

Муниципальное учреждение дополнительного образования
«Центр детского и юношеского творчества «Молодые таланты»
Ярославская область город Рыбинск
Объединение «Юный геолог»

Изучение ископаемых и современных морских ежей

Автор: Багров Евгений Сергеевич
11 класс,
Руководитель:
Ташкинова Ольга Петровна,
педагог дополнительного
образования МУДО Центра
«Центр детского и
юношеского творчества
«Молодые таланты»

2025 год

Оглавление

Введение	3
1. Методы проведения исследования.....	4
2. Краткая характеристика морских ежей	4
3. Палеонтологические исследования морских ежей.....	6
4. Описание находок морских ежей.....	7
5. Реконструкция среды обитания ископаемых морских ежей	9
6. Выводы.....	10
Заключение	11
Список использованных источников	122
Приложения.....	133

Введение

В 2024 году зимой мне удалось побывать в Заполярье в Мурманской области, а летом – в знойных степях Казахстана. В обоих местах я встретил морских ежей, в первом месте – живых и колючих, обитающих в Баренцевом море, а во втором месте – в виде окаменелостей в известняках Мангистауской области, из которых жизнь ушла много миллионов лет назад (прил. 1). Не смотря на то, что этих иглокожих разделяло множество поколений, они являются родственниками.

Известно, что морские ежи появились еще в ордовикском периоде [6] и продолжают своё существование до настоящего времени. В течение этого огромного промежутка времени в жизни эхинофауны отмечалось несколько этапов бурного развития и два великих массовых вымирания (пермское и мел-палеогеновое). Тем не менее, морские ежи выжили до наших дней.

Мне стало интересно, чем отличаются современные морские ежи от ископаемых представителей этого класса? Почему они широко распространены в холодных водах Арктики, и в морях Дальнего Востока. В связи, с чем на засушливых территориях Центральной Азии обнаружены окаменелости морских ежей. Поиск ответов на поставленные вопросы побудил меня провести данную исследовательскую работу.

Цель работы: расширение знаний о жизни и особенностях строения морских ежей.

Задачи работы:

- 1) собрать образцы окаменелостей и сравнить их с современными видами;
- 2) дать краткое описание организмов, их образа жизни;
- 3) определить признаки сходства и различия между древними морскими ежами и современными представителями этого класса
- 4) определить палеогеографическую обстановку зоны обитания древних морских ежей на территории Мангистау.

Актуальность исследования: изучение остатков древних организмов в сравнении с подобными современными животными может помочь реконструировать эволюцию их среды обитания для понимания геологического развития территории.

1. Методы проведения исследования

За представителем современных морских ежей я провёл наблюдение в полевых условиях на побережье Баренцева моря в районе посёлка Териберка Мурманской области. Замеры морского ежа выполнены с помощью рулетки. Определение возраста произведено на основании его размеров и состоянию зубов по рекомендации местных жителей, осуществляющих промысел морских ежей. После проведённых наблюдений морской ёж был отпущен в естественную среду обитания.

Сбор палеонтологических находок проводился в полевых условиях во время поездки в республику Казахстан район Мангистау, где были найдены интересные образцы для моего исследования. Я узнал, измерение размера морских ежей происходит по амбитусу – наиболее расширенной в горизонтальном сечении части панциря, и провел измерение образцов. Образцы ископаемых были измерены с помощью штангенциркуля - их размеры внесены в таблицу для дальнейшего анализа. Ископаемые имеют хорошую сохранность благодаря свойствам известняка.

Получена и проанализирована информация из литературных источников и интернет-ресурсов. Проведена визуализация среды обитания древних морских ежей с помощью нейросети Krea.

2. Краткая характеристика морских ежей

Согласно определению данному в литературе [3,6], морские ежи (лат. *Echinoidea*) – это донные малоподвижные шаровидные животные класса иглокожих, покрытые твердыми известковыми иглами. Размеры ежей изменяются от 2-3 см до 30 см в диаметре. Известно около 800 видов современных морских ежей. Морские ежи нуждаются в воде с большой соленостью, а потому не встречаются в таких морях, как Каспийское, Черное и Балтийское.

Шарообразное или уплощенное тело ежа имеет нижнюю (оральную) сторону, в центре которой располагается рот, и верхнюю (аборальную) сторону, в центре которой выводящее (анальное) отверстие. Каждая игла ежа основанием опирается на полусферу. Это соединение напоминает сустав, позволяющий иглам поворачиваться в любую сторону. В подкожном соединительно-тканном слое ежа развит скелет – панцирь, состоящий из отдельных пластинок, которые плотно примыкают одна к другой. Пластинки упорядочены в меридиональные ряды – в пять пар амбулакральных и пять пар интерамбулакральных рядов (прил. 2). Последняя непарная пластинка амбулакрального ряда несет глаз, а интерамбулакрального – половое отверстие. Между жесткими иглами можно заметить тонкие полупрозрачные амбулакральные ножки ежа, которые высовываются через поры в амбулакральных пластинках скелета и заканчиваются присосками [6,9].

Основные системы внутренних органов морских ежей являются: амбулакральная (водососудистая), кровеносная, пищеварительная,

выделительная, нервная и половая. Как внешнее строение взрослого морского ежа, так и его внутренняя анатомия подчиняются радиальной симметрии (прил. 2). Главное назначение амбулакральной системы – двигательная функция. Ножками еж ухватывает пищевые объекты, прикрепляется к дну и переступает.

Морские ежи – всеядные животные, питаются водорослями, илом и теми мелкими животными, которых смогут соскрести с камней и любых твердых предметов. Поэтому их ротовой аппарат (Аристотелев фонарь) – скелетного происхождения, весьма мощный, занимает центральную часть полости тела ежа и состоит из 25 косточек, соединенных мышцами (прил. 2).

Внутреннее пространство панциря заполнено кишкой и гонадами – половыми железами. Кишечник начинается ротовым отверстием, проходит внутри Аристотелева фонаря; далее делает несколько оборотов в полости тела и заканчивается наружу анальным отверстием [6,9].

Нервная система ежа состоит из орального кольца, от которого отходят пять радиальных нервов, доходящих в меридиональном направлении до глазных скелетных пластинок. Каждый нерв пронизывает пластинку и иннервирует один из 5-и глаз ежа [6,9].

Глаз морского ежа способен отмечать резкие изменения освещенности и, вероятно, близко расположенные предметы.

Морские ежи раздельнополы. Половые продукты выводятся наружу, в морскую воду, где и происходит оплодотворение и развитие яиц. Нерестятся морские ежи в конце лета. Как и остальные подвижные иглокожие, морские ежи образуют нерестовые скопления. Личинки морских ежей – микроскопического размера, не превышающие долей миллиметра. Они плавают в толще морской воды, растут и примерно через 30-40 дней опускаются на дно, где претерпевают метаморфоз, превращаясь в морского ежа размером в полмиллиметра. Маленький морской еж начинает интенсивно питаться, расти и через год достигает сантиметра в диаметре и более [14].

Морские ежи делятся на 2 подкласса.

1) Правильные ежи (Regularia)

Правильные ежи построены по типу, описанному выше для всего класса. К ним принадлежат ежи с шаровидной формой тела и вполне одинаково развитыми радиусами. Порошица лежит в центре аборальной стороны диска. Подкласс объединяет наибольшее число широко распространенных видов.

В наших северных и дальневосточных морях обычны представители рода *Strongylocentrotus*, образующие иногда массовые скопления. Разнообразна фауна правильных морских ежей в тропиках, на коралловых рифах обитает *Heterocentrotus*, грубые и толстые иглы позволяют ежу прочно удерживаться в расщелинах и противостоять прибою. Также в тропиках довольно широко распространены ежи *Diadema* с длинными (до 30 см) иглами. Иглы слегка зазубрены на конце, очень тонки и легко обламываются.

Уколы этих игл очень болезненны для человека, так как полости их содержат ядовитые вещества.

2) Неправильные ежи (Irregularia)

У всех неправильных морских ежей порошица смещена из центра аборального полюса по одному из интеррадиусов на край диска или на нижнюю сторону и сопровождается перемещением рта по переднему радиусу вперед, нередко почти до края диска. Тело неправильного ежа может быть сплющено в вертикальном направлении и иметь дисковидную или сердцевидную форму. Амбулакральные ножки верхней стороны не используются в качестве органов движения и функционируют как жабры. Неправильные морские ежи живут преимущественно на илистом или песчаном грунте. Представители подкласса неправильных ежей: *Clypeaster*, *Spatangus* и др. [6,3].

3. Палеонтологические исследования морских ежей

Древние морские ежи появились в ордовике, а в юрском и меловом периодах пережили период расцвета [11]. Морских ежей подразделяют на древних, живших с ордовика по пермь и новых, появившихся с триаса по настоящее время. Основное отличие древних от новых – строение панциря. Панцирь состоял из слабо связанных между собой пластинок и после смерти животного распадался на отдельные пластинки. Поэтому, древних морских ежей редко когда находят целыми.

Правильные ежи впервые встречаются в силуре. В фауне палеозойских морей ежи представлены главным образом древнейшими представителями *Paleoechinoidea*. Неправильные морские ежи произошли от более древних правильных морских ежей и появляются лишь в юрский период.

В конце мелового периода в сообществах неправильных морских ежей начали разрушаться системные связи внутри семейств и отрядов. Затем на рубеже мела и палеогена последовало массовое вымирание, причём самыми уязвимыми в этом процессе как раз стали неправильные морские ежи. Объясняется этот факт тем, что неправильные морские ежи не были готовы к резким изменениям среды обитания из-за долгого спокойного предшествующего периода расцвета. В результате вымерло более половины родов существовавших на тот момент неправильных морских ежей. В то же время правильные морские ежи отреагировали на мел-палеогеновый кризис с меньшими потерями родов. Учёные связывают это с тем, что роды правильных морских ежей эволюционировали независимо друг от друга [7,8].

4. Описание находок морских ежей

4.1 Морской ёж (поселок Териберка берег Баренцева моря).

В новогодние каникулы в 2024 году я побывал на Кольском полуострове, где помимо полярной ночи и северного сияния наблюдал незамерзающее от тёплого течения и постоянно волнующееся Баренцево море. На его берегу находится посёлок Териберка, именно здесь мне посчастливилось встретить выброшенных волной морских ежей. Я провёл ряд наблюдений за одним из этих обитателей моря (прил. 3).

- панцирь полусферический, невысокий, сплюснутый, с плоским основанием;

- высота панциря 30 мм, диаметр панциря 60 мм, панцирь окрашен в светло фиолетовый цвет;

- игольный покров густой, образован иглами длиной от 8 до 13 мм, иглы темно-зеленого цвета;

- на основании панциря расположен рот с хорошо заметным аристотелевым фонарём (прил. 4), на противоположной сферической стороне расположено малозаметное отверстие порошицы;

- по всем признакам исследуемый образец относится к подклассу правильных морских ежей;

- примерный возраст морского ежа по ряду признаков (диаметр панциря, длина игл, состояние зубов) составляет около трёх лет;

- морской ёж малоподвижен, в воде морской ёж передвигается очень медленно с помощью своих игл и амбулакральных ножек, которые достаточно сильно вытягиваются, вне водной среды, морской ёж не двигается.

Найденный живой образец относится к роду «морской еж зелёный».

Тип: Иголокожие

Класс: Морские ежи

Отряд: Сводчатозубые морские ежи

Род: Стронгилоцентротусы

Вид: Зелёный морской ёж (лат. *Strongylocentrotus droebachiensis*)

Вид распространён в северных и бореальных морях бассейна Атлантического океана (Норвежское Гренландское моря), бассейна Северного Ледовитого океана (Баренцево, Карское, Чукотское моря) и бассейна Тихого океана (Берингово и Охотское моря). Комфортными для существования зелёного морского ежа являются следующие условия: температура воды от 0 до 16 °С, солёность воды в пределах 28 - 33‰ [5]. Морские ежи этого рода заселяют верхние горизонты сублиторали. По словам жителей Териберки, промысляющих ловом морских ежей, зелёный морской ёж встречается на глубинах от 3 до 30 метров и обычно обитает целыми колониями на подводных скалах и валунов на мелководье, можно обнаружить в зарослях морских трав и на песчаном дне.

Нужно отметить, что промысел зелёного морского ежа ведётся ради икры. Она содержит сбалансированный состав незаменимых аминокислот и

витаминов, является лечебно-профилактическим средством и повышает сопротивляемость организма к различного рода инфекциям. Таким образом, морской ёж является ценным биоресурсом и уникальным природным источником для здоровья человека [4].

4.2 Морские ежи солончака Тузбаир Мангистау.

Летом 2024, путешествуя по Казахстанской пустыне, мне встретились различные окаменелости: белемниты, аммониты, двустворчатые моллюски. В окрестностях солончака Тузбаир в кусках горной породы я обнаружил окаменелости морских ежей (прил. 5, 6).

Скалы над солончаком в геологическом отношении представляют собой мезокайнозойские отложения, покрытые известняками мелового периода. Впадины покрыты песчано-глинистыми породами юрского и мелового периода. Именно здесь попадаются окаменелости морских обитателей океана Тетис [12].

Мне удалось извлечь из породы 15 образцов ископаемых морских ежей различной сохранности, которые по возвращении из экспедиции были исследованы (прил. 7). По результатам проведённых исследований сформировано следующее описание:

- панцирь яйцевидный, немного удлинённый, имеет расширение спереди и сужение сзади, высота панциря 20 - 35 мм, длина панциря 37 - 50 мм, ширина панциря 34 - 45 мм (таблица);
- панцирь не имеет игольного покрова (иглы не найдены), но на пластинках панциря имеются бугорки разной величины, которые служили для прикрепления многочисленных игл и педицеллярий;
- верхняя сторона панциря выпуклая, с заострённой вершиной, передняя сторона высокая, немного выпуклая, круто опускается к переднему краю, равномерно закругленная, задняя сторона пологая;
- основание панциря овальной формы, сильно суженное в задней части, почти плоское, имеются выпуклости, усиливающаяся к задней части;
- в основании панциря расположены два отверстия: ротовое отверстие овальное, расположено в передней части, удалено от переднего края основания примерно на $\frac{1}{4}$ длины панциря, анальное отверстие круглое, расположено на заднем крае основания;
- на верхней стороне панциря в виде пятилучевой симметрии отчётливо выражены узкие амбулакральные полосы с двумя рядами пластинок, идущие от вершины к основанию, между ними расположены интерамбулакральные полосы, размеры пластинок амбулакральных полос заметно меньше, чем у пластинок интерамбулакральных полос.

По результатам сравнения и анализа индивидуальных особенностей мне удалось установить принадлежность находок к конкретному роду *Echinocorys renngarteni*, описанному в 1959 году геологами Н.А. Пославской и М.М. Москвиным [1,4,7,8].

Один образец ежа был подарен юным геологам Саратова и по нашей просьбе Владимир Борисович Сельцер с коллегами Саратовского ГТУ дали

такое определение - это *Echinocorys ex gr. Renngarteni Posl. et Moskv.* Возраст ранний палеоцен, датский век (прил. 8).

Тип: Иглокожие

Класс: Эхиноидеи (морские ежи)

Отряд: Холастероиды

Семейство: Холастериды

Род: Эхинокорисы

Вид: Эхинокорис Ренгартена (лат. *Echinocorys ex. gr. Renngarteni Posl. et Moskv.*).

Известно, что граница маастрихтского и датского ярусов явилась очень важным рубежом в развитии морских ежей. Род *Echinocorys* преодолел этот рубеж и продолжил своё развитие вплоть до позднего палеоцена. Представители рода *Echinocorys* образуют одну из наиболее распространенных в породах верхнего мела и палеоцена групп неправильных морских ежей. Эти обитатели морей позднего мела и палеоцена существовали на протяжении более 35 миллионов лет и за это время не претерпели существенного изменения своего строения. Они обладали относительно крупным и достаточно прочным известковым панцирем и поэтому хорошо сохранились в ископаемом состоянии [7].

5. Реконструкция среды обитания ископаемых морских ежей

Миллионы лет назад Мангистауская степь была дном древнего океана Тетис. До сих пор здешние места хранят множество исторических тайн. Как было сказано выше, найденные рядом с морскими ежами белемниты и аммониты являются ценными индексными окаменелостями. Благодаря этим головоногим моллюскам можно определить не только возраст находок, но и палеогеографическую обстановку изучаемой области.

Известно, что в меловом периоде аммониты и белемниты, а также двустворчатые моллюски, обитали в тропических и бореальных морях. Исходя из этого, можно предположить, что область обитания найденных морских ежей представляла из себя тёплое море, нормальной солёности со среднегодовой температурой около +15 градусов без значительных её колебаний [13].

6. Выводы

Изучение древней фауны в сравнении с современными представителями этого класса позволяет определить возраст находок, узнать образ жизни ископаемых существ и воссоздать палеообстановку района их обитания. Сопоставление окаменелости древнего морского ежа с современным живым образцом представило возможность понять все сходства и различия этих дальних родственников (прил.9). Вследствие этого легче становится понимать эволюционные процессы в природе в зависимости от условий обитания и состояния окружающей среды.

Представители морских ежей рода *Echinocorys* образуют одну из наиболее распространенных в породах верхнего мела и палеоцена групп неправильных морских ежей. В результате проведенного исследования на основании измерения и описания найденных образцов, сформированы предположения об образе жизни морских ежей данного рода. Ископаемые образцы хорошей сохранностиполнили коллекции объединений рыбинских и самарских юных геологов.

Заключение

В заключении можно отметить, что цель моей работы достигнута - получены дополнительные знания о жизни и особенностях строения морских ежей. Выполнен ряд поставленных задач: собрана и оформлена коллекция образцов морских ежей *Echinocorys ex gr.* с местонахождения Мангистау. Дано краткое описание организмов, их образа жизни. Определена палеогеографическая обстановка зоны обитания древних морских ежей на территории Мангистау.

В стратиграфическом отношении, палеонтологические остатки морских ежей широко используют для детального расчленения верхнемеловых отложений при межрегиональных корреляциях

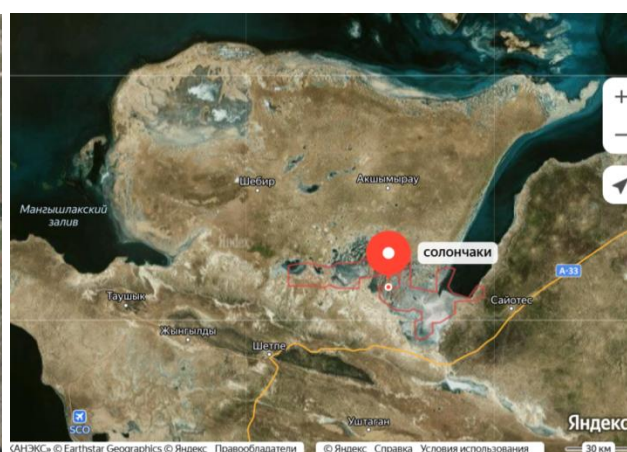
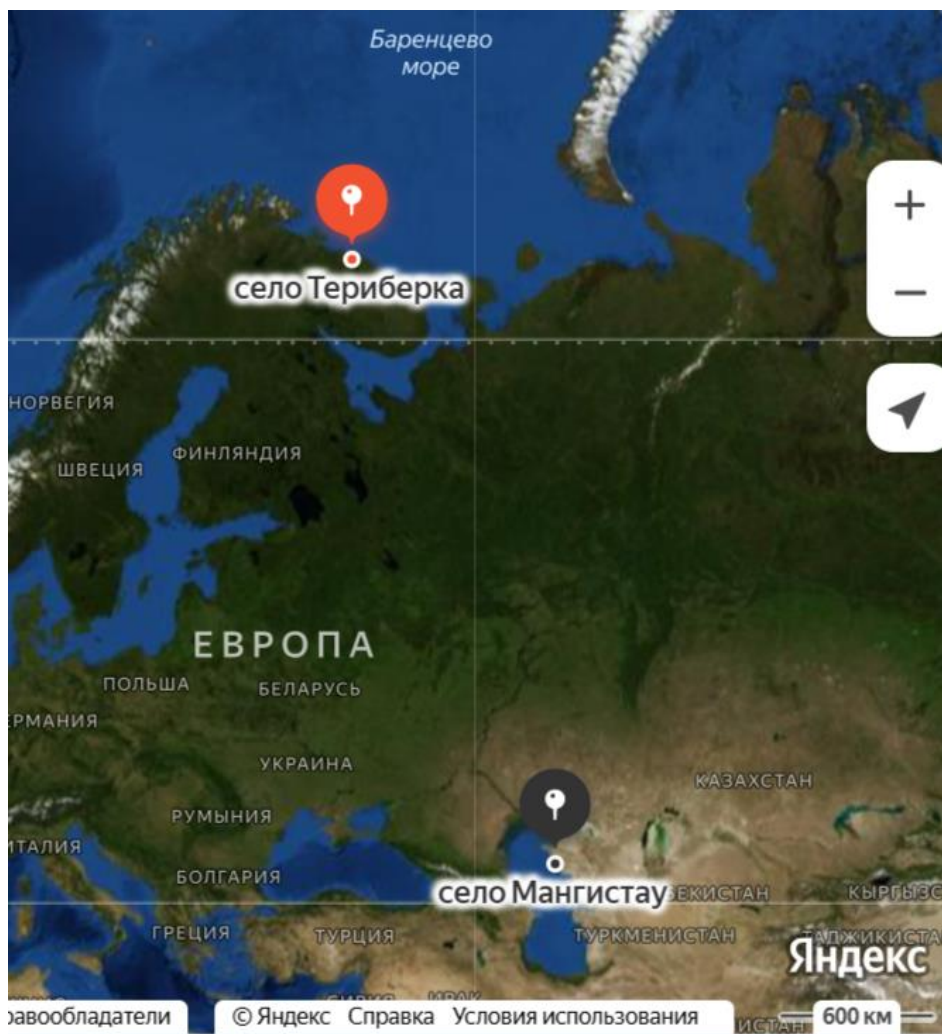
Изучение морских ежей может способствовать углублённому пониманию механизмов развития, старения и патогенеза, а также разработке новых методов в области биологии и медицины.

Результаты исследований ученых помогают понять, что морские ежи являются санитарами моря.

Благодарю родителей за организацию поездок в республику Казахстан район Мангистау и на берег Баренцева моря с. Териберка Мурманской области. Благодарю педагога дополнительного образования Ташкинову О.П. за мотивацию в процессе написания работы, за структурирование и форматирование материала.

Список использованных источников

1. Али-заде Ак. А. Меловая фауна Азербайджана. Баку, 1988. 648 с.
2. Гонгадзе Г.С. Позднемеловые эхиноидеи Грузии и их стратиграфическое значение. Тбилиси, 1979. 151 с.
3. Догель В.А. Зоология беспозвоночных: Учебник для ун-тов / Под ред. проф. Полянского Ю. И. – 7-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1981.- 606 с., ил.
4. Крыжановский С. П. Биологически активные вещества морских ежей – основа для разработки лекарственных препаратов и фармацевтических субстанций // Бюллетень СО РАМН. – 2013. – Т. 33, № 2. – С. 39–48
5. Лабутин А.В., Шацкий А.В., Буяновский А.И. К оценке запасов морского ежа зелёного в прибрежной зоне Баренцева моря. Труды ВНИРО. 2023;194:27-36. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2023-194-27-36>
6. Михайлова И.А. Бондаренко О.Б. Палеонтология. Ч. 2 М.: МГУ, 1997
7. Москвин М.М., Шиманская Н.В. Род *Echinocorys* (морские ежи) в отложениях датского яруса восточной части Европейской палеобиогеографической области. Статья 1 // Бюллетень МОИП. Отд. геологии. 1992. Т. 67. Вып. 6. С. 93-104.
8. Москвин М.М., Шиманская Н.В. Род *Echinocorys* (морские ежи) в отложениях датского яруса восточной части Европейской палеобиогеографической области. Статья 2 // Бюллетень МОИП. Отд. геологии. 1993. Т. 68. Вып. 2. С. 44-59.
9. Рябчикова Э.Д., Рычкова И.В. Палеонтология: учебное пособие / Томский политехнический университет. – Томск, 2010. – 139 с.
10. Соловьев А.Н., Вискова Л.А., Марков А.В., Шиманский В.Н. Предыстория кризиса морской биоты на рубеже мела и палеогена (головоногие моллюски, мшанки, морские ежи) // Бюллетень МОИП. Отд. геологии. 1995. Т. 70. Вып. 1. С. 49-61.
11. <https://www.ammonit.ru/foto/20572.htm> (дата обращения: 17.10.2024)
12. <https://www.inaktau.kz/news/3796938/top-ekskursionnyh-mest-mangistau-tuzbair-kyzylkup-ybykty-i-karynzaryk> (дата обращения: 24.08.2024)
13. <https://www.geokniga.org/books/11969> Бионотия позднемеловых морей востока Прикаспийской впадины / [В.А. Собоцкий, Т.М. Балан, В.Н. Беньямовский и др.]; Отв. ред. Л.А. Невеская. Москва : Наука, 1985).
14. https://ecodelo.org/2202-morskie_ezhi-morskie_obitateli_yuga_dalnego_vostoka_rossii



Приложение 1. Фрагмент карты местонахождений районов наблюдения и отбора образцов.

<https://yandex.ru/maps/?l=sat%2Cskl&ll=11.722092%2C64.677505>



Приложение 4. Ротовое отверстие морского ежа, Аристотелев фонарь
https://vk.com/wall-136178719_31798?z=photo-136178719_457288746%2Fwall-136178719_31798



Приложение 5. Окаменелости, найденные в окрестностях солончака Тузбаир
Фото из семейного архива Багровых, июль 2024 года



Меловые известняки солончака Тузбаир



Приложение 6. Окаменелость морского ежа в породе
Фото из семейного архива Багровых, июль 2024 года



Приложение 7. Образцы ископаемых морских ежей. Фото автора, 2024 год



вид сверху



вид снизу



вид сбоку



вид сзади

Приложение 8. Окаменелость морского ежа рода *Echinocorys*
Фото автора, декабрь 2024 года



Приложение 9. Древний морской еж и современный (высушенный)

Таблица. Результаты замеров найденных окаменелостей морских ежей

№ образца	Высота, мм	Длина, мм	Ширина, мм	Степень сохранности
1	31	38	42	хорошая
2	35	50	38	хорошая
3	30	45	40	хорошая
4	35	49	45	хорошая
5	33	45	38	хорошая
6	35	46	38	хорошая
7	33	45	41	хорошая
8	35	50	43	хорошая
9	34	40	37	хорошая
10	35	50	41	хорошая
11	27	42	39	удовлетворительная
12	20	37	34	удовлетворительная
13	21	39	35	удовлетворительная
14	31	41	36	удовлетворительная
15	22	40	35	удовлетворительная