

Научно-исследовательская работа

География

**ОРИЕНТИРОВАНИЕ В СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ, ИЛИ КОМПАС  
ВИКИНГОВ**

***Выполнил:***

***Ефимов Владимир Михайлович***

*Учащийся 9 класса*

*МБОУ Лицей № 83-ЦО, Россия, Татарстан, г. Казань*

***Кильдеев Хамзя Абдрахманович***

*Научный руководитель,*

*учитель географии*

*МБОУ Лицей № 83-ЦО, Россия, Татарстан, г. Казань*

## Содержание:

1. Введение.....	3
2. Теоретическая часть.....	4
3. Практическая часть	
Глава 1 Обоснование выбора «исторического» материала .....	14
Глава 2 Конструирование прототипа «компаса викингов»	
2.1 Оптимизация конструкции анализатора .....	18
2.2 Натурные эксперименты по навигации.....	23
2.3 Реконструкция «солнечного камня» викингов с использованием кристаллов исландского шпата.....	29
4. Практическая значимость.....	33
5. Результаты и выводы.....	34
6. Список литературы.....	35

## Введение

Старинная легенда гласит, что Лейф Эрикссон и другие легендарные викинги-мореплаватели заходили далеко в Атлантический океан, не видя береговой линии, которая бы могла помочь им определить своё местоположение. Они могли прекрасно ориентироваться, так как у них было тайное оружие - так называемый компас викингов.

Современные ученые уверены, что для навигации в море в пасмурную погоду викинги использовали поляризованный свет. Различные средневековые источники упоминают загадочный «солнечный камень» (sun stone), также известный как «компас викингов» (viking compass) в качестве инструмента навигации у моряков. Утверждалось, с его помощью можно определить положение Солнца (а значит и стороны света) даже если оно оказывалось скрыто облачной пеленой, туманом, снегопадом или недавно зашло или только собирается всходить.

Однако все известные к настоящему времени публикации по этой теме содержат определенные противоречия, а исследования кажутся незаконченными.

Поэтому *целью моей работы* стало создание действующего прототипа «солнечного компаса викингов» и изучение его работы в натуральных условиях.

### *Задачи:*

- определить минерал, который викинги могли использовать в качестве «солнечного камня» для определения сторон света;
- разработать удобную в применении конструкцию навигационного прибора, в котором используется «солнечный камень»;
- сконструировать действующий прототип «солнечного компаса викингов»;
- изучить работу «солнечного компаса» викингов в натуральных условиях, в частности в условиях северных широт.

## Теоретическая часть

*«Погода была облачная, шёл снег. Святой Олаф, король, послал кого-нибудь, чтобы осмотреться, но не было чистой точки на небе. Потом он попросил Сигурда сказать ему, где Солнце. Сигурд взял солнечный камень, посмотрел на небо и увидел, откуда пришёл свет. Так он выяснил положение невидимого Солнца. Оказалось, что Сигурд был прав».*

«Сага об Олафе Святом»

Даны и норвежцы, которые с конца VIII в. до XI в. нападали с моря в основном на Англию и Францию, своим современникам были известны под различными именами. Французы называли их норманнами - северными людьми. Адам Бременский в 1076 г. именовал их аскеманнами - "ясеневыми людьми". В Испании же их звали мадхус, что означает языческие чудовища. В настоящее время их чаще всего называют викингами. Термин, вероятно, связан с глаголом *wiking*, который ранее на севере означал "идти в море для приобретения богатства и славы". Викинги стали владыками морей — об этом говорит вся их история.

Из источников, рассказывающих о заселении Исландии, видно, что викинги уже в 850 г. располагали такими навигационными сведениями, которые позволили, например, Гардару Свафарссону после зимовки в Исландии вернуться на родину в Европу. Известно также, что спустя десять лет Исландия была целью многих переселенцев. Для плавания из Средней Норвегии к мысу Нордкап в Исландии при быстром переходе требовалось около семи суток. Чтобы совершить его, надо было хорошо ориентироваться в открытом море вдали от берегов, В конце X в. начались плавания викингов в Гренландию с западного побережья Исландии, которые при благоприятных условиях занимали четверо суток.

Для того чтобы плавать в открытом море, надо уметь определять направления и местоположения своего судна. Ветра и океанские течения

быстро отклоняли небольшие суда викингов от выбранного маршрута, вынуждая навигаторов чаще сверяться с приборами, чтобы не отклониться от проложенного курса. Без компаса направление можно определять по Полярной звезде или по Солнцу. Во время белых ночей на севере определение по звездам затруднительно. Поэтому викинги в основном находили направление по Солнцу. Особое значение для них имели направления восхода и захода. Но легенды гласят, что отважные скандинавские воины умели получать немало информации и от неба, затянутого облаками.

Сведения были противоречивыми. В одних сагах говорилось, что солнечный камень, или гелиолит, изменял свой цвет, когда его направляли на Солнце даже в пасмурную погоду. Другие сообщали, что при наблюдении за небосводом в направлении 90 градусов от направления на Солнце в образце возникает темная полоса. Однако толкового объяснения принципа использования солнечного камня в сагах обнаружить не удалось.

Или же, якобы некий камень опускали в воду в бочке, в которой он плавал. Если он попадал в лучи Солнца — наблюдалось свечение, позволявшее, по уверениям сагописца, даже в туман или дождь определить, с какой стороны находилось Солнце [1]

Современные ученые уверены, что для навигации в море в пасмурную погоду викинги использовали поляризованный свет. И точно такой же приём помогает пчёлам ориентироваться под облаками, а порой и в сумерках. Оба этих предположения были выдвинуты учёными давно. Различные средневековые источники упоминают загадочный «солнечный камень» (sun stone), также известный как «компас викингов» (viking compass) в качестве инструмента навигации у моряков. Утверждалось, с его помощью можно определить положение Солнца (а значит и стороны света) даже если оно оказывалось скрыто облачной пеленой, туманом (при нахождении низко над горизонтом) или снегопадом [2].

Ещё в 1967 году датский археолог Торкильд Рамскоу (Thorikild Ramskou) выдвинул объяснение данным легендам. Он предположил, что в древних

текстах речь шла о прозрачных минералах, поляризующих проходящий через них свет.

В 1969 и 1982 годах вышли книги Рамскоу, посвящённые солнечному камню и солнечной навигации викингов. Поскольку поток света от неба тоже поляризован в соответствии с моделью Релея (Rayleigh sky model), моряки могли бы глядеть вверх через камень, медленно поворачивая его в разные стороны.

Совпадение и несовпадение плоскостей поляризации у рассеянного атмосферой света и у кристалла выражалось бы в виде потемнения и просветления неба по мере разворота камня и наблюдателя. Ряд таких последовательных «замеров» помог бы с некой приличной точностью узнать — где Солнце [3].

Изучив все возможные минералы, распространённые в областях деятельности древних скандинавов, специалисты выдвинули несколько кандидатов на роль солнечного камня — *исландский шпат* (прозрачный вариант кальцита), а также *турмалин* и *иолит*. Какой именно минерал использовали викинги — сказать сложно, все эти камни были им доступны.



***Рис.1 Исландский шпат, иолит (он отснят с двух сторон для демонстрации сильного плеохроизма) и турмалин.***

Существует старинная легенда о камне иолит, которая гласит, что Лейф Эрикссон и другие легендарные викингские исследователи заходили далеко в

Атлантический океан, не видя береговой линии, которая бы могла помочь им определить своё местоположение, но они могли прекрасно ориентироваться так как у них было тайное оружие так называемый компас викингов.

Викинские мореплаватели использовали тонкие кусочки иолита как первые в мире поляризационные фильтры. Смотрели через иолит, как через объектив, так они могли определить точное положение солнца и таким образом передвигались в Новый Свет и обратно.

Свойство, которое сделало иолит настолько ценным для викингов, называется *плеохроизм*. Иолит может изменять цвет при различных углах зрения. Нарезанный на кубы, иолит будет выглядеть фиолетово-синем (почти как сапфир), с одной стороны, прозрачным как вода — с другой стороны и медно-жёлтым сверху. Из-за этого свойства в древности называли иолит водным сапфиром имя, которое уже является устаревшим. [3]

Любопытно, что в двадцатом веке иолит попал в авиацию в качестве поляризационного фильтра в приборе, служащем для определения положения Солнца после заката. Дело в том, что и в сумерках свечение небосвода поляризовано, и потому точное направление на скрывшееся светило можно легко узнать, обладая «поляроидным» зрением. Приём сработает, даже если Солнце уже опустилось на семь градусов ниже горизонта, то есть через десятки минут после заката [4].

В 2003 году водолазы достали из капитанской каюты затонувшего в 1592 году в проливе Ла-Манш между английским и французским побережьями английского корабля циркуль-измеритель (инструмент, используемый для определения расстояний на навигационной карте) и полупрозрачный параллелепипед, выточенный из куска исландского шпата.

Физики Ги Ропар и Альбер Лефлох получили возможность исследовать находку с затонувшего корабля. Ученые применили кусок шпата, вставленный в специальный деревянный футляр для ориентирования в трудных погодных условиях. Оказалось, что, несмотря на четыреста лет, проведенные в воде и песке, кристалл сохранил свои оптические свойства и продемонстрировал

отличные качества, что позволило простому устройству определить местоположение солнца с точностью до одного градуса – великолепный результат.

Так исследователи пришли к выводу, что предмет, найденный на затонувшем корабле – не что иное, как мифический компас викингов, «солнечный камень», позволявший определять положение солнца на небе даже в пасмурную погоду. [5].

В 1669 году датский ученый Эразм Бартолини (1625-1698) опубликовал "Опыты с дважды преломляющим исландским кристаллом, которые привели к открытию удивительного и необыкновенного преломления". Спустя два десятилетия голландский физик и астроном Христиан Гюйгенс (1629-1695) первым указал на поперечную анизотропию светового луча (поляризацию света) исландского кристалла [6]. Речь идет о том, что луч света, проходящий сквозь кристалл, расщепляется на две составляющие и формирует одновременно два изображения на обратной стороне кристалла.



***Рис.2 Исландский шпат – эффект двойного лучепреломления***

Лучи имеют различную поляризацию, поэтому взаимная яркость изображений зависит от поляризации исходного света (солнечный свет, как известно из Релевской модели, поляризован). Глядя на небо сквозь кристалл и подбирая его ориентацию так, чтобы яркость изображений была одинакова,

можно определить местоположение солнца даже в пасмурную погоду или же при условии, что оно опустилось за горизонт не более 15 минут назад.

В общих чертах принцип работы компаса викингов был ясен давно, но большим вопросом была экспериментальная проверка идеи. Опытам и расчётам в этом направлении несколько последних лет посвятил исследователь Габор Хорват (Gábor Horváth) из университета Отвоса в Будапеште. В частности, вместе с коллегами из Испании, Швеции, Германии, Финляндии и Швейцарии он изучал картины поляризации света под пасмурным небом (а также в тумане) в Тунисе, Венгрии, Финляндии и в пределах полярного круга

Хорват обобщил результаты экспериментов, которые проводились при помощи точных поляриметров. Исходный (от так называемого рассеяния первого порядка) рисунок поляризации на небосводе всё ещё обнаружим даже под облаками, хотя он весьма слаб, и в него вносит «шум» сама облачность (либо туманная пелена). В обеих ситуациях совпадение картины поляризации с идеальной (по релеевской модели) было тем лучшим, чем тоньше покров облаков или тумана и чем больше в нём разрывов, поставляющих хоть толику прямых солнечных лучей.

Габор и его соратники смоделировали также навигацию в условиях полностью затянутого пеленой пасмурного неба. Выяснилось, что и в таком случае «отпечаток» поляризации сохраняется и, теоретически, по нему можно вычислить положение Солнца.

Учёные установили, что «поляризационный» метод навигации более выгоден в высоких широтах, где и оттачивали своё мастерство викинги [7].

Как это работает:

Эксперименты показали, что степень поляризации неба в разных точках небосвода изменяется от 0 до 80 процентов. На восходе и закате, когда Солнце находится вблизи горизонта, наибольшая степень поляризации небосвода будет на большом круге, плоскость которого проходит через зенит и перпендикулярна направлению на Солнце. Наименьшая поляризация будет соответствовать направлению на Солнце. Максимум поляризации

соответствует примерно углу 90 градусов от Солнца. Вблизи направления на Солнце поляризация дважды меняет свой знак, проходя через нулевые значения — так называемые нейтральные точки.

Сначала двоякопреломляющий кристалл (тот самый солнечный камень) нужно было «откалибровать». Рассматривая через него небо в ясную погоду, причём в стороне от светила, викинг должен был поворачивать камень, добиваясь наибольшей яркости. Тогда направление на Солнце следовало нацарапать на камне. В следующий раз, стоило появиться хоть небольшому просвету в облаках, мореплаватель мог нацелить на него камень и повернуть до максимальной яркости неба. Линия на камне указала бы на Солнце.

Направление на географический север по положению Солнца узнать было проще. Для этого у викингов имелись особым образом размеченные солнечные часы, на которых резьбой были показаны крайние траектории тени от гномона (от рассвета до заката в равноденствие и летнее солнцестояние).

Так в 1948 году в Гренландии в руинах, датируемых 1200 годом, был найден фрагмент деревянного диска с насечками на нём - «Унартоковский диск». Если бы диск был полным, то насечек было бы 32, что соответствует румбу — одному из тридцати двух делений на современном компасе. Было выдвинуто предположение, что в отверстие в центре диска вставлялась ось с чем-то вроде стрелки солнечных часов (вариант гномона), и это позволяло определять стороны света. [8,9]

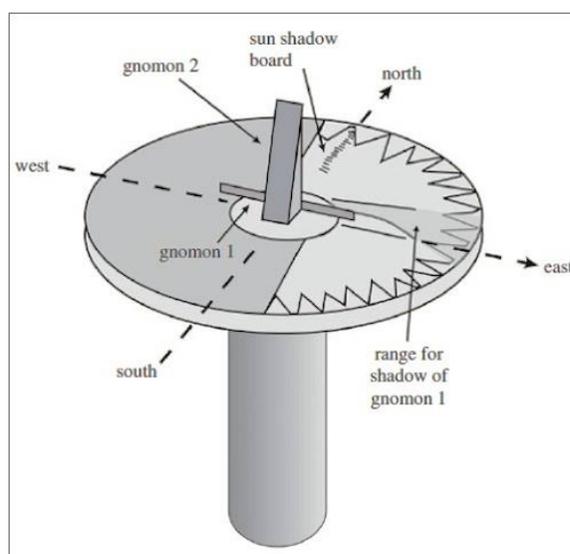


***Рис.3. Деревянный фрагмент прибора, найденный в Аллуитсун Паа (Гренландия) в 1948 году (фото Soren Thirlund).***

Если на небе присутствовало Солнце, часы можно было расположить определённым образом (чтобы тень попадала на нужную полосу), и определить стороны света по отметкам на диске. А если на небе облачно – не беда. Установив позицию Солнца по солнечному камню, навигаторы викингов могли заменить светило факелом и по тени на часах сориентироваться в пространстве.

Исследователи во главе с Бернатом Балашем (Balázs Bernáth) из Будапештского университета (Венгрия) предлагают альтернативную версию основ навигации викингов. В их интерпретации находка 1948 года — вовсе не версия солнечного компаса. Дело в том, что две основные насечки на гренландском деревянном диске не доходят до его края: они, напротив, обрываются. Если этот прибор был гномоном, элементом солнечных часов или компаса, то определить по нему стороны света после полудня вряд ли возможно. Да и линии предположительного гномона были слегка неправильными, что послало бы мореплавателей, пытающихся использовать такой инструмент, вовсе не туда, куда они хотели попасть.

Венгры полагают, что на самом деле гренландский прибор имел два гномона. Первый, более короткий и широкий гномон, использовавшийся в комбинации с линиями, позволял определять местный полдень. Второй, более высокий и узкий (а также более точный), позволял выяснить широту, чему помогали зубчатые насечки в уцелевшей северной части доски. Если это так, то все те детали, которые ранее воспринимались как неточности при изготовлении, фактически не были таковыми: перед нами не солнечный компас, а «солнечная доска», причём довольно совершенная. В самом деле, линии для гномона требовались только при определении местного полудня — а значит, их последующая «неточность» никого не интересовала.



***Рис.4. Реконструкция навигационного устройства, являвшегося комбинацией солнечного компаса и доски по измерению солнечной тени. Линии гномона использовались для нижнего прямоугольного гномона (в центре), помогая ему выявить момент местного полудня. Серия 17 насечек на, предположительно, северной стороне служила для чтения длины полуденной тени второго высокого гномона в центре прибора. (Иллюстрация Balázs Bernáth, et al.)***

Противники теории о «поляриметрической навигации» нередко говорят, что даже в пасмурную и туманную погоду, как правило, положение Солнца можно прикинуть и на глаз — по общей картине освещения, лучам, пробивающимся сквозь неравномерности в пелене, отсветам на облаках. И оттого, якобы, у викингов не было необходимости изобретать сложный метод с солнечным камнем.

Габор проверил и это предположение. Он отснял в нескольких точках мира множество полных панорам дневного неба с облачностью разной степени тяжести, а также вечернего неба в сумерках (близ морского горизонта). Затем эти снимки показали группе добровольцев — на мониторе в тёмной комнате. Мышкой их просили указать расположение Солнца. Сравнив выбор испытуемых с фактическим нахождением светила, учёные нашли, что по мере роста плотности облаков среднее расхождение между кажущимся и истинным

положением Солнца заметно растёт, так что викингам вполне могла понадобиться дополнительная технология ориентации по сторонам света.

К тому же целый ряд насекомых чувствителен к линейной поляризации света и использует это преимущество для навигации, а иные ракообразные даже распознают свет с круговой поляризацией[10]. Вряд ли эволюция изобрела бы такой механизм, если бы положение Солнца на небе всегда можно было бы увидеть обычным зрением.

Биологам известно, что пчёлы при содействии поляризованного света ориентируются в пространстве — они глядят на просветы в облаках.

Есть даже вид пчёл (*Magalopta genalis* из семейства галиктид), представители которого и вовсе вылетают на работу за час до восхода и потом уже — после заката. Эти пчёлы ориентируются в сумеречном свете по поляризационной картине на небосводе. Её создаёт Солнце, только собирающееся взойти или недавно закатившееся [11].

Анализ литературы показал, что авторы статей, будучи узкими специалистами, просто прошли мимо очевидных вещей, которые известны любому нормальному школьнику. И, несмотря на публикации в уважаемых зарубежных изданиях, вопрос о том, что представлял собой «солнечный камень» викингов до сих пор остается не до конца выясненным и для своего решения требует привлечения междисциплинарных предметных связей.

## Практическая часть

### Глава 1 Обоснование выбора «исторического» материала.

Разберем достоверность самого предположения об использовании викингами какого-либо минерала с целью определения положения солнца, по которому затем судили о положении сторон света в выбранной местности. Может возникнуть здравый вопрос: почему не считать немногочисленные археологические находки с «солнечными камнями» простыми ювелирными украшениями знатных викингов, не имеющими никакого отношения к навигации? Да, отдельные камни инкрустации украшений обладают необычными оптическими свойствами, но ведь викинги могли и не знать ничего об этих свойствах и, соответственно, не уметь применять их на практике для отыскания сторон света. Назовем это предположение «*ювелирной гипотезой*» и взвесив все факты постараемся логически доказать, что «солнечный камень» не был простым украшением, которому современные историки ложно приписывают роли, свойства и применения как средства навигации викингов.

На первый взгляд факты свидетельствуют в пользу именно «ювелирной гипотезы». Так прозрачная разновидность иолита или кордиерита – очень красивый камень синего цвета. Минерал и в наши дни широко применяется в ювелирном деле в качестве драгоценного камня или как имитация сапфира. Достоверные примеры использования пластинок иолита для целей навигации относятся к новейшей истории и тесно связаны с историей авиации [4].

Турмалин также является замечательным поделочным камнем, его прозрачные разновидности сложно отличить от лучших рубинов (см. рис.1). Гемма, вырезанная из полихромного малинового и желтого турмалина, была одним из любимых украшений Александра Македонского. Различные разновидности турмалинов широко представлены в сокровищницах практически всех европейских монархий. Знаменитые «Рубин Тимура» и «Рубин Черного Принца» из сокровищницы британской короны – все эти исторические драгоценности являются ни чем иным как крупными

турмалинами. Однако «любовь» британских монархов к турмалинам и морские завоевания Британской империи, увы, никак не связаны между собой. Нет ни единого упоминания о применении турмалина как средства навигации.

Прозрачные, бесцветные, хорошо преломляющие свет, с идеальными гранями параллелепипеда исландского шпата, достигающие размера кулака взрослого мужчины, также выглядят очень эффектно. Минерал встречается в щелках, заполняющих щели породы, легко разбивается на отдельные монокристаллы идеальной геометрии (см. рис.1). И опять – нет никаких документальных свидетельств практического использования исландского шпата как альтернативы магнитному компасу.

Описанные минералы, в большей степени напоминают драгоценные украшения, несущие чисто декоративные функции, нежели деталь оптического устройства.

Литературные источники – саги и эпизод с Сигурдом, вынесенный в эпитафию, тоже можно воспринимать двояко – викинг мог смотреть сквозь камень на небо не для физического определения направления на солнце, а лишь как часть ритуального действия для принятия решения и придания этому решению весомости в глазах соплеменников. Что-то вроде того, что «это не я решил вести корабль в том направлении, так указывает волшебный кристалл». Последняя версия вполне правдоподобна, если учесть, что в действительности викинги постоянно терялись в море. Пожалуй, только сочетание хороших ветров, отличных мореходных качеств их ладей, силы и мужества викингов как мореходов и сравнительно небольших размеров бассейна Северного моря и Северной Атлантики позволяло викингам сравнительно легко избегать смерти в море от голода и жажды в случае грубых ошибок в навигации. Можно даже утверждать, что именно постоянные ошибки привели к тому, что викинги невольно хорошо изучили географию своего региона. Можно также быть почти уверенным в том, что открытие Американского континента викингами носило случайный характер и было вызвано одной из таких «ошибок».

И все же мы склонны полагать, что «солнечный камень» из древних саг не выдумка, а вполне реальное устройство, работающее на физических принципах, суть которых стала известна лишь пару столетий назад.

Можно привести довольно весомые доводы против версии «ювелирного украшения». Так ювелирные изделия при повседневной носке подвергаются множеству механических воздействий. Именно этот факт является причиной того, что поделочные и драгоценные камни должны иметь сравнительно высокую твердость, чтобы со временем не утратить блеска полированных граней. Обычно твердость драгоценных камней превышает 7 единиц по шкале Мооса. Это твердость стекла и твердых сортов стали. Небезынтересно отметить, что наиболее распространенное соединение на нашей планете – оксид кремния или песок – является и наиболее распространенным абразивом. Т.е. на земле драгоценные камни должны быть тверже песка, чтобы их блеск и красота со временем не оказались утрачены. Вспомните, например, как выглядят пластиковые экраны сотовых телефонов даже после непродолжительного использования; дорогие модели телефонов имеют экраны из стекла повышенной твердости, но и они со временем покрываются сетью царапин, портящих внешний вид.

Итак, иолит и турамалин имеет твердость 7.0-7.5 по шкале Мооса, и по этому критерию являются полноценными ювелирными камнями. Однако, исландский шпат имеет твердость равную 3.0 – мягче меди и примерно в десять раз более мягкий, чем стекло и песок. Как бы замечательно не выглядел свеженайденный кристалл кальцита – он исцарапается и потеряет «вид» при носке за считанные дни. Можно с уверенностью утверждать, что через пару недель, в постоянно носимом ювелирном изделии, от него в буквальном смысле ничего не останется – он просто сотрется.

Поэтому если у викинга было нечто напоминающее кулон или подвеску с кристаллом кальцита – пользоваться такой вещью нужно было с предельной осторожностью. И, конечно же, она не могла предназначаться для постоянного

ношения в быту. Однако, трудно представить себе ювелирное украшение, которое нельзя надевать, чтобы не испортить.

Из всех трех минералов поляризующих свет и доступных викингам: иолита, турмалина и исландского шпата, последний является самым распространенным. Жилы исландского шпата в трещинах скал обычно содержат многие тонны минерала, который легко извлекать. Низкая твердость исландского шпата не позволяет использовать его как поделочный камень; он не обладает какими-либо свойствами, которые были бы полезны для бытовых нужд. Однако эти недостатки минерала оказываются положительным качеством, если посмотреть на ситуацию с позиций исследователя. Эмпирический подход требует проведения множества незначительно отличающихся друг от друга экспериментов – для постепенного приближения к некоторому оптимуму и, соответственно, большого количества материала для этих экспериментов. Викинги исследовали оптические свойства исландского шпата чисто практически, у них не было физических теорий в современном понимании: они не понимали глубоко законов преломления и геометрической оптики, не знали о свойствах поляризованного света. Поэтому им необходимо было долго «доводить» свое изобретение. Думается, сам факт того, что «компас викингов» стал реально используемым инструментом обусловлен удачным выбором объекта для экспериментов – мягкого, доступного в больших количествах, легко обрабатывающегося обычными инструментами той эпохи материала. Факт открытия необычных оптических свойств минерала может быть объяснен тем, что правильной формы кристаллы минерала очень привлекательны внешне, а их необычные оптические свойства сразу же бросаются в глаза, стоит только взять камень в руки.

Возможно, даже стоит пойти еще дальше и взять на себя смелость утверждать, что под «солнечным камнем викингов» скрываются именно кристаллы исландского шпата, а не турмалины или иолиты.

Причиной же того, что упоминания о «солнечном камне» остались лишь в сказаниях является несравненно большее удобство магнитного компаса.

Изобретенный в Европе в XII-XIII веках и сразу же вошедший в обиход магнитный компас полностью вытеснил инструмент скандинавских мореходов, о котором за давностью лет, успели почти полностью забыть.

**Вывод:** «Солнечный камень» из древних саг не выдумка, а вполне реальное устройство, работающее на физических принципах. Под «солнечным камнем викингов» скрываются именно кристаллы исландского шпата, а не турмалины или иолиты.

## **Глава 2 Конструирование прототипа «компаса викингов»**

### **2.1 Оптимизация конструкции анализатора**

Основной целью работы, которую мы поставили перед собой, было создание максимально удобной конструкции устройства для определения положения солнца на небесной сфере. Предполагая, что солнце может быть и под горизонтом, мы будем здесь и далее использовать термин «небесная сфера» вместо «небо».

В моей коллекции минералов есть образцы исландского шпата, в том числе найденные нами в Крыму на восточной оконечности мыса Алчак-Кая, омываемой водами Капсельской бухты, в окрестностях города Судак (точка с координатами: 44.831079 с.ш.; 34.991375 в.д.). Однако для экспериментов мы стали использовать эти образцы не сразу, решив отточить мастерство на более доступном материале.

Для наших первичных экспериментов в качестве устройства для поляризации света мы использовали пленку-поляроид из одноразовых очков из 3D-кинотеатра. Очки стоят недорого, и любой желающий может их купить в кинотеатре; можно также попросить очки у девушек, собирающих мусор после сеанса – многие люди выбрасывают эти очки сразу после просмотра фильма. В качестве поляроидов подойдут также жидкокристаллические экранчики неисправных калькуляторов, черно-белых электронных игр типа «тетриса». После того как вы их разберете, нужно только аккуратно отклеить отражающий

слой фольги с тыльной стороны экранчика. Источник совсем уж гигантских поляроидов – это старые ж/к мониторы.



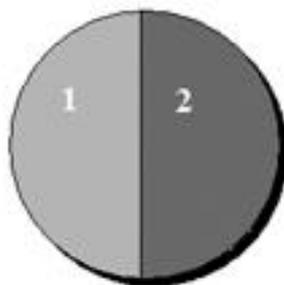
***Рис.5. Пленку-поляроид из одноразовых очков из 3D-кинотеатра.***

Используя пленку-поляроид из очков, мы обнаружили, что вращение пленки до момента наибольшего просветления, видимого сквозь нее неба, как рекомендуют авторы работы [3], не дает хорошей точности измерения. *Очень сложно уловить угол поворота поляроида в момент наибольшего просветления*, по сути, есть некоторый довольно большой угол, покачивая поляроид в границах которого невозможно уловить изменение яркости неба. И это в условиях чистого неба и спокойной обстановки. Можно представить, что в условиях низкой освещенности (утренняя или вечерняя заря), облачности, судовой качки, брызг морской воды (ладьи викингов имели сравнительно небольшие размеры и невысокие борта) или дождя этот угол «равнорядного неба» становится еще больше и определить точное направление становится очень непросто. Мы поставили себе задачу справиться с этим осложнением.

В работах по физиологии зрения было показано, что человеческий глаз плохо определяет цвета, но прекрасно приспособлен к сравнению яркостей объектов или участков изображений. Эта особенность, в частности, нашла практическое применение в алгоритме сжатия изображений (расширение jpg или JPEG). Кроме того, при переходе к так называемому сумеречному зрению цветное зрение вообще пропадает, а восприятие контраста даже улучшается.

### ***Эксперимент 1***

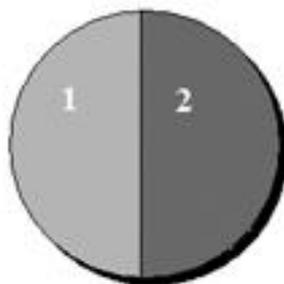
Мы изготовили следующую конструкцию-прототип: между двумя стеклянными дисками от защитного фильтра для фотоаппарата мы зажали полукруглую пленку поляроида и полукруглую полимерную пленку серого цвета в качестве эталона для сравнения. Прозрачность серой пленки должна быть немного меньшей, чем прозрачность поляроидной пленки; для сравнения мы клали их на листок бумаги.



*Рис.6. Макет прибора, где 1- серая полимерная пленка, 2- пленка поляроида.*

Теперь, вращая поляроид, можно легко и точно найти два таких положения, когда оба полукруга были одинаково темные/светлые – биссектриса угла между этими двумя направлениями и является искомым направлением, повернутый в котором поляроид покажет небо наиболее светлым. Это было уже что-то, однако фиксировать два положения поляроида, чтобы найти среднее неудобно, и мы стали думать, как сделать так, чтобы устройство сразу показывало одно-единственное нужное нам направление без необходимости что-то запоминать или рассчитывать.

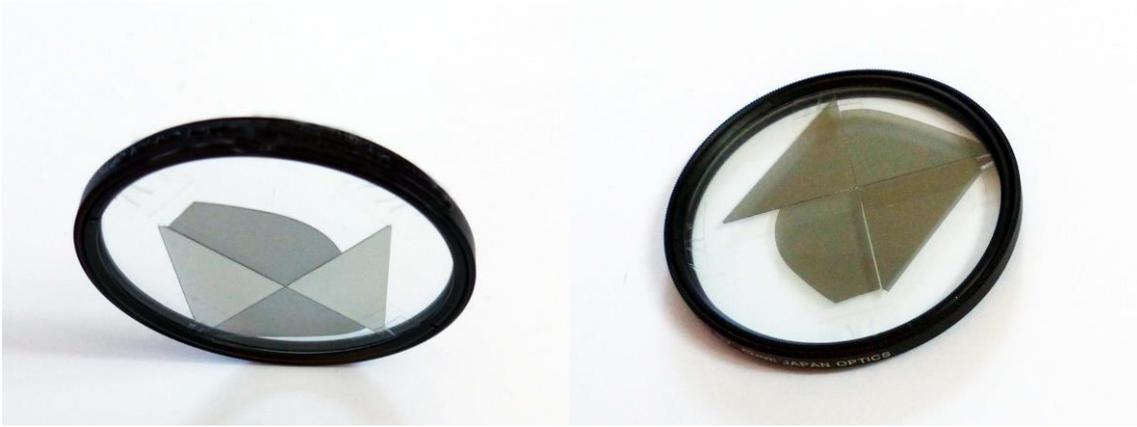
Нам удалось сделать это, взяв вместо полукруглой эталонной серой пленки пленку поляроида вырезанную из того же кусочка, что и изначальная, так, что прямая сторона нового полукруга была перпендикулярна прямой стороне первого полукруга.



***Рис.7. Макет прибора, где 1- пленка поляроида, 2-пленка второго поляроида, вырезанная из того же куска «линзы» под углом  $90^{\circ}$  к первой.***

При вращении один полукруг начинает светлеть, в то время как второй – темнеть. При этом очень просто зафиксировать тот момент, когда яркость двух полукругов строго одинакова. За полный оборот полукруги лишь дважды сравниваются по яркости – это происходит при повороте оправы на  $180^{\circ}$ . Таким образом, вопрос четкого определения направления оказался решен гораздо более эффективно, чем это было предложено авторами статьи. Кроме того, мы нигде не нашли подобного простого и эффективного предложения. Остается только гадать – нашли ли в свое время викинги решение подобное нашему или нет.

Мы экспериментировали с рядом похожих конструкций, меняя направление поляризации вырезанных кусочков и их количество в круге. Наиболее удобный на наш взгляд результат получился, когда мы вырезали из пленки от очков четыре сектора круга по  $90^{\circ}$  каждый с одинаковым направлением поляризации и сложили из них круг, вершина к вершине. Как и прежде мы зажали получившуюся мозаику из поляроидов между двумя стеклами. Теперь при взгляде через конструкцию на небо противоположные сектора имеют одинаковую прозрачность, одна пара темнее другой.



*Рис.8. Прототип из четырех секторов поляроидов закрепленных между стеклами светофильтра (сфотографирован в двух проекциях).*

При вращении одна пара начинает светлеть, в то время как вторая – темнеть. За полный оборот сектора четыре раза сравниваются по прозрачности при повороте оправы на  $90^\circ$ . Конструкция удобна тем, что вблизи центра, где сходятся вершины четырех секторов зафиксировать их одинаковую яркость очень просто. Полезно немного расфокусировать зрение и постараться видеть сразу весь круг, не концентрируясь на точке схода или на какой-то одной границе секторов.

Проводя эти эксперименты, мы обнаружили, что для испытания новых конструкций гораздо удобнее использовать не чистое небо, с постоянно меняющим свое положение солнцем и плывущими облаками, иногда вовсе не оставляющих просветов, а жидкокристаллический монитор компьютера. Если смотреть на белое поле, документа в Word, например, можно успешно проводить все испытания, кроме того, направление поляризации испускаемого монитором света не меняется со временем, что также очень удобно.

**Вывод:** Собран прототип «солнечного камня» викингов, отличие которого от оригинала, состоит лишь в использовании современных пленочных поляроидов, но никак не в физической сути принципа действия устройства.

## 2.2 Натурные эксперименты по навигации

Придумав и собрав описанный выше прототип «солнечного камня» викингов, отличие которого от оригинала, состоит лишь в использовании современных пленочных поляроидов, но никак не в физической сути принципа действия устройства, мы приступили к натурным испытаниям, представив себя мореплавателем, которому необходимо сориентироваться в пространстве. Стороны света мы предварительно определили с помощью компаса и карты местности.

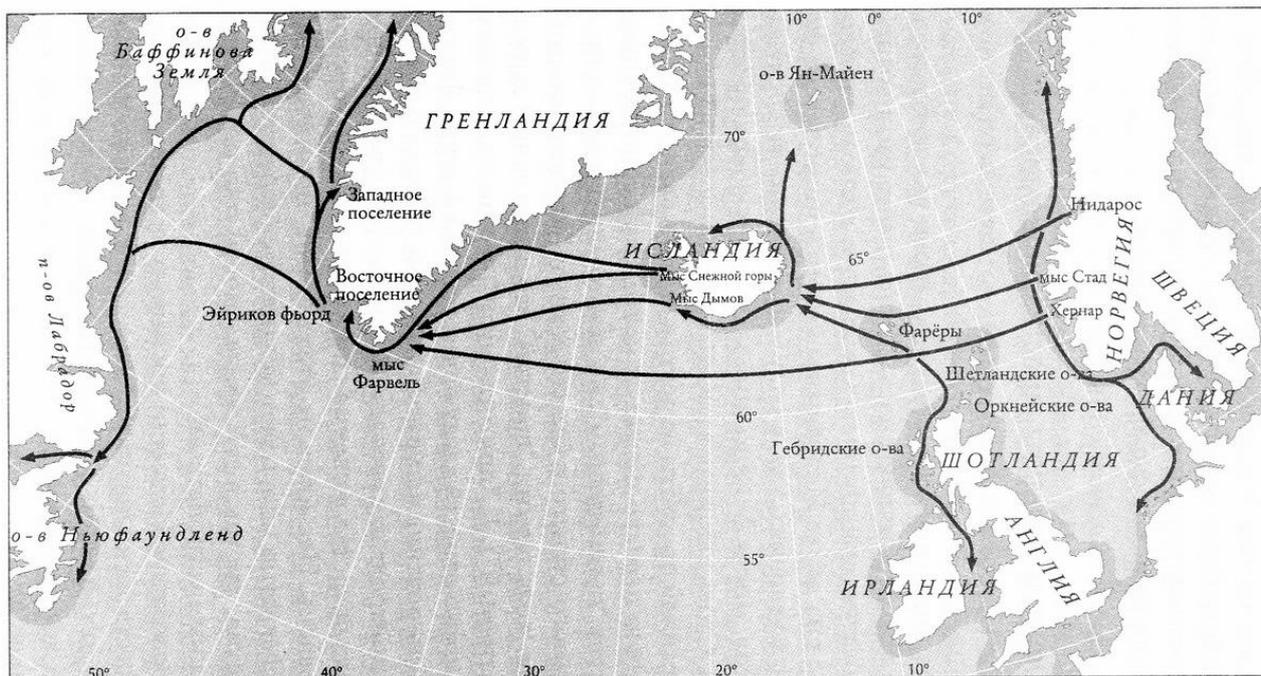
В самом начале нас ждало ужасное разочарование – *свет от неба покрытого сплошной облачностью неполяризован!* По всей вероятности невозможно определить направление на солнце, используя наше устройство или устройства, описанные в статьях [3,5,6]. Конечно, если снабдить наше устройство чувствительными датчиками освещенности или использовать фотоприемник для нахождения тонких отличий в прозрачности секторов, возможно, уловить разницу и можно было бы. Но используя в качестве приемника человеческий глаз этого сделать невозможно. Мы проверили невозможность определения на пятерых добровольцах, один из которых был опытным астрономом-любителем и умел пользоваться глазами, как ни странно это прозвучит, и всегда с отрицательным результатом.

Конечно, авторы статьи пишут, что если небо покрыто тонкой облачностью или даже есть просветы – компас викингов поможет, но после проведенных нами опытов мы как будто чувствуем неуверенность и разочарование, читающееся между строк их работ.

Однако поразмыслив немного, мы пришли к выводу, что даже если компас викингов и не позволял ориентироваться в туман или в облачную погоду, тем не менее, был крайне полезным инструментом. Для этого нам пришлось вспомнить географию. Кроме того, нам вдруг стало понятно, что авторы статей,

будучи узкими специалистами, просто прошли мимо очевидных вещей, которые известны любому нормальному школьнику.

Бассейн Северного моря, воды северной Атлантики, омывающие побережье Гренландии, архипелага Шпицберген, острова Исландии, полуострова Ньюфаундленда находятся в непосредственной близости от северного полярного круга.



**Рис. 9. Карта путешествий викингов в северных широтах**

Это означает, что в летние месяцы, наиболее пригодные для мореплавания, наступает время, когда вечерние сумерки переходят в утренние без обычного периода ночной темноты. Это время называется периодом белых ночей. Причем, если за полярным кругом солнце постоянно остается над горизонтом и по нему можно ориентироваться, то южнее полярного круга солнце ночью находится под горизонтом, достаточно низко чтобы по отсвету зари нельзя было сказать наверняка, где оно именно, но недостаточно низко, чтобы на небе стали видны звезды. То есть мореплавателю в это время года в этих широтах часть времени практически полностью лишен возможности ориентироваться по небесным светилам! Это, пожалуй, ключевой вывод в нашей работе.

Чтобы понимать насколько значим фактор белых ночей, приведем выдержку из «Энциклопедического словаря юного астронома»: «В Ленинграде (находится почти на одной широте с южной оконечностью Гренландии) белые ночи продолжаются с 11 июня по 2 июля, в Петрозаводске (широта Фарерских островов) – с 27 мая по 17 июля, а в Архангельске (широта Реkjявика, столицы Исландии) с 13 мая по 30 июля. В близполюсных районах Арктики и Антарктики весенний и осенний периоды сумерек могут продолжаться круглые сутки» . [12]

Т.е. на широтах Исландии почти 2.5 месяца по ночам невозможно ориентироваться по звездам, а осенью, когда нужно успеть дойти домой, чтобы не остаться на целых полгода на зимовке где-нибудь далеко от дома вообще наступает период круглосуточного отсутствия видимых светил, пригодных для навигации.

В данных обстоятельствах при условиях чистого неба «солнечный камень» викингов мог оказаться просто незаменимым инструментом для нахождения точки пребывания светила под горизонтом. Можно быть практически уверенным в том, что именно так и использовали викинги свое изобретение. При этом сплошная облачность по-прежнему оставалась поводом бросить якорь или зарифить паруса.

Косвенным признаком нашей правоты может служить и тот факт, что обычно консервативные мореплаватели, имеющие склонность к многократному дублированию жизненно важных систем на судне как-то уж слишком легко предали забвению такой безусловно полезный инструмент, как «солнечный камень», променяв его на магнитный компас.

В том то и дело, что «солнечный камень» имел слишком много ограничений: полезность в определенный сезон и время суток, беспомощность в туман и сплошную облачность – все это предопределило быстрый и легкий отказ от этого инструмента и последовавшее затем забвение.

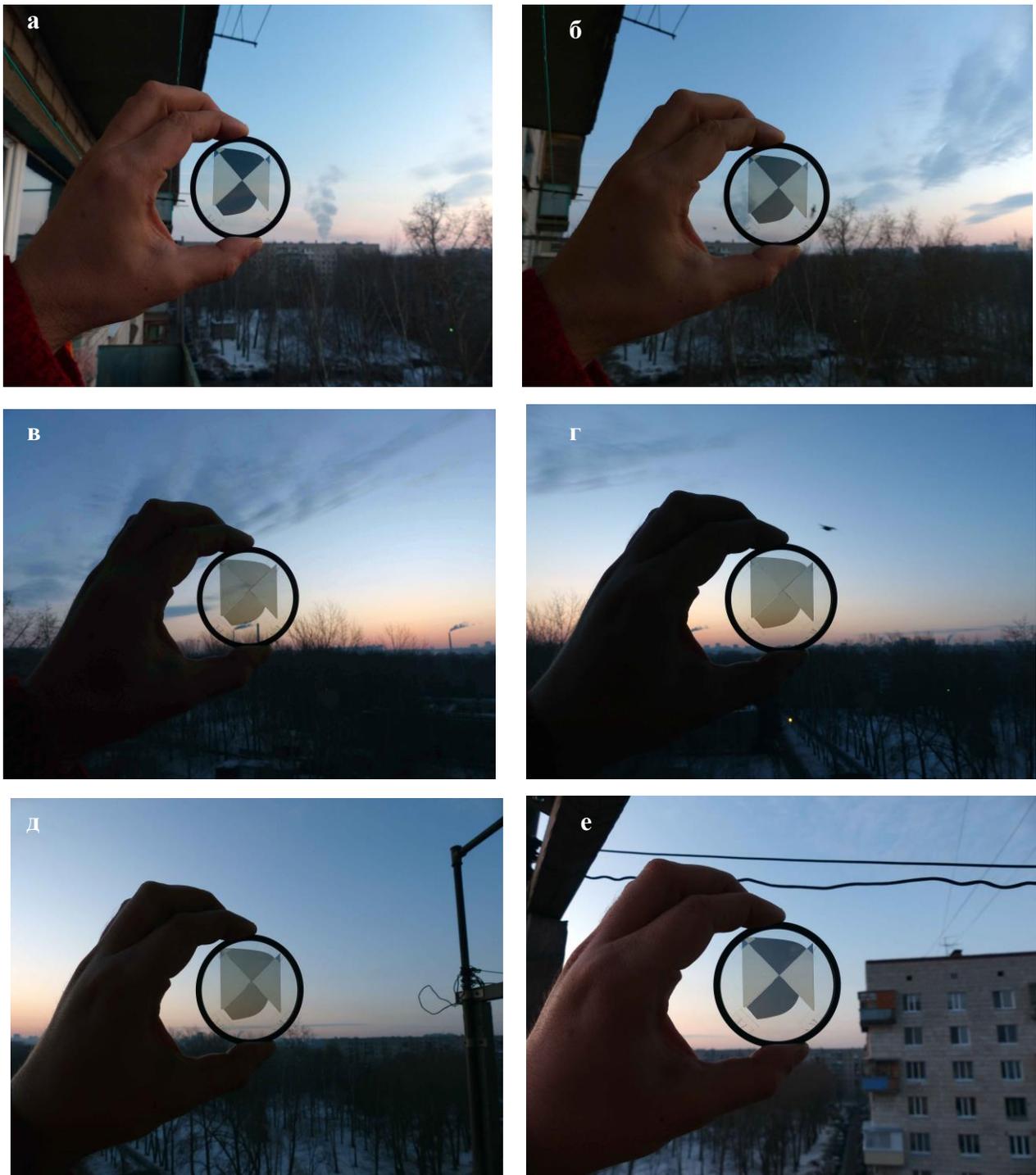
**Вывод:** в натуральном эксперименте обнаружено, что свет от неба, покрытого сплошной облачностью, неполяризован. Однако наш «компас

викингов» успешно прошел испытания и продемонстрировал, что может успешно применяться для навигации при ясном небе в условиях круглосуточного отсутствия видимых светил, пригодных для навигации, а именно в период «белых ночей» и круглосуточных сумерек, типичных для близполюсных районов Арктики и Антарктики весенний и осенний периоды, а так же в условиях северного сияния, которое не вносит помех в измерения.

**Эксперимент 2** Определения направления на зашедшее солнце при ясной погоде.

Испытания нашего устройства для определения направления на зашедшее солнце при ясной погоде прошли успешно. Для определения истинного положения солнца под горизонтом мы использовали приложение для iPhone (доступно и для iPad) – StarWalk 7.1.0.6 release-7.1.8d912f6, разработчик Vito Technology, Inc. Данное приложение позволяет при включенной камере телефона совмещать в реальном времени «живую» картинку снимаемых окрестностей с линией истинного горизонта, видимыми и невидимыми светилами, отображаемыми с помощью программных средств приложения и аппаратных средств телефона (датчики ориентации в пространстве, датчики магнитного поля земли, набор акселерометров). Можно также использовать любой другой цифровой планетарий, например бесплатную программу Celestia для платформы PC. Они не столь наглядны, но в них довольно просто определить координаты зашедшего солнца.

Мы также старались определить место восхода солнца, используя наше устройство. Так несколько раз утром в феврале, когда было чистое небо, мы вставали и начинали собираться в школу в свое обычное время, но еще до восхода солнца, а выходили из дома уже после его восхода. Это оказалось довольно азартным делом: нам с братом, папе и маме предполагать, где покажется краешек солнечного диска, а потом смотреть, кто оказался ближе к истине, отмечая, где вошло солнце на фоне домов и труб на горизонте.



*Рис.10. Демонстрация работы «компыа викингов» до восхода солнца при движении вдоль горизонта.*

Правда тут стоит отметить, что солнце встает по очень пологой траектории, сильно смещаясь вбок слева-направо и все мы, кроме папы, который знал об этом заранее и учитывал этот фактор, довольно сильно ошибались в наших прогнозах. Однако, местоположение солнца под

горизонтом мы все определяли с довольно хорошей точностью – с ошибкой не более  $5^\circ$  угловых по горизонтали.

Продолжая рассматривать небо через наше устройство, мы обнаружили еще более эффективный метод определения положения солнца и направления на север/юг. В окрестностях солнечного диска разница в окраске секторов нашего светофильтра отсутствует (рис.10 в, г). Максимальная же разница в яркостях секторов может быть обнаружена в направлениях перпендикулярных направлению на солнце (рис.10 а, е).

Объяснение этому дано в литературе: свет рассеянный земной атмосферой максимально поляризован в направлении перпендикуляра линии солнце-наблюдатель. Мы обнаружили, что покачивая наш светофильтр по дуге параллельно горизонту, можно легко определить точку, где поляризация света максимальна – в этой точке контраст между секторами также максимален. В день весеннего и осеннего равноденствия в момент восхода солнца эти точки будут расположены точно на севере и юге. С практической точки зрения подобный подход даже удобнее, в момент проведения «измерения» вас не слепят лучи солнца; поймав точку вам не надо откладывать перпендикуляр-направление на север – вы уже находитесь на направлении «север», и вам остается только учесть поправку на высоту солнца. О том, как находили эту поправку викинги, мы писали в литературном обзоре [9].

**Вывод:** Практические эксперименты показали отличные навигационные свойства нашего прототипа в условиях предрассветных весенних сумерек.

## **2.3 Реконструкция «солнечного камня» викингов с использованием кристаллов исландского шпата**

*Эксперимент 3* Реконструкция «солнечного камня» викингов с использованием кристаллов исландского шпата.

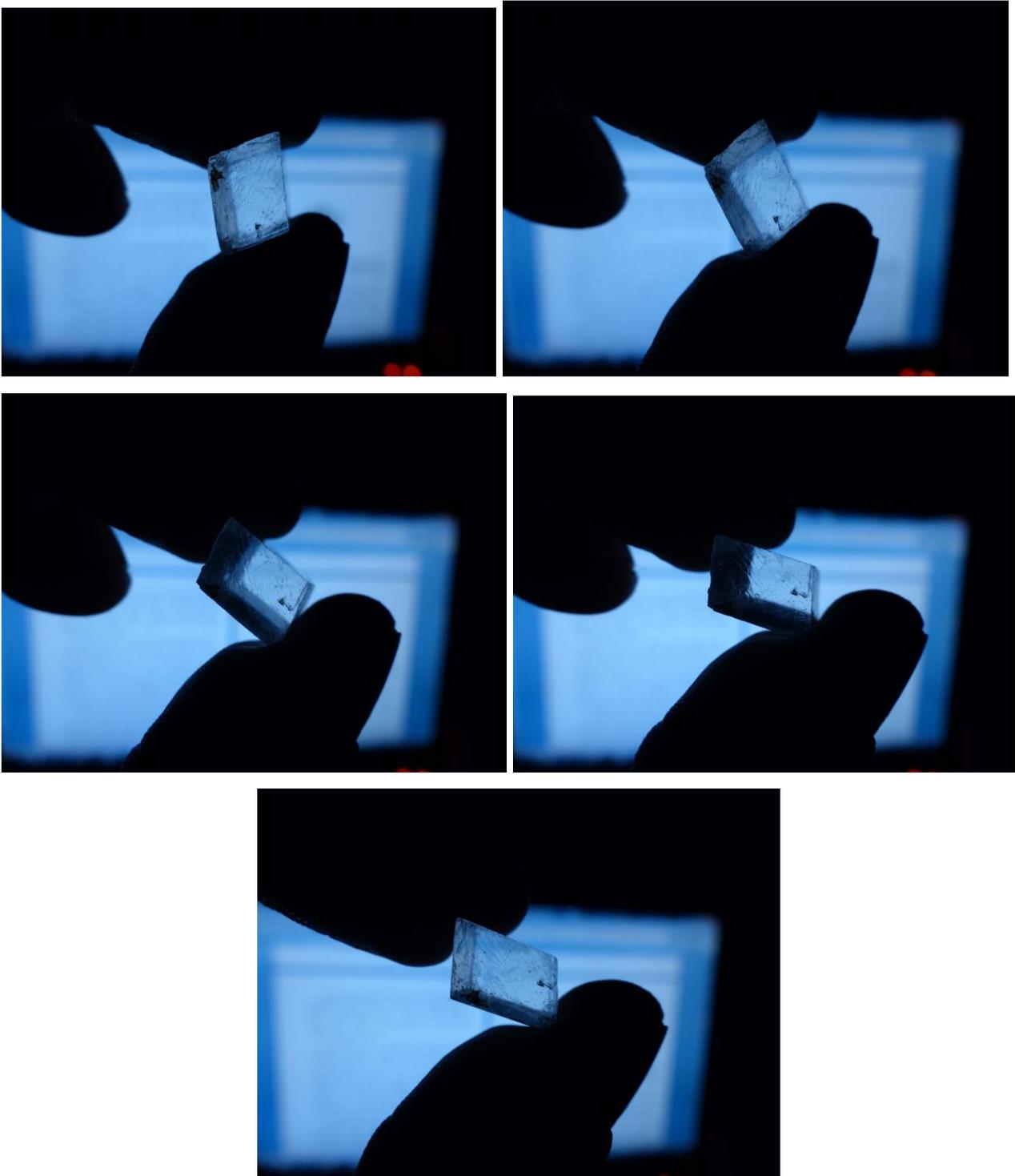
Финальной частью нашей работы является реконструкция «солнечного камня» викингов с использованием кристаллов исландского шпата.

В данном случае нами использовался образец исландского шпата из папиной коллекции минералов. Это образец был найден нами в Крыму на восточной оконечности мыса Алчак-Кая, омываемой водами Капсельской бухты, в окрестностях города Судак (точка с координатами: 44.831079 с.ш.; 34.991375 в.д.).



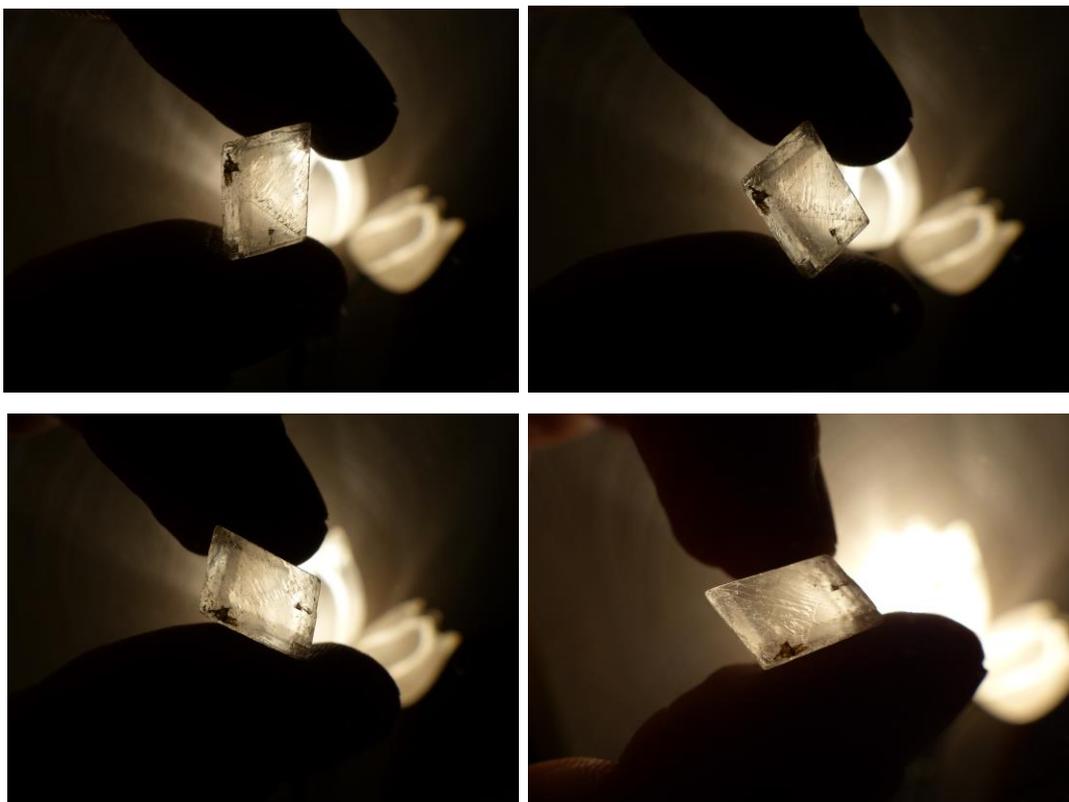
***Рис.11. Образец исландского шпата***

Если взять кристалл исландского шпата и расколоть его по спайности так, чтобы получился столбик, то вращая такой столбик вдоль оси и одновременно глядя через торец столбика на источник поляризованного света (на небо или на залитый белым цветом ж/к монитор компьютера) можно заметить, что преломленное отражение грани внутри кристалла становится то светлым, то темным, в зависимости от угла поворота (Рис.12).



***Рис.12. Поведение исландского шпата при прохождении поляризованного света от монитора компьютера.***

Если же смотреть через кристаллик исландского шпата на неполяризованный свет, например, от лампы накаливания или от солнца, видно, что преломленное отражение грани внутри кристалла не наблюдается в не зависимости от угла поворота (Рис.13).



***Рис.13. Поведение исландского шпата при прохождении неполяризованного света от лампы накаливания.***

Для кристаллов исландского шпата характерна совершенная спайность, означающая то, что кристалл раскалывается всегда по определенным направлениям, зависящим от его микроструктуры, давая четкие и гладкие грани.

Достаточно кристалла небольшого размера, чтобы уверенно фиксировать подобное изменение яркости. На приведенных фотографиях размер кристаллика составляет 15x9x7 мм. Комбинация двух или четырех кристалликов будет являться полной физической аналогией конструкции с пленкой поляроида, зажатой между стеклянных пластинок.

Можно предположить, что какой-нибудь викинг догадался распилить мягкий кристалл по диагонали так, чтобы неполяризованный луч испытывал полное внутреннее отражение от спила, а идущий чуть выше и оттого попадающий на спиленную грань так называемый «магический луч» (совершенно официальный термин из ВУЗ-овского учебника по физике) мог миновать срез кристалла и попасть в глаз наблюдателя. Приведенное выше

описание является по сути разъяснением устройства призмы Никóля или просто «никóля» - довольно распространенного в прошлом веке устройства для поляризации света.

Однако данная гипотеза требует доказательств, которые, кто знает, возможно, однажды будут найдены археологами.

**Вывод:** практически обоснована возможность использования исландского шпата в «компасе викингов».

## **Практическая значимость**

Легенды о солнечном камне и объяснение его работы на принципах использования поляризации рассеянного света Солнца вполне правдоподобны и научно обоснованы. «Поляризационный» метод навигации более выгоден в высоких широтах, где и путешествовали древние викинги.

Сконструированный нами прототип «компаса викингов» успешно прошел испытания и продемонстрировал, что может успешно применяться для навигации при ясном небе в условиях круглосуточного отсутствия видимых светил, пригодных для навигации. А именно в период «белых ночей» и круглосуточных сумерек, типичных для близполюсных районов Арктики и Антарктики весенний и осенний периоды, а так же в условиях северного сияния, которое не вносит помех в измерения. В этих условиях данный прототип может использоваться как самостоятельно, так и в качестве вспомогательного устройства для ориентации визира солнечного компаса, применяемого в авиации.

## Результаты и выводы

1. Изучен принцип «поляризационного» метода навигации викингов в северных широтах.
2. На основе исторических и археологических данных сконструирован прототип древнего навигационного прибора - «солнечного камня» викингов, отличие которого от оригинала, состоит лишь в использовании современных пленочных поляроидов, но никак не в физической сути принципа действия устройства.
3. Практические эксперименты показали отличные навигационные свойства нашего прототипа в условиях предрассветных весенних сумерек.
4. Экспериментально было доказано, что «солнечный камень» из древних саг не выдумка, а вполне реальное устройство, работающее на физических принципах. Под «солнечным камнем викингов» скрываются именно кристаллы исландского шпата, а не турмалины или иолиты.
5. Рационализаторское предложение № 1 «Устройство для нахождения большого круга небесной сферы, нормаль из центра которого пересекает небесную сферу в точке нахождения солнца» от 15 февраля 2016 г реализовано в натуре, испытано на практике в течение с января 2016 г. по февраль 2016 г., по адресу: г. Казань, ул. Братьев Касимовых, д.52. Устройство принято к использованию (эксплуатации) в МБОУ «Лицей № 83» в качестве наглядного учебного пособия по предмету география средней школы обучения на геологическом кружке с 22 февраля 2016 г.
6. На примере данной работы показано, что междисциплинарный подход к решению практических задач наиболее эффективен. Привлечение исторических и археологических данных, а также применение знаний в области геологии и физики позволяет реконструировать древние артефакты.

### Список литературы:

1. Буккер И. «Солнечный камень – компас викингов»  
[http://www.pravda.ru/science/mysterious/04-02-2011/1065693-viking\\_ship-0/](http://www.pravda.ru/science/mysterious/04-02-2011/1065693-viking_ship-0/)
2. Попов Л. «Солнечный камень уравнил викингов с пчёлами»:  
<http://www.membrana.ru/particle/15681>
3. Штутина Ю. «Сквозь магический кристалл. Мифический компас викингов оказался реальностью» <http://lenta.ru/articles/2013/03/11/crystal/>
4. «Камень иолит. Свойства» <http://tvojaastrolog.ru/kamen-iolit-magicheskie-svoystva-foto-znak-zodiaka/>
5. «Удивительный древний солнечный компас викингов позволял прокладывать курс даже после захода Солнца»  
(<http://gearmix.ru/archives/10396>)
6. Рогачев К. «Компас викингов» /Загадки истории (<http://zagadki-istorii.ru/artefakt-38.html>):
7. Фильм канала Культура ([http://tvkultura.ru/brand/show/brand\\_id/29035/](http://tvkultura.ru/brand/show/brand_id/29035/))  
Документальный фильм (Италия, 2000).Режиссер Пьерпаоло Де Лука.
8. Березин А. «Солнечный компас викингов, вероятно, не был компасом»  
(<http://compulenta.computerra.ru/chelovek/history/10006661/>)
9. Буккер И. «Солнечная доска викингов сложнее компаса»  
<http://www.pravda.ru/science/eureka/hypotheses/15-05-2013/1156159-vikingi-0/>
- 10.«Свет с круговой поляризацией помогает ротоногим общаться»  
<https://lenta.ru/news/2008/03/21/shrimp/>
- 11.Степановских А.С. Экология. Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. с.50
- 12.Энциклопедический словарь юного астронома Э61 / Сост. Н.П. Ерпылев. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Педагогика, 1986. – С.274.