

*О возможной связи морфологии
галечки в районе губы Завалишина
с упруго-анизотропными
свойствами слагающих её пород
(экспериментальные данные)*

*Мирошникова Я.А., Ковалевский М.В.,
Тришина О.М., Нерадовский Ю.Н.*

*Геологический институт Кольского научного центра РАН,
miroshnikova@geoksc.apatity.ru,
koval@geoksc.apatity.ru*

Апатиты, 2020

На северном побережье Кольского полуострова, омываемом Баренцевым морем, наблюдаются белокаменные пляжи с уникальной яйцевидной галькой. Особенно они распространены на участке от острова Малый Олений до острова Малый Зеленецкий, где на расстоянии 40 км насчитывается порядка 70 каменных пляжей (Нерадовский и др., 2019; Miroshnikova, Neradovsky, 2019).



Благодаря взаимодействию пород Балтийского щита и прибрежных волн, на берегу Баренцева моря довольно распространены неглубокие каньоны и редкие бухты вдоль рек. Каньоны представляют собой корытообразные углубления в береговой части моря, борта и ложе которых сложены красными породами, вероятно, калиевыми гранитами и эндербитами. Валунно-галечный материал, образующий каменные пляжи, скапливается в ложе каньонов и состоит из обломков пород в основном светлого цвета, вероятно, плагиогранитов, гнейсогранитов, тоналитов и диорит-плагиогранитов. Более подробно строение пляжей рассмотрено в статье (Нерадовский и др., 2019).

*Белокаменный пляж, ограниченный красными
гранитами*



Среди гальки с высокой окатанностью выделяются особые образования яйцевидной формы. Размеры такой гальки варьируют от 5 см до 1 м, при этом форма остается близка к идеальной геометрии яйца (соотношение длинной и короткой оси 5:4 и 9:5 (Miroshnikova, Neradovsky, 2019)).

Цель данной работы: установить наличие или отсутствие взаимосвязи упруго-анизотропных свойств пород, слагающих яйцевидные образования на побережье Баренцева моря, с их морфологией.



Для этого на пляже № 45, расположенном в пределах губы Завалишина, были отобраны образцы гальки: Н-1 и Н-2. Для определения связи морфологии гальки с упруго-анизотропными свойствами слагающих пород из образцов Н-1 и Н-2 были изготовлены 10 образцов пород в форме куба с ребром размером 2.1-2.6 см. Плотность пород определяли методом Архимеда. Скорости распространения продольных и поперечных волн определяли с использованием акустопляризации метода. Наиболее подробно методика проведения определений описана в работах (Горбацевич, 1995; Головатая и др., 2004; Ковалевский, 2007, 2018).



***Минеральный состав и структуры пород гальки
района губы Завалишина.***

**Mineral composition and textures of pebbles in the
Zavalishin Bay area.**

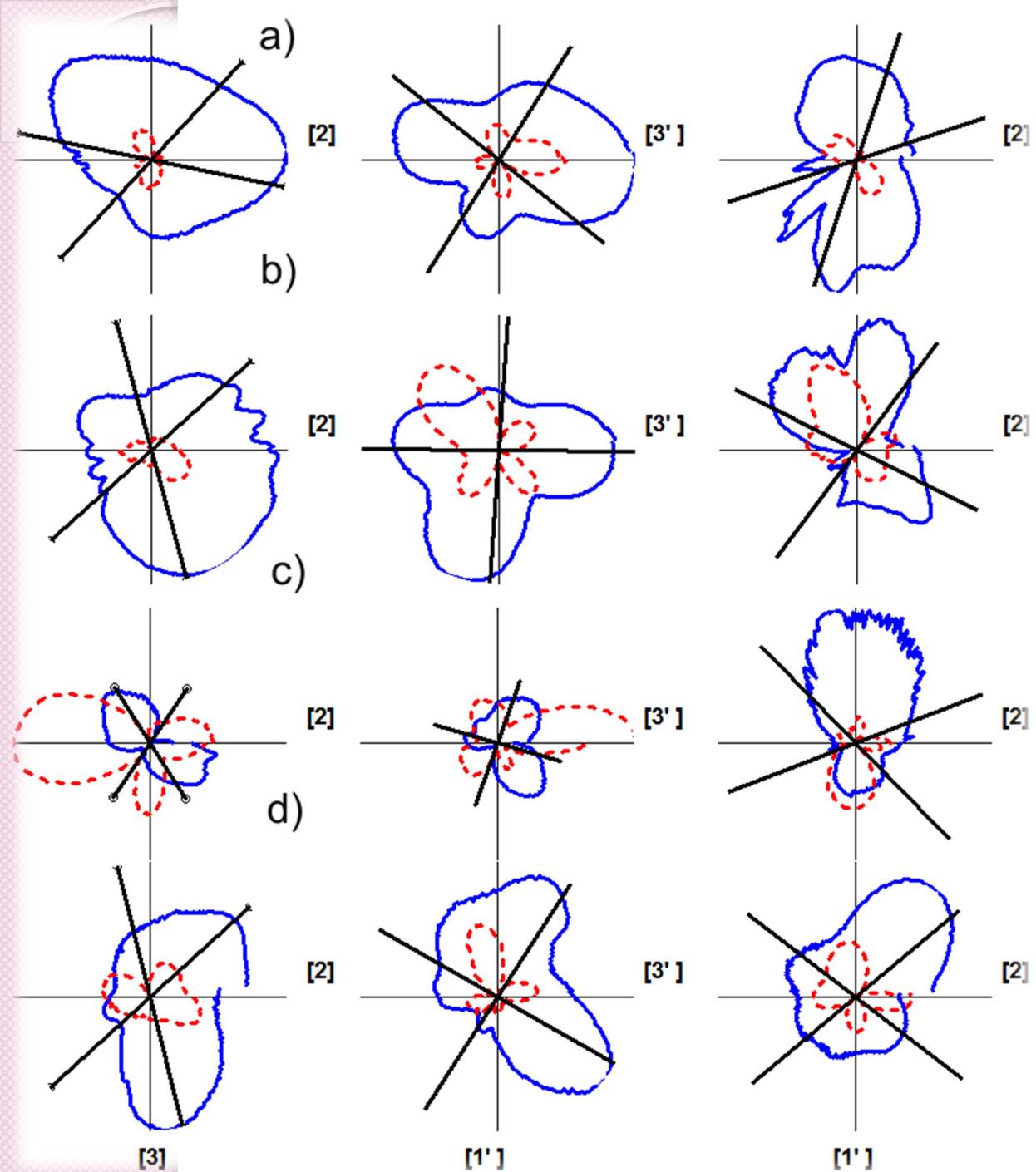
Номера образцов	Минеральный состав, %	Структура и текстура пород	Название породы
Н-1	Pl-48-52, Cpx-8, Ms-1-2, Qz-15, Bt-18, Hbl-2-3, Czo-1-2, Ap<1, рудн. мин.-2-3	Мелко- среднезернистая, массивная, гипидиоморфнозер- нистая	Кварцевый диорит
Н-2	Pl-38-44, Ms-15, Qz-30, Bt-5, Ms-2-3, Hbl-1-2, Ep-1-2, Ap<1, Ttn<1, рудн. мин.- 1-2	Крупно- среднезернистая, массивная, Бластогипидио- морфнозернистая	Плагиогранит

Петрофизические свойства гальки района губы Завалишина (экспериментальные данные).

Petrophysical properties of pebbles in the Zavalishin Bay area (experimental data).

Номера образцов	Наименование породы	Матрица скорости V_{ij} , км/с	ρ_R , г/см ³	V_{PR} , км/с	V_{SR} , км/с	A_P	B_S
H1-1	кварцевый диорит	5.28 3.21 3.35 3.27 5.39 3.20 3.57 2.98 4.93	2.54	5.20	3.26	0.06	0.19
H1-2	кварцевый диорит	5.20 3.11 3.13 3.06 5.24 3.21 3.10 3.12 5.11	2.73	5.18	3.12	0.02	0.05
H1-3	кварцевый диорит	5.60 3.26 3.18 3.11 5.18 3.14 3.19 3.20 5.14	2.70	5.31	3.18	0.07	0.03
H1-4	кварцевый диорит	5.29 2.95 2.97 3.14 5.26 3.12 3.06 3.21 4.97	2.70	5.17	3.08	0.05	0.05
H1-5	кварцевый диорит	5.58 3.12 3.24 3.03 5.13 3.02 3.20 3.08 5.15	2.56	5.28	3.11	0.07	0.05
H2-1	плагиогранит	5.27 3.16 3.09 3.52 5.34 3.26 3.00 3.30 5.35	2.63	5.32	3.22	0.01	0.12
H2-2	плагиогранит	5.41 3.34 3.31 3.34 5.18 3.30 3.18 3.24 5.20	2.70	5.26	3.29	0.03	0.02
H2-3	плагиогранит	5.28 3.19 3.19 3.16 5.07 3.14 3.09 3.20 5.03	2.70	5.13	3.16	0.04	0.04
H2-4	плагиогранит	5.44 3.17 3.13 3.09 5.13 3.07 3.08 3.13 5.20	2.78	5.26	3.11	0.04	0.03
H2-5	плагиогранит	5.33 3.18 3.15 3.36 5.10 3.10 3.17 3.25 5.29	2.72	5.24	3.20	0.03	0.08
СРЕДНЕЕ			2.68±0.08	5.24±0.06	3.18±0.07		

Анализ результатов определений скорости распространения продольных и поперечных волн, представленных в таблице на предыдущем слайде, показывает, что каждая из скоростных характеристик пород содержит определенную (детерминированную) и некоторую случайную (флуктуационную) составляющие. Среднее значение плотности пород составляет 2.68 ± 0.08 г/см³. Средние показатели скорости продольных волн (V_{PR}) – 5.24 ± 0.06 км/с, поперечных (V_{SR}) – 3.18 ± 0.07 км/с. Анализ коэффициентов упругости не показывает существенных значений, что позволяет сделать вывод о том, что изученные породы сложены достаточно однородно и механические напряжения в них по разным направлениям сохраняются.



**Акустополяриграммы
некоторых образцов
гальки: а) – Н1-1; б) –
Н1-2; в) – Н2-1; д) – Н2-
2. Поляризация**

**излучателя и приемника
упругих волн: синие
(сплошные) линии –
векторы параллельны;
красные (пунктир) –
векторы скрещены.**

**Acoustopolarigrams of
some pebble samples: а) –
Н1-1; б) – Н1-2; в) – Н2-
1; д) – Н2-2. Polarization
of the emitter and receiver
of elastic waves: blue
(solid) lines – parallel
vectors; red (dotted) –
crossed vectors.**

Анализ акустополяриграмм совместно с анализом скоростных соотношений (Ковалевский, 2018) позволяет отнести все образцы к орторомбическому типу упругой симметрии. Как известно, данный тип симметрии состоит из системы двух взаимноперпендикулярных плоскостей симметрии. В плоскости более сильной анизотропии наблюдаются максимальные значения V_{PR} , V_{SR} , более слабой – минимальные. При этом если полиминеральная порода формируется в поле напряжений сжатия, то согласно работам (Беликов и др., 1970; Кожевников, 1982; Robin, 1979) максимальной ориентировке силы сжатия отвечают минимальные значения скорости V_{PR} или константы упругости C .

Значения модулей Юнга для гальки района губы Завалишина.

Values of the Young's moduli for pebbles of the Zavalishin Bay area.

Для определения ориентировки компонентов палеонапряжений были рассчитаны модули Юнга (E) отдельно для каждой породы по направлениям 1-1', 2-2', 3-3'. Из таблицы видно, что поле палеонапряжений в породах сформировалось одинаково по двум направлениям и в одном направлении определились большие значения. Эпюра таких напряжений вписывается в эллипсовидную фигуру. Подобные условия действовавших на породы палеонапряжений способствовали формированию гальки яйцеподобной формы.

Образец	модуль Юнга (E) ($\cdot 10^4$), г/(см \cdot сек 2)		
	1-1'	2-2'	3-3'
Н-1	6.28	6.29	6.45
Н-2	6.58	6.74	6.60

Заключение

Исследования петрофизических свойств гальки в районе губы Завалишина показали, что:

- галька сложена массивными плагиогранитами и кварцевыми диоритами Мурманского домена, причём эти породы достаточно однородны, и следы действовавших в них по разным направлениям палеонапряжений сохраняются. Среднее значение плотности пород составляет 2.68 ± 0.08 г/см³, средние показатели скорости продольных волн (V_{PR}) – 5.24 ± 0.06 км/с, поперечных (V_{SR}) – 3.18 ± 0.07 км/с;
 - упругая анизотропия всех образцов относится к орторомбическому типу;
 - поля палеонапряжений в образцах формировались одинаково, но в одном направлении определяются большие значения. Это обусловило формирование галек яйцеподобной формы.
- Таким образом, изучение петрофизических свойств яйцевидной гальки Баренцева моря показало наличие связи упруго-анизотропных свойств слагающего вещества с морфологией. Это позволяет полагать, что галечник образован из массива горных пород, первоначально находящегося под действием неравносторонних палеосил.

Благодарим за внимание!!!

