов.**

## Брахиоподы

К типу *Brachiopoda* (от греч. «плечо» и «нога») принадлежат одиночные трехслойные организмы, населяющие преимущественно морское дно, и гораздо реже — водоемы с солоноватой или опресненной водой. Их тело защищено раковиной, которая внешне напоминает раковину двустворчатых моллюсков, однако плоскость симметрии у брахиопод проходит не между створками, а через их макушки, поперек. В отличие от левой и правой створок у двустворок, у брахиопод различают брюшную (педальную) и спинную (брахиальную) створки. Длина раковин варьирует от 0,1 до 40 см, при этом большинство имеют средние размеры 3–5 см. Брахиоподы существуют с кембрийского периода по настоящее время. Количество ископаемых видов (более 10 000) значительно превышает число ныне живущих (примерно 300).

Основы классификации и систематики.

Деление брахиопод на два класса — *Inarticulata* (Беззамковые) и *Articulata* (Замковые) — базируется на комплексе признаков, ключевыми из которых являются наличие или отсутствие замкового аппарата и ручного скелета. Однако эмбриональное развитие современных видов протекает по-разному, что ставит под вопрос правомерность объединения всех брахиопод в один тип и их деления на указанные классы.

В рамках данного исследования изучались исключительно представители замковых брахиопод.

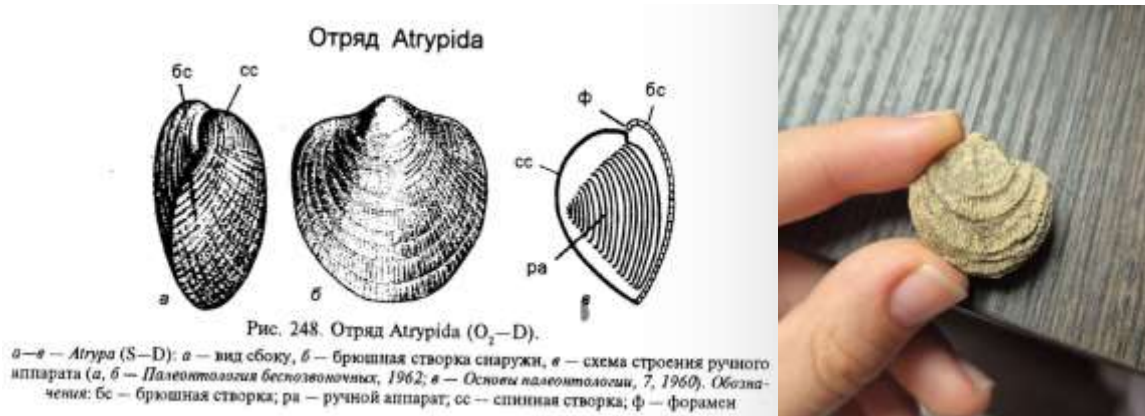
Среди замковых форм выделяют более 10 отрядов. Критериями для их разграничения служат строение ручного аппарата, соотношение створок, форма отверстия для ножки (форамена), а также особенности строения зубных пластин. Ряд исследователей предлагает классифицировать брахиопод на четыре подкласса — *Strophomenata*, *Orthata*, *Spiriferata* и *Terebratulata*, — используя в качестве ведущего признака тип ручного аппарата.

### *Отряд Orthida*

(от греч. *orthos* — прямой, что указывает на прямолинейный замыкательный край раковины) объединяет наиболее архаичных



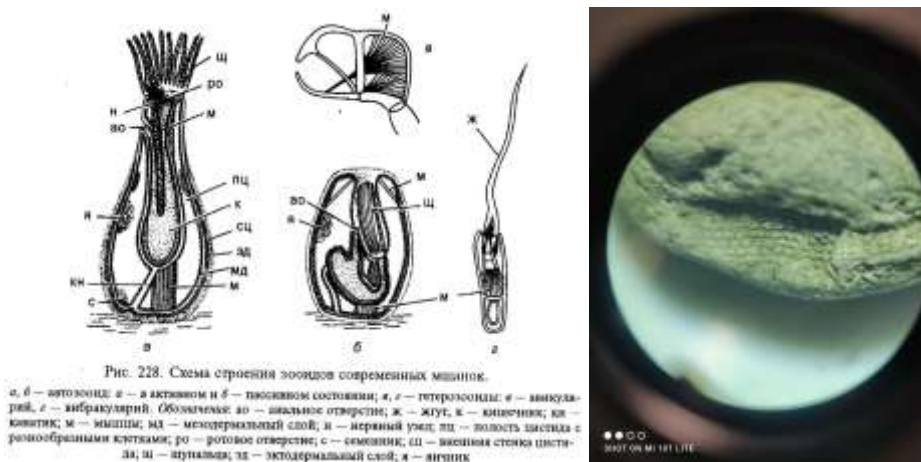
как сплошной, так и пористой. Для скульптуры характерна сетчатая текстура, формируемая за счёт пересечения радиальных и концентрических рёбер. Отверстие для ножки (форамен) небольшое, малозаметное и расположено под макушкой брюшной створки. Представители отряда существовали с среднего ордовика по девонский период.



### *Отряд Spiriferida*

(от лат. *spira* — спираль и *fero* — нести) объединяет брахиопод, чей ручной аппарат представлен двумя спирально закрученными конусами, ориентированными вершинами в боковые стороны. Для их раковины характерна двояковыпуклая форма, варьирующая от округло-линзовидной до удлинённо-треугольной. Задние концы створок нередко вытянуты вдоль линии замка, формируя так называемые "ушки". Скульптурный рисунок образован радиальными рёбрами, которые могут быть как слабо выраженными, так и очень резкими. Хорошо развиты складка (седло) и соответствующий ей желоб (синус). Брюшная створка снабжена ареей, треугольным отверстием для ножки (дельтирием), парой зубов и двумя хорошо развитыми зубными пластинами.





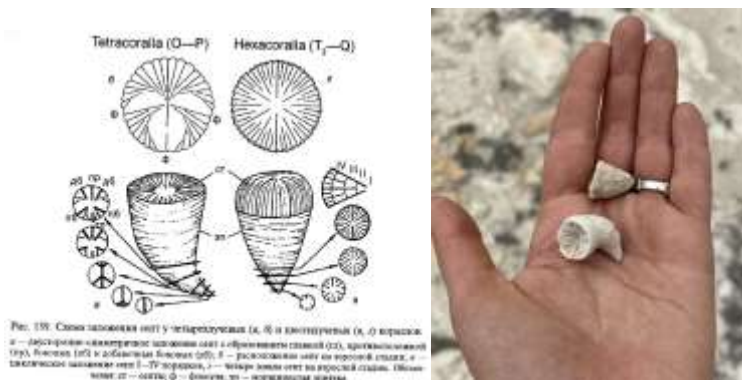
## Кораллы

### Четырехлучевые кораллы (*Tetracoralla*)

Подкласс *Tetracoralla* (от греч. tetra — четыре и korallion — коралл) включает палеозойские организмы, которые обладали известковым скелетом и существовали как в одиночной, так и в колониальной формах. Характерной особенностью этих кораллов является наличие эпитеки — наружного морщинистого слоя, покрывающего скелет. Именно из-за этого признака подкласс получил своё второе, широко распространённое название — *Rugosa* (от лат. ruga — морщина).

Одиночные формы тетракораллов имеют разнообразную форму: роговидную, цилиндрическую или призматическую. Для них типично изогнутое, рогообразное основание, что связано с первоначальным боковым прикреплением личинки к субстрату.

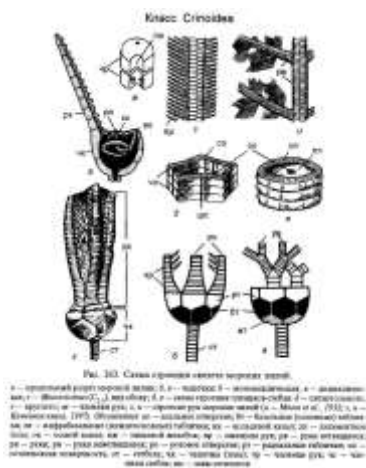
### Таблитчатые кораллы



## Лилии

Морские лилии (от греч. krinon — «лилия») представляют собой

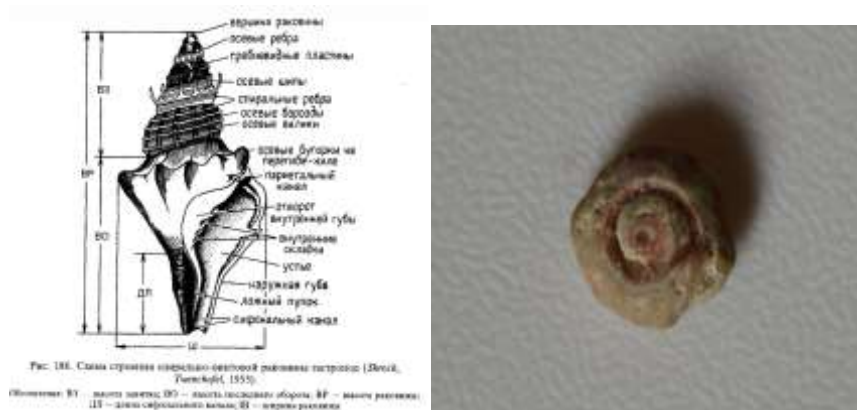
единственный класс в подтипе Crinozoa, доживший до наших дней. Данная группа животных отличается значительным видовым разнообразием. Строение их скелета включает три основных элемента: чашечку, стебель и лучи. Свою историю морские лилии ведут от эокриноидей, обособившись в ордовикский период, а к концу палеозоя они уже были широко распространены и разнообразны. Изначально эти организмы вели прикрепленный образ жизни, удерживаясь стеблем на донном субстрате и возвышаясь над ним. Однако в мезозойскую эру возникли бесстебельные формы, перешедшие к планктонному или псевдопланктонному существованию. Утрата стебля у некоторых видов компенсировалась развитием многочисленных членистых придатков — цирри. Эти образования, как и лучи, помогают лилиям обитать в толще воды. В процессе плавания активные движения чередуются с фазами покоя, во время которых цирри могут оплетать различные плавающие объекты или неровности на дне.



## Брюхоногие моллюски

Класс Брюхоногие моллюски (Gastropoda, от греч. gaster — «желудок» и podos — «нога») является самым многочисленным в типе Моллюски, объединяя примерно 100 тысяч видов, как современных, так и вымерших. Они уникальны среди моллюсков своей способностью обитать не только в воде, но и на суше. Подавляющее большинство гастропод обладает раковиной, форма которой сильно варьируется, однако у некоторых групп она редуцирована (например, у голожаберных или голых слизней). Размеры их раковин

колеблются в широких пределах: от долей миллиметра до нескольких десятков сантиметров, при этом наиболее типичными являются 2–4 см. Исторический период существования брюхоногих моллюсков охватывает интервал от кембрия до наших дней.



## Рыбы

К надклассу Рыбы (Pisces, от лат. pisces — «рыбы») принадлежит обширная и разнообразная группа челюстноротых позвоночных, которые являются обитателями исключительно водной среды. Их отличительными признаками являются наличие жабр на всех стадиях жизни, парные (грудные и брюшные) и непарные (спинной, анальный, хвостовой) плавники, позвоночник, состоящий из туловищного и хвостового отделов, а также развитый кожный скелет. Характерными чертами организации рыб также служат наружное оплодотворение, наличие сейсмочувствительной системы (боковой линии) и внутреннего уха, расположенного в черепе. Тело большинства рыб имеет обтекаемую, веретеновидную или торпедообразную форму. Размеры представителей этой группы варьируются от нескольких миллиметров до 20 метров в длину. У подавляющего числа видов кожный скелет состоит из чешуй или костных пластинок, а у меньшинства — кожа гладкая, лишенная чешуи и покрытая обильной слизью.



## Морские ежи

Морские ежи обладают телом, которое обычно имеет почти шарообразную форму, а его диаметр варьируется от 2–3 см до 30 см. Поверхность тела покрыта рядами известковых пластинок. Эти пластинки, как правило, прочно срастаются между собой, формируя твердый панцирь (скорлупу). Благодаря такому строению морской еж не способен менять форму. По особенностям строения тела, а также ряду других признаков, морских ежей классифицируют на правильных и неправильных. Для правильных ежей характерна практически круглая форма и строгая пятилучевая радиальная симметрия. В отличие от них, неправильные ежи имеют уплощенное тело, у которого можно четко определить передний и задний концы.

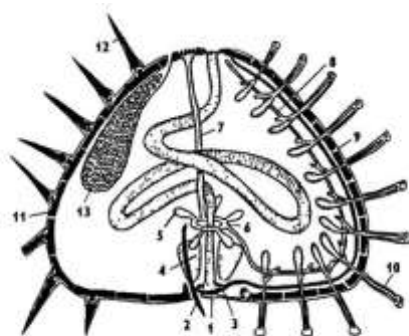


Рис. 300. План строения морского ежа (по Халеру): 1 - рот, 2 - "туб" пищеварительного аппарата, 3 - яичное кольцо, 4 - скелет аристотелева фонтана, 5 - лосевы пузыри, 6 - кольцо абдукторальной системы, 7 - кишечный канал, 8 - радиальный канал абдукторальной системы, 9 - нервный туб, 10 - абдукторальная ножка, 11 - скелетная пластинка, 12 - игла, 13 - гонимы



## Описание трофических цепей

Трофические, или пищевые, связи (греч. *trope* — пища, питание) являются главными в жизни организмов. Эти связи образуют определенные цепи, сети и пирамиды. Трофическая пирамида состоит из продуцентов, консументов и редуцентов.

### *Продуценты*

Продуценты (от лат. *producens* — «создающий») формируют основание экологической пирамиды. Эти организмы способны самостоятельно, без зависимости от других, производить первичную биологическую продукцию, благодаря чему их называют автотрофами (от греч. *autos* — «сам»). Сущность их деятельности заключается в создании органических соединений из неорганических, что осуществляется в процессе фотосинтеза или хемосинтеза. В группу продуцентов входят растения, цианобактерии (цианобионты) и множество видов бактерий.

### *Консументы*

Консументы (от лат. *consume* — «потребляю») — это гетеротрофные организмы (от греч. *heteros* — «другой»), которые используют для питания готовые органические вещества, произведенные другими видами. В структуре экологической пирамиды консументы занимают трофические уровни, следующие за продуцентами. В зависимости от их положения в пищевой цепи различают консументов первого, второго и последующих порядков, однако длина таких цепей редко превышает четыре-пять звеньев. Для примера можно рассмотреть следующую цепочку: растения как продуценты; гусеницы, питающиеся растениями — консументы I порядка; взрослые насекомые, поедающие этих гусениц — консументы II порядка; насекомоядные млекопитающие — консументы III порядка. Наиболее адаптивную позицию занимают всеядные консументы, такие как человек, которые могут получать ресурсы с разных трофических уровней.

### *Редуценты, или деструкторы*

Редуценты (от лат. *reducens* — «возвращающий» с приставкой *de-*, означающей устранение) — это организмы, которые разрушают мёртвое органическое вещество, разлагая его до простых неорганических соединений. В эту группу входят бактерии, грибы, а также некоторые виды животных и растений. Например, почвенные редуценты способны перерабатывать до 80% органического вещества, производимого лесными растениями. Чётко разделить

консументов и редуцентов не всегда возможно. Внутри основных трофических групп (продуценты, консументы, редуценты) выделяют более узкие категории, обладающие специфическими особенностями питания. На рисунке 5 представлены следующие из них: детритофаги, грунтоеды, сестонофаги, плотоядные и растительноядные организмы.

### *Детритофаги*

Детритофаги (от лат. *detritus* — «истертый» и греч. *phagos* — «пожиратель») — это организмы, которые потребляют разлагающиеся остатки отмерших растений, животных и грибов, населенные бактериями и другими микроорганизмами. Их положение в экосистеме является промежуточным между консументами и редуцентами. К детритофагам относятся, в частности, грунтоеды и отчасти сестонофаги. Грунтоеды извлекают необходимую органику, пропуская через свой кишечник частицы грунта, в котором содержатся пищевые ресурсы. В отличие от них, сестонофаги (от греч. *sestos* — «просеянный») питаются взвешенными в толще воды частицами детрита, а также мелкими планктонными организмами. Многие сестонофаги являются фильтраторами, из-за чего их иногда называют «пассивными хищниками». Что касается растительноядных и плотоядных организмов, то их трофическая специализация очевидна из самих названий.

В современной палеонтологии значительное внимание уделяется восстановлению структуры биотопов, биоценозов, биот и биосфер прошлых геологических эпох. Понимание принципов функционирования современных трофических сетей даёт возможность реконструировать древние сообщества организмов, даже при условии неполной сохранности всех их элементов. Важно подчеркнуть, что все рассмотренные трофические группы и подкатегории распространены как в водных, так и в наземных экосистемах.

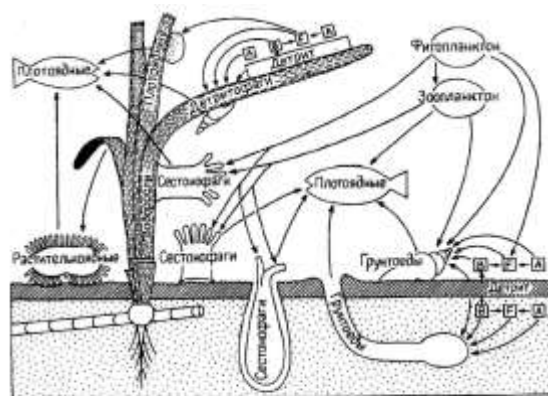


Рис. 5. Схема трофических связей различных организмов в зоне морских водорослей (Визин, 1975):  
 А – макроводоросли, В – бактерии; F – фораминиферы и другие микроскопические организмы

Таким образом, проведенный анализ выявил фрагментарность данных по трофическим связям конкретных таксонов региона. Основной пробел – отсутствие комплексной модели, интегрирующей палеоэкологические и тафономические данные. Цель проекта – ликвидировать этот пробел путем реконструкции целостной пищевой сети девонского и каменноугольного периодов Смоленского Поозерья.

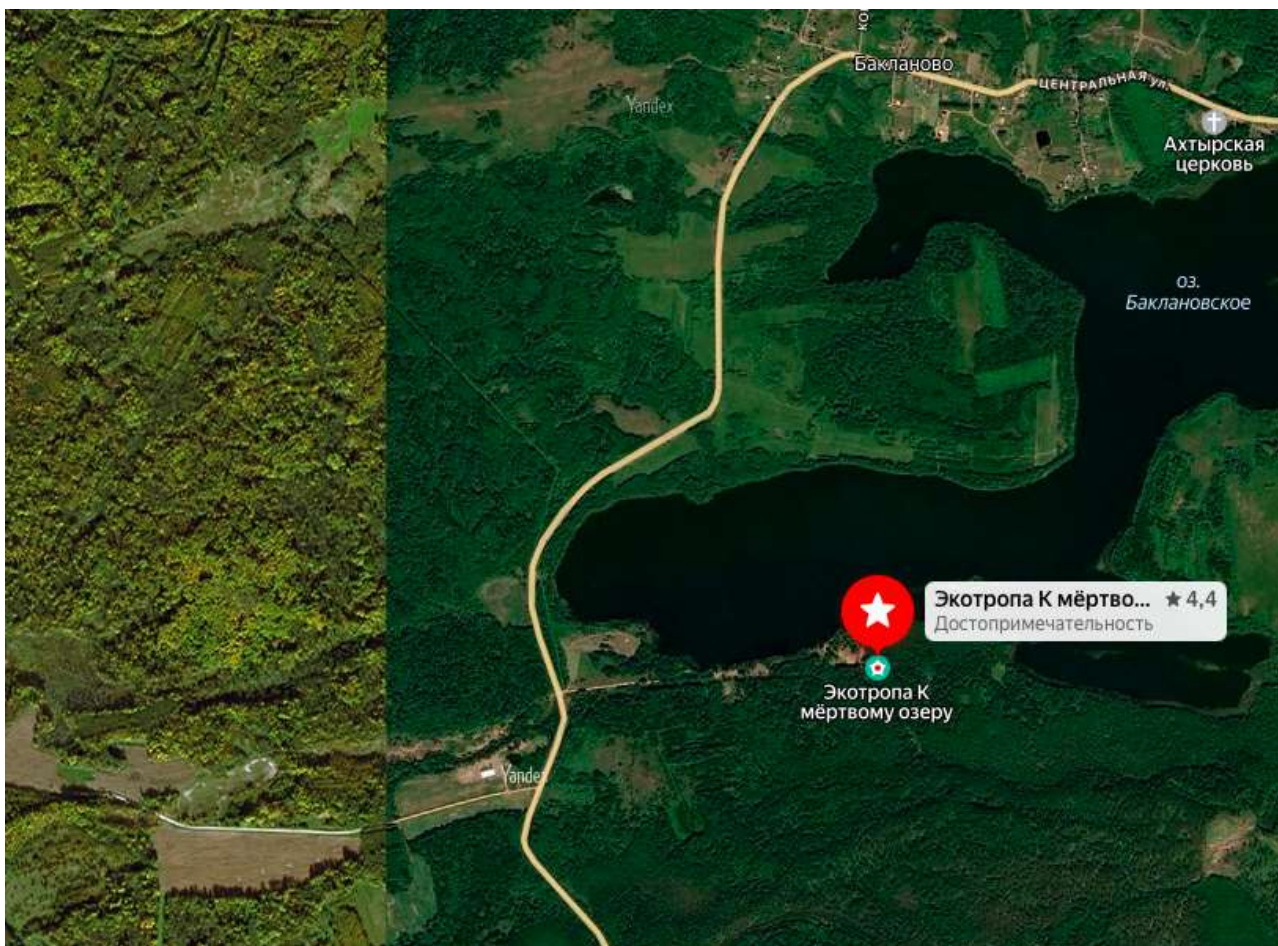
## Материалы и методы

### Материалы:

- Работа проводилась в 2025-2026 гг. на базе экологического центра Смоленского Поозерья
- Полевые данные были собраны в деревне Бакланово и на территории экологического центра Смоленского Поозерья

### Методы

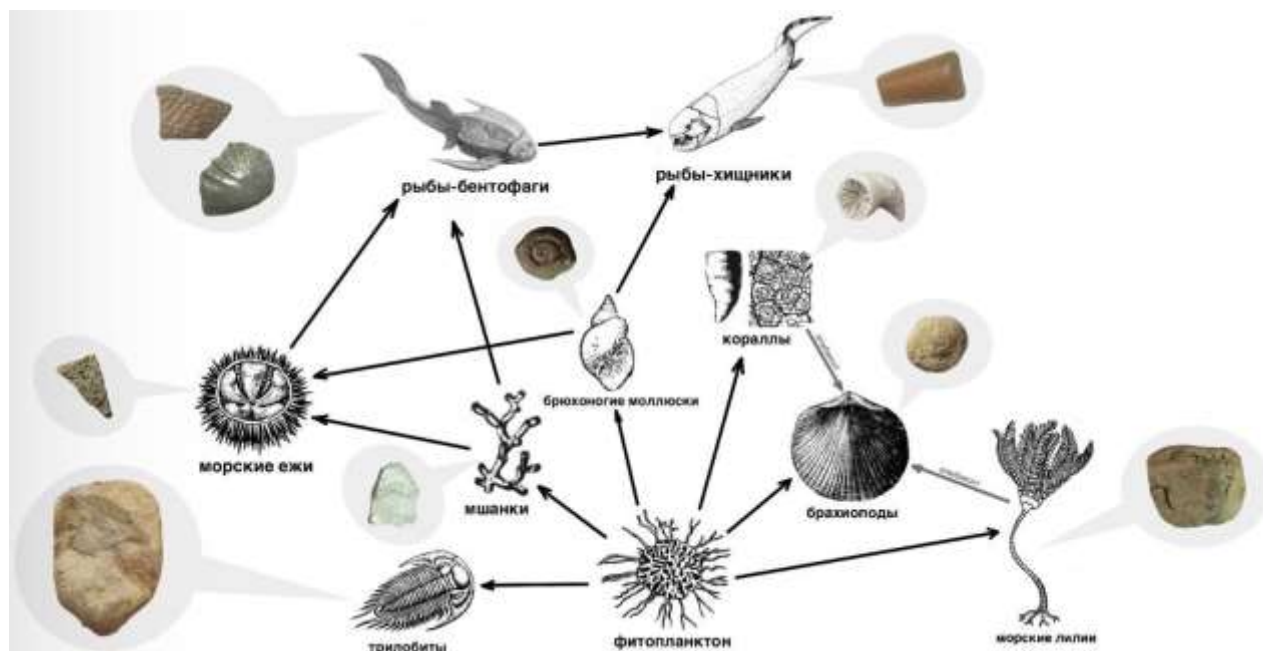
- Сбор ископаемых на карьере (отмечено красным овалом)



- Работа с литературой для определения ископаемых
- Фотографирование с помощью бинокля на камеру телефона
- Для статистической обработки данных использовали программу Google office

## Результаты и обсуждения

На основе найденных и изученных образцов нами были построены трофические цепи сообщества, находившегося на территории Смоленского поозерья. На схеме представлены фото найденных образцов.



Пассивные фильтраторы	Эпибионты	Промежуточные хищники	Фильтраторы-детритофаги	Сверзающие	Бентофаги	Колониальные организмы
<i>Sabella stroeckberg</i> (кораллы)	<i>Mossellbriida</i> (лилии)	<i>Cidaria</i> (морские ежи)	<i>Orthis</i> (бразхиоподы)	Аттрактеры (рыбы)	Демондишские рыбы	<i>Terebratulida</i> (мшанки)
<i>Aalaperida</i> (кораллы)	<i>Sabella stroeckberg</i> (кораллы)	<i>Bellerophonitida</i> (брюхоногие моллюски)	<i>Trifida</i> (бразхиоподы)		Аттрактеры (рыбы)	<i>Cyrtopora</i> (мшанки)
<i>Cyrtopora</i> (кораллы)	<i>Aalaperida</i> (кораллы)		<i>Altrida</i> (бразхиоподы)		Трилобит	<i>Fossilifida</i> (мшанки)
	<i>Cyrtopora</i> (кораллы)					<i>Sabella stroeckberg</i> (кораллы)
						<i>Aalaperida</i> (кораллы)
						<i>Cyrtopora</i> (кораллы)

На территории Смоленского Поозерья обитало множество животных. Наби были собраны, определены образцы из следующих групп организмов:

1. Пассивные фильтраторы (кораллы)
2. Эпибионты (лилии и кораллы)
3. Промежуточные хищники (морские ежи и брюхоногие моллюски)
4. Фильтраторы-детритофаги (бразхиоподы)

5. Сверххищники (рыбы)
6. Бентофаги (рыбы, трилобиты)
7. Колониальные организмы (мшанки и кораллы).

## Выводы

1. Изучили коллекцию ископаемых образцов Смоленского Поозерья
2. Определили таксономический состав представителей разных типов
3. Использовали метаданные, полученные в ходе других проектов
4. Реконструировали экологические взаимоотношения и трофические цепи

## Список литературы

1. Смирнова, Т. Н. Брахиоподы : Изд-во МГУ, 1990. - 72 с. ил. -ISBN5-211-02389-7.
2. Орлов, Ю. А. Основы палеонтологии, справочник для палеонтологов и геологов в 15 томах. Т. 4 Моллюски брюхоногие : государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр Москва, 1960.
3. Орлов, Ю. А. Основы палеонтологии, справочник для палеонтологов и геологов в 15 томах. Т. 7 Мшанки, брахиоподы : государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр Москва, 1960.
4. Михайлова, И. А. Палеонтология : 2-е издание, переработанное и дополненное / И. А. Михайлова, О. Б. Бондаренко. — Палеонтология : Изд-во МГУ, 2006. — 592 с. — (Классический университетский учебник). ISBN 5-211-04887-3
5. Данукалова Г. А. Палеонтология в таблицах и иллюстрациях : Палеонтология в таблицах и иллюстрациях. / Г. А. Данукалова, И. Л. Сорока, И. А. Стародубцева — М.: Акварель, 2013. — 312 с.: ил. ISBN 978-5-9904927-1-4