

Кленова М. В.

ОСАДКИ МОТОВСКОГО ЗАЛИВА¹

(К ВОПРОСУ О КОМПЛЕКСНОМ ИССЛЕДОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ ОСАДКОВ МОРЕЙ)

1. Введение

Мотовский залив расположен между п-овом Рыбачьим с севера и берегом Кольского п-ова с юга между (приблизительно) $69^{\circ}16'$ и $69^{\circ}45'$ с. ш. Западной его границей под $31^{\circ}53'$ в. д. (приблизительно) служит перешеек, соединяющий с материком п-ов Средний. Восточной границей «Юция Мурманского берега»² предлагает считать линию от мыса Шаралова к мысу Вылеву. Нам казалось более удобным считать восточной границей залива линию Цып-Наволок — Сеть-Наволок, так как по своим физико-географическим условиям участок этот неотделим от остального пространства Мотовского залива.³

Для составления карты осадков Мотовского залива нами был использован главным образом материал 34-й экспедиции экспедиционного судна «Персей», в которой была сделана 71 станция⁴. Кроме того, мы имели несколько станций прежних рейсов э/с «Персей», причем с одной из них был произведен механический анализ пробы грунта из трубки Экмана. На некоторых станциях э/с «Персей», э/с «Дельфин» и э/с «Книпович» производились траловые ловы. Станции э/с «Дельфин» относятся главным образом к выходной части залива. Данные промысловых траулеров не могли быть использованы, так как в них не указывается точно местонахождение судна; обычно отмечается только номер квадрата или просто «Мотовский залив», изредка с более точными, но далеко недостаточными указаниями: «Озерко», «Под Базарами» и пр.⁵ В 34-й экспедиции на всех станциях были произведены детальные сборы грунта трубкой Экмана и дночерпателем Петерсена, собран материал по продуктивности дна⁶, по температуре и солености⁷,

¹ Работа частично докладывалась в Мурманском отделении Гос. океанографического института в январе 1931 г. и на конференции по петрографии осадочных пород в Нефтяном ин-те (ГИНИ) в мае 1932 г.

² «Юция Мурманского берега 1925 г.». Изд. ГГУ. Ленинград, 1925.

³ Карта № 942 ГГУ.

⁴ В сборе под руководством М. В. Кленовой приняли участие: Кошлыбова Е. К., Новиков П. И., Перехвальский В. С., Рачковская К. А. и Ястребова Л. А.

⁵ Данные промысловых траулеров Севгосрыбтреста, имевшиеся в отношении Мотовского залива за 1927—1929 гг., использованы нами в работе «Карта грунтов основных промысловых районов Баренцова моря». В силу неточности, эти данные допускают только статистическую обработку.

⁶ Лейбсон Р. Г. Количественный учет фауны Мотовского залива. Тр. ВНИРО, т. IV, вып. 2, М. (в печати).

⁷ Штокман В. В. Гидрология Мотовского залива (рукопись).

на некоторых станциях определялся кислород в воде на поверхности и у дна и рН. Собран материал по продуктивности макропланктона, и на некоторых станциях произведены траловые ловы.

Что касается геологических работ, то, кроме обычных сборов грунта, собран материал для определения хлорофилла, органического углерода и азота. На судне производились определения соотношения закисного и окисного железа, измерения среднего размера попадающих в дночерпатель валунов пород и составление кривых встречаемости этих размеров. При высадках в губах Титовке, Вйне, Зап. Лице, Вичанах и Ура-губе производились наблюдения над террасами и собирались образцы горных пород для сравнения с валунами со дна губы.

В лаборатории сектора геологии моря в с. Полярном были произведены механические анализы всех собранных образцов-колонок, а там, где не было колонок, — материала из дночерпателя. Фракция 0,1—0,05 мм подвергалась разделению жидкостью Туле уд. в. 2,71—2,75. Выделенные тяжелые минералы исследовались микроскопически по Milner.¹ Кроме того, в нескольких пробах был произведен подсчет различных минералов с окуяром Гиршвальда в препаратах. Л. А. Ястребова² были произведены определения хлорофилла, а Т. И. Горшковой³ — определения органического углерода и азота. Для всех механических анализов составлены кривые механического состава по способу Baker⁴ и вычислены средний диаметр и степень сортировки. Составлена образцовая коллекция пород со дна залива и вычислено процентное содержание отдельных пород в пробе. Составлена карта количественного распределения валунов путем взвешивания камней из дночерпателя, остающихся после промывки дночерпателя биологами⁵. Породы, встреченные на дне губы, описаны макроскопически.

2. Морфология дна Мотовского залива

Сводка J. W. Gregory⁶, посвященная вопросу о природе и происхождении фиордов, дает классификацию морских заливов, в частности морских заливов в коренных горных породах, основанную на генетических соотношениях различных их типов. Отвергая ледниковую теорию происхождения фиордов и приписывая им тектоническое происхождение, автор считает фиордовую стадию образования заливов недолговременной и указывает, что воздействие агентов выветривания ведет к переходу фиордов в фиарды (fiards) и заливы типа риас (rias).

Под именем фиорда автор понимает участок моря, который лежит в длинной, глубокой долине с крутыми параллельными или субпараллельными стенками и сравнительно ровным дном (корытообразная форма). Фиорд может быть прямым и разветвленным. Если он разветвлен, то ветви его отходят под одинаковыми углами, часто под прямым

¹ Milner H. The sedimentary petrography. London 1929. Русский перевод (сокр.): Мильнер Г. Введение в петрографию осадочных пород. Геол.-развед. изд-во, М. 1932 и Мильнер Г. Петрография осадочных пород (полный перевод). М., 1934. Горн.-геол.-нефт. изд-во.

² Кленова М. В. и Ястребова Л. А. Хлорофилл в осадках как показатель газового режима бассейна. Этот выпуск.

³ Горшкова Т. И. Органическое вещество в осадках Мотовского залива. Этот выпуск.

⁴ H. Baker. The mechanical composition of loose arenaceous sediments. «Geol. Journ.», 1920.

См. также Зильберминц Б. А. и Кленова М. В. О новых методах механического анализа и классификации фракций. «Тр. Ин-та прикладной минералогии», вып. 29, М. 1926.

⁵ Кленова М. В. Пески Чешской губы. «Тр. Морск. научн. ин-та», т. 4, вып. 4, М. 1930.

⁶ Gregory J. W. The nature and origin of fiords. London 1913.

углом, и образуют сеть с параллельными сторонами петель. Фиорды приурочены к областям поднятия с структурой рассеченных плато. Существование барьеров или порогов на дне фиордов обычно, но не обязательно¹.

Под именем фиордов автор понимает заливы с низкими берегами, которые могут произойти при опускании берега с развитыми фиордами. Заливы типа риае Gregory характеризует, как погруженные речные долины в гористых и возвышенных местностях. Форма их часто воронкообразная, дно полого понижается к морю. Порог или барьер в них обычно отсутствует, и часто они принимают в себя большие реки — главный сток местности.

Автор подробно разбирает фиорды всего земного шара и связывает образование их с теми тектоническими явлениями, которые, в связи с поднятием горных цепей альпийской складчатости, имели место в конце третичного периода. В частности он указывает, что еще в плиоцене Гренландия, Шпицберген и Земля Франца-Иосифа составляли одно целое с материком Европы. При опускании дна современного Баренцова моря, происшедшем, по мнению автора², в конце плиоцена или даже в плейстоцене, в плотных породах произошел ряд разломов, поведших к образованию сбросовых долин, занятых при дальнейшем опускании морем, а также типичных фиордов.

По мнению J. W. Gregory³, заливы Шпицбергена, Исландии и северной Норвегии являются погруженными долинами сбросового происхождения. Такой областью опускания он считает Варангер-фиорд, отмечая, что с южной стороны Варангер-фиорда начинаются типичные трещины разлома, образующие фиорды со всеми присущими им особенностями, которые далее к западу по окраине Скандинавского п-ова достигают своего полного развития.

Как и Варангер-фиорд, Мотовский залив представляет собой относительно обширный участок моря, воронкообразно расширяющийся к выходу. С южной стороны, по окраине Фенноскандинавского щита он принимает в себя ряд узких губ (Ура-губа, Зап. Лица, Ара, Титовка и другие), имеющих все типичные черты фиордов. Эти заливы глубоко врезаются в кристаллический массив, заполняя долины с крутыми параллельными или субпараллельными стенками, на склонах которых часто можно непосредственно наблюдать зеркала скольжения, отвесно или почти отвесно спускающиеся в море.

Северный берег Мотовского залива, сложенный из песчаников Рыбачьего п-ова, носит уже совершенно другой характер. Кроме губы Мотки с бухтой Озерко, которая несет некоторые характерные черты фиорда, за исключением, может быть, пониженных берегов, что приближает ее уже к типу фиорда, на северном берегу Мотовского залива мы не находим больших заливов. Берег этот более или менее ровно срезан вкредит падения, по простираанию осадочной свиты в направлении запад-северо-запад, т. е. в том же направлении, в котором, как нам уже приходилось указывать⁴, расположены основные линии простираания возвышенностей в Баренцовом море по окраине Фенноскандинавского щита.

Батиметрическая карта (рис. 1), составленная на основании промеров Гидрографического управления (карта № 942), и поперечные профили Мотовского залива (рис. 2) дают ясное представление о харак-

¹ Loc. cit., стр. 385—386.

² Loc. cit., стр. 478.

³ Loc. cit., стр. 477.

⁴ Кленова М. В. Происхождение рельефа дна Баренцова моря. «Природа», № 3, стр. 49, Л. 1933.

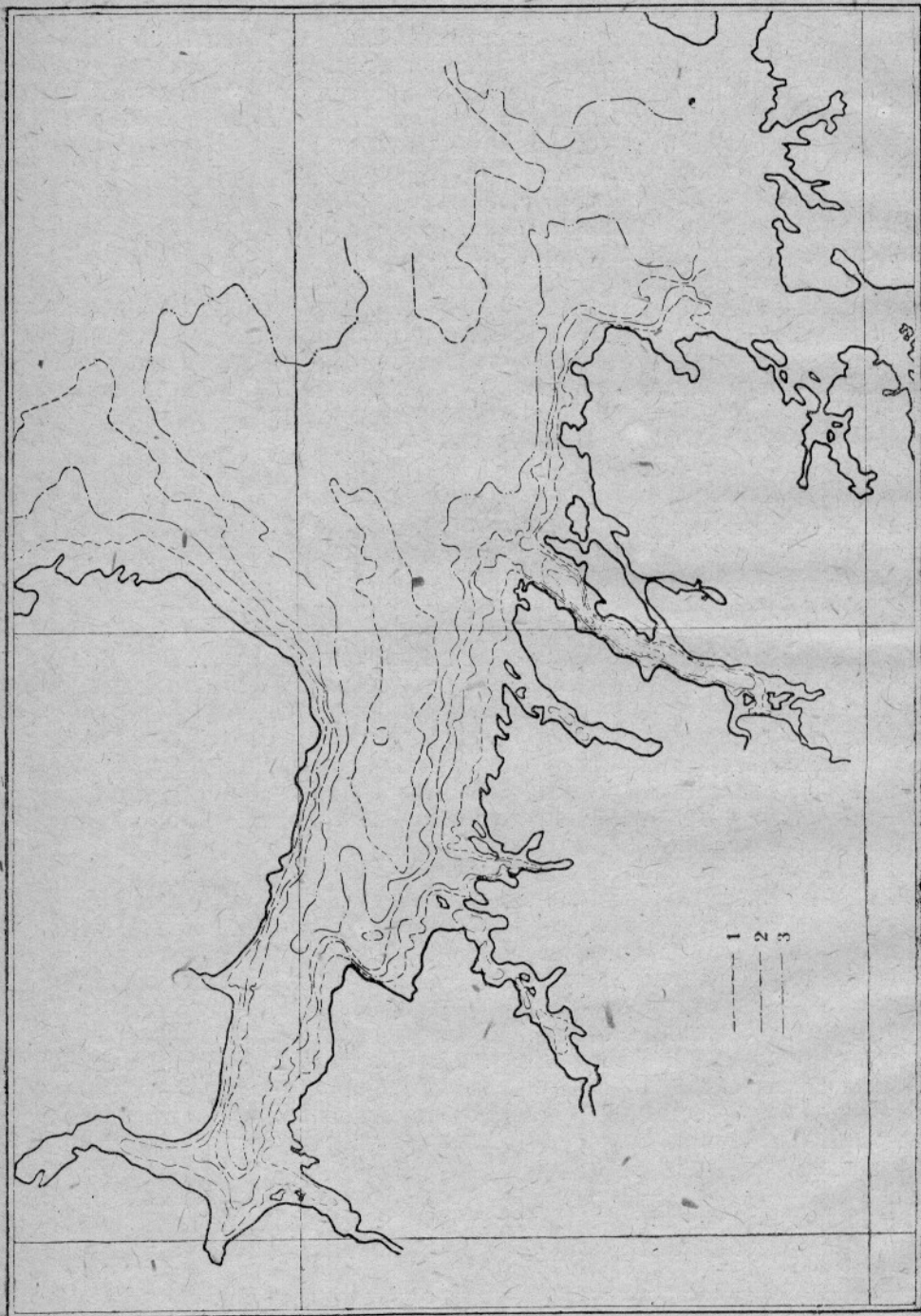


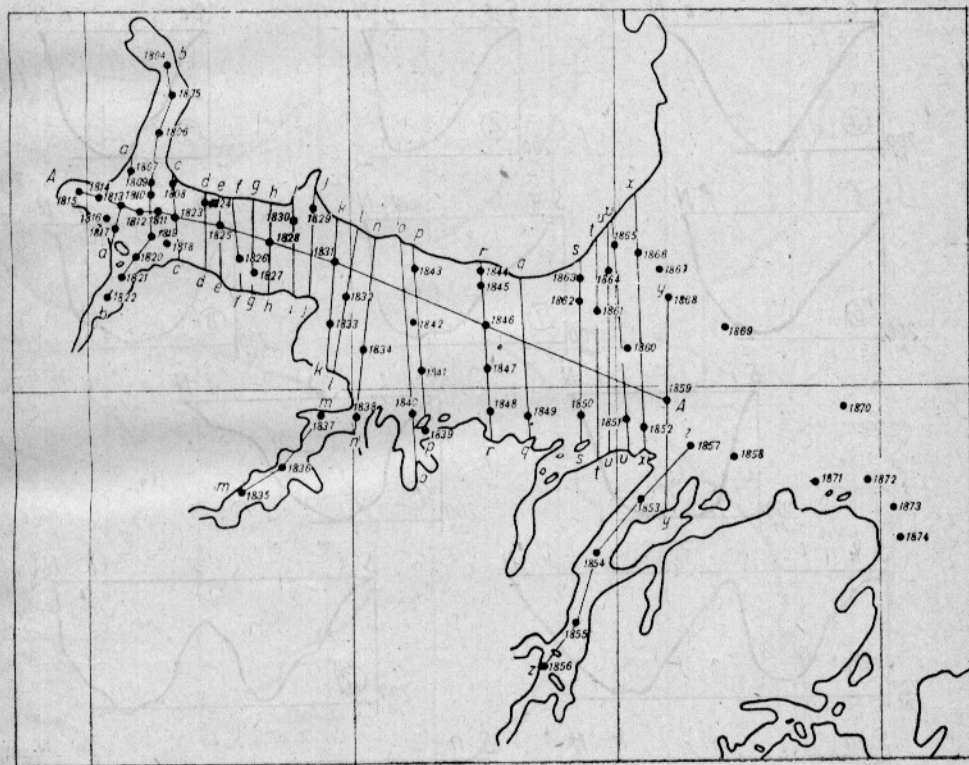
Рис. 1. Мотовский залив.

Обозначения: 1 — изобаты 50, 150 и 250 м; 2 — 100 м; 3 — 200 м.

Abb. 1. Der Motoskij Busen.

Bezeichnungen: 1 — Tiefenlinien 50, 150 и 250 м; 2 — 100 м; 3 — 200 м.

тере рельефа его¹. Профили 1, 2 и 3 (рис. 3, фиг. 1—3), проведенные в верхней части залива, указывают на V-образный характер долины, послужившей ложом залива. Профиль 2 (рис. 3, фиг. 2), проведенный из губы Титовки в губу Мотку, показывает наличие некоторого барьера перед входом в первую и наличие неровного дна, в общем понижающегося к Кутовой яме Мотовского залива, в губе Мотке вместе с бухтой Озерко. Профили 4—10 (рис. 3, фиг. 4—10) указывают на некоторое расширение дна в этой части Мотовского залива, которое приближается к U-образной форме. Следует отметить, что во всех этих профилях,



Фиг. 2. Мотовский залив. Станции и разрезы.
Abb. 2. Der Motovskij Busen. Stationen und Profile.

кроме 10 (рис. 3, фиг. 10), проведенного через губу Ейну, северный склон более крут, чем южный. Абсолютные углы склона от берега Рыбачьего п-ова равны $10-10^{\circ}20'$; по южному берегу Мотовского залива $3-5-7^{\circ}$.

Ложе Мотовского залива в этой его части, кроме U-образной формы, имеет и другие черты фиорда, так как стенки его здесь более или менее параллельны. Глубины в этой части залива не спускаются ниже 200 м, за исключением так называемой Кутовой ямы, где глубина падает до 224 м.

¹ При составлении профилей мы пользовались промерами карты № 942 изд. ГГУ. Горизонтальный масштаб 1:84 000, вертикальный 1:4 000, соотношение вертикального к горизонтальному масштабу равно 1:21. Увеличенный вертикальный масштаб, как и в работе М. В. Кленовой «Промысловая карта грунтов Варенцова моря» («Доклады 1-й сессии ГОИН», вып. 6, М. 1933), дает возможность более наглядного изображения рельефа. На рис. 3—5 профили уменьшены в 3 раза.

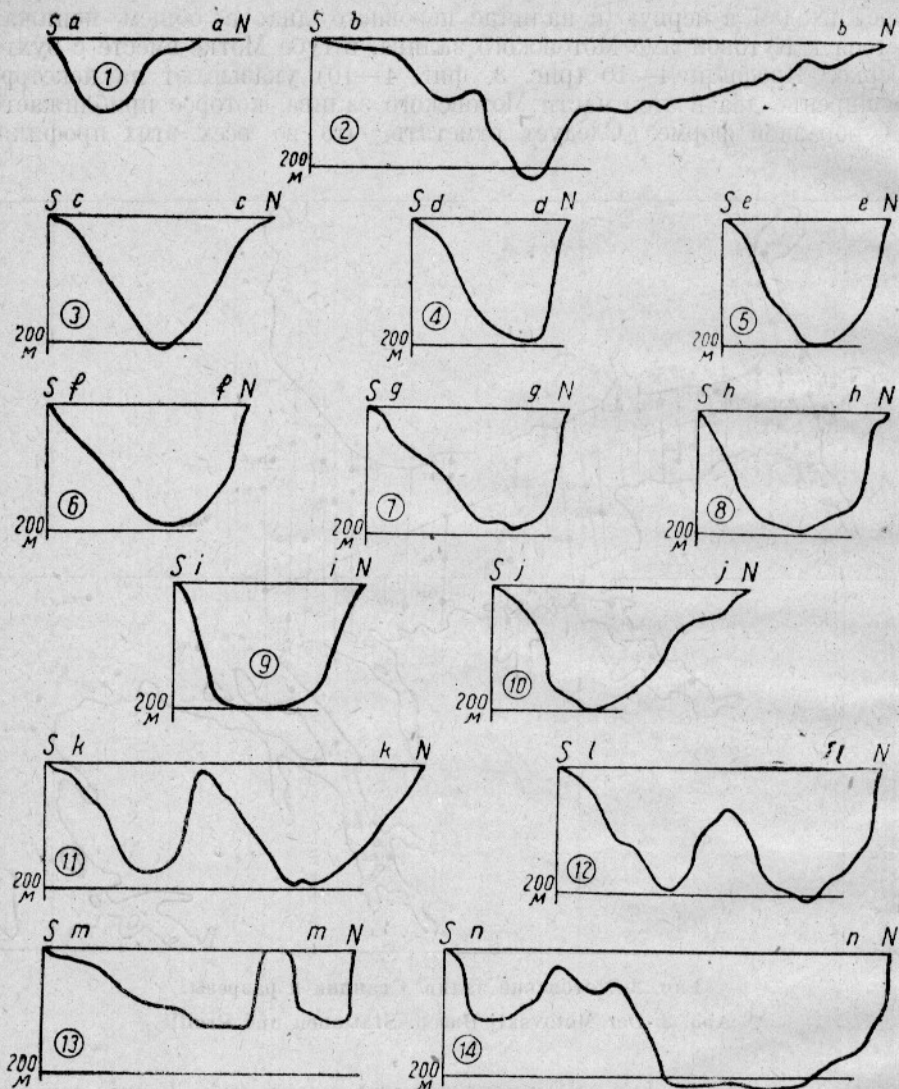


Рис. 3. Мотовский залив. Поперечные профили: 1 — разрез с $32^{\circ}03.6'$ по $32^{\circ}05.7'$; 2 — разрез с $32^{\circ}02'$ по $32^{\circ}09'$; 3 — разрез по $32^{\circ}09'$; 4 — разрез по $32^{\circ}14.2'$; 5 — разрез по $32^{\circ}15.6'$; 6 — разрез по $32^{\circ}16.9'$; 7 — разрез по $32^{\circ}18'$; 8 — разрез по $32^{\circ}21.6'$; 9 — разрез по $32^{\circ}24'$; 10 — разрез по $32^{\circ}25.9'$; 11 — разрез по $32^{\circ}27'$; 12 — разрез по $32^{\circ}28.4'$; 13 — губа Западная Лица; разрез с $32^{\circ}18'$ по $32^{\circ}26.8'$; 14 — разрез по $32^{\circ}31'$.

Abb. 3. Der Motovskij Busen. Querprofile: 1 — Schnitt von $32^{\circ}03.6'$ bis $32^{\circ}05.7'$; 2 — Schnitt von $32^{\circ}02'$ bis $32^{\circ}09'$; 3 — Schnitt bis $32^{\circ}09'$; 4 — Schnitt bis $32^{\circ}14.2'$; 5 — Schnitt bis $32^{\circ}15.6'$; 6 — Schnitt bis $32^{\circ}16.9'$; 7 — Schnitt bis $32^{\circ}18'$; 8 — Schnitt bis $32^{\circ}21.6'$; 9 — Schnitt bis $32^{\circ}24'$; 10 — Schnitt bis $32^{\circ}25.9'$; 11 — Schnitt bis $32^{\circ}27'$; 12 — Schnitt bis $32^{\circ}28.4'$; 13 — West Litsa Bucht; Schnitt von $32^{\circ}18'$ bis $32^{\circ}26.8'$; 14 — Schnitt bis $32^{\circ}31'$.

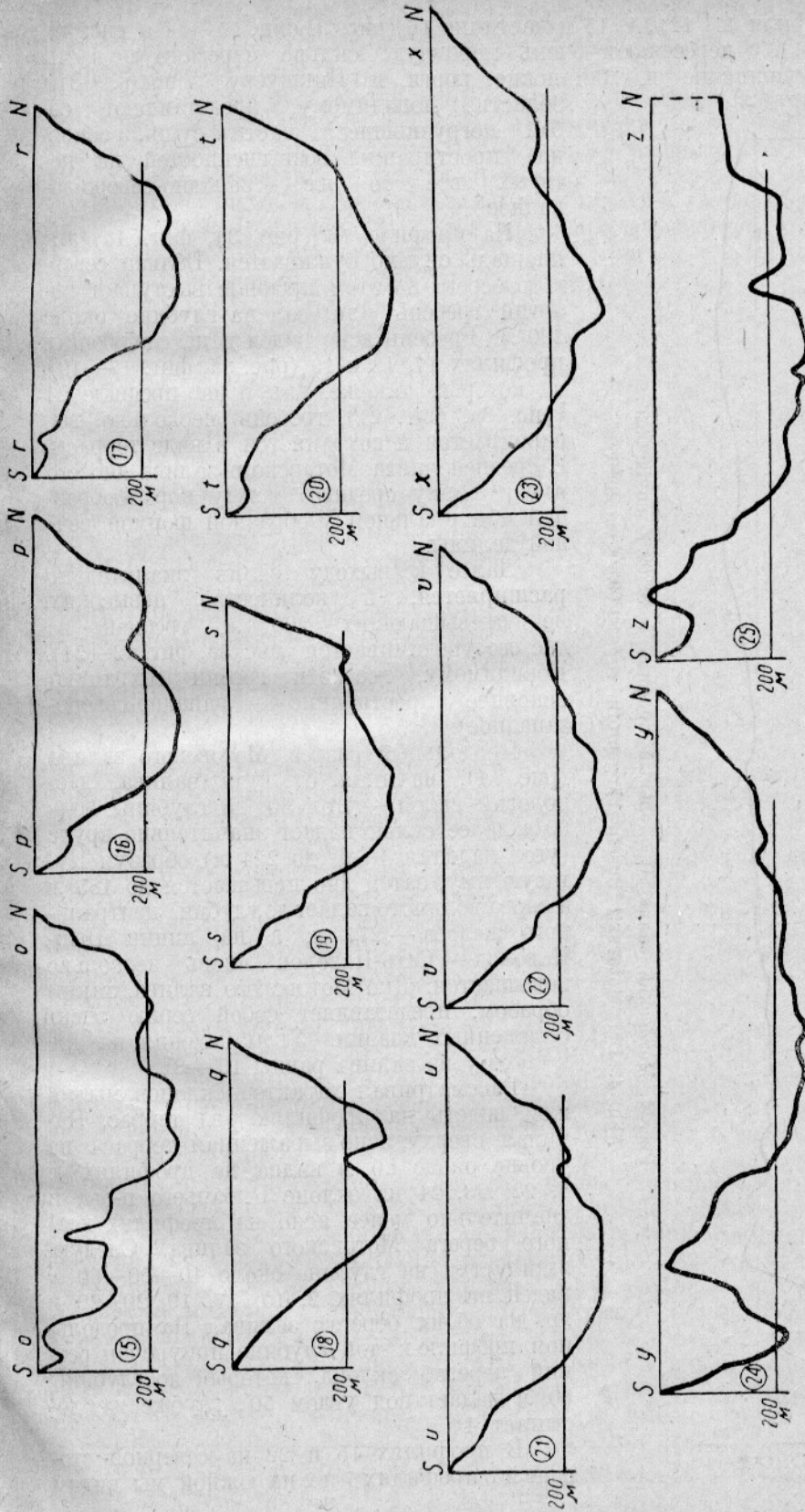


Рис. 3а. Моровский залив. Поперечные профили: 15 — Губа Вичаны; 16 — разрез по $32^{\circ}36.5'$; 17 — разрез по $32^{\circ}45.7'$; 18 — разрез по $32^{\circ}50'$; 19 — разрез по $32^{\circ}56'$; 20 — разрез по $32^{\circ}59'$; 21 — разрез по 33° ; 22 — разрез по $33^{\circ}07.5'$; 23 — разрез по $33^{\circ}02'$; 24 — разрез по $33^{\circ}05'$; 25 — Губа Ура; разрез с $32^{\circ}51.3'$ по $33^{\circ}07.5'$.

Abb. 3а. Der Motovskij Busen. Querprofile: 15 — Vichany Bucht; Schnitt bis $32^{\circ}36.5'$; 16 — Schnitt bis $32^{\circ}45.7'$; 17 — Schnitt bis $32^{\circ}50'$; 18 — Schnitt bis $32^{\circ}56'$; 19 — Schnitt bis $32^{\circ}59'$; 20 — Schnitt bis 33° ; 21 — Schnitt bis $33^{\circ}07.5'$; 22 — Schnitt bis $33^{\circ}02'$; 23 — Schnitt bis $33^{\circ}05'$; 24 — Schnitt bis $33^{\circ}07.5'$; 25 — Guba Bucht; Schnitt von $32^{\circ}51.3'$ bis $33^{\circ}07.5'$.

Профили 11, 12, 14, 15 и частично 16 (рис. 3, фиг. 11—14 и рис. 3а, фиг. 15—16) пересекают очень неровную, сильно изрезанную часть дна — Кувшинские и Вичанские корги и Цикшуеву лещадь. Эти области, повидимому, представляют собой погрузившиеся части суши, основное простираение возвышенностей на которых все то же — западно-северо-западное.

На профиле 16 (рис. 3а, фиг. 16) эта площадь сильно суживается. Вблизи северного берега на этом профиле выступает пологий гребень или вал на глубине около 200 м. Гребень ясно виден и на следующих профилях 17, 18 и 19 (рис. 3а, фиг. 17—19), на которых так же, как и на профиле 21 (рис. 3а, фиг. 21), гребень несколько выраживается и сохраняется в виде террас. В средней части Мотовского залива дно его имеет форму среднюю между корытообразной и нормальной V-образной формой речной долины.

Далее к выходу залив значительно расширяется, и количество невысоких, не превышающих 200 м, гребней на дне его увеличивается (рис. 3а, фиг. 22—24). Повидимому, все эти гребни сохраняют основное простираение — западно-северо-западное).

Продольный разрез Мотовского залива (рис. 4), начиная от кута залива, дает пологий склон — угол $50'$ до глубины 50—60 м, далее склон падает значительно круче (угол падения $4-6^\circ$ до 224 м), образуя Кутовую яму, затем повышается до 185 м и снова волнисто падает до глубин центрального желоба — 277 м, а на линии Цыш-Наволоок — Сеть-Наволоок вновь несколько повышается. Дно Мотовского залива, таким образом, представляет собой серию очень сглаженных впадин. Углы падения на дне к выходу из залива равны $10'-8'$.

Рассматривая характер склонов, мы можем видеть на профилях ряд террас. Начиная сверху, ясно выраженная терраса на уровне около 20 м видна на профилях 1, 8, 22, 23, 24 на склоне Рыбачьего п-ова и значительно менее ясно на профилях южного берега Мотовского залива. Следующий уступ на глубине около 40—50—60 м виден на профилях 2, 10, 17, 19, 20, 22 и др. на обоих берегах залива. На продольном профиле к этой глубине приурочен резкий перегиб склона, который до глубины 50 м падает под углом $50'$, глубже же достигает 4° .

В профилях 15 и 22 на северной стороне и в профилях 7 и 2 на южной мы видим

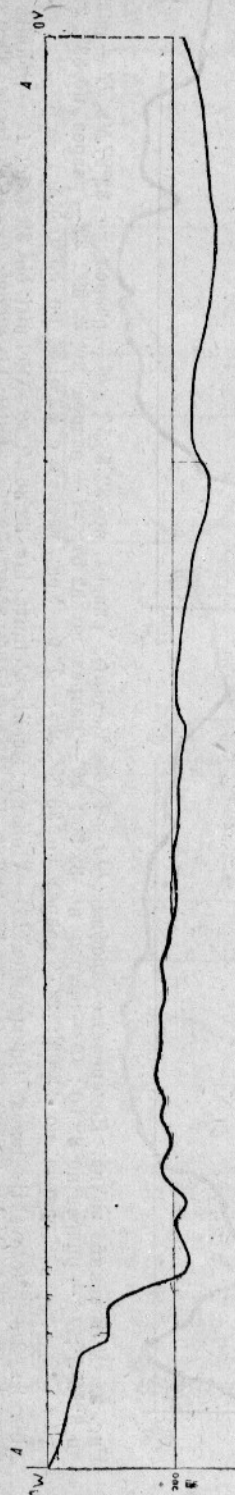


Рис. 4. Мотовский залив. Продольный профиль с $32^\circ 09.6'$ по $33^\circ 05.3'$.
Abb. 4. Der Motovskij Busen. Längsprofil von $32^\circ 09.6'$ bis $33^\circ 05.3'$.

террасу на глубине 80—90 м, которая особенно ясно выступает на продольном разрезе (рис. 4).

В разрезе 2 в губе Мотке эта же терраса на северной стороне профиля расположена несколько глубже и достигает 100—110 м.

Следующая более или менее ясная терраса расположена на уровне 125—135 м. Ее можно видеть на профилях 12, 15, 17, 19, 24, 25. На профилях вершины залива она незаметна. Еще более глубокая терраса — на 150—170 м. В верховьях залива она слабо намечается на профиле 4 и 5 по южному берегу и на профиле 8 — по северному, где она, так же как и предыдущая, по видимому, несколько снижается и приближается к следующей. Яснее она видна на профилях 4а и 14а (рис. 5). Последний профиль проведен вкрест изобат и простирания берега и дает более четкую картину, так же как и профиль 4а (рис. 5, фиг. 2) на котором также видна терраса 160 м. К сожалению, нам пришлось пользоваться промером Гидрографического управления, галсы которого проводились по меридиану. Направление промера связало нас в проведении профилей, так как, намечая профили вкрест простирания, мы не имели достаточного количества глубин. В работе по съемке промысловых карт губ Мурманского побережья это обстоятельство было нами учтено, и промерные галсы располагались вкрест преобладающего простирания шоруд¹.

Общий характер склонов, однако, и в профилях, проведенных по меридиану, приближается к истинному, ввиду того, что простирание берегов и направление изобат незначительно отличаются от широтного.

Ясно выраженная, последняя по счету, терраса намечается на глубине 180—192—196—208 м. Мы находим ее на профилях, начиная с 7—10, не вполне ясно, на 14-м она выражена несколько лучше, на 15 и 16-м она расширяется у северного берега так же, как на 19-м; начиная с профиля 21, эта терраса проходит вдоль всего северного берега, а с профиля 22 видна и на южном.

Таким образом, можно установить с несомненностью, что дно и склоны Мотовского залива не представляют собой ровной наклонной плоскости, а, как и большинство подводных склонов Баренцова моря, дают ряд сильно сложенных, выровненных, но тем не менее совершенно ясных уступов. Таковы террасы: 22 м (условно, так как, беря среднее из имеющихся наблюдений, мы получаем для северного берега 21 м, для южного 23 м), 52—54 м, далее 90—94 м, 130—132, 167—157 м и около 200 м. Не считая промежуточных около 40 м и для южного берега 65 м и 108 м, наблюдения над которыми не могли быть проверены вследствие малого количества данных, мы имеем, таким образом,

1 Кленова М. В. Промысловые карты губ Мурманского и Беломорского побережья. Этот выпуск.

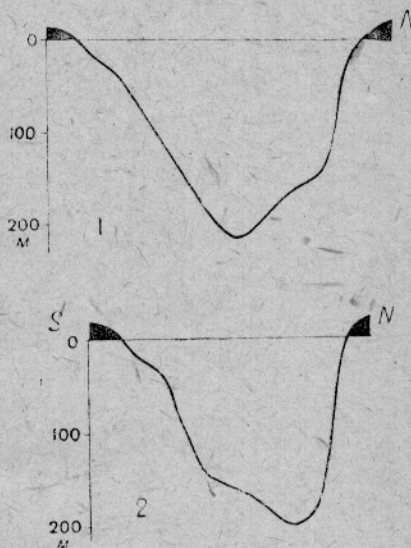


Рис. 5. Мотовский залив. Поперечные профили вкрест изобат. 1 (14а) — от северного берега под 32°31' на мыс Выев; 2 (4а) — через восточный конец Кутовой ямы.

Abb. 5. Der Motovskij Busen. Profile quer zu den Isobathen. 1 (14a) — von der W. Küste bei 32°31' zum Kap Vyjev; 2 (4a) — durch das O. Ende der Mulde Kutovaja.

6 главных уступов, которые отвечают, повидимому, отдельным стадиям колебания уровня.

Нанеся на ось абсцисс глубину в метрах, а на ось ординат длину соответствующих изобат, мы, как и для Баренцова моря¹, получаем указание на особый характер изобаты 200 м — падение склона замедляется между 150—200 м. Еще более ясную картину мы получаем, измеряя длину изобат, проведенных через 10 сажень (6 фут. меры)

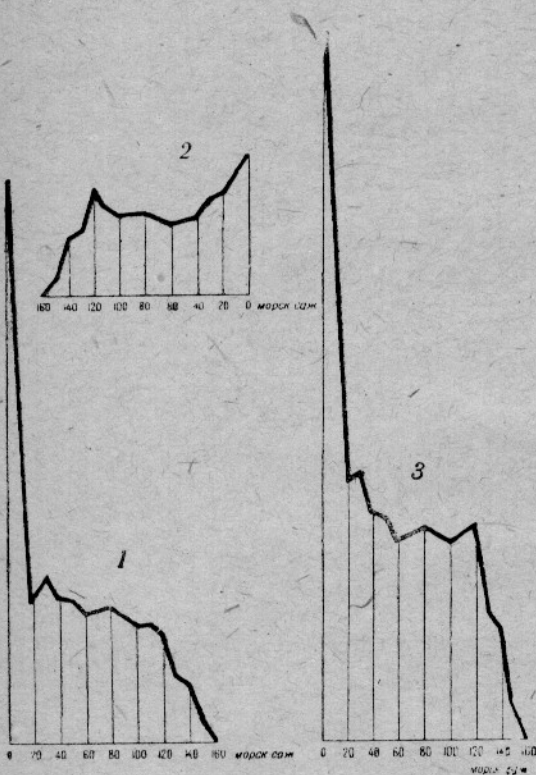


Рис. 6. Мотовский залив. Клинографические кривые. 1. Южный берег; 2. Северный берег; 3. Весь залив.

Abb. 6. Der Motovskij Busen. Klinographische Kurven: 1. S. Küste; 2. N. Küste; 3. Der sämtliche Busen.

Титовке на высоте 4—5 м, в губе Ейне на несколько меньшей высоте — 3 м, в Западной Лице — на высоте 6—8 м, в Ура-губе — 3—5 м. В устьях рек Титовки и Ура она образует пойму реки, заросшую травой, в Ура-губе повышается вверх по течению до 7—10 м.

Вторая совершенно ясная терраса, сложенная в губе Титовке в низовьях р. Титовки наносными образованиями — песками, находится на высоте 23—25 м. На этой высоте расположен водопад, образованный правым притоком р. Титовки близ ее устья. Следует отметить, что песок, слагающий вторую террасу, значительно отличается от песка первой террасы и современного. В то время как последний прекрасно отсортирован и содержит большое количество тяжелых минералов, представляя местами скопления граната и роговой обманки, песок первой

(рис. 6). На клинографической кривой всего залива в целом (рис. 6, фиг. 3) мы имеем 4 выступа: на 30, 50, 80 и на 120 саж., что отвечает террасам 52—90—150—200 м (приблизительно). Самая верхняя терраса, 21 м, не находит своего отражения в кривой, так как первая изобата была проведена на 20-саженной глубине. Если сравнить клинографические кривые в отдельности для северного и южного берега залива, то наиболее интересным фактом является то, что по северному берегу (рис. 6, фиг. 2) мы имеем особенно хорошо выраженный выступ 120-саженной изобаты, в то время как на кривой южного берега мы его встречаем на 110 саж. (рис. 6, фиг. 1). Не служит ли это указанием, что дно у берега Рыбачьего п-ова занимает несколько пониженное, по сравнению с южным берегом, положение?

Немногочисленные наблюдения над береговыми линиями современного моря позволяют наметить 3 главных надводных террасы на высоте 5.0, 23.0 и 55 м (среднее). Первая терраса наблюдалась нами в губе

¹ Кленова М. В. Промысловая карта грунтов Баренцова моря. «Доклады 1-й сессии ГОИН», № 6, М. 1933.

террасы отсортированы значительно хуже, содержит примесь глинистого материала и богат полевым шпатом. Такой же характер и еще более низкую степень сортировки имеет песок второй террасы.

Ниже приводится механический анализ песков (табл. 1 и 2).

Таблица 1. Пески террас губы Титовки
Tabelle 1. Sande der Terrassen des Fjords Titovka

Фракции в мм Fraktionen, mm	Современный песок с берега Recenter Küstensand	Первая терраса 5 м 1 Terrasse 5 m	Вторая терраса 23—25 м 2 Terrasse 23—25 m
> 2	—	0.7 (среднее из 4 анализов)	9.0
2—1	0.1	2.7	13.7
1.0—0.5	0.7	21.4	30.8
0.5—0.25	69.4	39.1	21.8
0.25—0.10	28.2	21.4	11.6
< 0.10	1.1	14.1	12.7
	99.5	99.4	99.6

На этой же высоте находится вторая терраса в губе Ура. Пески губы Ура сходны по степени сортировки с предыдущими.

Таблица 2. Пески Ура-губы
Tabelle 2. Sande des Ura-Fjords

Фракции Fraktionen мм	Современный песок с берега Recenter Küstensand	Первая терраса 1 Terrasse
> 2	0.2	12.6
2—1	0.3	10.9
1—0.5	0.8	25.9
0.5—0.25	18.0	29.8
0.25—0.10	61.6	14.7
< 0.10	19.1	5.9
	100.0	99.8

В губе Ейна вторая терраса расположена несколько ниже. Нами она наблюдалась на высоте 17 м в коренных породах — песчаниках, в виде размытых морским прибоем остатков утесов и берегового вала. Третья ясная терраса на высоте 55 м наблюдалась нами в губе Титовке в коренных породах вверх по течению правого притока р. Титовки, образующего водопад в 1 км от колонии. Есть она также в губах Ура и Ейна, но выражена менее ясно.

Следы современного поднятия мы находим на всех берегах Баренцова и других полярных морей, но в то время, как для Скандинавии имеются хорошие и полные схемы эпейрогенических колебаний и

система изобаз, точно приуроченная к определенным моментам геологической истории, для берегов Баренцова моря в целом мы этой схемы не имеем. Очередной задачей четвертичной геологии в настоящее время является составление общей схемы эпейрогенических колебаний для всего севера, причем в этой схеме должны быть учтены и данные геологии моря, в частности те подводные террасы, которые были найдены при детальном грунтовых съемках на дне Баренцова моря и его заливов.

Для Мотовского залива мы можем воспользоваться наиболее полной и новой сводкой V. Tanner¹. Наблюдения Tanner касаются западного берега п-ов Рыбачьего и Среднего и губ Большой и Малой Волоковой, а также более западных частей побережья Фенноскандии, принадлежащих ныне Финляндии. Следы послеледниковых движений береговой линии автор связывает с общей историей Фенноскандинавского щита в ледниковое и послеледниковое время. Сопоставляя свои наблюдения с наблюдениями Ramsay², Grönlie³ и др. и сопровождая свои выводы исчерпывающим перечнем литературы, она дает хронологическую схему регрессий и трансгрессий на скандинавских берегах Ледовитого океана. Весьма существенным выводом из его наблюдений является указание на то, что край Фенноскандинавского щита представляет собой систему отдельных глыб, которые при изостатических перемещениях не всегда передвигаются как одно целое, и в частности такой отдельной глыбой он считает Рыбачий п-ов, несколько опустившийся по отношению к п-ову Среднему и берегу материка во время образования всей серии более высоких береговых линий. Подробно останавливаясь на происхождении наиболее хорошо выраженных береговых линий и террас, он относит линию 23—27 м ко времени Балтийского литоринового моря и трансгрессии с Tarps на берегах Баренцова моря. Террасы 53—55 м, отмеченные нашими наблюдениями в губе Титовке, Ramsay в Цып-Наволоке и V. Tanner в Вайда-губе, относит к линиям *e* и *f* (стадия с Portlandia). Точность наблюдений с анероидом Треста точной механики, с которым нам пришлось работать, не превышает 3—5 м, и по одному случайному наблюдению принадлежность террасы 55 м к тому или иному промежутку времени может быть установлена только предположительно. Само собой разумеется, что для точных хронологических сопоставлений отдельных террас и береговых линий барометрическая нивелировка не дает достаточно данных. Однако, при большом количестве наблюдений и хорошем анероиде типа Naudet результаты получаются удовлетворительные. Наблюдения над террасами производятся нами при составлении карт Мурманских губ, и в дальнейшем мы будем иметь значительный материал. Что касается более поздних береговых террас и линий, которые были нами отмечены на уровне 3—10 м, то Tanner⁴ затрудняется установить между ними точные взаимоотношения ввиду малого количества данных. По его мнению, в настоящее время поднятие северных берегов Фенноскандии замедлилось, и местами в течение многих сотен лет берег стоит на одном уровне, что, однако, не исключает местных поднятий. Относительно местности к югу от Варангер-фиорда он полагает, что поднятие происходит и в настоящее время со скоростью 0.25—0.35 м в столетие, и высказывает предположение

¹ Tanner V. Studier över kvartarsystemet; Fennoskandias nordliga delar etc. «Fennia», 53. Helsingfors, 1930.

² Ramsay. Ueber geologische Entwicklung der Halbinsel Kola. «Fennia», 16, I, 1898.

³ Grönlie. The Falden Fiord. «Troms. Mus. Skr.» V. I, p. 11 и другие работы. Tromsø, 1927.

⁴ Loc. cit., p. 535.

о возможном незначительном эвстатическом поднятии уровня моря, которое, несмотря на свою незначительную величину, парализует влияющие поднятия. Касаясь вопроса о северной границе оледенения Фенноскандии, он упоминает о подводных хребтах на дне Баренцова моря у берегов Кольского п-ова¹, которые он считает возможным отнести к остаткам конечных морен. Присутствие моренного материала на дне Баренцова моря неоспоримо, однако, указанное V. Tanner северо-западное простирание имеют подводные хребты Баренцова моря во всей его южной части, и их надо относить к значительно более ранним элементам рельефа, связанным с общей тектоникой Баренцовоморской равнины².

Как уже упоминалось выше, в стройной схеме Tanner мы не находим места подводным террасам, которые обнаружены нами как на дне открытого Баренцова моря³, так и в самом Мотовском заливе. Упоминаемые им регрессии, повидимому, не могли вести к поднятиям берега, доходившим до 200 м. Общее понижение уровня океанов, связанное с оледенением, не превосходит 90—100 м, и, таким образом⁴, время образования подводных террас остается невыясненным. Возможно, что образование их относится к меж- или доледниковой эпохе.

Что касается современного поднятия берегов, то в «Люции»⁵ мы находим указания, что за последние 100 лет очертания берегов Мотовского залива, как и всего Кольского п-ова, местами существенно изменились. Так, подводные камни в губах Печенте, Оленьей и Порчнине сделались надводными, три острова из группы Вороньих Лудок слились в один, проливы между островами во многих местах обмелели. Обмеление некоторых участков, как, например, входа в бухту Озерко (Мотка), достигает 0.3 м в 10 лет, что следует приписать комбинированному действию заноса и поднятия, которое, вероятно, достигает 1.8 м в столетие. Древние береговые валы и террасы на высоте 3—10 м выражены чрезвычайно ясно и могут быть найдены в любой бухте Мотовского и Кольского заливов и в устьях рек и ручьев. Явную береговую линию на этом уровне мы находим и на Новой Земле⁶. Дальнейшее накопление материала даст возможность установить точный возраст этих террас, которые по Grönlie⁷ относятся уже к началу железного века.

3. Механический состав осадков Мотовского залива

Пробы грунта со дна Мотовского залива были подвергнуты механическому анализу по методу Осборна⁸ с разделением на фракции согласно классификации комиссии по механическому анализу⁹. Пески, кроме того, были подвергнуты ситовому анализу на ситах с круглыми отверстиями 2.1 и 0.5 мм и из медной сетки 0.25 и 0.10 мм в диаметре.

¹ Loc. cit., p. 528.

² Кленова М. В. Происхождение рельефа дна Баренцова моря. «Природа», № 3, Л. 1933.

³ Кленова М. В. Промысловая карта грунтов Баренцова моря. «Доклады 1-й сессии Гос. океан. ин-та», № 6, М. 1932.

⁴ Antevs E. The last glaciation. New York, p. 81, 1928.

⁵ «Люция Мурманского берега». Изд. ГГУ, Л. 1925.

⁶ Кленова М. В. Физико-географический очерк губы Новой. «Тр. Морск. научн. ин-та», т. IV, вып. 4, М. 1930.

⁷ Grönlie O. Contributions to the Quaternary Geology of Novaya Zemlya. «Rep. Sc. Res. Norw. Exp. 1921», Kristiania, 1924, Nr. 21.

⁸ Кленова М. В. К методике механического анализа морских осадков. «Тр. Научн.-исслед. ин-та минералогии 1 МГУ» вып. 5, М. 1926.

⁹ Кленова М. В. Отчет о работе комиссии по механическому анализу при Гос. океан. ин-те. «Бюлл. Гос. океан. ин-та», № 4, М. 1931.

Для большинства ситовых анализов сделано два и более параллельных определения. Расхождения между параллельными не превышали 2—3%¹. В нескольких колонках произведены механические анализы нижнего слоя.

Таблица 3. Средний механический состав осадков Мотовского залива²
 Tabelle 3. Mechanische Zusammensetzung der Sedimente des Motovskij Busens
 (Mittelwert)

Тип осадка Bodenart	Средняя глубина в м Mittlere Tiefe, m	Механический состав в % Mechanische Zusammensetzung, %				Количество анализов Zahl der Analysen
		1—0.1 mm	0.1—0.05 mm	0.05—0.01 mm	< 0.01 mm	
Песок Sand	87.8	33.4	57.7	5.9	3.0	13
Илистый песок . Schlammiger Sand	118.1	27.4	54.2	10.8	7.6	11
Песчанистый ил. Sandiger Schlamm	160.4	8.6	45.8	28.5	17.1	32
Ил Schlamm	270.0	1.1	14.4	40.9	38.6	1

Глинистый ил³ с содержанием фракции < 0.01 мм свыше 50% в поверхностном слое осадков Мотовского залива не встречен.

Осадки Мотовского залива представляют собой очень пестрый по механическому составу материал. На некоторых станциях пробы, взятые трубкой Экмана и через несколько минут дночерпателем, отличались даже макроскопически одна от другой. Механический анализ осадка из дночерпателя и из трубки Экмана часто давал значительно расходящиеся цифры, что отчасти лежит и в свойствах орудий сбора, так как обычно в дночерпателе материал сильнее промывается и, кроме того, в анализ попадает не какой-либо определенный горизонт, а смешанный материал — средняя проба из всего слоя, захваченного дночерпателем. Поэтому нами преимущественно использовался материал из трубки Экмана, и только в том случае, если колонка отсутствовала, взят анализ дночерпательного материала. На большом материале открытого Баренцова моря вопросу о сравнении проб из разных орудий сбора, в частности трубки Экмана и дночерпателя, будет уделена особая глава. Точно так же, до сводки этого большого материала составляется и вопрос о среднем механическом составе осадка в различных участках моря и в различных водоемах. Тогда же нами будет вновь⁴ разобран вопрос о допустимых колебаниях аналитических данных и о сравнении результатов, полученных различными методами.

¹ Кленова М. В. К методике механического анализа, ч. 2. Ситовой анализ. «Изв. Асс.оц. научно-исслед. ин-тов 1 МГУ», вып. 3, М. 1930.

² Основанием для вычисления среднего механического состава отдельных типов осадков служит то обстоятельство, что станции покрывают площадь залива равномерно и относительно к расположению осадков. Количество анализов разного типа зависит от частоты встречаемости. В пределах же каждого типа расхождения между цифрами отдельных фракций не нарушают закономерности. Вопрос о закономерности типов механического состава будет освещен особо. (М. Кленова, 1937).

³ Кленова М. В. Отчет о работе комиссии по механическому анализу. «Бюлл. Гос. океан. ин-та», № 1, М. 1931.

⁴ Ср. Кленова М. В. К методике механического анализа. «Изв. Асс.оц. Научно-исслед. ин-тов 1 МГУ», вып. 3, М. 1930.

Вычисленный по способу Бакера средний или эквивалентный диаметр колеблется в различных образцах Мотовского залива от 0.02 до 0.18 мм.

В распределении осадков по дну залива можно отметить ряд закономерностей. Наиболее мелкий материал находится в глубоких местах Ура-губы, где сложный рельеф дна создает систему замкнутых котловин. По карте механического состава (рис. 7) можно видеть, что в центральной части Ура-губы находится зона наиболее медленных движений

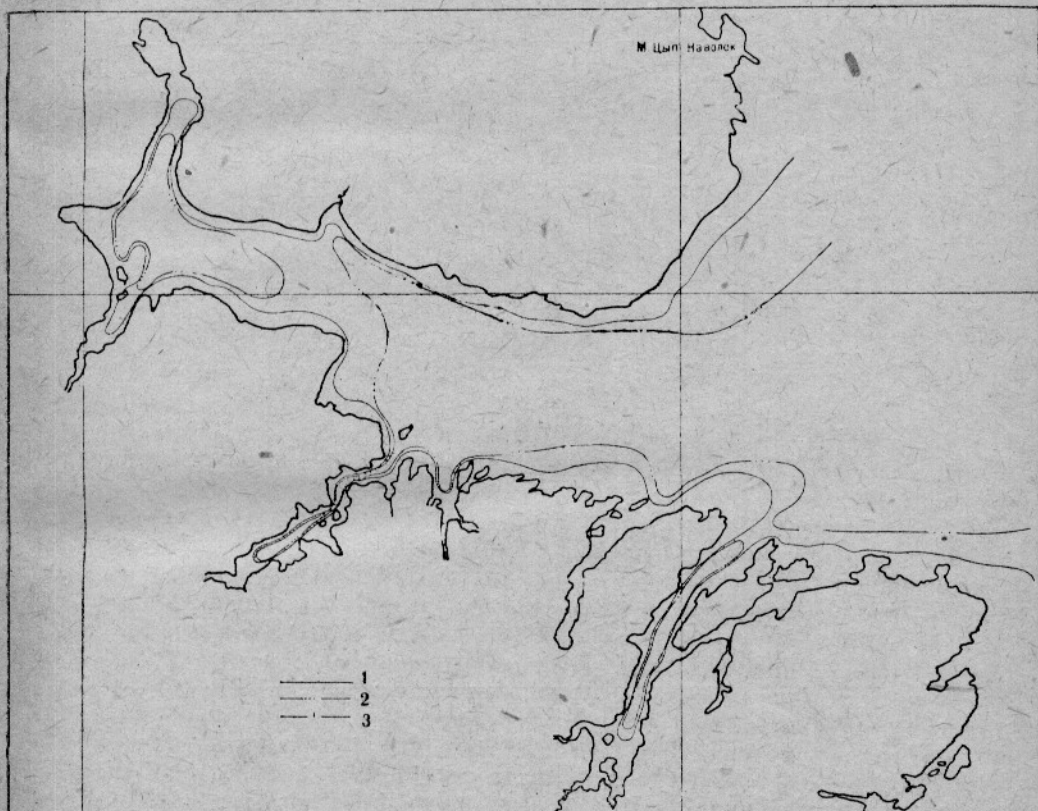


Рис. 7. Мотовский залив. Распределение осадков по механическому составу.

Обозначения: 1 — 5% фракции < 0.01 мм; 2 — 10%; 3 — 30%.

Abb. 7. Der Motovskij Busen. Verbreitung der Sedimente nach ihrer mechanischen Zusammensetzung.

Bezeichnungen: 1 — 5% der Fraktionen < 0.01 mm; 2 — 10%; 3 — 30%.

воды, чем где бы то ни было во всем исследованном районе Мотовского залива. Подтверждение этому факту мы находим и в распределении гидрологических факторов, в частности температуры (рис. 8). На дне губы Ура в июне 1931 г. мы имели относительно очень низкие температуры, указывающие на наличие здесь застойной зоны. Низкий фракционный эквивалент, не превышающий 0.03 мм, мы находим на станциях 1869 и 1870, расположенных в центре выходной части залива. На карте механического состава эти станции находятся в области песчанистого ила, но по анализу можно видеть, что осадки эти относятся к мелким разностям песчанистого ила, так как содержат 28% фракции < 0.01 мм. Местоположение их в рельефе по краям центральной впадины Мотовского залива, а также данные придонных температур под-

тверждают наличие затишной зоны. Как видно по карте механического состава, вся центральная часть залива занята песчанистым илом. В глубоких слоях колонок песчанистый ил быстро переходит в более мелкий материал. Фракционный эквивалент этого песчанистого ила равен 0,04—0,05 мм. Следует отметить, что на подводных возвышениях, несмотря на чрезвычайно отлогий характер склона, как это видно по продольному профилю 26, фракционный эквивалент повышается до 0,05 мм, на пониженных местах спускается до 0,04 мм, завися от количества мелкой фракции, которое колеблется от 11 до 28%. Карта придонных

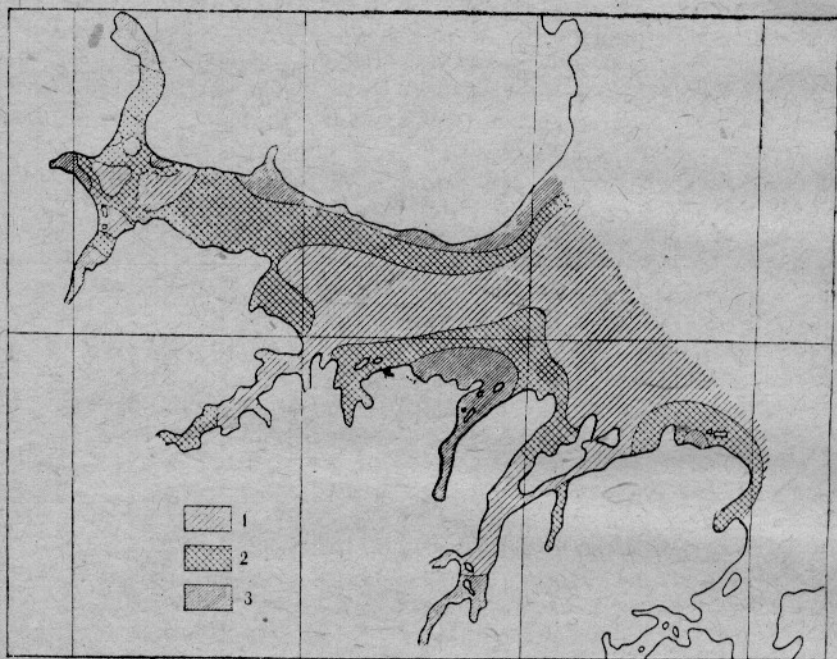


Рис. 8. Мотовский залив. Распределение придонных температур по данным 34-й экспедиции э/с. „Персей“.

Обозначения: 1 — температура от 1 до 2°; 2 — от 2 до 2,5°; 3 — от 2,5 до 3°.

Abb. 8. Der Motovskij Busen. Verbreitung der Bodentemperatur nach Angaben der 34. Fahrt des E/S. „Persey“.

Bezeichnungen: 1—Temperatur von 1 bis 2°; 2 — von 2° bis 2,5°; 3 — von 2,5° bis 3°.

температур также указывает на наличие относительно холодной застойной зоны на всем дне Мотовского залива. Второй участок песчанистого ила, совпадающего с значением фракционного эквивалента 0,04—0,05 мм, обнаружен в Кутовой яме Мотовского залива и также находит подтверждение в распределении придонных температур. Повидимому, пологого повышения до 170 м с углом склона 8—10° достаточно, чтобы разобщить в гидрологическом отношении два участка залива и вызвать смыв мелких частиц с более мелководных мест, что отражается на уменьшении количества мелкой фракции до 9—12% и соответственно на увеличении фракционного эквивалента до 0,09 мм (ст. 1825). Гидрологические данные показывают, что весь этот район характеризуется прогретой до самого дна водой. Придонная температура в июне 1931 г. не спускалась ниже 2°. Распределение наиболее мелкозернистого грунта — песчанистого ила — хорошо совпадает с наличием на дне залива холодных участков, что является доказательством приноса теплой воды извне и наличия затишья в ряде участков. Так как механический

состав осадка является отражением господствующих гидрологических условий, то можно сказать, что в общем средняя часть Мотовского залива является относительно затишной зоной. Движение воды происходит по краям залива, и только в области местных повышений дна движение захватывает и придаточные слои, что хорошо видно как по данным механического состава, так и по температурным данным. Возвращаясь к карте механического состава, можно видеть, что, кроме Центральной и Кутовой ям Мотовского залива, песчанистый ил заходит языками в бухту Вичаны, где местное повышение дна при входе создает затишную, плохо вентилируемую, зараженную сероводородом зону (к чему мы еще вернемся в дальнейшем), и в губу Западная Лица. В той и другой губе на дне мы имеем пониженные температуры, равные 1.7° , фракционный эквивалент равен $0.04-0.05$ мм, т. е. и здесь налицо совпадение пониженной придонной температуры и застойной зоны, оразившейся на механическом составе осадка. Участок песчанистого ила в губе Мотке при входе в бухту Озерко носит несколько своеобразный характер. Придонные температуры здесь (ст. 1804) 2.8° , фракционный эквивалент равен 0.18 мм, т. е. является самым большим из всех исследованных проб; между тем, анализ показывает присутствие 18.4% мелкой фракции, и, таким образом, осадок относится к группе песчанистого ила. В то же время присутствует большое количество песчаных частиц — 46.5% фракции $1.0-0.1$ мм и 14.5% гравия > 1.0 мм. Такой смешанный характер осадка легко объясняется условиями его образования в узкой долине, где наряду с приносом мелкого материала текучей водой, несомненно, играет роль и деятельность берегового льда, так как бухта Озерко относится к числу замерзающих. Закономерности, подмеченные на всем пространстве Мотовского залива, здесь, естественно, нарушаются. Эта станция является исключительной также и по продуктивности дна, достигающей 860 г на m^2 , и по характеру фауны, представленной главным образом моллюсками и прочей эпифауной, а также по количеству валунов. Те же черты, только несколько смягченные, носит и станция 1806, где мы также имеем песчанистый ил с количеством 11.7% мелкой фракции и большой фракционный эквивалент, равный 0.12 мм.

В кутовых частях исследованных нами губ — Западная Лица, Титовка, Ура и Кутовая — мы имеем илистый песок с фракционным эквивалентом $0.07-0.08-0.09$ мм. Илистый песок с фракционным эквивалентом от $0.06-0.09$ покрывает все возвышенные места дна Мотовского залива, так называемые лещади, и совпадает в своем распространении с областью теплой придонной воды. По северному берегу Мотовского залива илистый песок спускается до глубины 164 м, по южному наибольшая глубина его залегания 130.5 м. Это дает основание думать, что воды Нордкапского течения, которые создают температурный режим Мотовского залива, за исключением самых прибрежных участков, где, вероятно, сказывается нагревание от берега, вступают в Мотовский залив вдоль южного берега Рыбачьего п-ова. Прижимаясь под влиянием силы вращения земли к правому склону, они смывают мелкие частицы и уносят их в глубину залива, отлагая их, по всей вероятности, в относительно затишных зонах¹. Ниже мы попытаемся найти подтверждение этому соображению и в распределении валунов и зерен тяжелых минералов. Еще более мелководные прибрежные участки Мотовского залива покрыты песком с фракционным эквивалентом $0.09-0.13$ мм. В наших анализах пробы песка встречаются относительно редко, так как работы производились с большого судна, с которого, при существующих усло-

¹ Динамическая карта течений вполне подтверждает данные механического анализа.

виях плавания в Мотовском заливе, нельзя было делать станции близко от берега из опасения, что судно будет нанесено на мель или подводные скалы. Не благоприятствовала этому и плохая погода. Однако, местами удалось все же сделать станции достаточно близко от берега и наметить границы песчаных грунтов.

Для большинства исследованных проб были составлены кривые и вычислен не только фракционный эквивалент, но и степень сортировки или однородности. Колебания последней оказались равными 0,131—

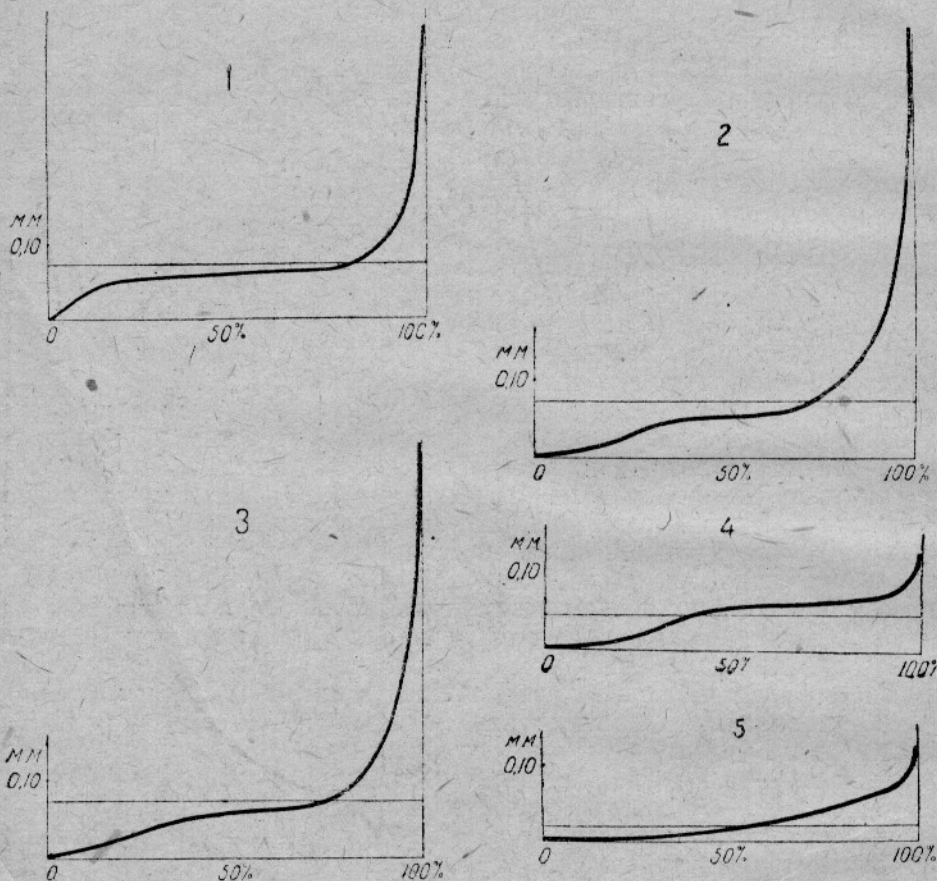


Рис. 9. Мотовский залив. Кривые механического состава по Вакег: 1. Ст. 1822. Фракционный эквивалент — 0,074; фактор однородности — 0,633; 2. Ст. 1829. Фракционный эквивалент — 0,077; фактор однородности — 0,314; 3. Ст. 1835. Фракционный эквивалент — 0,079; фактор однородности — 0,342. 4. Ст. 1860. Фракционный эквивалент — 0,045; фактор однородности — 0,500. 5. Ст. 1854. Фракционный эквивалент — 0,023; фактор однородности — 0,131. 6. Ст. 1863. Фракционный эквивалент — 0,319; фактор однородности — 0,292. 7. Ст. 1865. Фракционный эквивалент — 0,294; фактор однородности — 0,228.

0,879, т. е. захватывают все типы осадков Вакег от морских и до речных. Таким образом, дальнейшее накопление материала показывает, что абсолютная величина степени сортировки, приводимая Вакег, в условиях полярного климата при наличии переноса льдом не имеет универсального значения, как это нам уже приходилось указывать¹. Тем не менее, способ числового выражения степени сортировки материала или,

¹ Кленова М. В. Пески Чешской губы. «Тр. Морск. научн. ин-та», т. IV, вып. 4, М. 1930.

что то же, типа кривой не теряет своего значения для данного водоема, так как отклонения от типичных форм кривых объясняются наблюдающимися закономерностями.

Руководствуясь величиной фракционного эквивалента и степенью сортировки или фактора однородности, мы можем разделить осадки Мотовского залива на несколько типов:

1. Фактор однородности 0,630—0,879 (ст. 1822). При этом фракционный эквивалент 0,06—0,09 м.м (рис. 9, фиг. 1). Очень высокая сте-

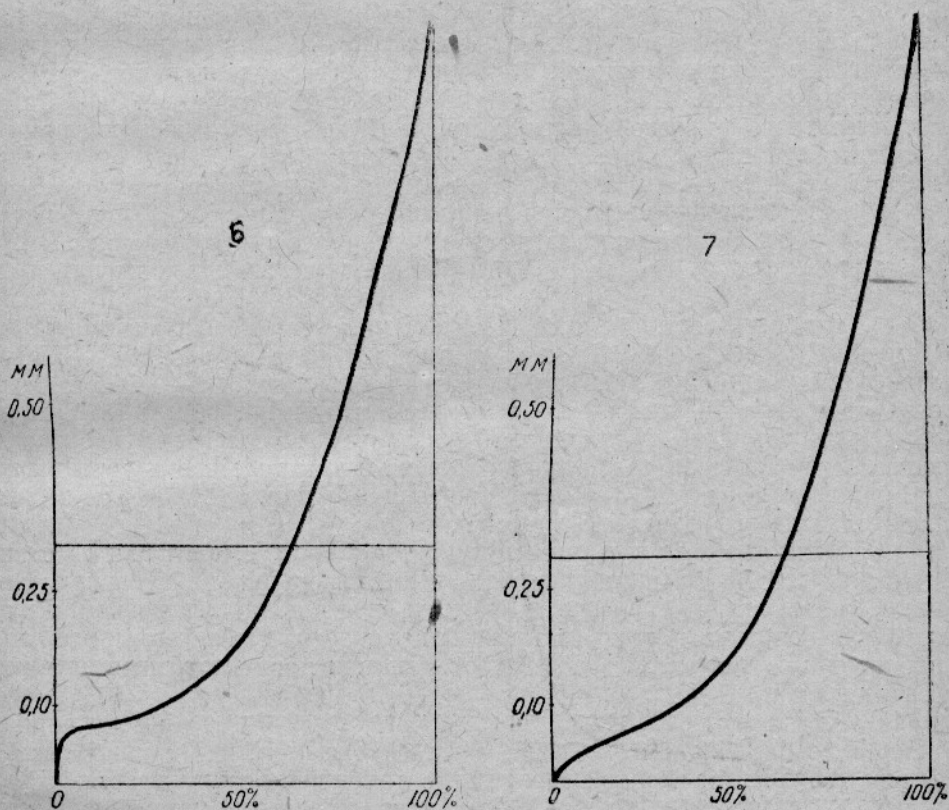


Abb. 9. Der Motoskij Busen. Kurven der mechanischen Zusammensetzung nach Baker: 1. St. 1822. Equivalent Grade (E. G.) — 0,074; Grading Factor (G. F.) — 0,633. 2. St. 1829. E. G. — 0,077; G. F. — 0,314; 3. St. 1835. E. G. — 0,079; G. F. — 0,342. 4. St. 1860. E. G. — 0,045; G. F. — 0,500; 5. St. 1854. E. G. — 0,023; G. F. — 0,131. 6. St. 1863. E. G. — 0,319; G. F. — 0,292. 7. St. 1865. E. G. — 0,294; G. F. — 0,228.

пень сортировки материала указывает на постоянно действующие факторы. Сюда же относятся станции 1843, 1857 и 1867, расположенные близко от берега. Повидимому, высокая степень однородности вызвана существованием мощных приливо-отливных течений.

2. Фактор однородности между 0,178—0,571, чаще 0,3—0,4, фракционный эквивалент 0,06—0,18 м.м. Кривые характеризуются легким уступом в средней части, как видно на рис. 9, фиг. 2. Постепенными переходами они связаны с первым предыдущим типом и следующим. Ко 2-му типу относятся станции, расположенные в губах и у берегов: 1804,

1806, 1807, 1808, 1814, 1815, 1819, 1820, 1821, 1829, 1856 и 1874. Изгиб кривой, указывающий на резкую разницу между количеством мелкой фракции — пелита и фракции сiltа — 0.1—0.05 м.м., особенно ясен в песчаных осадках 1814 и 1819 станций.

3. Фактор однородности между 0.279 и 0.573 при фракционном эквиваленте 0.09—0.05 м.м. Это кривые (рис. 9, фиг. 3) без резко выраженного изгиба. К ним относятся станции 1810, 1812, 1825, 1828, 1835, 1840 и 1854. Все осадки относятся к песчанистому илу, редко илистому песку с большим содержанием мелкой фракции (станция 1828 мелкой фракции 9.3%), расположенному в заливах Зап. Лица, Ура-губа или в Кутовой яме Мотовского залива.

4. Пологие кривые, иногда несколько приближающиеся к предыдущему типу, с фактором однородности 0.351—0.743, чаще около 0.5, фракционным эквивалентом 0.04—0.05 м.м. Сюда вошли все станции центральной части Мотовского залива, а также Вичаны и вся Зап. Лица, за исключением кутовой части, которая вошла в предыдущую группу. Станции 1811, 1813, 1823, 1831, 1836, 1837, 1839, 1842, 1846, 1860, 1861 все представлены песчанистым илом. Кривые (рис. 9, фиг. 4) очень мало отличаются по конфигурации одна от другой. Постоянство их указывает на постоянство и однообразие условий отложения. Как выше указывалось, это как раз есть область замедленных движений придонной воды.

5. Наиболее мелкий материал дает чрезвычайно пологие кривые с относительно низкой степенью сортировки (рис. 9, фиг. 5). Фактор однородности 0.131—0.397. Фракционный эквивалент 0.02—0.03 м.м. Сюда относятся станции 1854 и 1855 в Ура-губе и станции 1869 и 1870, которые выше отмечены как станции с наиболее замедленным движением воды. Этим объясняется, с одной стороны, низкая степень сортировки материала и, с другой, — обогащение мелкой фракцией, которая не выносится и не вымывается из осадка.

Особняком стоят две кривые для песков (рис. 9, фиг. 6 и 7) станций 1863 и 1865, дающие эквивалентный диаметр 0.3 м.м и низкую степень сортировки — 0.29—0.22. Причиной этого является, по всей вероятности, положение этих станций близ склона Рыбачьего п-ова, где происходит интенсивный сносе грубозернистых продуктов выветривания береговых пород (табл. 4).

На станциях 1812, 1825, 1828, 1834, 1848, 1855, 1868 сделан анализ нижнего слоя колонок (табл. 4). На всех станциях центральной части залива количество мелкой фракции с глубиной увеличивается. Станция 1855, расположенная в губе Ура, дает укрупнение материала с глубиной. Увеличение количества мелкой фракции с глубиной хорошо согласуется с констатированным выше поднятием дна Мотовского залива, поведшим к образованию террас. То же поднятие в Ура-губе могло повести к образованию застойной зоны. Во времена более высокого стояния воды могло существовать более открытое сообщение с центральной частью Мотовского залива и вместо современного ила (35.9% мелкой фракции) отлагался песчанистый ил с 25.5% мелкой фракции. Таким образом, осадки Мотовского залива, как и открытого Баренцова моря¹, отражая общее поднятие берегов, не дают указаний на резкие изменения в гидрологическом режиме, что, по всей вероятности, объясняется постоянством основных элементов рельефа. Последнее является доводом в пользу чрезвычайно древнего происхождения основных элементов рельефа дна Баренцова моря², на что нам уже приходилось указывать.

¹ Самойлов Я. В. и Кленова М. В. К литологии Баренцова моря. «Тр. Морск. научн. ин-та», т. 2, вып. 3, М. 1927.

² Кленова М. В. Происхождение рельефа дна Баренцова моря. «Природа», № 3, стр. 49. Л. 1933.

Таблица 4. Изменение механического состава с углублением в грунт
 Tabelle 4. Veränderungen der mechanischen Zusammensetzung mit der Vertiefung in den Grund

№ станции Nr. der Stationen	Глубина в ж Tiefe, m	Характер пробы Art der Probe	Глубина от по- верхности дна в ж Tiefe vom der Bodenfläche, cm	Механический состав в % Mechanische Zusammensetzung, %				
				>1 ¹	1.0—0.1	0.1—0.05	0.05—0.01	< 0.01
				mm	mm	mm	mm	mm
1812	175	Верх—илистый песок; низ—пес- чанистый ил зе- леновато-серый с камнями	1	(0.7)	4.7	57.4	28.4	9.5
			25	(0.4)	6.2	60.2	8.7	24.9
1825	195	Песчанистый ил; верх—зеленова- то-серый; низ— темносерый с зеленовато-серы- ми примазками	1	(7.2)	20.5	38.9	28.6	12.0
			25	(0.6)	2.5	43.9	33.8	19.8
1828	187	Илистый песок зеленовато-се- рый с черными прослойками	1	(8.2)	3.2	50.1	37.4	9.8
			25	(1.9)	5.1	60.6	22.8	11.5
1834	84	Песчанистый ил зеленовато- серый с неболь- шим количеством камней	1	(1.6)	5.4	65.5	18.6	10.5
			13	(3.7)	3.7	68.9	13.6	13.7
18	65	Илистый песок зеленовато-се- рый, жидкий— верх; низ—гли- нистый ил, голу- бовато-серый	1	(10.7)	20.1	63.6	7.4	8.9
			52	—	0.5	13.7	36.1	49.7
1855	213	Ил зеленовато- серый с черны- ми примазками; низ—песчани- стый ил	1	(0.3)	1.9	20.8	41.4	35.9
				—	2.0	35.1	37.4	25.5
1868	245	Илистый пе- сок—верх; низ— песчанистый ил зеленовато-се- рый	1	(0.9)	12.9	65.3	12.4	9.4
			25	(0.2)	1.9	41.1	30.7	26.3

Соображения по поводу движения воды в Мотовском заливе, высказанные в результате обработки данных механического анализа, вполне подтверждаются картой течений Мотовского залива, составленной на основании динамической обработки гидрологических данных. Этот факт, наглядно демонстрирующий связь между течениями и механическим составом осадка, показывает, что как метод динамической обработки гидрологических данных, так и метод механического анализа по Осборну с контролем величины частиц помощью микроскопа дают в руки океано-

¹ Фракция > 1 мм вычитается из навески и не входит в сумму 100%.

Die Fraktion > 1 mm wird aus der Gesamtprobe substrahiert und gehört nicht zum Totalwert von 100%.

графа средство судить о действительных реальных соотношениях этих факторов, существующих в природе. Несмотря на то, что как тот, так и другой метод исходит из ряда условных предпосылок, полученные данные заставляют считать выбранный путь правильным. Задачей дальнейшего исследования является возможность математического выражения этой зависимости. Но и в настоящее время в правильно сделанном механическом анализе мы имеем удобное средство быстро судить о характере движений воды в данном участке, не производя сложных и длительных наблюдений над течениями непосредственно. Необходимо только помнить, что этими свойствами обладает лишь правильно сделанный механический анализ. Многолетняя работа нашей лаборатории по методике механического анализа морских осадков еще не закончена. Однако, несомненной представляется необходимость какого-то критерия величины зерен, независимо от условий самого анализа, и, таким образом, мы приходим к выводу, что гидравлическая крупность частиц, вычисленная на основании лабораторных опытов, не дает надежного результата. Несмотря на условность понятия о диаметре частицы, под которым понимается какой-то средний, не зависящий от формы диаметр, контроль величины его микроскопом и является таким не зависящим от условий опыта критерием. Комиссия Государственного океанографического института, работавшая над вопросами механического анализа, стала на ту точку зрения, что контроль микроскопом обязателен для каждой установки механического анализа. Пользование микроскопом в процессе самой работы было признано желательным в случае меняющегося материала. При работе же с однородным материалом контроль микроскопа можно свести до минимума. Само собой разумеется, что при проведении в жизнь этого пожелания мы должны будем совершенно отказаться от таких грубых методов, как метод Сабанина, Туле и другие, так как контроль микроскопа немедленно покажет нам, что фракции, полученные по времени падения и прочим признакам, крайне неоднородны по составу и содержат зерна самых разнообразных величин. Естественно, что данные, полученные этими методами, только случайно могут дать материал, отражающий реальные взаимоотношения гидросферы и литосферы¹.

4. Минеральный состав осадков Мотовского залива

Одним из характерных признаков песчано-глинистых фаций в осадочных породах является минералогический состав так называемой «тяжелой» фракции. Минералы высокого удельного веса свыше 2.7 (уд. в. кварца 2.65) часто являются наиболее устойчивой составной частью

¹ Вопросам методики механического анализа морских осадков посвящены следующие работы:

Кленова М. В. К методике механического анализа морских осадков. «Труды научно-исслед. ин-та минералогии и петрографии 1 МГУ», вып. 5, М. 1926.

Зильберманц В. А. и Кленова М. В. О новых методах механического анализа и классификации фракции. «Тр. Ин-та прикладной минералогии», вып. 29, М. 1926.

Самойлов Я. В. К вопросу о единстве механической характеристики осадочных пород (там же).

Кленова М. В. К методике механического анализа. Ч. II. Ситовой анализ. «Изв. ассоц. научно-исслед. ин-тов 1 МГУ», вып. 2—3, М. 1930.

Кленова М. В. Отчет о работе комиссии по механическому анализу при Гос. океан. ин-те. «Бюлл. Гос. океан. ин-та», № 1, М. 1931.

Кленова М. В. и Рачковская А. А. К методике механического анализа. Метод пипетки в применении к морским осадкам. «Бюлл. Гос. океан. ин-та», № 12, М. 1932.

Кленова М. В. К вопросу об установлении единой методики механического анализа (укр.). «Обзорник в честь акад. Тутковського», Киев 1931.

осадка, и их качественный состав характеризует тот исходный материал, который послужил источником для образования данного осадка или осадочной породы. Отмечено, что наличие турмалина, топаза, флюорита характеризует материал из кислых изверженных пород; диопсид, роговая обманка, оливин — из основных, хлорит, эпидот, силиманит, андалузит, ставролит, дистен и другие указывают на происхождение из метаморфических пород; магнетит, доломит, бурый железняк указывают на осадочное происхождение обломочного материала. Многочисленные работы английских¹ и американских² литологов выявили все значение минералов тяжелой фракции для палеогеографических сопоставлений и для практических целей корреляции пластов нефтяных месторождений. Аналогичные работы (Аншелес³, Батурина⁴, Вишняков⁵ и др.), проведенные в СССР, дали минералогическую характеристику нефтеносных слоев ряда месторождений. Условия распространения ассоциации — дистен, ставролит, силиманит в песках и глинах продуктивной толщи Апшеронского п-ова позволили В. П. Батуриной⁶ вывести ряд интересных умозаключений об источнике происхождения этих минералов и об основных водных артериях того времени. На возможность выяснения течений ископаемого моря на основании распределения дистена и других минералов указывал еще ранее Сауеих⁷.

Существенный интерес представляет вопрос о пределах возможных колебаний минералогического состава, о распространенности, о радиусе распространения того или иного комплекса, о связи тяжелых минералов с механическим составом и физико-географическими условиями бассейна, другими словами, вопрос о методологической ценности тяжелой фракции для целей корреляции. Исследование распространения тяжелой фракции в современных песчано-глинистых осадках на дне Баренцова моря с этой точки зрения представляет интерес ввиду полной возможности учесть батиметрические и гидрологические факторы.

Данные по распределению тяжелых минералов в таком сравнительно небольшом и замкнутом участке моря, как Мотовский залив, являются лишь частью того материала, который имеется у нас по всему Баренцову морю. Минеральный состав тяжелой фракции Мотовского залива особенно интересовал нас, потому что источник минеральных зерен здесь ясен. С одной стороны, это древний щит Фенноскандии, с другой — палеозойская толща Рыбачьего п-ова.

Фенноскандинавский щит в районе Мотовского залива сложен гранатовыми и слюдяными сланцами и гнейсами⁸ с пачками амфиболовых, амфиболо-широксеновых, гранатовых и магнетитовых сланцев. Этот

¹ Boswell P. G. H. British resources of sands etc. London, 1918 и другие работы, список которых, равно как и ряда статей других авторов, имеется в книге Milner. Sedimentary petrography. London 1929.

² Reed, Subsurface Correlation by means of Heavy Minerals. «Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.», 1927, p. 359 и другие работы его же. Tieckell. The examination of fragmental rocks. Stanford university. California, 1931 (там же литература).

³ Аншелес О. М. Микроскопическое исследование юрских и меловых отложений Урало-Эмбенского района. «Вестн. геол. ком.», № 8—9, стр. 40, 1927.

⁴ Батурина В. П. О присутствии дистена в песках продуктивной толщи. «Изв. Азерб. политехн. ин-та», 1928.

⁵ Вишняков С. Г. Микроскопическое исследование меловых и юрских отложений Урало-Эмбенского нефтеносного района. «Изв. геол. ком.», XLV, № 4, стр. 105, 1929.

⁶ Батурина В. П. Физико-географические условия века продуктивной толщи. «Изв. Азербайдж. нефт. ин-та», 1931.

⁷ Сауеих. Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires. Paris, p. 299, 1916.

⁸ Полканов А. А. Предварительный отчет о работах 1923 г. «Изв. геологического комитета», т. XLIII, № 7, 1924.

комплекс встречен в 8—10 км от устья рр. Ура и Зал. Лица¹. Несколькими более молодыми породами, но все же более древними, чем граниты, являются по Полканову, роговообманковые гнейсы, амфиболиты и metabазиты с сине-зеленым амфиболом, моноклинным пироксеном, сфеном и ортитом. Метабазиты близки к пироксенитам с сохранившимся оливином. Далее по возрасту следуют олигоклазовые и микроклиновые граниты и их мигматиты. Они содержат биотит, мусковит, турмалин, топаз, моноклинический пироксен, магнетит и титано-магнетит, иногда за счет амфибола поглощаемых пород — эпидот. Рыбачий п-ов² сложен силурийскими песчаниками и песчанистыми сланцами, прорезанными жилами изверженных пород. Изверженные породы палеозойского возраста прорезают и породы кристаллического щита. К этим породам относятся диабазы, пироксениты, авгитовые порфириты, камптониты и эссекситовые диабазы³. Они содержат оливин, энстатит, титанистый авгит, амфибол типа баркевекита, апатит, биотит, коричневый амфибол⁴. В сводке Полканова⁵ мы находим указания на нахождение в районе Мотовского залива следующих минералов: золота, пирита, молибденита, медного колчедана, свинцового блеска, магнетита, барита, кальцита⁶, из них только барит и магнетит и отчасти пирит⁷ могут быть встречены в осадках на морском дне. Остальные, вследствие своей редкости, как золото, или легкой разлагаемости, как сульфиды, не представляют интереса с этой точки зрения. Большие значения имеют породообразующие и аксессуарные минералы изверженных и метаморфических пород и в районе Мотовского залива; в связи с его сложным строением мы вправе ожидать разнообразный и обильный комплекс тяжелых минералов.

Выделение тяжелых минералов производилось в делительной воронке при помощи жидкости Туле (HgJ_2 в KJ) уд. в. 2.71—2.75 из фракции крупной сивьта, т. е. 0.1—0.05 мм, отмученного по методу Осборна под контролем микроскопа. При этом удельном весе жидкости всплывает кальцит, в том числе и остатки известковых раковин; доломит же и другие более тяжелые минералы тонут так же, как биотит, мусковит и др.

Тяжелые минералы выделялись на следующих станциях⁸ (табл. 5), расположение которых видно на картах (рис. 2 и 12).

Максимальные цифры содержания тяжелой фракции — 22.3% и 21.7%, при пересчете равные соответственно 15.9 и 9.9%, обнаружены в кутах губ Титовки и Зап. Лицы, глубоко врезающихся в кристалли-

¹ Герасимов А. П. и Кузнецов И. Е. Записки о геологических работах, произведенных в 1921 г. на Кольском п-ове. «Мат. бюрб учета полезных ископаемых геол. ком.».

² A. Fieandt. Fiskarhalföns och on Kildin Geologi. «Fennia» 32, № 7, 1912.

³ Уже после сдачи в печать настоящей работы вышла сводка А. А. Полканова «Геолого-петрологический очерк сев.-зап. части Кольского полуострова», ч. I. Изд. АН СССР. Л.—М. 1935, в которой автор дает значительно более подробную схему стратиграфии района и, в частности, отмечает в древнейшем комплексе докембрия, сложенном гранатовыми и слюдяными гнейсами, наличие интрузий габбро-амфиболитов, гиперстеновых диоритов и олигоклазовых гранитов. Сводка эта, к сожалению, не могла быть нами полностью использована.

⁴ Полканов А. А. Лос. cit., стр. 948.

⁵ Полканов А. А. Геологические исследования на Кольском п-ове в 1917—1927 гг. «Доклады и сообщения О-ва изучения Мурманского края», вып. II, стр. 13, Мурманск 1928.

⁶ Указывается также на присутствие в породах Кольского п-ова флюита, асбеста, кианита, силлиманита и других (Полканов, лос. cit., стр. 508—510).

⁷ На дне в восстановительной среде морского осадка часто встречается пирит сингенетичного происхождения в виде ростков-псевдоморфоз по трубкам червей и другим организмам и значительно реже хорошо окристаллизованный кластический пирит.

⁸ Разделение производила М. А. Виселкина.

ческие породы Мурманского берега. В этих же губах в береговом песке нами обнаружено большое количество граната. В губе Титовке гранатовый песок накапливается на пляже в верхнем слое берегового песка. Гранатом обогащен только самый верхний слой песка, в глубину количество граната уменьшается и уже в нескольких сантиметрах от поверхности розовая окраска песка сменяется обычной светлосерой с некоторой примесью черных минералов. Иногда в более глубоких слоях песка вновь обнаруживается скопление граната.

Таблица 5. Содержание тяжелых минералов в осадках в ‰
Tabelle 5. Der Gehalt der Sedimente an schweren Mineralien in ‰

№ станций Nr. der Stationen	Содержание минералов уд. в. > 2.7 Mineralien sp. Gewicht > 2.7	Количество фракции 0.1—0.05 мм Fraktion 0.1—0.05 mm	Пересчет содержания тяжелой фракции на всю пробу Der Gehalt an schwerer Fraktion auf die Gesamtprobe umgerechnet
1812	5.57	57.4	3.2
1813	5.75	45.7	2.6
1817	8.50	34.5	2.9
1818	5.67	54.6	3.1
1820	5.32	54.6	2.9
1822	22.26	71.6	15.9
1823	8.10	38.5	3.1
1825	5.60	38.9	2.2
1827	8.49	65.6	5.6
1828	4.77	50.1	2.4
1829	6.36	54.6	3.5
1832	5.96	60.0	3.6
1834	6.37	65.5	4.2
1835	21.74	45.7	9.9
1837	9.08	44.2	4.0
1843	10.07	32.5	3.3
1844	4.18	66.4	2.8
1858	8.75	63.0	5.5
1859	6.20	59.6	3.7
1860	6.42	52.7	3.5
1863	4.41	27.1	1.2
1865	3.83 (5.07)	20.5	0.8 (1.0)
1869	2.74	35.6	1.0
1870	3.82 (5.33)	32.5	1.2 (1.7)
1873	26.06 ¹	4.4	1.1

Количество тяжелой фракции в осадках Мотовского залива несколько повышено вдоль его южного берега, в центральной части залива в области отложения песчанистого ила оно снижается (ст. 1828—4.8%) и в выходной части достигает минимума (ст. 1869—2.74%), оставаясь все же повышенным по сравнению с открытыми частями Баренцова моря, где количество тяжелой фракции достигает этой цифры лишь изредка.

Мы видим здесь ту же отмеченную ранее закономерность², что количество тяжелой фракции чрезвычайно тесно связано с составом пород ближайшего берега.

¹ Последняя цифра относится к чрезвычайно малому количеству фракции 0.1—0.05 мм. Пересчет на всю навеску дает результат, не отличающийся от прочих станций выходной части залива.

² Кленова М. В. Постilloценовая глина из губы Крестовой на Новой Земле. «Тр. Геол. ин-та Академии наук», т. I, стр. 177, Л., 1932.

Сопоставляя количество тяжелой фракции с механическим составом осадка, можно видеть, что процентное содержание тяжелых минералов в общем колеблется параллельно количеству фракции 0.1—0.05 мм (рис. 10). Кривая тяжелых минералов расположена обратно по отношению к кривой мелкой фракции и таким образом количество тяжелых минералов, заключенное в фракции 0.1—0.05 мм, является до некоторой степени отражением гидро-механических условий отложения осадка. Легкие и мелкие частицы уносятся, и осадок, обогащаясь крупными частицамиシルта, одновременно, но в большей степени, по отношению ко всему составу осадка, обогащается и тяжелыми минералами.

Пересчитав процентное содержание тяжелой фракции на всю навеску, мы получаем для всего залива постоянные цифры

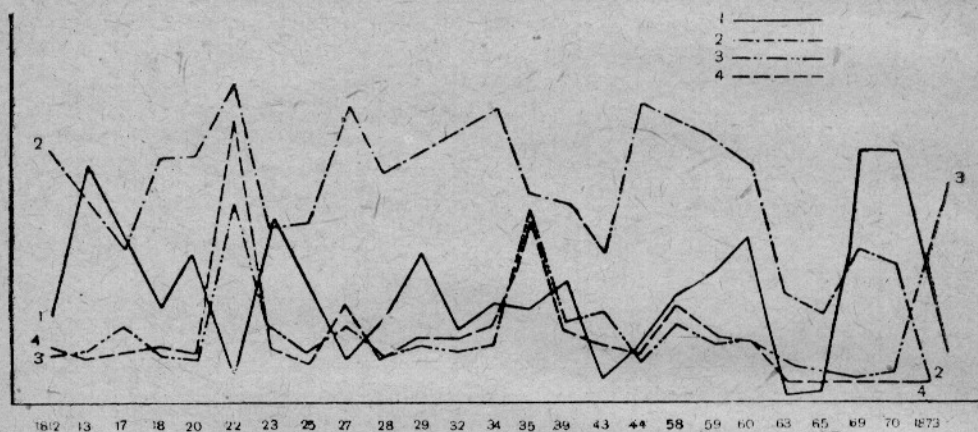


Рис. 10. Мотовский залив. Соотношение между механическим составом осадка и количеством тяжелой фракции.

Обозначения: 1 — содержание фракции < 0.01 мм; 2 — то же 0.1 до 0.05 мм; 3 — минералы $d > 2.7$ для фракции 0.1 — 0.05 мм; 4 — содержание минералов, пересчитанных на всю навеску.

Abb. 10. Der Motovskij Busen. Verhältnis zwischen der mechanischen Zusammensetzung der Sedimente und dem Gehalt an schwerer Fraktion.

Bezeichnungen: 1 — der Fraktion < 0.01 mm; 2 — desgl. von 0.1 bis 0.05 mm; 3 — Mineralien $d > 2.7$ für die Fraktion 0.1 — 0.05 mm; 4 — Gehalt an Mineralien in Umrechnung auf die gesamte Gewichtprobe.

(около 3%) и только местами у южного берега эта цифра повышается до 5.6, 5.5, 4.2 и 4.0% (ст. 1827, 1858, 1834, 1837), в кутах губ Титовки — 15.9%; Зап. Лицы — 9.9% и снижается до 2.2% на ст. 1825 и до 2.4% на ст. 1828 в центральной части залива и до 1.0—0.8% в выходной части залива. Таким образом, пересчет еще рельефнее подтверждает отмеченную зависимость между расстоянием от источника сноса и количеством тяжелой фракции.

Выделенная при помощи жидкости Туле тяжелая фракция была подвергнута минералогическому анализу. Минералы определялись в зернах сначала под бинокляром, потом под микроскопом. Для определения показателя преломления употреблялись жидкости: парафиновое масло (показатель преломления 1.444), нитробензол (1.554), бромнафтаген (1.659), иодистый метилен (1.740). После определения возможных при этом составе жидкостей оптических констант окончательное определение минерала производилось по таблицам Мильнера¹.

В нижеприводимой таблице сведены результаты качественного минералогического анализа 17 станций Мотовского залива² (табл. 6).

¹ Milner. Loc. cit., 1929.

² Определения произведены Л. А. Ястребовой, проверены М. В. Кленовой.

Всего встречено свыше 30 минеральных видов. Гранат, магнетит, мусковит, биотит и минералы группы эпидота обнаружены на всех станциях (100% встречаемости).

Свыше 80% встречаемости — оливин (?) и роговая обманка. Какой-либо закономерности в распределении этих минералов по тому или иному берегу подметить не удалось. Только роговая обманка несколько чаще встречается по южному берегу (90% всех станций), чем по северному, где встречаемость равна 71%.

Далее следует группа минералов, общая встречаемость которых 75—50%: актинолит, чаще по южному берегу, диопсид, приуроченный главным образом к северному берегу (100% всех станций) и отчасти к станциям по середине залива; тремолит, приуроченный к южному берегу (80%) и к середине залива, гиперстен с таким же распространением; флюорит (?) преимущественно в центральной части залива; хлорит (?) и андалузит несколько чаще по южному берегу; равномерно распределяется топаз (?).

Следующая группа минералов встречается на 25—50% всех станций; авгит и кианит (дистен) на станциях центральной и выходной части залива так же, как и более редкий турмалин; циркон, рутил и энстатит ясно приурочены к южному берегу; ильменит (35%) и апатит (29%) преимущественно во внутренней части залива по обоим берегам; силлиманит в центральной и выходной части, чаще по северному берегу.

К группе еще более редких минералов (встречаемость 25—10%) относятся клинозоизит, вошедший при общем подсчете в группу эпидота и имеющий как-будто два центра распространения — по южному берегу в губах Вичаны и Зап. Лица и в Кутовой яме; сфалерит, распространение которого, несмотря на его относительную редкость, чрезвычайно любопытно — все три станции, на которых встречен сфалерит, расположены в выходной части залива близ северного берега (под Базарами). Ставролит встречен на двух станциях (12% встречаемости) также у выхода; барит на ст. 1828 и 1844 происходит, очевидно, из баритовых жил Кутовой губы¹; монацит (?) на двух станциях в центральной части. Последняя находка может указывать на отдаленное происхождение этого минерала². Еще более редки: глаукоцит на ст. 1873 у выхода, а также серпентин (?).

Таким образом, в пределах относительно ограниченной площади Мотовского залива мы можем наметить некоторые группы — комплексы минералов, связанные общностью источника сноса и представляющие собой определенную минеральную ассоциацию, определенный парагенезис, понимая это слово несколько не в обычном смысле.

Таковы для южного берега залива роговая обманка, актинолит, тремолит, гиперстен, энстатит, андалузит, циркон, рутил, отчасти эпидот и хлорит (?); на станциях северного берега преобладают диопсид, силлиманит, сфалерит (?). В центральной части залива, не встречаясь на береговых станциях, — турмалин, отчасти топаз (?), монацит (?); в кутовой части — апатит и ильменит. В выходной очень интересно распределение сфалерита на крайних северо-западных станциях. Наконец, комплекс — гранат, магнетит, биотит, мусковит, минералы группы эпидота и отчасти оливин — характеризуют все пространство залива, встречаясь на всех без исключения или почти на всех станциях.

¹ Полканов А. А. *Loc. cit.*

² Следует отметить, что монацит определен путем исключения, и желтый минерал, условно отнесенный нами к монациту, может при дальнейших исследованиях оказаться каким-либо минералом из группы редкоземельных, подобных минералам щелочного массива Хибин, обладающим близкими к монациту оптическими свойствами.

Таким образом, главным источником минеральных зерен в осадках Мотовского залива, повидимому, являются гранатовые, слюдяные, магнетитовые и амфиболовые сланцы, отмеченные А. А. Полкановым¹, а также граниты южного берега. Осадочные породы Рыбачьего п-ова играют значительно меньшую роль в смысле области сноса, доставляя незначительное количество минеральных видов, преимущественно контактового и жильного характера, а также переотложенные минеральные зерна изверженного происхождения.

Для всей области Мотовского залива характерным является богатство минеральными видами и разнообразие минерального состава. Количество определенных минеральных видов ни на одной станции не опускается ниже 11, поднимаясь в центральных частях залива до 21 вида на одной станции из общего числа 30 видов.

Для ряда станций нами был применен метод количественного подсчета зерен отдельных минералов в препаратах в канадском бальзаме при помощи окуляра Гиршвальда. В табл. 7 приведено процентное содержание минералов, распределенных по убывающему их количеству и по частоте встречаемости. Хорошо видно равномерное распределение граната, с некоторым увеличением на ст. 1820, где возможен вынос из губы Титовки. Мусковит убывает в центральной части залива ближе к выходу. Магнетит и прочие темные непрозрачные минералы, очевидно ильменит, увеличиваются у северного берега. Количество роговой обманки резко увеличено в глубине губы Зап. Лица на ст. 1835 и быстро уменьшается к выходу и у северного берега, что вполне совпадает с нахождением амфиболовых пород на р. Зап. Лице (см. выше). На происхождение с южного берега указывает и распространение андалузита. Далее следует отметить некоторое обогащение диопсидом, доломитом и авгитом на ст. 1844 (у северного берега), хлоритом и эпидотом в центральной и выходной части залива. Остальные минералы встречены в очень малом количестве и распределение их не представляет ничего характерного.

Главным выводом для выяснения коррелятивного значения минералов тяжелой фракции является то, что на небольшом сравнительно пространстве (40×50 км)² соотношение отдельных минералов в комплексе меняется значительно, в то время как самый комплекс в отношении главных составных частей более или менее постояен. Оущественно при этом то, что комплекс тяжелых минералов чрезвычайно тесно связан с петрографическим строением берегов, и о переносе материала при помощи течений на далекое расстояние говорить трудно. Более редкие минералы имеют пространственно очень ограниченные ареалы распространения, указывающие, таким образом, на сравнительно небольшую степень перемешивания материала из разных источников. Исследуя тяжелую часть фракции сивта 0.1—0.05 мм, мы имеем дело с некоторым остатком от переноса. Дальнейшей задачей стоит минералогический анализ более мелких фракций, для чего, очевидно, нужно будет применить центрифугирование³. Можно думать, что законы распределения тяжелых минералов более мелких фракций, легко переносимых и перемешиваемых, будут существенно отличны от соотношений в остаточной крупной части осадка.

¹ Loc. cit.

² Расстояние между берегами по линии Цып-Наволоок—Сеть-Наволоок около 22 морских миль (40,7 км), длина залива от той же линии до кута около 28 морских миль (52 км).

³ Зильберминд В. А. и Самойлов Я. В. Разделение осадочных пород посредством центрифугирования в тяжелых жидкостях. Научно-техн. нефт. изд-во, М. 1932.

Таблица 7. Содержание минералов в ‰

Tabelle 7. Gehalt an Mineralien in ‰

Минералы Mineralien	Южный берег S. Küste	Северн. берег N. Küste	Центральная часть от Кута к выходу Zentralgebiet			
	№ станций. Nr. der Stationen					
	1820	1835	1844	1812	1828	1869
Гранат, шпинель. Granat, Spinel .	21.3	9.8	14.7	18.2	148	117
Мусковит. Muskovit	8.8	4.9	10.9	16.9	53	41
Магнетит и прочие непрозрач- ные черные минералы. Magnete- tit u. dgl.	6.3	9.4	27.0	10.2	169	87
Роговая обманка. Hornblände . .	19.2	33.1	4.2	25.7	144	64
Оливин ¹ . Olivin	5.2	8.1	5.4	2.9	54	—
Андалузит. Andalusit	1.3	2.0	—	1.3	—	—
Гиперстен. Hyperstene9	4.7	—	3.2	2.3	15
Биотит. Biotit	6.8	9.6	4.6	6.9	8.3	117
Эпидот, цоизит и др. Epidot, Zoizit u. a.	9.0	6.8	4.3	9.4	13.0	110
Флюорит ¹ . Fluorit	5.2	2.1	—	0.9	0.4	24
Актинолит. Aktinolit	2.7	2.1	—	—	2.4	14
Тремолит. Tremolit	0.8	3.9	—	2.2	1.8	52
Диопсид. Diopsid	1.2	—	4.9	—	3.9	77
Доломит ¹ . Dolomit	1.6	—	7.9	0.3	2.8	—
Авгит. Avgit	—	—	7.9	—	1.7	59
Силлиманит. Sillimanit	1.5	—	—	+	—	19
Кианит. Kyanit	—	+	—	—	0.5	08
Хлорит ¹ . Chlorit	2.2	1.4	—	+	3.9	61
Ставролит. Staurolit	—	2.1	—	0.6	—	—
Энстатит. Enstatit	—	—	—	1.3	—	15
Топаз ¹ . Topas	1.2	—	—	—	+	10
Прочие редкие. Andere seltene .	Рутил Rutil	—	Апатит Apatit		Турмалин Turmalin	
	+	—	5.4	+	+	3.1
	Серпентин ¹ Serpentin	—	Сфалерит ¹ Sphalerit		Моназит ¹ Monazit	Титанит ¹ Titanit
	2.8	—	2.8		+	2.6
					Рутил Rutil	Моназит ¹ Monazit
					0.3	1.8
					Барит Barit	Сфалерит ¹ Sphalerit

¹ Определение будет проверено дополнительно.

Методологическая проработка вопроса о тяжелых минералах еще далека от завершения.

5. Валуны на дне Мотовеского залива

В 34-й экспедиции на всех станциях был произведен качественный и количественный учет крупнообломочного материала, составляющего значительную часть осадка. Для этого, как и ранее¹, собирался количественно материал с 1-го и со 2-го сита после промывки грунта для проб на продуктивность. Галька с 1-го и со 2-го сита просчитывалась и взвешивалась. Диаметр образцов с верхнего сита измерялся сантиметром, вычислялись средний размер и кривая встречаемости отдельных размеров. Отмечалось наличие свежих и выветрелых камней, окатанных и неокатанных (табл. 8).

Из табл. 8 видно, что количество камней на первом сите (диаметр ячеек 3 см) колебалось от 0 до 214 штук, средний размер их 3.7—8.7 см, т. е., согласно классификации Гос. океанографического института², это — средняя и крупная галька и щебень. Максимальные размеры определялись, естественно, способностью дночерпателя захватывать отдельные обломки при закрывании и колебались от 6 до 23 см, достигая размера мелких валунов. Количество мелкой гальки на втором сите (диаметр ячеек 1 см) исчислялось сотнями и тысячами штук и определялось по весу. Вес камней на 1 м² получался путем суммирования веса мелкой гальки со второго и всех камней с первого сита и умножением полученных результатов на 2, так как обычно количественно собирался материал от двух проб дночерпателем 0.25 м². Количество камней в граммах на м² поверхности колеблется от 0 до 27.908 г. Отдельные пробы с одной станции дали также весьма расходящиеся результаты, так, на ст. 1835 в губе Зап. Лица было взято четыре дночерпателя, и материал для каждого из них учтен по отдельности. Получилось на 1 м² 312, 616, 5.802 и 1 013 г. Несмотря на такие сильные колебания, распределяя станции на группы по весовому количеству гальки на 1 м² и нанося полученные данные на карту (рис. 11), мы получаем закономерную картину: максимальное количество камней свыше 10 кг встречено в губе Мотке, в особенности у ее восточного берега, в губе Кутовой, у северного берега залива вплоть до губы Ейны, у входа в бухту Титовку и на лещади между губами Ура и Ура; 1 000—10 000 г гальки на 1 м² встречено в Кутовой яме Мотовеского залива и на всех лещадах, а также под Базарами на ст. 1865, 1868 и 1872—1874 до Сеть-Наволока. В губах Вичаны и Ура количество гальки не превышает в среднем 1 000 г, в центральной части залива и местами в губе Ура камни практически отсутствуют. Размер галек также повышается на лещадах и в кутовой части залива. Распределение обломков пород по среднему диаметру не дает четкой картины вследствие неполноты данных, так как учитывается средний размер галек, только оставшихся на первом сите, и не принимается во внимание количество более мелкой гальки, т. е. величина является условной. Сравнивая количественное распределение камней по весу с количеством эпифауны, мы находим довольно близкое совпадение³ — места наибольшего развития эпифауны совпадают с местами максимального распространения гальки и валунов, как этого и следовало ожидать.

¹ Кленова М. В. Пески Чешской губы. «Тр. Морского научн. ин-та», т. IV, вып. IV, М. 1930.

² Кленова М. В. Отчет о работах комиссии по механическому анализу. «Бюлл. Гос. океан. ин-та», № 1, М. 1931.

³ Лейбсон Р. Г. Количественный учет донной фауны Мотовеского залива. «Тр. ВНИРО», т. IV, вып. 2 (в печати).

Ввиду того что работа по количественному определению окатанности галек, которая ведется в нашей лаборатории, еще не закончена, для осадков Мотовского залива нами было применено определение окатанных камней на-глаз и вычислено процентное их содержание по отношению к общему количеству камней.

Максимальные количества окатанных обломков получаются для ст. 1828 50% из 2 и ст. 1837 50% из 6; абсолютное значение этих цифр очень невелико, так как они относятся к очень малому коли-

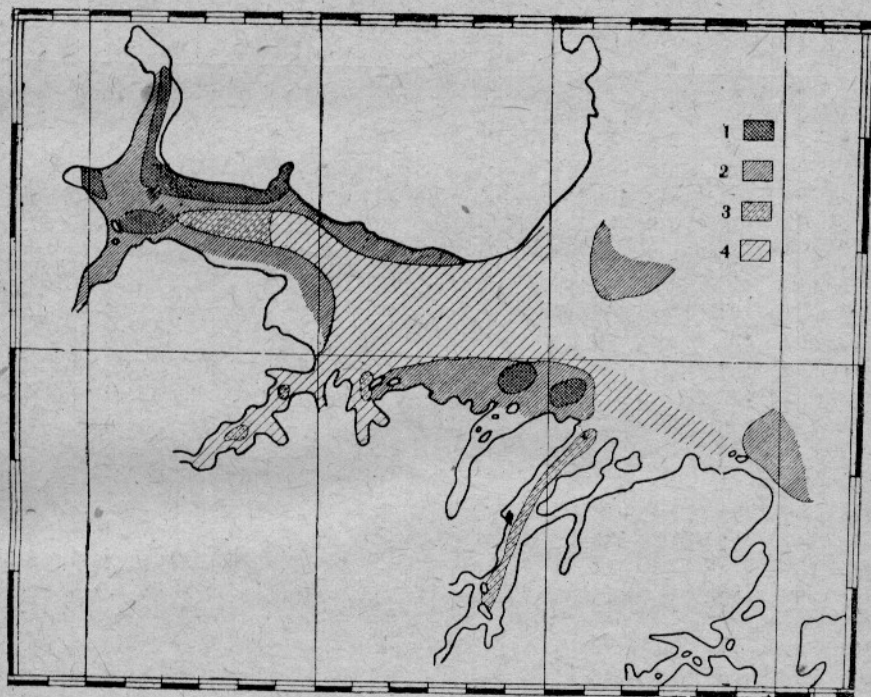


Рис. 11. Мотовский залив. Карта распределения валунов (по весу на 1 м²).
Обозначения: 1 — более 10 кг; 2 — менее 10 кг; 3 — менее 1 кг; 4 — нет или единично.

Abb. 11. Der Motoskij Busen. Karte des Verbreitung der Geschiebe (in Gewichtsmengen je qm.).

Bezeichnungen: 1 — mehr als 10 kg; 2 — weniger als 10 kg; 3 — weniger als 1 kg;
4 — totales Fehlen oder einzelnes Vorkommen.

честву обломков. Внося поправку на количество галек, мы можем сказать, что в большинстве станций окатанные гальки отсутствуют. Они встречены в ощутимом количестве в губе Мотке, где общее количество галек значительно; в меньшем количестве — в губе Кутовой и в центре Кутовой ямы залива, а также по склонам его западной части. При общем малом количестве обломков окатанные гальки встречены в губе Зап. Лица, в куту Титовки и в выходной части залива на ст. 1873 и 1874. Возможно, что они представляют собой выносы рек и ручьев, впадающих в Мотовский залив. Окатанность эта не является результатом деятельности приливо-отливных или постоянных течений, так как распределение окатанных галек не связано с современным распределением осадков по механическому составу.

Галька и валуны Мотовского залива большей частью совершенно свежи, без следов каких бы то ни было железистых корок. Отмечается обычно только легкое побурение поверхности камня — «загар». Желе-

Таблица 8. Количество камней на дне Мотовского залива
 Tabelle 8. Menge der Steine am Boden des Motovskij Busens

№ станции Nr. der Stationen	Глубина в м Tiefe, m	Кол-ч. на 1 сите Anzahl auf dem Sieb.	Средний диам. в см Durchmesser, cm (Mittelwert)	Максимальный диам. метр в см Maximal Durchmesser, cm	Проц. окатанности Abgerollte Steine, %	Процент выветре- лых камней Verwitterte Steine, %	Вес на 1 м ² в 2 Gewicht G/qm
1804	20	169	4.6	17	17.4	30.4	16 910
1805	50	214	3.7	10	0	10.7	27 908
1806	93	162	5.2	22	11.1	0	25 458
1807	18	22	4.2	9.5	31.8	9.1	1 744
1808	70	79	5.0	19	0	0	13 418
1809	120	116	3.9	9.5	0	0	26 540
1810	225	24	6.3	19	0	19.0	8 188
1811	187	—	—	—	—	—	—
1812	175	7	4.4	7	0	28.6	1 220
1813	122	25	5.0	8.5	11.1	58.8	4 020
1814	51	57	5.3	13	0	5.3	6 850
1815	44	58	4.7	15	3.6	41.4	11 522
1816	91	181	4.8	15.5	3.9	72.9	16 768
1817	110	51	4.6	12	0	11.7	6 588
1818	165	18	5.6	14	0	44.4	11 162
1819	77	88	4.4	9	0	18.2	18 840
1820	100	145	4.4	10	0	51.8	12 840
1821	82	30	4.7	9	0	20.0	5 096
1822	49	5	3.7	6.5	25.0	20.0	728
1823	210	10	4.7	6	10.0	10.0	1 944
1824	215	108	4.3	23	2.7	55.6	10 464
1825	195	—	—	—	—	—	488
1826	130	39	4.7	12.5	5.1	56.3	7 910
1827	48	28	4.0	11	0	50.0	4 170
1828	187	2	3.25	3.5	50	50.0	440
1829	55	70	4.8	12	0	27.1	16 800
1830	176	42	4.1	9.5	0	61.9	8 600
1831	198—204	—	—	—	—	—	80
1832	195	15	4.4	10	0	26.7	7 290
1833	133	4	3.7	5	0	75.0	724
1834	84	13	6.0	10	0	61.5	3 892
1835	57	5	8.4	15	0	28.6	11 604, 310, 616, 1 013
1836	95	6	4.3	10	16.7	100	2 144
1837	140	6	4.0	7	50	100	486
1838	—	—	—	—	—	—	—

№ станций Nr. der Stationen	Глубина в м Tiefe, m	Колич. на 1 сито Anzahl auf dem Sieb	Средний диам. в см Durchmesser, cm (Mittelwert)	Максимальный диаметр в см Maximal Durchmesser, cm	Проц. окатанности Abgerollte Steine, %	Процент выверженных камней Verwitterte Steine, %	Вес на 1 м ² в % Gewicht G/qm
1839	30	2	—	—	0	0	220
1840	140	—	—	—	—	—	8
1841	247	1	—	—	0	0	30
1842	271	—	—	—	—	—	—
1843	80	6	5.4	9	0	66.7	850
1844	45	—	—	—	—	—	—
1845	120	5	7.7	11.5	0	33.3	2752
1846	270	—	—	—	—	—	—
1847	280	—	—	—	—	—	—
1848	65	16	5.9	11	0	8.3	9004
1849	70	—	—	—	—	—	728
1850	99	126	4.6	12	0	39.7	16620
1851	135	6	8.7	18	0	16.7	4978
1852	106	12	7.1	20	0	93.3	9589
1853	155	—	—	—	—	—	552
1854	270	—	—	—	—	—	2
1855	213	—	—	—	—	—	148
1856	48	—	—	—	—	—	180
1857	163	—	—	—	—	—	—
1858	210	—	—	—	—	—	28
1859	245	—	—	—	—	—	—
1860	265	—	—	—	—	—	—
1861	225	—	—	—	—	—	—
1862	215	—	—	—	—	—	—
1863	77	1	—	—	0	100	—
1864	135	—	—	—	—	—	—
1865	39	14	3.7	6.5	0	40	10810
1866	199	—	—	—	—	—	—
1867	197	—	—	—	—	—	—
1868	245	12	4.6	8.5	0	58.3	2868
1869	265	—	—	—	—	—	—
1870	240	—	—	—	—	—	—
1871	80	—	—	—	—	—	—
1872	125	—	—	—	0	83.3	3708
1873	95	15	4.1	9	15.4	73.3	2012
1874	163	7	5.1	7	14.3	28.6	3168

зистое «выветривание на дне моря»¹, сопровождающееся образованием корок и конкреций, здесь не имеет места. Максимальное количество слегка выветрелых или «загорелых» галек доходит до 75—100%, но подметить какую-либо закономерность в распределении их по дну не удалось. Возможно, что наблюдавшийся в Мотовском заливе «загар» на камнях не связан с химическими и химико-биологическими процессами на дне, а является результатом предшествующего наземного выветривания. Что касается качественного распределения валунов, то для

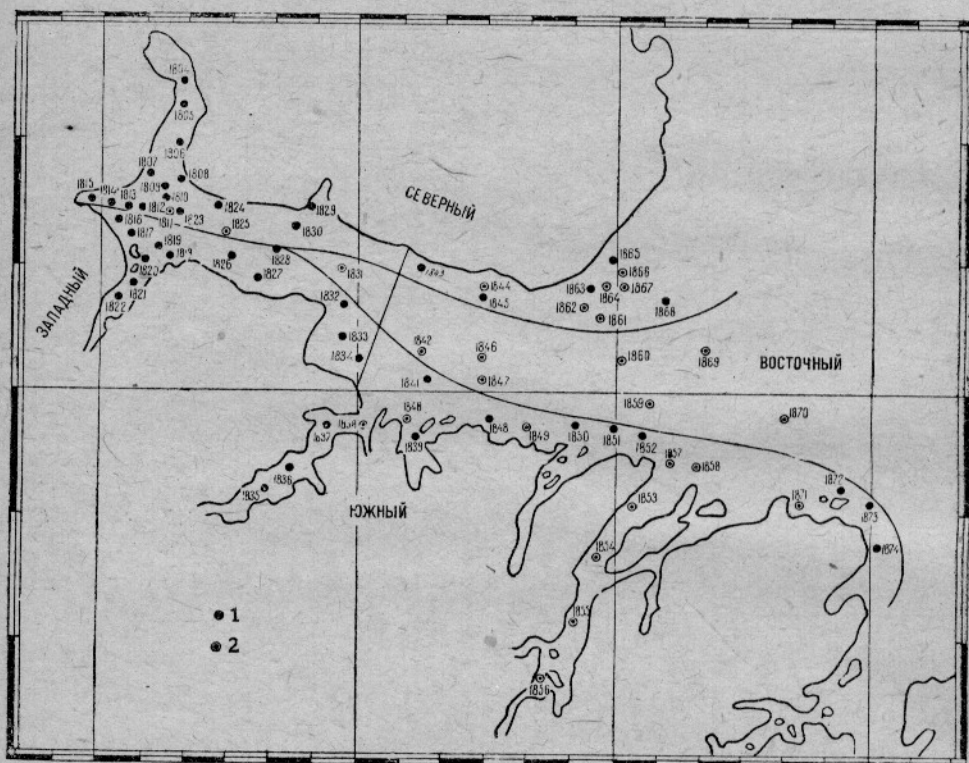


Рис. 12. Мотовский залив. Районы встречаемости валунов и распределение их по станциям.

Обозначения: 1 — станции, на которых имеются валуны; 2 — станции без валунов.

Abb. 12. Der Motovskij Busen. Befundsorte der Geschiebe und Verbreitung an den Stationen.

Bezeichnungen: 1 — Stationen mit Geschiebe; 2 — Stationen ohne Geschiebe.

точного выяснения всех разновидностей нами была выделена образцовая коллекция из 37 образцов и вычислена встречаемость отдельных пород по всему заливу по северному и южному берегам и по западной и восточной частям в отдельности. Всего мы имели 45 станций, на которых собраны камни; детально просмотрено 1915 обломков (рис. 12).

В нижеприведенной таблице отмечен петрографический характер породы и встречаемость по станциям и районам; породы расположены в порядке встречаемости по всему заливу, нумерация в скобках означает номер образцовой коллекции.

¹ Кленова М. В. Выветривание на дне моря. «Природа», № 3, стр. 187, 1927 и ее же «Об условиях подводного выветривания». Ак. наук академику В. И. Вернадскому к пятидесятилетию научной и педагогической деятельности (юбил. сборник), т. II, М. 1936.

Таблица 9. Распределение валунов и встречаемость пород в осадках
Мотовского залива

Tabelle 9. Verbreitung der Geschiebe und Häufigkeit der Gesteine in den
Sedimenten des Motovskij Busens

№ по порядку Ordnungsnummer	№ коллекции Nr. der Sammlungen	Характер породы Art des Gesteins	Количество камней Anzahl der Steine	Встречаемость общая Allgemeine Häufigkeit	Встречаемость в % Häufigkeit in %			
					Север N	Юг S	Запад W	Восток O
1	9	Гранит с розовым полевым шпатом, серым вварцем и мусковитом Granit mit rosafabrigem Feldspat, grauem Quarz und Muskowit	292	77.7	70.0	84.0	75.0	82.5
2	6	Сланец серый мелкозернистый, песчанистый с легкой филлитизацией по зеркалам скольжения Grauer Schiefer; feinkörnig sandig mit geringer Phillitisation an Spiegelflächen	269	42.2	55.0	24.0	53.6	23.6
3	3	Песчаник серый слоистый среднезернистый Grauer blätteriger Sandstein; mittlere Korngrösse	263	48.8	70.0	32.0	64.3	23.6
4	2	Песчаник аркозовый темносерый среднезернистый Arkosensandstein mittlerer Korngrösse	177	24.4	45.0	8.0	39.4	—
5	11	Гранит серый крупнокристаллический, биотитовый, иногда полосчатый Grauer Biotit-Granit; grobkristallinisch	104	64.4	45.0	80.0	57.2	71.6
6	8	Песчаник серый слоистый с включениями бурых окислов железа Grauer, blätteriger Sandstein mit Einschliessungen von braunem Ferrioxyden	86	33.3	45.0	24.0	46.5	11.8
7	4	Песчаник серый среднезернистый слюдястый, иногда плитняк Glimmersandstein; teilweise plattenförmig mittlere Korngrösse	81	28.9	45.0	16.0	39.3	11.8
8	17	Гнейс серый мелкозернистый Grauer Gneis; feinkörnig	28	20.0	15.0	24.0	—	—
	17a	Песчаник серый аркозовый Grauer Arkosensandstein	48	31.0	40.0	24.0	—	—
9	22	Песчаник сланцеватый, черный слюдястый с хлоритово-кремнистым цементом Schieferiger Glimmersandstein, schwarz mit chlorit-kieselsteiniger Zementierung	76	6.6	10.0	4.0	10.8	—

№ по порядку Ordnungsnummer	№ коллекции Nr. der Sammlungen	Характер породы Art des Gesteins	Количество камней Anzahl der Steine	Встречаемость общая Allgemeine Häufigkeit	Встречаемость в % Häufigkeit in %			
					Север N	Юг S	Запад W	Восток O
10	16 и 16a	Кварцит светлосерый и аплит Hell-grauer Quarzit und Aplit	74	42.2	50.0	36.0	53.6	23.6
11	19	Гранит серый биотитовый (светлая разность), мелкозернистый Biotit-Granit (helle Abart); feinkörnig	73	28.9	0.0	28.0	35.8	17.7
12	7	Гранит мелкозернистый биотитовый (шпир) Feinkörniger Biotit-Granit (Schlier)	72	48.8	45.0	52.0	50.0	47.1
13	10	Гнейс роговообманковый Hornblende Gneis	56	35.5	30.0	40.0	42.9	23.6
14	20	Песчаник мелкозернистый желтовато-серый слюдястый Gelblich grauer, glimmeriger Sandstein; feinkörnig	53	22.2	20.0	16.0	32.2	5.9
15	15	Песчаник светлосерый кварцевый с полевым шпатом Hell grauer Quarzsandstein mit Feldspat	50	26.6	40.0	16.0	42.9	—
16	13	Гранит с мяско-красным полевым шпатом и роговой обманкой (шпир) Granit mit rotem-Feldspat u. Hornblende (Schlier)	25	22.2	20.0	24.0	32.2	5.9
17	18	Песчаник мелкозернистый зеленовато-серый, глауконитовый Hellgrauer Glaukonit-Sandstein; feinkörnig	18	8.9	15.0	4.0	14.3	—
18	12	Известняк серый, слегка окремелый Grauer Kalkstein, im geringem Masse kieselig	10	2.2	5.0	—	3.6	—
19	21	Кварц жильный белый Weisser Gangquarz	9	6.6	5.0	8.0	7.2	5.9
20	35	Гнейс крупнозернистый розовый с хорошо выраженной полосчатостью Gneis, grobkörnig, rosa mit ausgesprochener Streifigkeit	8	6.6	—	12.0	10.8	—
21	27	Полевой шпат розовый Feldspat rosa	7	6.6	10.0	4.0	10.8	—
22	29	Гнейс биотитовый мелкозернистый Biotit-Gneis, feinkörnig	6	6.6	10.0	4.0	7.2	5.9

№ по порядку Ordnungsnummer	№ коллекции Nr. der Sammlung	Характер породы Art des Gesteins	Количество камней Anzahl der Steine	Встречаемость общая Allgemeine Häufigkeit	Встречаемость в % Häufigkeit in %			
					Север N	Юг S	Запад W	Восток O
23	34	Спелит (?) серый крупнозернистый Grauer Syenit (?) grobkörnig	6	4.4	5.0	4.0	7.2	—
24	30	Гнейс роговообманковый с гранатом Hornblende-Gneis mit Granat	5	6.6	10.0	4.0	3.6	11.8
25	14	Кварцит красный Roter Quarzlit	3	6.6	10.0	4.0	7.2	5.9
26	1	Каменный уголь с пиритом Steinkohle mit Pyrit	3	2.2	5.0	—	5.0	—
27	28	Диабаз Diabas	2	4.4	5.0	4.0	3.6	5.9
28	31	Диабаз с рудными выделениями Diabas mit Erzausscheidungen	2	4.4	—	8.0	3.6	5.9
29	23	Кремень (роговик) желтый Gelber Kieselstein (Hornstein)	1	2.2	—	4.0	3.6	—
30	24	Песчаник выветрелый Verwitterter Sandstein	1	2.2	5.0	—	—	5.9
31	25	Полевой шпат розовый Feldspat, rosa	1	2.2	5.0	—	3.6	—
32	26	Гранит желтый мелкозернистый Gelber Granit, feinkörnig	1	2.2	—	4.0	—	5.9
33	32	Известняк светложелтовато-серый с выделениями кальцита Hell-helbllich-grauer Kalkstein mit Kalzitausscheidungen	1	2.2	5.0	—	—	5.9
34	36	Гнейс роговообманково-слюдистый мелкозернистый Hornblende - Glimmergneis, feinkörnig	1	2.2	—	4.0	3.6	—
35	37	Гнейс розовато-серый (как № 9) Rosig-grauer Gneis (gleich Nr. 9)	1	2.2	—	4.0	—	5.9
36	38	Гнейс с розовым ортоклазом и хлоритом Gneis mit rosafarbenem Orthoklas und Chlorit	1	2.2	—	4.0	—	5.9
37	39	Амфиболит Amphibolit	1	2.2	—	4.0	—	5.9

Все просмотренные образцы по характеру встречаемости можно разбить на следующие группы:

1-я группа — широко распространенные породы, ясно приуроченные к тому или иному ареалу распространения — сюда относятся розовый (обр. 9) и серый гранит (обр. 11), серый песчанистый сланец (обр. 6), серые песчаники (обр. 3, 8 и 4) и аркоз (обр. 2). По проценту встречаемости первые две породы, как этого и следовало ожидать, относятся к станциям южного берега, встречаясь часто, хотя, как мы увидим ниже, в значительно меньшем количестве, и на станциях северного берега. Осадочные породы приурочены преимущественно к подводным склонам Рыбачьего п-ова.

2-ю группу представляют породы, встреченные также на большом количестве станций, встречаемость которых не является характерной и которые в большинстве случаев только дополняют вышеуказанные комплексы. Сюда относятся № 8—16 по порядку списка, куда входят как изверженные, так и осадочные породы: черный сланцеватый песчаник (обр. 22), песчаники (обр. 20 и 15), кварцит (обр. 16)¹, гнейс (обр. 17), серый гранит (обр. 19), (светлая разновидность), гранит черный (шилер) (обр. 7), роговообманковый гнейс (обр. 10) и темнокрасный гранит (обр. 13).

В 3-ю группу приходится отнести породы редко встречаемые, но приуроченные к какому-либо определенному пункту: сюда относятся зеленовато-серый глауконитовый песчаник (обр. 18), приуроченный к выносу губы Мотки, серый кремнистый известняк (обр. 12), встреченный в вершине той же губы, полосчатый розовый гнейс (35) из губы Титовки, черный биотитовый гнейс (29), встреченный в губе Зап. Лица и по северному берегу Кутовой ямы, диабаз с рудными выделениями (31) из Титовки и на Вичанских коргах, гнейс (36) с южного берега Кутовой ямы, розовато-серый гнейс (37) из Зап. Лицы, гнейс (38) и амфиболит (39) с лещадью Вый-Наволока, распространение которых хорошо приурочивается к породам кристаллического щита.

Наконец, последняя 4-я группа пород представлена либо случайными находками единичных или вулгарных обломков, либо обломками, расположенными в отдаленных пунктах и происходящими как будто из различных источников. Сюда вошли: жильный кварц (21), который весьма обычен, но редко встречается в виде крупных галек и чаще попадает на второе сито; сиенит (34), найденный на 2 станциях, удаленных одна от другой и расположенных у северного и южного берега залива; гранатово-амфиболовый гнейс — чрезвычайно типичная порода, исключая возможность какой-либо ошибки, даже в полевом определении (30) найдена в трех различных пунктах у губы Ейна (ст. 1830), под Базарами (ст. 1863) и на Вичанских коргах (ст. 1848). Повидимому, находки отвечают отдельным, не связанным между собой месторождениям (см. ниже); каменный уголь (1) из губы Мотки — случайная находка, возможно, с судна; диабаз (28) на двух удаленных друг от друга станциях по одному обломку; кремень (23), найденный у входа в губу Титовку, не представляет чего-либо характерного и, очевидно, как и жильный кварц, попадает в более мелкие фракции; розовый полевой шпат (25) — случайная находка, обычно попадает в более мелкую фракцию; желтовато-серый известняк (32) на ст. 1868 напоминает Тиманские каменноугольные известняки. Пытаясь установить основные пути распространения валунного материала, мы прежде всего должны отметить тот замечательный факт, что в центральной части Мотовского залива валунный и крупнообломочный материалы отсутствуют. Из числа стан-

¹ При полевом определении под этим номером отмечены кварцит и аплит. Точно так же под № 17 — гнейс и аркозовый песчаник.

ций центральной впадины залива мы находим небольшое количество гальки на ст. 1828, однако, это всего два обломка на первом сите размером 3.25 см (самый малый из всех проб), причем в состав их входит по одному образцу из северного и южного комплекса, песчаник и гранит, что также говорит о случайности находки. Крупнообломочный материал, как это наблюдалось нами и в других местах¹, приурочен к подводным склонам. Какие факторы переноса могут обусловить такое распространение валунного материала? В первую очередь, это, очевидно, береговой припай, который почти ежегодно образуется в Мотовском заливе и который теряет оторванные от берега валуны на незначительном расстоянии от берега. Распространение валунов береговым припаем подтверждается и тем, что в некоторых губах, как-то: Титовка, Зап. Лица — породы не выносятся из губы. Сравнительно небольшой процент окатанных валунов и галек и свежесть их также указывают на перенос льдом обломков пород, разрушение которых происходит весьма интенсивно действием мороза, прибоя, приливо-отливных течений.

Прослеживая количественное распространение отдельных пород по станциям, можно наметить основные потоки валунного материала, происходящего из тех или иных прибрежных участков залива².

Так, в потоке губы Мотки представлены породы как северного, так и южного берега, но процентное содержание их совершенно различно. В то время как из большого количества галек ст. 1804 у входа в Озерко губы Мотки на долю пород осадочного комплекса падает: аркоз (2) 36.5%, песчаник (3) 23.5%, песчаник (8) 7.0%, песчаник (4) 7.0% и известняк (12) 8.7%; всего на весь комплекс — 82.7%, гранит (9) встречен в количестве 1.7%, гранит (11) — 2.6%, гранит биотитовый (7) — 0.9%, гнейс (10) — 1.7% и т. д. В таком же количестве встречен и прочий случайный материал, например уголь 2.6%, и т. д. Проба ст. 1804, кроме того, поражает богатством видами пород. Всего на этой станции мы имеем 15 петрографических разностей³.

Прослеживая этот комплекс к югу к выходу из губы Мотки, мы встречаем на ст. 1805 и 1806 уже только 10 петрографических разностей, т. е. значительное обеднение. Количественные соотношения остаются схожими: на породы северного комплекса падает попрежнему 89.7% (ст. 1805) и 90.7% (ст. 1806), в комплексе южном увеличивается количество розового гранита (9) — ст. 1804 — 1.7%, ст. 1805 — 8.0% и ст. 1806 — 5.6%. Состав северного комплекса также не остается вполне постоянным: на ст. 1805 песчаник (3) не встречен вовсе и попадает большое количество сланца (6), количество аркоза остается почти без изменения так же, как и на ст. 1806, где снова начинает попадаться песчаник (3) в довольно значительном количестве. На последней станции встречен песчаник (20), который в дальнейшем будет встречен к открытой части залива. На ст. 1807 и 1808 у выхода из губы Мотки количество петрографических разностей 7 и 5 вместо 15 и 10 — на предыдущих станциях. Северный комплекс попрежнему преобладает — 72.7% и 73.4%. Гранит розовый (9) встречен только на ст. 1807, значительная доля — 13.4% и 22.9% падает на аркозовый песчаник и гнейс⁴ (17), впервые встре-

¹ Кленова М. В., Зенкович В. П. и др. Промысловые карты губ Мурманского и Беломорского побережья. Этот выпуск.

² Для каждой станции было подсчитано процентное содержание отдельных пород в пробе. Эти цифры использованы в тексте.

³ По данным «Лоции» (Лоция Мурманского берега 1925 г., изд. ГГУ, стр. 228), на берегу губы Мотки часто встречаются кости китов и другие предметы, принесенные течением из открытого моря. Возможно, что то же течение переносит и обломки припая с валунами разнообразных пород.

⁴ Под № 17 смешаны 2 породы — аркозовый песчаник и гнейс, чем, очевидно, и объясняется кажущееся резкое увеличение количества этой породы.

ченный в количестве 0.6% на ст. 1806. В комплексе северного берега аркоз (2) присутствует только на станции 1807, сланец (6) только на ст. 1808. Количество песчаника (3) резко повышено на ст. 1808 близ берега Рыбачьего п-ова, достигая 63.3%. Таким образом, уже из рассмотрения валунов губы Мотки создается впечатление о двух встречных потоках: с одной стороны, северный комплекс, несколько варьируя в составе, двигается к выходу из губы, обломки розового гранита двигаются навстречу, причем путь их передвижения располагается вдоль западного берега Мотовского залива.

К комплексу губы Титовки, расположенной на южном берегу кутовой части Мотовского залива, относятся ст. 1820, 1821 и 1822 в самой губе и ст. 1817, 1818 и 1819 у входа в нее.

Количество петрографических разностей в куту губы незначительно — 4, ближе к выходу — 6 и 8. На станциях выходной части 1817—11, на ст. 1819—10. Станция 1818 бедна — всего 5 разностей. На ст. 1822 близ устья р. Титовки мы при небольшом количестве камней имеем гранит серый (темная разность 11) — 20% и столько же светлой разности (19), диабаз (?) с рудными выделениями и 40% полосчатого розового гнейса (35), встреченного только в губе Титовке. На ст. 1821 этот гнейс встречен в количестве 18.5%, на ст. 1820—0.8% и больше нигде не встречен. Это заставляет думать, что источник его распространения находится не на берегах губы Титовки, а значительно дальше, возможно, выше по течению реки. Породы северного комплекса в губе Титовке не встречаются вовсе, за исключением сомнительного кварцита (№ 16)¹, встреченного на ст. 1820—25.8% и на ст. 1821—14.8%, относящегося к комплексу Кутовой губы. Розовый гранит, не встреченный на 1822, отмечен в количестве 11.1% на ст. 1821 и 11.7% на ст. 1820. Рогово-обманковый гнейс (10) также встречен на обеих станциях в количестве 11.1% и 19.5%. Светлая разность серого гранита встречена на ст. 1822—20% и 1820—29.7%, гнейс (?) (17) на ст. 1820—7.8% и на ст. 1821—22.2%. Содержание пород, безусловно принадлежащих южному комплексу, на ст. 1822—100%, на ст. 1821—85.1%, на ст. 1820—73.4%. Таким образом, и здесь мы можем заметить наличие встречного потока валунного материала, представленного кварцитом. Типичные породы п-ова Рыбачьего и губы Мотки здесь, однако, нацело отсутствуют, появляясь немедленно, как только при выходе из губы мы попадаем на ст. 1817—1819, которые поэтому и будет удобнее рассмотреть вместе с остальными станциями Кутовой ямы.

В губе Кутовой были сделаны 2 станции — 1815 и 1814, к которым близко расположены станции Кутовой ямы — 1813 и 1816. Как и следовало ожидать, здесь мы находим соприкосновение двух комплексов — северного и южного, причем на ст. 1815 и 1813 преобладает северный в количестве 79.2% и 55.5%, южного же встречено соответственно 6.8% и 29.6%. Остальное падает на розовый полевой шпат (27)—8.6% на ст. 1815 и серый кварцит (16)—3.4% и прочие нехарактерные примеси, в том числе на ст. 1813—7.4% жильного кварца. На ст. 1814 на северный комплекс падает 29.9%, на ст. 1816—16.6%, на южный соответственно — 61.4% и 44.2%. Остальное приходится на незначительные и нехарактерные подмеси. На ст. 1814 в количестве 7.0%, на ст. 1816 в количестве 37.6% встречен сланцеватый песчаник, отмеченный, кроме того, еще на одной станции (1830) Мотовского залива.

Переходя к Кутовой яме, мы встречаем там перекрытие и перемешивание как обоих комплексов — северного и южного, так и пород из

¹ В образце 16 смешаны кварцит и аплит.

Кутовой губы. Располагая станции по их географическому положению с севера на юг, мы получаем следующие данные:

Станции	Процентное содержание комплексов		Губа Кутовая	Прочие
	северного	южного		
1809	84.5	11.6	2.9 ¹	1.0
1810	85.7	4.8	9.5	—
1823	30.0	50.0	20.0	—
1812	57.2	28.6	14.3	—
1817	68.6	31.3	—	—
1819	28.1	62.9	—	9.0
1818	44.4	66.6	—	—

Кроме общего убывания северного комплекса по направлению к югу и возрастания южного, можно наблюдать еще некоторое уклонение северного комплекса к западу, а южного к востоку, причем это особенно ясно видно, если брать не весь комплекс, а только, например, распределение розового гранита. По западному берегу Мотовского залива мы встречаем его на всех без исключения станциях в различном количестве от 38.6% (ст. 1814) и до 1.7% (ст. 1804). Между тем, на станциях более восточных 1808, 1810, 1823, 1812 и даже 1818 он отсутствует. На ст. 1809 встречен в незначительном количестве — 1.9%, а даже на ст. 1805, 1806 и 1807 в губе Мотке в значительно большем (5.6—9.1%). Таким образом, направление валунного потока с юга на север проходит вдоль западного берега Мотовского залива. Что касается северного потока, то он распространен по всему дну Кутовой ямы. Чрезвычайно интересно распределение аркоза (2), который, начиная с 36.5% в губе Мотке (ст. 1804), постепенно убывает по направлению на юг до 6.5% на ст. 1819, вдоль западного берега и отчасти в центральной части. В дальнейшем он нам встретится только на ст. 1823 и 1829 в губе Ейна; в последней в количестве 20.9%.

Еще более типично распространение серого песчанистого слегка филлитизованного сланца (6). Он часто встречается на станциях губы Мотки, отчасти Кутовой ямы, в значительно меньшем количестве в Кутовой губе и в большом количестве на станциях вдоль северного берега залива вне кутовой его части — ст. 1824, 1829, 1830, 1865 и 1868. В местах своего наибольшего скопления он переходит и на южную сторону залива, где, однако, встречается в значительно меньшем количестве (6.0—6.6%) на ст. 1833, 1850, 1852.

Вдоль южного берега залива на Титовских коргах и Пикшуевой лещади расположены ст. 1826, 1827, 1828, 1832, 1833 и 1834, а по северному берегу ст. 1824 и в губе Ейне ст. 1829 и 1830. Далее к востоку области распространения крупнообломочного материала раздвигаются в центре залива участком песчанистого ила, который, как указано выше, является в то же время областью затишья и пониженной придонной температуры воды. Как видно из морфологического описания, и характер дна в этом участке меняется, и оно принимает плоскую корытообразную форму. На ст. 1828 было найдено всего два валуна, один из которых оказался серым гранитом (11), второй песчаником (3), поэтому из общего сопоставления станций по комплексам мы ст. 1828

¹ Губа Титовка.

исключаем. Располагая станции с запада на восток, получаем следующие данные (в %):

Станции южного берега	Северный комплекс	Южный комплекс	Породы из губ	Прочие
1826	42.1	52.7	2.6	2.6
1827	3.8	69.2	11.5	15.3
1832	41.2	47.2	11.7	—
1833	50.0	50.0	—	—
1834	23.1	69.3	7.7	—

На всех рассмотренных станциях наблюдается преобладание южного комплекса, но сравнительно незначительное. Ст. 1833 дает равное содержание того и другого, но количество галек на этой станции ничтожно и, кроме того, все они подверглись выветриванию, что, возможно, указывает на принос их в весьма отдаленное время и, может быть, на переотложение материала. Следует отметить наличие на ст. 1826 большого количества песчаника (4) и на ст. 1832 песчаника (3) типичных представителей северного комплекса.

Станции северного берега	Северный комплекс	Южный комплекс	Губы	Прочие
1824	68.9	23.3	4.4	3.3
1829	85.2	15.0	—	—
1830	55.0	35.0	10.0	—

Незначительного удаления от берега достаточно, чтобы содержание пород северного комплекса упало с 85.2 до 55.0%. Представляет интерес большое количество сланца (6), встреченного на всех только рассмотренных станциях в количестве 55.5, 20.9 и 35.0%. Песчаник (3) встречен в значительном количестве — 26.9% только на ст. 1829 в губе Ейне. Впервые появляется отнесенный нами в число пород южного комплекса роговообманковый гнейс с гранитом (30) ст. 1830 5.0% и второй раз после ст. 1823 биотитовый серый гнейс (29) — 7.5%, отнесенный нами также к южному комплексу. В губе Зап. Лица обломков пород северного комплекса не обнаружено, как это уже нами отмечалось для губы Титовки. В ней встречены розовый и серый граниты (9 и 11), гнейс роговообманковый (10), гранит черный (шипр), гнейс серый (17), кроме того, на ст. 1835 в куту губы жильный кварц, там же розовато-серый гнейс (37) и на ст. 1837 ближе к выходной части губы — биотитовый черный гнейс (29), уже отмеченный для ст. 1823 и 1830, причем в губе Зап. Лица он встречен в большем количестве — 33.3%. Помимо этого, на ст. 1836 встречено 50% кварцита (16), отмеченного также на ст. 1835 и на ст. 1837 в меньшем количестве — 14.3 и 16.7%.

Основные черты, подмеченные для губ — бедность разностями пород и чистота комплекса — сохраняются и в губе Зап. Лица. Еще более ясно эти черты выступают на ст. 1839 в Вичанах, где встречен только розовый (9) и серый (11) гранит, и на ст. 1841, расположенной у склона Вичанской корги, где имеется только в небольшом количестве серый гранит. Идя далее к востоку вдоль южного берега Мотовского залива, мы встречаем образцы северного комплекса на ст. 1848 на Вичанских коргах, где найдено 7.7% песчаника (3). На ст. 1850

против входа в губе Ара найдено 11.0% различных пород комплекса северного берега, на ст. 1851 при общем небольшом количестве крупновалушного материала северные валуны отсутствуют и, наконец, на ст. 1852 вновь встречено 13.3% северных валунов. Ту же примерно картину мы наблюдаем и для станций Сеть-Наволоцкой лещади, где на ст. 1872 встречено 8.3% песчаника (8). Проба ст. 1873 целиком представлена породами южного комплекса так же, как и ст. 1874. Состав пород южного комплекса в выходной части залива по сравнению с западной его частью несколько иной. Так, гранит (9) встречается всюду, но в большом количестве только на ст. 1850—52.5%, ст. 1851—40.0%, ст. 1872—41.7% и ст. 1873—33.3%. На всех станциях встречен серый гранит (11): ст. 1852—53.3%, ст. 1872—33.4%, 1873—26.7%, 1874—28.5%. На ст. 1848 большого распространения достигает мяскокрасный гранит (13)—30.8%; гнейс (17) встречен в большом количестве — 28.5% на ст. 1874, в меньшем на ст. 1873, 1851, 1850 и 1848. Светлая мелкозернистая разновидность серого гранита (19) встречена также на ст. 1874—14.3% и ст. 1852—6.6%. Кроме того, на ст. 1848 в количестве 15.4% найден роговообманковый гнейс с гранатом, упоминавшийся выше (30), там же 7.7% диабаз (?) с рудными выделениями (31) известного из губы Титовки. На ст. 1850 встречен гнейс с розовым полевым шпатом (38), на ст. 1851 амфиболит (39). На ст. 1872 — желтый мелкозернистый гранит (26). Кроме того, на ст. 1850, 1851, 1852, 1873 и 1874 встречен биотитовый черный гранит в количестве 11.9, 20.0, 13.3, 13.3 и 14.3%.

Станции северного берега в выходной части Мотовского залива так же, как и южные станции, отличаются малым разнообразием петрографических разновидностей пород и небольшим абсолютным количеством крупновалушного материала вообще. В них также преобладает южный комплекс с большей примесью случайного материала, чем на станциях южного берега. Наименее яркую картину представляет ст. 1843, на которой имеется 32.3% северного комплекса песчаника (3 и 4) и 50% гранита (9); остальные 16.7% падают на диабаз (28), встреченный ранее на ст. 1827. На ст. 1845 мы вовсе не находим пород северного комплекса, хотя эта станция расположена близко к берегу Рыбачьего п-ова, имеются лишь серый и розовый граниты, гнейс и роговообманковый гнейс. На ст. 1863 встречен только один сильно выветрелый образец амфиболового гнейса с гранатом. Ст. 1865 под Базарами дает 53.4% пород северного комплекса — песчаника (3) и сланца (6), 33.3% черного гранита (7), 7.6% — гнейса (17) и 6.7% выветрелого песчаника, возможно, занесенного издалека. Ст. 1868 носит более обычный для Мотовского залива характер с 27.3% сланца (6), 9.1% биотитового гранита (7), 18.2% розового гранита (9), 9.1% серого гранита (11), столько же гнейса (17) и 18.2% кварцита (16). На этой станции встречен образец известняка (32), возможно, занесенный из других районов Баренцева моря.

На карте (рис. 13) нанесено вышеописанное распределение обломков пород, причем простыми стрелками обозначены предполагаемые пути распространения пород северного комплекса, сложными — (с кружками) породы южного комплекса, малыми — немногочисленные породы, происхождение которых приурочено к отдельным губам.

На карте ясно видно наличие нескольких центров распространения валунов. Таким центром является для пород северного комплекса губа Мотка, откуда аркоз, песчаник и сланец широким потоком устремляются в Котовую яму. Вероятным исходным пунктом некоторых валунов северного берега служат губы Ейна и Базары. Для южных пород можно наметить центр у входа в Титовку на Титовских коргах и отчасти на Пижмуевой лещади, в Вичанах, у Вый-Наволока.

и Сеть-Наволока. Следует отметить, что валуны северного берега попадают в осадки южного берега реже и в меньшем количестве, чем в обратном направлении. Середина залива чиста от валунов и, повидимому, обломки пород южного комплекса попадают на северный берег в результате движения по северному берегу с запада на восток.

Немногочисленные данные о течениях Мотовского залива и о замерзании отдельных его участков мы имеем в «Люции Мурманского берега»¹. Как известно, все места, обсыхающие при малой воде, покрываются льдом и образуют тонкий береговой припай, который приливо-отливными колебаниями отрывается от берега и носится по морю.

Из числа губ Мотовского залива губа Титовка замерзает только в холодные годы в южной своей части. Губа Зап. Лица в южной половине до о-вов Лопаткиных замерзает ежегодно, Вичаны только в южном конце. Якорное место (где расположена ст. 1839) не замерзает². Бухта Озерко (Мотка) замерзает, повидимому, ежегодно. Губа Ура замерзает только в южной части. Что касается течений, то, по данным «Люции»³, струя прилива от мыса Городецкого или Монастырского идет на ЗЮЗ, к мысу Монастырскому и приходит с востока, к губе Зап. Лицо с ССЗ и к губе Ара с СЗ. За мысом Пикшуевым прилив идет всей шириной залива на З. Если считать, что главным фактором переноса является припай — забереги, которые наблюдаются в губах Мотовского залива, то приходится предположить, что течения, переносящие этот припай, имеют преобладающее направление с востока на запад по южному берегу и с запада на восток по северному. Таков, повидимому, ход отливной волны. Породы южного берега доставляют наибольшее количество валунов, так как этот берег сильно изрезан и почти все губы его замерзают. Преобладание южного комплекса валунов делает понятным и отмеченное выше распределение зерен тяжелых минералов, главным источником которых являются породы кристаллического щита. Несомненно, что припай наравне с крупными обломками пород переносит более мелкие частицы песка и увеличивает перемешивание минеральных видов на всем пространстве залива. Если несмотря на это мы все же могли подметить известную разницу в минералогическом составе осадка, это служит доводом в пользу необходимости применения количественного метода, который отражает даже незначительные изменения состава минеральной ассоциации. В своих существенных частях комплекс валунов Мотовского залива слугается из выветривающихся в настоящее время пород с ближайших берегов и речных долин. Никаких обломков, которые с несомненностью указывали бы на отдаленный источник материала, не найдено. Как уже отмечено выше, большинство обломков совершенно свежо и не несет следов «выветривания на дне моря» и вообще какого-либо химического действия морской воды, за исключением обычного слабого беловатого налета, свойственного береговой гальке. Распределение валунов полностью объясняется современной циркуляцией воды и непосредственным действием силы тяжести, так как здесь, несомненно, имеет место сползание валунов по склонам.

6. Коэффициент окисления в осадках и метод его определения

Вопросом о цвете осадков интересовались весьма многие ученые. В частности, вопрос об окраске осадков полярных морей затрагивался

¹ «Люция Мурманского берега 1925», изд. ГГУ, стр. 73, Л. 1925.

² Интересно сопоставить с малым количеством валунов на этой станции.

³ «Люция Мурманского берега 1925», изд. ГГУ, стр. 73, Л. 1925.

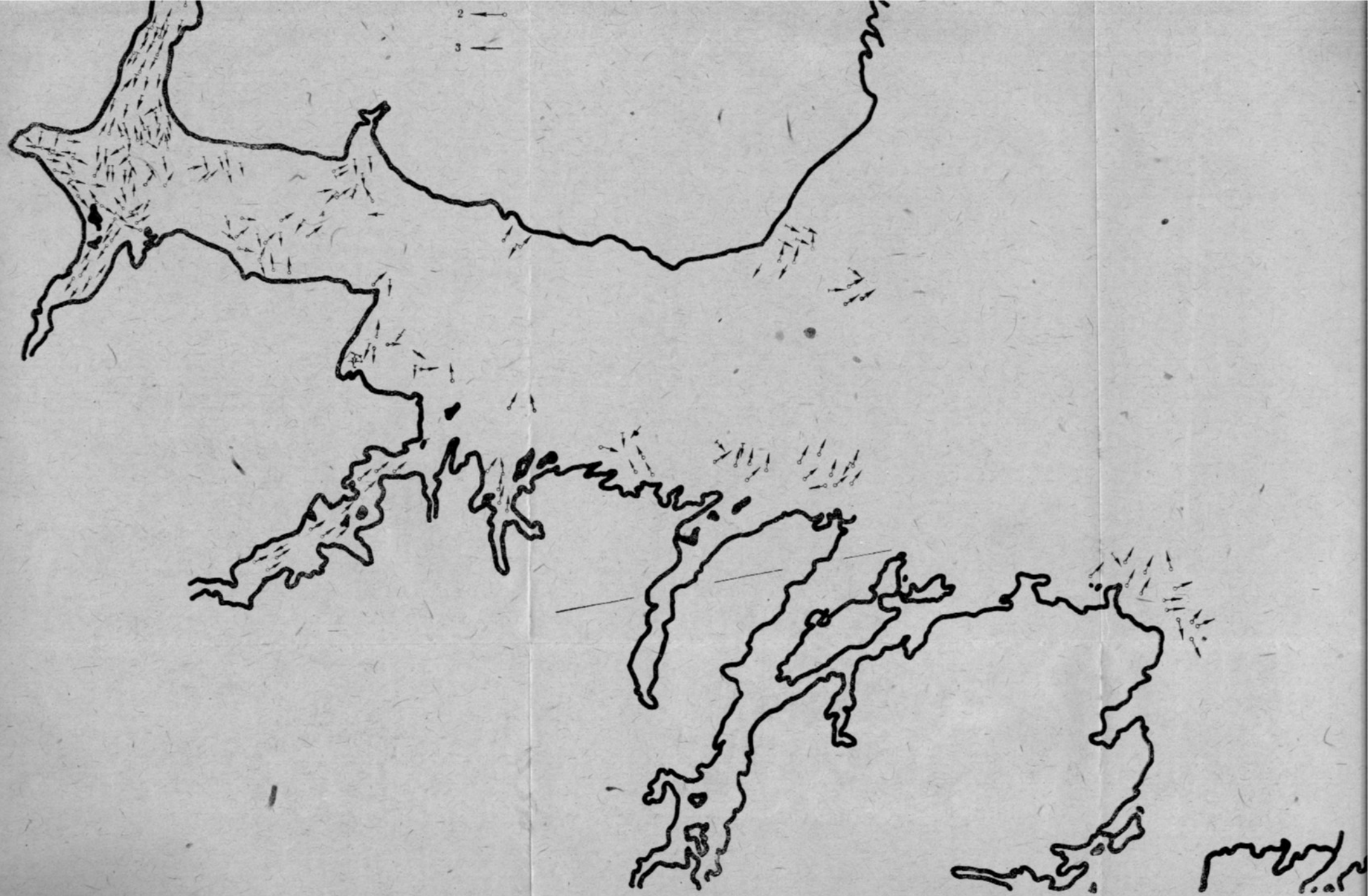


Рис. 13. Мотовский залив. Схема перемещения обломков пород.
 Обозначения: 1 — северный комплекс; 2 — южный комплекс; 3 — комплекс губ, главным образом Котовой.
 Abb. 13. Der Motovskij Busen. Wandlungsschema der Gesteinsbruchstücke.
 Bezeichnungen: 1 — N. Komplex; 2 — S. Komplex; 3 — Komplex der Fjorden, hauptsächlich Kutovaja.



Рис. 13. Мотовский залив. Схема перемещения обломков пород.
 Обозначения: 1 — северный комплекс; 2 — южный комплекс; 3 — комплекс губ, главным образом Котовой.

Abb. 13. Der Motovskij Busen. Wandlungsschema der Gesteinsbruchstücke.
 Bezeichnungen: 1 — N. Komplex; 2 — S. Komplex; 3 — Komplex der Fjorden, hauptsächlich Kutovaja.

Böggild, Thoulet, Schmelck, Самойловым и Горшковой¹. Особенный интерес вызывала разница в окраске нижнего серого или зеленовато-серого слоя и верхнего бурого. Так как такая разница в окраске наблюдается и при хранении осадков в герметически закрытых банках, нами было определено содержание железа в верхнем коричневом и нижнем зеленовато-сером слое из проб нескольких станций. Определения показали, что общее количество железа в верхнем и нижнем слое одной и той же пробы сохраняется одинаковым, меняется лишь степень его окисления². При сборе большого материала из разных районов, при непосредственном наблюдении на судне над свежими только-что добытыми пробами, выяснилось наличие большого количества оттенков, весьма неустойчивых, уловить которые являлось подчас очень трудным делом и требовало значительного навыка. Вопросы о взаимной связи между химическим составом осадка и окраской его коснулась Т. И. Горшкова³, но многочисленные произведенные ею анализы и определения закиси и окиси железа в лаборатории на предварительно высушенном материале не дали ничего существенно нового по сравнению со старыми работами, например Schmelck⁴ (1876). Большие колебания в абсолютном и относительном количестве различных окислов железа, грубая закономерность — характерны для всех таких определений. Это заставило нас еще в 1927 г. заняться поисками методики, которая помогла бы определить соотношение закиси и окиси железа в судовой обстановке в свежем влажном грунте⁵.

В 34-й экспедиции в Мотовский залив эта методика была нами проверена. Способ определения соотношения окислов железа был принят следующий: определенный небольшой — около 1—2 см³ — объем свежего, только что вынутого из дночерпателя, грунта смывался в коническую колбу небольшим количеством дистиллированной воды, приливалось 10% HCl и колба нагревалась в течение 30 мин. на песчаной бане в струе CO₂ (добытой при помощи аппарата Киппа); вытяжка быстро фильтровалась в атмосфере CO₂, для чего в колбу подсыпался маленькими порциями NaHCO₃. FeO оттитровывалось в присутствии смеси Рейнгардта 1/20 N раствором хамелеона до появления розового окрашивания, не исчезающего в течение 30 сек. Затем железо восстанавливалось SnCl₂ по Циммерман-Рейнгардту⁶; избыток последнего осаждался сульфидом. Все железо вновь титровалось в присутствии смеси Рейнгардта тем же раствором марганцевоокислого калия. Полученная цифра давала нам количество кубиков K₂MnO₄, отвечающее всему количеству железа. Вычитывая из второй цифры количество железа, полученное при первом титровании, т. е. отвечающее количеству железа, извлеченному солянокислой вытяжкой в виде закиси, мы получаем количество см³ хамелеона, отвечающее количеству окисного железа в вытяжке или, вернее, количеству закисного железа, полученного путем восстановления имевшегося в пробе окисного железа. Другими словами, мы получаем две величины, вполне соизмеримые между собой, выраженные в одних и тех же единицах. Причем, так как нам важно соотношение между ними, а не абсолютное

¹ Самойлов Я. В. и Горшкова Т. И. Осадки Баренцова и Карского морей. «Тр. Морск. научн. ин-та», т. I, вып. 14, М. 1924. Там же, см. литературу.

² Кленова М. В. О геологических работах Морск. научн. ин-та. «Тр. III Всесоюзного геологического съезда», стр. 341. Ташкент 1930.

³ Горшкова Т. И. Химико-минералогическое исследование Баренцова и Белого морей. «Тр. Гос. океан. ин-та», т. I, вып. 2—3, М. 1931.

⁴ Ср. Schmelck L. The Norwegian North Atlantic Expedition 1876—1878. Chemistry. On oceanic deposits. Kristiania, 1882.

⁵ Кленова М. В. О геологических работах Морск. научн. ин-та. «Тр. III Всесоюзного геологического съезда», стр. 341. Ташкент 1930.

⁶ Тредвел. Курс аналитической химии. Т. II, кн. 2, стр. 95, ГИЗ, М. 1927.

количество их, мы можем обойтись без взятия навески и без установки титра перманганата. Разделив количество см³ перманганата, соответствующее окисному железу, на количество см³, соответствующее закисному, мы получаем некоторую отвлеченную величину — коэффициент степени окисления железа, который мы и можем пытаться связать с тем или иным оттенком грунта.

Не имея под руками классической сводки Oswald¹, а также более короткой американской шкалы для осадочных пород², и считая, что лучше уловить основные оттенки свежего грунта, чем многочисленные переходы окраски высохшего, мы составили шкалу цветов, нанесенную масляными красками на деревянную линейку³. За образец были приняты неизменные окраски влажного природного материала из сборов следующих станций Океанографического ин-та: ст. 841—72°39'N и 64°18'O (Карское море), глубина 62 м, верхний слой коричневого цвета, нижний голубовато-серого, отдельные пятна и примазки в нижнем слое черного цвета; ст. 943—69°12'N, 33°28'O, глубина 45 м, нижний слой зеленого цвета; ст. 906—65°31'N, 38°55'O, глубина 82 м, нижний слой зеленовато-серого цвета; ст. 429—66°27'9"N, 34°09'O, глубина 319 м (Белое море), верхний слой темнокоричневый, нижний розовато-серый; ст. 756—71°30'N, 41°00'O, глубина 323 м, верхний слой желтовато-серый; ст. 594 (Сульменева губа, Новая Земля) — серого цвета.

Пробы эти хранятся в герметически закупоренных банках и цвет их почти не изменяется. По отношению к этой шкале нами выяснилось соотношение между окисью и закисью железа. Несмотря на грубость метода, удалось получить данные, которые указывают на связь соотношения окиси и закиси железа не только с окраской грунта, но и с другими факторами. Таким образом, это соотношение дает

Таблица 10. Окислительно-восстановительный коэффициент осадков
Tabelle 10. Oxydoreduzierender Wert der Sedimente

№ станций Nr. der Stationen	Цвет Farbe	$\frac{Fe^{+++}}{Fe^{++}}$	pH	O ₂	C	Инфауна Infauuna
1806	Песчанистый ил зеленовато-серый .	0.83	8.09	94	1.88	55.58
1807	То же	0.62	—	—	2.55	184.34
1815	Илистый песок	0.72	8.08	—	0.71	23.00
1818	Песчанистый ил	0.52	—	—	1.77	62.78
1823	" "	0.71	8.01	93	1.59	72.89
1825	" "	0.62	8.11	96	1.80	72.89
1835	Верх — песчанистый ил, желтый .	1.03	8.12	103	1.07	67.66
1835	Низ — песчанистый ил, черный .	0.10	—	—	—	—
1839	Песчанистый ил, черный	0	7.87	95	2.0	* 0.12
1842	Песчанистый ил, зеленовато-серый	0.43	8.08	87	1.9	79.28
1848	Глинистый ил, голубовато-серый .	0.29	8.11	97	0.15	24.29
1854	Ил зеленовато-серый с черными прослойками	0.16	—	—	2.76	118.72
1856	Илистый песок зеленовато-серый .	0.75	8.19	106	0.66	82.16
1865	Песок темносерый	0.40	8.05	93	—	20.46
1870	Песчанистый ил зеленовато-серый с черными примазками	0.21	—	—	1.61	26.00

¹ Чрезвычайно интересные наблюдения над цветностью осадков приводит Pratic O. в своей работе: Die Sedimente der Deutschen Bucht. «Wissenschaftl. Meeresuntersuchung», N. F. Abt. Helgoland. B. XVIII. H. 2, S. 55, 1931.

² Goldman M. I. a. Ors. Schedule for Fields Description of Sedimentary Rocks. Cte. «Nat. Research Council». Washington, 1925.

³ Зенкевич В. П. О составлении шкалы цветности грунта. Этот вып.

реальное отражение окислительно-восстановительного потенциала — величины, тесно связанной с физико-химическими и биохимическими процессами в осадке. В табл. 10 приведены данные о цвете грунта, содержании рН и кислорода в придонной воде, соотношении Fe^{+++}/Fe^{++} к Fe^{++} в кубиках перманганата, о количестве органического углерода¹ и количестве фауны, живущей в грунте (infauna в г на 1 м²).

Для сравнения ниже приводятся данные, полученные Е. К. Копыловой и В. П. Зенковичем в 40-й экспедиции э/с «Персей»: проба ст. 2148 (по разрезу Норд-Кап — Медвежий) на глубине 290 м, верхний слой — желтовато-серый песчанистый ил — дает Fe^{+++}/Fe^{++} — 1.41, нижний слой — 98 см колонки 0.18; зеленовато-серый песчанистый ил с черными призмками дает 0.25, 0.24 (ст. 2167 и 2169 к северу от Шпицбергена); коричневый ил к востоку от Шпицбергена ст. 2150 и 2184 — 1.21 и 2.74; коричневый ил из Карского моря еще более высокие цифры; голубовато-серый ил оттуда же (ст. 2198) 0.55.

Разбив станции Мотовского залива на две группы — открытой части залива и кутовых частей губ, мы получаем ясную зависимость между окислительно-восстановительным коэффициентом и количеством органического углерода для станций открытой части залива. Увеличение количества органического углерода идет параллельно увеличению количества фауны (infauna) (рис. 14). Кривая соотношения Fe^{+++}/Fe^{++} имеет обратное направление и, понижаясь в общем к выходной части залива, указывает на зависимость между окислительно-восстановительным коэффициентом и биохимическими процессами в осадке, подтверждая наглядно тот давно известный факт, что восстановительную среду в осадке создает находящееся там органическое вещество. Тем самым выясняется также косвенная зависимость между цветом осадка и наличием в нем органического вещества, что также неоднократно указывалось и прежде². Методика определения соотношения Fe^{+++} и Fe^{++} на свежем влажном материале, таким образом, оказалась пригодной не только для количественного выражения цветности грунта, но и как метод определения окислительно-восстановительного коэффициента. Если считать, что часть органического углерода переходит в солянокислую вытяжку и, окисляясь перманганатом, уменьшает соотношение окисного и закисного железа, то, очевидно, эта легко растворимая часть находится в более или менее постоянном соотношении с общим количеством органического углерода. Исследование солянокислых и щелочных вытяжек осадков, ведущееся в настоящее время в нашей лаборатории, даст возможность решить, какая часть органического углерода находится в виде легко растворимых соединений. Внося поправку на органическое вещество, мы можем условно считать соотношение Fe^{+++}/Fe^{++} коэффициентом окислительно-восстановительного потенциала. Работа над методикой определения окислительно-восстановительного потенциала электрометрическим путем³ и сравнение данных двух методов между собой и с океанографическими условиями образования осадка дает возможность подойти ближе к физико-химическим процессам в придонной воде и грунтовом растворе и к физико-химическим условиям реакций начальной стадии диагенеза.

¹ Горшкова Т. И. Органическое вещество в осадках Мотовского залива. Этот вып.

² Ср. Горшкова Т. И., loc. cit., стр. 120. Pratie O. loc. cit., стр. 56 отмечает непосредственное влияние содержания гумуса на окраску осадков, но указывает, что одинаковые окраски могут быть вызваны разными причинами. Данные им изоляции (табл. III и особенно табл. IV, рис. 6) дают почти идеальные совпадения для содержания органического вещества и отдельных оттенков окраски осадка.

³ Трофимов А. В. Окислительно-восстановительный потенциал и рН морских грунтов (рукопись).

Рассматривая ход кривых на графике станций кутовых частей губ, мы видим, что ход кривой соотношения Fe^{+++}/Fe^{++} попрежнему обратный по сравнению с органическим углеродом, но органический углерод имеет здесь другое происхождение, и на ст. 1839, где инфауна практически отсутствует, вследствие сероводородного заражения осадка, и где количество окисного железа равно 0 (грунт имеет в свежем состоянии черный цвет), — мы имеем относительно большое количество углерода. Интересно сопоставить это явление с повышенным содержанием

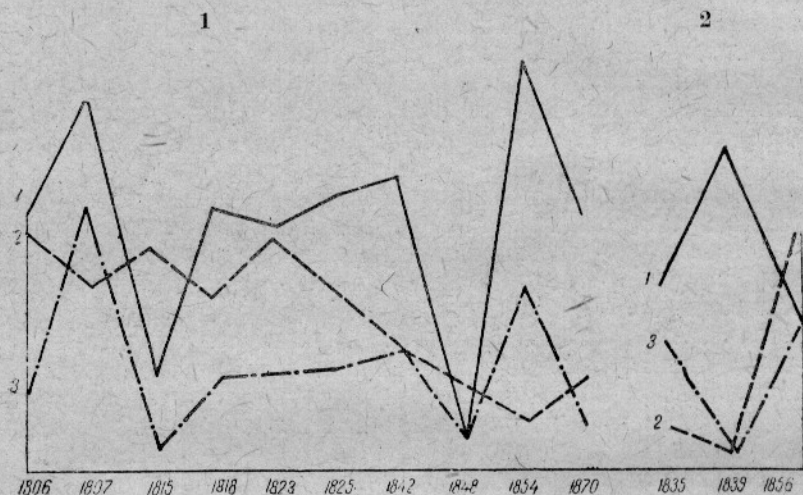


Рис. 14. Соотношение между Fe_2O_3/FeO , органическим углеродом и биомассой бентоса (инфауна). 1. В Мотовском заливе; 2. в губах.

Обозначения: 1 — углерод; 2 — Fe^{+++}/Fe^{++} ; 3 — инфауна.

Abb. 14. Verhältnis zwischen Fe_2O_3/FeO , organischen Kohlenstoffes und Benthosbiomasse (Infauna). 1. Motoskij Busen; 2. Buchten.

Bezeichnungen: 1 — Kohlenstoff; 2 — Fe^{+++}/Fe^{++} ; 3 — Infauna.

хлорофилла в анаэробных условиях. Именно на этой станции¹ — 1839 имеем максимальное содержание хлорофилла 2.81 мг на 100 г.

Следует еще отметить характер окислительно-восстановительного коэффициента на ст. 1835. Здесь нами был взят верхний окисленный слой, который дал Fe^{+++}/Fe^{++} 1.03, в то время как нижний слой почти черного цвета дал 0.1.

Общее понижение окислительно-восстановительного потенциала к востоку объясняется, повидимому, той общей застойностью, которая характеризует дно выходной части Мотовского залива.

Заключение

Мотовский залив представляет собой участок земной коры, опустившийся, по всей вероятности, во время орогенических движений альпийской складчатости вследствие отрыва и отодвигания к северо-западу осадочной толщи Рыбачьего п-ова — остатка каледонской складчатой области, тянувшейся вдоль северного края докембрийского кристаллического щита Фенноскандии. По всей вероятности, в первое время своего образования, в до- и межледниковое время, Мотовский залив представлял собой речную долину, соединявшуюся с общей речной сетью, скрытой в настоящее время на дне Баренцова

¹ Кленова М. В. и Ястребова Л. А. Хлорофилл, как показатель газового режима бассейна. Этот вып.

моря. Во время оледенений он частично в верховьях своих мог служить ложем ледников, которые безусловно стекали в него по всем его губам, углубляя дно прежде существовавших тектонических трещин и областей разлома. В это время, при высоком стоянии суши, наметились те террасы, неясные следы которых мы находим еще и до сих пор на дне Мотовского залива. Как нам уже приходилось указывать¹, на основании имеющихся данных, трудно наметить точный возраст этих террас. Можно лишь предположить, что, как и подводные террасы открытого Баренцова моря, они являются более древним элементом рельефа, чем многочисленные следы послеледникового поднятия на берегах полярных островов и материка. К сожалению, существующие стройные схемы эпейрогенических движений земной коры в ледниковое и послеледниковое время (Tanner², Grönlie³ и др.) не принимают во внимание существования этих подводных террас. Пытаясь ввести их в эти схемы, мы значительно нарушаем ту строгую последовательность отложений и закономерность колебаний, которая является характерной чертой всякой хорошо построенной схемы.

Здесь следует отметить еще раз необходимость одновременного изучения не только берегов, но и дна всякого бассейна. Разрыв между исследованиями морского дна и геологическими исследованиями берега, обусловленный историческим развитием науки, должен быть уничтожен, и сравнительно новая отрасль современной океанографии — геология моря — должна служить мостом, соединяющим этот разрыв. Как во всякой пограничной области, исследования в области геологии моря должны быть комплексными и, по возможности, отражать все разнообразие изучаемых явлений⁴. На работу по Мотовскому заливу мы смотрели как на попытку такого комплексного исследования, которая в несколько упрощенном виде позволяет наметить основные черты истории и современных процессов порообразования, протекающих на дне этого сравнительно небольшого водоема. Существенным недостатком этой попытки является неполнота комплекса. Как раз в части исследования берега мы имеем преимущественно литературный материал, весьма небольшой, собиравшийся под другим углом зрения, и только несколько беглых собственных наблюдений. В наших сборах отсутствуют отложения террас и мы лишены возможности произвести сравнительный литологический и палеонтологический анализ их. Между тем, имея материал по распределению современной фауны и зная условия современного порообразования, мы могли бы выяснить некоторые моменты истории Мотовского залива в четвертичное время. Очевидно, эта работа должна быть произведена в ближайшем будущем. Исследования отдельных губ Мотовского и Кольского залива⁵, ведущиеся нами в настоящее время в связи с необходимостью составления промысловых карт этих губ, ставятся комплексно, имея в виду не только выяснение современного геологического строения дна и берегов губ, но и их четвертичной истории. Материал, собранный при этих работах, дает возможность более углубленного исследования и, несомненно, разрешит и целый ряд вопросов, не разрешенных в настоящей работе.

¹ Кленова М. В. Происхождение рельефа дна Баренцова моря. «Природа» № 2, стр. 44, 1933.

² Tanner, loc. cit.

³ Grönlie, loc. cit.

⁴ Вопросу о комплексе при исследовании современных осадков и содержании этого комплекса посвящена статья М. В. Кленовой. «К вопросу о комплексе в геологии моря». «Пробл. Сов. геологии» № 8, стр. 112, М. 1934.

⁵ Кленова М. В. Промысловые карты губ Мурманского и Беломорского побережий. Задачи геологического изучения губ. Этот вып.

В части изображения современных процессов породообразования наиболее подробно освещены процессы механического порядка и значительно меньшее внимание уделено химизму осадков. Причина этому отчасти лежит в свойствах самого осадка и в особенностях литогенетического процесса в условиях полярного климата, где главная роль принадлежит, без сомнения, механическим явлениям измельчения и переноса компонентов осадка. Затронутые вопросы химизма в связи с распределением закисного и окисного железа, хлорофилла¹, органического углерода и азота² являются лишь первым приближением к задаче о взаимоотношениях биосферы, гидросферы и литосферы, которая как в общих чертах, так и деталях еще далека от разрешения. Здесь приходится работать в новой области и, приступая к любому вопросу, приходится прежде всего тратить много сил и времени на отыскание подходящей методики. Ввиду этого, а также в силу некоторых внешних обстоятельств (отсутствие специальной химической лаборатории геологии моря, организации которой только что начинается), вопросы химизма осадков как песчано-глинистых толщ наших полярных морей, так и осадков других морей (например, Каспийского) у нас также стоят на очереди.

Что представляет собой Мотовский залив в настоящее время, как область современного породообразования песчано-глинистой фации?

Как видно по минеральному составу тяжелой фракции осадка и по петрографическому составу валунов и галек, исходным материалом для кластической части донных осадков Мотовского залива послужили породы ближайшего берега. Главными факторами переноса и сортировки осадков являются морские течения, переносящие крупно-обломочный материал при посредстве льда — берегового припая, а мелкие частицы непосредственно. Если средняя амплитуда прилива в Мотовском заливе, как и в Полярной гавани³, равна 2.3 м (7.6 фут.), то по таблице⁴ максимальная скорость приливного течения на глубине 100 м будет равна 36 см/сек. Скорость эта достаточна для взмучивания частиц⁵ 1.5 мм в диаметре (по нашей номенклатуре мелкого гравия). Взмученные приливо-отливным течением мелкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии более или менее продолжительный срок, уносятся постоянным течением. Динамическая обработка гидрологических данных в согласии с распределением осадков по механическому составу указывает, что постоянное течение (ветвь Нордкапского) входит в Мотовский залив вдоль его северного берега. Прижимаясь к южному склону Рыбачьего п-ова, обходя центральную впадину Мотовского залива, оно выходит вдоль южного его берега. Одна ветвь этого постоянного течения входит в Котовую яму и там дает, повидимому, такое же круговое движение, создавая относительно затишную зону в центре ее. Глубокие фиорды южного берега — Титовка, Зап. Лица, Вичаны и Ура-губа, повидимому, не входят в эту систему циркуляции, и режим их значительно отличается от режима открытой части залива. Губа Мотка несколько шире соединяется с общей системой циркуляции, но в ней мы имеем ряд отличий от центральных частей залива. Мелкий обломочный материал, взмучиваясь приливо-отливными течениями, частично отлагается в затишной зоне центра

¹ Кленова М. В. и Ястребова Л. А. См. этот вып.

² Горшкова Т. И. Этот вып.

³ Ежегодник приливов Северного Ледовитого океана на 1932 г. Гидр. Упр., Л. 1931.

⁴ Зубов Н. Н. и др. Океанографические таблицы. Изд. Гидрометкомитета и Гос. океан. ин-та, стр. 130, М. 1931.

⁵ Prati O. Die Sedimente d. Deutschen Bucht. Wiss. Meeresuntersuch. Kommission. z. Wiss. Untersuchung d. d. Meere in Kiel. N. F. Abt. Helgoland. B. 18, H. 2., S. 68.

залива и Кутовой ямы, частично, без сомнения, уносится из залива, и потому на дне его мы не встречаем осадков с большим количеством мелкой фракции — максимально ее содержание равно 28,2% и только в глубоком фиорде Ура-губе в замкнутых впадинах дна встречено до 35% мелкой фракции.

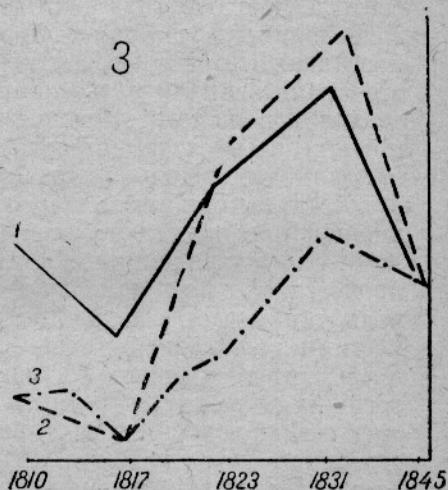
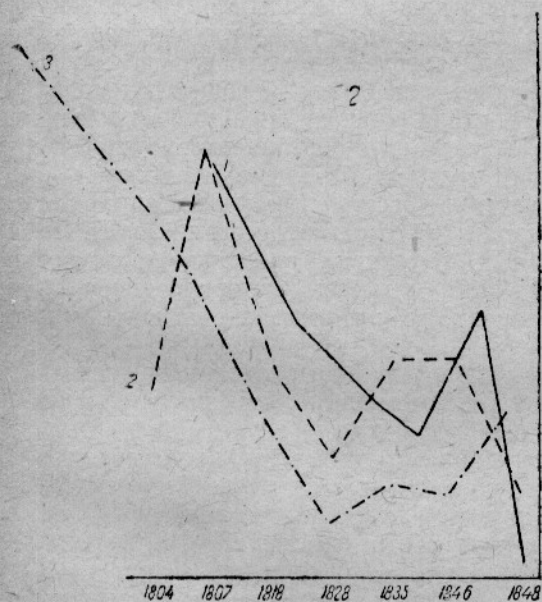
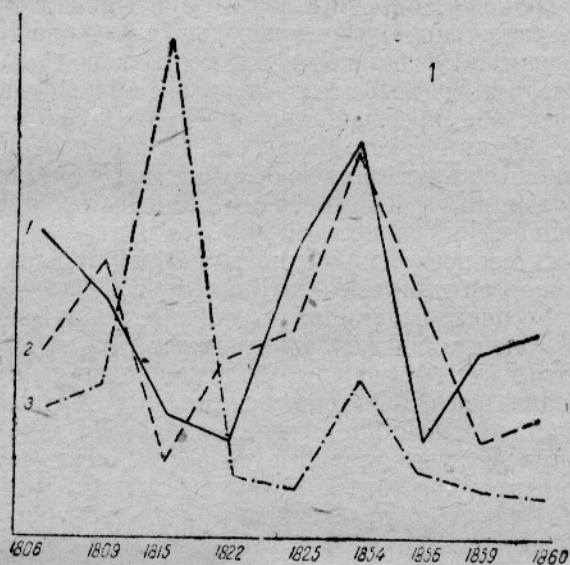


Рис. 15. Мотовский залив. Соотношение между органическим углеродом и биомассой бентоса.

1. При содержании хлорофилла 2 мг на 100 г осадка; 2. При содержании 1,5 мг хлорофилла на 100 г осадка; 3. При содержании хлорофилла около 1 мг на 100 г осадка
Обозначения: 1 — углерод; 2 — инфауна; 3 — вся фауна бентоса (инфауна + эпифауна).

Abb. 15. Motovskij Busen. Verhältnis des organischen Kohlenstoffes und Benthosbiomasse. 1. Bei Chlorophyllgehalt — 2 mg je 100 g Sediment; 2. Bei Chlorophyllgehalt — 1,5 mg je 100 g Sediment; 3. Bei Chlorophyllgehalt — 1 mg je 100 g Sediment.

Bezeichnungen: 1 — Kohlenstoff; 2 — Infauna; 3 — Gesamte Biomasse (Infauna + Epifauna).

В соответствии с общей системой циркуляции, которая обусловлена очертанием берегов и рельефом дна залива, находится и газовый режим его. Здесь мы имеем ряд переходов от прекрасно вентилируемых, богатых эпифауной песков Сеть-Наволоцкой лещади и банки под Базарами или обогащенных валунами песчанистых илов Мотки (где общее весовое количество фауны 826.3¹ г и на 1 м²) до совершенно безжизненного, зараженного сероводородом ила в впадине между Вичанскими островами. Песчанистый ил центральной части Мотовского залива представляет собой фацию — сравнительно бедную фауной по весу — где вследствие преобладания инфауны происходит значительное накопление органического вещества, а это последнее обуславливает ту восстановительную реакцию среды, которая, сохраняя железо в закисном состоянии, придает осадку зеленовато-серую окраску при коэффициенте окисления, равном 0.6—0.7. В центральной части залива мы имеем относительное уменьшение хлорофилла в осадке по сравнению: 1) с хорошо вентилируемыми участками лещадей и склонов, где, повидимому, хлорофилл отлагается в большем количестве, и 2) с осадком застойных зон, где сероводородное заражение и анаэробные условия благоприятны для его сохранения и накопления на дне².

Распределение бентосных организмов следует отчасти за распределением осадков по механическому составу, так как и то, и другое зависит от общих условий циркуляции бассейна.

На песках с преобладанием эпифауны мы находим биоценоз преимущественно моллюсков, иглокожих, причем с точки зрения литогенетической существенно отметить тот факт, что при общем большом весовом количестве живого вещества процентное содержание органического углерода и азота в осадке относительно невелико. Сопоставляя количество органического углерода с весовым количеством фауны на квадратный метр (рис. 15), можно видеть, что в то время как количество инфауны идет параллельно количеству органического углерода, эпифауна, а при большом количестве эпифауны — общая биомасса бентоса, дает обратную картину, т. е. увеличение ее даже до очень больших количеств не отзывается на содержании органического углерода в осадках. По всей вероятности, это служит отражением того факта, что значительная часть органического вещества при разложении тел организмов непосредственно переходит в раствор, сгорая до СО₂ и прочих газообразных и солеобразных продуктов; в осадке же может накапливаться только тот органический углерод, который, попадая в восстановительную анаэробную среду, уходит от воздействия обогащенной кислородом морской воды.

Как условия циркуляции, так и особенности литогенетического процесса в губах нам пока неясны. Несомненно, что значительную роль там играет опреснение морской воды и образование застойных, местами зараженных сероводородом, зон. Детали этих процессов, вопросы литологии и продуктивности губ в связи с их рельефом и гидрологическим режимом, распределение в них гидрохимических элементов, смена этих условий в течение года, — все это должно стать предметом отдельного исследования. Исследования эти приобретают особую важность и насущный интерес в связи с проблемами сельдяного промысла. Накопление сравнительного материала по губам (фиордам) и заливам разного типа позволит выяснить законы происхождения и развития этих водоемов и их роль в современном породообразовании.

¹ Данные Р. Г. Лейбсон.

² Кленова М. В. и Ястребова Л. А. Этот вып.

Zur Frage über die Komplexuntersuchung der recenten Meeressedimente

Von *Klenova M. V.*

Zusammenfassung

1. In der vorliegenden Arbeit wurde hauptsächlich das im J. 1931 auf der 34. Fahrt des E/S. «Persey» gewonnene Material ausgenutzt. Die Bodenproben wurden mit der Eckman-Röhre und mit dem Petersen-Bodengreifer heraufgeholt und im Laboratorium für Meeresgeologie in Poljarnoj (Murmansk) analysiert. Auf der Fahrt wurden ausserdem noch hydrologische und biologische Arbeiten durchgeführt und ein Material über die Produktivität des Benthos und des Planktons gesammelt.

2. Morphologie des Bodens.

Die beiliegenden Profile des Motovskij Busens wurden auf Grund der vorhandenen Tiefenmessungen zusammengestellt. Daraus sind Unterwasserterrassen an einer Tiefe von 21—23; 52—54; 90—94; 130—132; 167—157 und etwa 200 m zu ersehen. Die untereiseichen Böschungswinkel betragen 10° — $10^{\circ}20'$ an der nördlichen Küste des Busens und 3° — 5° — 7° an der südlichen. Im Auslaufsteil betragen sie im Längsprofil etwa $8'$ — $10'$. Die klinographischen Kurven weisen auf das Vorhandensein von Unterwasserstufen an einer Tiefe von 50—90—150—200 m hin. Es wurden Beobachtungen über Küstenterrassen in den Fjorden Titovka, Zapadnaja Litsa und Ura angestellt und solche an einer Höhe von 5,0, 23,0, 55,0 m gefunden.

Im Motovskij Busen streichen die Elemente des Reliefs nach WNW, dem Rande des kristallinen Fennoskandinawischen Schildes parallel und gleich den Grundelementen des Reliefs im südlichen Teil des Barentsmeeres.

3. Mechanische Zusammensetzung der Sedimente.

Die mechanische Analyse wurde nach der Methode von Osborn, mit mikroskopischer Nachprüfung und unter Anwendung der Klassifikation des Ozeanographischen Instituts vorgenommen (S. Tabelle S. 16).

Das Zentralgebiet des Busens ist mit sandigem Schlamm eingenommen; an den Abhängen liegt schlammiger Sand, ebenso wie an der Schwelle, die die Zentralvertiefung von der Bai Kutovaja trennt. Noch näher zur Küste tritt an Kies, Rollsteinen und Geschieben bereicherter Sand auf. Im Ura-Fjord wird Schlamm abgesetzt.

Die Verteilung der Sedimente nach ihrer mechanischen Zusammensetzung ist mit dem Vorhandensein mehr oder weniger stiller Zonen verbunden.

Die unteren Schichten der Proben zeugen von einer Verfeinerung des Materials mit der Vertiefung in den Grund, was eine Folge der gegenwärtigen Hebung des Bodens ist. In dem Ura-Fjord wird das Material mit der Vertiefung immer gröber, da bei dem höheren Stand der Uferlinie augenscheinlich eine breitere Verbindung dieses schmalen Fjords mit dem offenen Teil des Busens existierte.

Die Sedimente des Motovskij Busens, die, ebenso wie diejenigen des ganzen Barentsmeeres, von einer allgemeinen Hebung des Ufers zeugen, geben uns keine Anweisungen auf jegliche scharfe Veränderungen des hydrologischen Regimes, was auf die Beständigkeit der Hauptelemente der Reliefs zurückzuführen ist und zugunsten ihres hohen Alters spricht.

Eine richtig durchgeführte mechanische Analyse mit mikroskopischer Nachprüfung der Korngrösse ergibt eine gute Übereinstimmung mit den Resultaten der dynamischen Bearbeitung der hydrologischen Befunde und wir besitzen darin ein Mittel ein rasches Urteil über die relative Strömungsgeschwindigkeit an einer gegebenen Stelle zu gewinnen.

4. Mineralische Zusammensetzung der Sedimente des Motovskij Busens.

Die Trennung der Mineralien wurde mittels der Toulet'schen Flüssigkeit (spez. Gewicht 2.7) aus einer bei der mechanischen Analyse erhaltenen Fraktion von 0.1—0.05 mm vorgenommen. Die Maximalwerte des Gehaltes an schweren Fraktionen sind für die Sackteile der Fjorden Titovka und Zapadnaja Litsa erhalten worden, wo sie 22.3 und 21.7% erreichen.

Die ausgeschiedenen schweren Mineralien wurden an den Millnerischen Tabellen bestimmt. Es wurden davon 30 Arten festgestellt. (S. Tabelle 6).

Danach wurde die Häufigkeit einer jeden Art wie auf die Gesamtzahl der Stationen, so auch im einzelnen auf die nördliche und südliche Küste, berechnet.

Der Komplex: Granat, Magnetit, Muskovit, Biotit, Olivin wurde an allen Stationen angetroffen; an der südlichen Küste kommen häufiger Hornblende, Aktinolit, Tremolit, Enstatit, Zirkon, Rutil, teils Epidot und Chlorit vor. An Stationen der nördlichen Küste sind Diopsid, Sillimanit, Dolomit, Zoisit und Sphalerit vorherrschend. Die Hauptquelle des Materials bilden Granat-Glimmer-Magnetit- und Amphibolitschiefer und die von A. A. Polkanov beobachteten Granite und Gneisse der südlichen Küste. Die Sedimentgesteine der Halbinsel Rybatschij spielen eine untergeordnete Rolle, da sie eine unbedeutende Menge von Mineralarten, die sich durch einen Gang-, oder Kontaktcharakter auszeichnen, oder wiederholt abgesetzte Mineralkörner eruptiver Herkunft liefern.

Das Verhältnis der einzelnen Mineralien im Komplex verändert sich wesentlich auf der Bodenfläche des Busens Motovskij (40×50 qkm), während der Komplex selbst mehr oder weniger beständig bleibt und mit der Beschaffung der Gesteine des nächsten Ufers eng verbunden ist, so dass von einem weiten Transport mit der Strömung kaum die Rede sein könnte. Es ist anzunehmen, dass das Gesetz der Verbreitung der schweren Mineralien in den feineren Fraktionen (< 0.05 mm) sich von den angeführten Angaben ein wenig unterscheiden werde. Die Arbeit wird fortgesetzt.

5. Die Geschiebe am Boden des Motovskij Busens.

Das grobfragmentarische Material wurde mit einem Bodenschöpfer gesammelt und danach gewogen. Seine Menge je m^2 schwankt zwischen 0 und 28 kg. In der Mitte des Busens kommen keine Geschiebe vor; sie sind meistens mit unterseeischen Abhängen und seichten Bezirken verknüpft. Die Gesteinbruchstücke sind meistens nicht abgerundet. Abgerundete Geschiebe wurden in den Sackteilen der Fjorden angetroffen und sind mit den Flussschlicklen verknüpft. Zwecks qualitativer Bestimmung aller gefundenen Arten wurde eine Mustersammlung aus 37 Nummern abgesondert, und die Häufigkeit der einzelnen Gesteine und ihrer Abarten an der nördlichen und südlichen Küste berechnet. (S. Tabelle). Im ganzen wurden 1915 Gesteinbruchstücke untersucht und makroskopisch bestimmt. Der Prozentgehalt eines Gesteines in der Probe einer gegebenen Station wurde einzeln berechnet. Von jeder Station wurden nur Vertreter einer jeden Abart aufbewahrt, weshalb einige Bestimmungen nicht nachgeprüft werden können; trotz der Ungenauigkeit der Feldbestimmung gestattete es aber eine genaue Untersuchung des Prozentgehaltes an Gesteinen einer jeden Station die Zusammensetzung des nördlichen und südlichen Komplexes und deren Verfrachtungswege anzudeuten. (S. Karte).

Zu den Gesteinen der nördlichen Küste gehören verschiedene Sandsteine, Schiefer und das Quarzit der Halbinsel Rybatschij an, zu denjenigen der südlichen — rosafarbener, grauer und schwarzer Biotit-Granit und Gneise mit Amphibol und Granat, so wie auch die verschiedenen morphologischen Abarten dieser Gesteine.

Da im Zentralgebiet des Busens das grobklastische Material völlig ausbleibt, ist es anzunehmen, dass die Bewegung der Geschiebe längs der Küste stattfindet. Eine grosse Anzahl von Geschieben der südlichen Küste gelangt

an die nördliche, während die umgekehrte Erscheinung viel seltener beobachtet wird.

Eine derartige Verbreitung der Steine wird dadurch erklärt, dass sie mit dem Ufeis transportiert werden. Dieses bildet sich in den Fjorden der südlichen Küste, wird durch die Flut- und Ebbeströmungen aufgebroschen, und lässt im Schmelzen die mitgerissenen Gesteinebruchstücke in einem kleinen Abstände von der Küste fallen. Der Komplex der Gesteine des Busens Motovskij gibt gar keine Hinweise auf die entfernte oder alte Herkunft des Materials und ist auf die gegenwärtige Wasserzirkulation und die Wirkung der Schwerkraft zurückzuführen.

6. Oxydationswert in den Sedimenten und seine Bestimmungsmethode.

Zur Bestimmung der Sedimentfarbe wurde eine Farbentonleiter zusammengestellt, die auf ein Holzbrett mit Oelfarben aufgetragen wurde. Sie war den typischen Nuancen eines frischen Sedimentes angepasst, da die Farben des Sedimentes beim Abtrocknen sich verändern. Die Farbentonleiter wies folgende Nuancen auf: schwarz, grün, bläulichgrau, grau, rosa-grau, grünlich-grau, gelblich-grau, braun und dunkelbraun. Es wurden Bestimmungen des gegenseitigen Verhältnisses des Ferro- und Ferrioxides in der, dem Bodenschöpfer soeben entnommenen Bodenprobe durchgeführt. Zu diesem Zweck wird folgendes Verfahren empfohlen: ein geringes Volumen (1—2 cm) des Sedimentes wird in einen Erlenmeyerschen Kolben ausgewaschen und 30 Minuten lang in einer Kohlensäureatmosphäre mit 10% Salzsäure erwärmt. Man filtriert darauf das Extrakt in Gegenwart von Kohlensäure und titriert es mit $\frac{1}{20} N K_2MnO_4$ ^(a). Die Reduktion des Eisens erfolgt nach Zimmermann-Reinhardt mit $ZnCl_2$, wonach wiederholt titriert wird ^(b). Das Verhältnis der Zahl der cm^3

$$\frac{b-a}{a}$$

zeigt unmittelbar den Oxydationswert an. Er beträgt für grünlich-graue Sedimente 0.5—0.7, für schwarze 0.1—0.1, für die braunen Ca 2.0—2.74, für die gelblich grauen 1.0—1.4. Die Arbeit wird weitergeführt. Der Vergleich des Oxydationswertes mit dem Kohlenstoffgehalt im Sediment (s. Graphische Darstellung) ergibt einen umgekehrten Verlauf der Kurve; d. h. dass der Oxydationswert mit Abnahme des organischen Kohlenstoffes zunimmt.

7. Schlussfolgerungen.

Der Motovskij Busen stellt ein Gebiet der Erdkruste dar, welches sich wahrscheinlich zur Zeit der orogenetischen Bewegungen der Alpenfaltung gesenkt hat; dies geschah infolge des Abbruches und des Verrückens gen NW der Sedimentschichten der Halbinsel Rybatschij—eines Restes des Kaledonischen Faltungsgebietes, das sich längs dem nördlichen Rand des vorgeschichtlichen kristallinen Schildes von Fennoskandien hinzog. Der Motovskij Busen stellte allem Anschein nach, zur Zeit seiner Bildung und in der Vor- und Zwischeneiszeit ein Flusstal dar, das sich mit einem gegenwärtig im Boden des Barentsmeeres verborgenen allgemeinen Flussnetz vereinigte. Dieses Tal konnte während der Vereisung in seinen oberen Gebieten teilweise als Gletscherbett dienen, wobei die Gletscher ohne Zweifel längs allen gegenwärtigen Fjorden in das Tal herunterkamen und dadurch den Boden der früher vorhandenen tektonischen Spalten und Bruchgebiete vertieften. Zu dieser Zeit wurden bei einem hohen Stande des Festlandes die Terrassen angedeutet, deren undeutliche Spuren wir bis jetzt noch am Boden des Motovskij Busens entdecken. Wie schon erwähnt¹, ist es an Hand der zur Verfügung stehenden Angaben, schwer das Alter dieser Terrassen genau

¹ Klenova M. V. Herkunft des Bodenreliefs der Barentsmeeres. Zschft. «Priroda», 1933, № 2, S. 49.

festzustellen. Man kann nur vermuten, dass sie, gleich den Unterwasserterrassen des offenen Barentsmeeres ein älteres Element des Reliefs darstellen, als die zahlreichen Spuren der Posteiszeiterhebungen an den Küsten der Polarinseln und des Festlandes.

Leider lassen die vorhandenen harmonischen Schemen der epirogenetischen Bewegungen der Erdkrust während der Eiszeit die Existenz dieser Unterwasserterrassen ausser Betracht. (Tanner¹, Grönlie²). Der Versuch dieselben in diese Schemen einzuführen zerstört in bedeutendem Masse die strenge Folgerichtigkeit der Ablagerungen und die Gesetzmässigkeit der Schwankungen, die ein typisches Kennzeichen eines jeden gut konstruirten Schemas sind. Es muss hier nochmals auf die Notwendigkeit einer gleichzeitigen Untersuchung nicht nur der Küste, sondern auch des Bodens eines jeden Wasserbeckens hingewiesen werden. Die, durch die Entwicklungsgeschichte der Wissenschaft bedingte Kluft zwischen den geologischen Untersuchungen der Küste und denjenigen des Meeresbodens muss jetzt ausgeglichen werden, wozu als Brücke ein relativ neuer Zweig der gegenwärtigen Ozeanographie — die Geologie des Meeres dienen soll. Die Untersuchungen im Gebiet der Geologie des Meeres müssen, wie in jedem Grenzgebiet als Komplexuntersuchungen durchgeführt werden, und womöglich die ganze Mannigfaltigkeit der untersuchten Erscheinungen wiedergeben³. Wir betrachteten die Arbeit an den Busen Motovskij, als einen Versuch einer derartigen Komplexuntersuchung, die es gestattet in einer einigermaßen vereinfachten Form die wesentlichen Züge der Geschichte und der gegenwärtigen Prozesse der Gesteinsbildung, welche in diesem verhältnismässig kleinen Wasserbecken stattfindet, anzudeuten. Ein wesentlicher Nachteil dieses Versuchs ist die Unvollständigkeit des Komplexes. Wir verfügen gerade im Teil der Untersuchung der Küste hauptsächlich über literarisches Material, das sehr spärlich ist und unter einem anderen Gesichtspunkte gesammelt wurde, und nur über einige eigene Beobachtungen. In unseren Sammlungen fehlen Terrassenablagerungen und es war uns unmöglich eine vergleichende lithologische und paläontologische Analyse derselben auszuführen. Unterdessen wären wir im Stande, an Hand eines Materials über die Verteilung der recenten Fauna und über die Bedingungen der gegenwärtigen Gesteinsbildung⁴, einige Momente der Geschichte des Motovskij Busens im Quartär zu klären. Diese Arbeit soll augenscheinlich in der nächsten Zukunft ausgeführt werden. Die Untersuchung einzelner Fjorde des Motovskij Busens, und des Kola-Fjords, die von uns gegenwärtig im Zusammenhang mit der Notwendigkeit der Zusammenstellung von Fischereikarten angestellt wird⁵, wird laut einem Komplexverfahren durchgeführt, wobei nicht nur die Aufklärung der recenten geologischen Beschaffenheit des Bodens und der Küste Fjorden, sondern auch diejenige ihrer Geschichte im Quartär berücksichtigt wird. Das im Laufe dieser Arbeit gesammelte Material wird uns die Möglichkeit zu einer tieferen Untersuchung geben und zweifelsohne eine ganze Reihe von Fragen lösen, die in dieser Arbeit noch unbeantwortet geblieben sind.

Im Teil der Darstellung der gegenwärtigen Prozesse der Gesteinsbildung werden besonders eingehend die Prozesse mechanischer Ordnung beleuchtet, während der Chemismus der Sedimentablagerungen viel weniger Beachtung findet. Die Ursache davon ist teilweise auf die Eigenschaft des Sedimentes

¹ Loc. cit.

² Loc. cit.

³ Der Frage über den Komplex bei Untersuchung der rezenten Sedimente und der Zusammensetzung dieses Komplexes ist eine spezielle Arbeit gewidmet (S. «Problems of Soviet Geology», M. 1934, vol. III, Nr. 8. Klenova M. V. Komplex in der Geologie des Meeres).

⁴ Leibson R. G. Loc. cit.

⁵ Klenova M. V. Fischereikarten der Fjorden der Murman- und der Weissmeerküste. Diese Lieferung.

selbst zurückzuführen besonders auf die Besonderheiten des lithogenetischen Prozesses in den Bedingungen des polaren Klimas, wo die Hauptrolle ohne Zweifel den mechanischen Prozessen der Zerkleinerung und des Transportes der Sedimentkomponente zukommt. Die angeregten Fragen über den Chemismus im Zusammenhang mit der Verteilung des Ferro- und Ferrioxides, des Chlorophylls¹ des organischen Kohlenstoffes und des Stickstoffes² sind nur die ersten Annäherungsstufen zum Problem über die Wechselbeziehungen der Bio-Hydro- und Lithosphären, das sowohl in seinen allgemeinen Grundrissen, als auch in den Einzelheiten noch weit von der Lösung ist. Man hat hier in einem neuen Gebiet zu arbeiten und wird genötigt zu aller erst für eine jede Frage sehr viel Zeit und Kraft, zwecks Aufsuchung einer passenden Methodik, aufzuwenden. In Anbetracht dieser, und noch anderer äusserer Umstände, nämlich des Fehlens von einem speziellen chemischen Laboratorium für Geologie des Meeres, dessen Organisation eben begonnen wird, stehen die Fragen über den Chemismus der Sedimente wie sandig-toniger Schichten unserer Polarmeere, so auch diejenigen der übrigen Meere (z. B. des Kaspischen) ebenfalls an der Reihe.

Was stellt denn heute der Motovskij Busen, als Gebiet der rezenten sandig-tonigen Facies dar?

Wie es aus der Zusammensetzung der schweren Fraktion des Sedimentes und dem petrographischen Bau der Geschiebe und des Gerölls zu ersehen ist, ist das Ausgangsmaterial des klastischen Teils der Bodensedimente des Motovskij Busens aus den Gesteinen der nächsten Küste gebildet. Die Hauptfaktoren der Verfrachtung und der Verteilung der Sedimente nach ihrer Grösse sind die Strömungen, welche das grobfragmentarische Material mit dem Ufereis, und die feinen Partikeln unmittelbar transportieren. Wenn die durchschnittliche Amplitude der Flut im Motovskij Busen, wie im Poljarnajahafen³ 2.3 m (7. 6. F.) beträgt, so wird laut Tabelle⁴ die Maximalgeschwindigkeit der Flutströmung an einer Tiefe von 100 m, 36 cm/sek. betragen. Diese Geschwindigkeit genügt zur Suspension von Partikeln⁵ von 1.5 mm Durchmesser (laut unserer Nomenklatur für feinen Kies). Die von der Flut- und Ebbeströmungen aufgehobenen Teile, welche eine mehr oder weniger lange Zeit in suspendiertem Zustand verbleiben, werden von der permanenten Strömung weggetragen. Eine dynamische Bearbeitung der hydrologischen Befunde in Uebereinstimmung mit der Verteilung der Sedimente nach ihrer mechanischen Zusammensetzung, zeigt dass die permanente Strömungen (ein Zweig der Nordkapströmung) in den Motovskij Busen seinem nördlichen Ufer entlang eintritt. Sie schmiegt sich an den südlichen Teil der halbinsel Rybatschyi, umbiegt die Zentralmulde des Motovskij Busens und kommt der südlichen Küste entlang heraus. Ein Ast dieser permanenten Strömung tritt in die Mulde Kutovaja ein, und ergibt dort, wie es scheint, eine ähnliche Kreisbewegung, wobei in deren Mittelpunkt eine relative Stillzone entsteht. Die tiefen Fjorde der südlichen Küste — Titovka, Zapadnaja Litsa, Witschany und Ura-Guba stehen allem Anschein nach ausserhalb dieses Zirkulationssystems und ihr Regime unterscheidet sich beträchtlich von demjenigen des offenen Teils des Busens. Der Fjord Motka hat eine breitere Verbindung mit dem allgemeinen Zirkulationssystem, aber auch darin finden wir eine ganze Reihe von Unterschieden im Vergleich mit den Zentralteilen des Busens. Das feine klastische, von den Flut- und Ebbeströmungen auf-

¹ Klenova M. V. und Jastrebova L. A. Diese Lieferung.

² Gorsckova T. I. Diese Lieferung.

³ Jahrbuch der Flutströmungen des Nördlichen Eismeres für das Jahr 1932. Leningrad 1931.

⁴ Zubow N. N. U. a. Ozeanographische Tabellen. Verl. Hydro.—Met. Kom. u. Staat. Ozeanograph. Institut. Moskau, 1931. S. 130.

⁵ Pratje. Loc. cit.

gehobene Material findet teilweise in der Stillzone im Zentrum des Busens und der Mulde Kutovaja, seinen Absatz, teils wird er ohne Zweifel aus dem Busen weggetragen; deshalb finden wir an dessen Boden keine Sedimente mit einer grossen Menge von feinen Fraktionen (< 0.01 mm); deren Maximalwert beträgt 28% und nur im tiefen Fjord, der Ura-Guba und in geschlossenen Mulden wurden bis 35% feiner Fraktionen gefunden.

In Uebereinstimmung mit diesem allgemeinen Zirkulationssystem, das durch die Konfiguration der Ufer und den Relief des Bodens bedingt ist, steht auch das Gasregime des Busens. Wir haben hier eine Reihe von Abstufungen von den gut ventilierten, an Epifauna reichen Sanden der Setj Navolok — Platte und der Bank in der Nähe von Bazary, oder von den an Geschieben bereicherten sandigen Schlamm von Motka (wo die allgemeine Gewichtsmenge der Fauna 826,3 g je m^2 beträgt), bis zum vollständig lebenslosen, mit Schwefelwasserstoff infizierten Schlamm in den Mulden zwischen den Inseln. Der sandige Schlamm des Zentralteils des Motovskij Busens stellt eine Facies dar, die ihrem Gewicht nach eine arme Fauna aufweist, und wo infolge der vorwiegenden Infauna eine bedeutende Ansammlung des organischen Stoffes statt findet. Letzter Umstand bedingt diejenige reduzierende Reaktion des Mediums, welche das Eisen im Oxydul-Zustand erhält und dem Sediment eine grünlich graue Färbung, bei einem Oxydationswert von 0.6—0.7 verleiht. Im Zentralteil des Busens haben wir eine relative Herabsetzung des Sedimentchlorophylls im Vergleich einerseits zu den gut ventilierten Gebieten der Platten und Abhänge, wo der Chlorophyll augenscheinlich in grossen Massen abgelagert wird, und zu den Sedimenten der stagnierenden Gewässer andererseits, wo die Infektion mit Schwefelwasserstoff und die anaeroben Bedingungen seine Anspeicherung und Erhaltung am Boden begünstigen¹.

Die Verteilung der Benthosorganismen entspricht teilweise der Verteilung der Sedimente ihrer mechanischen Zusammensetzung nach, da das eine, wie das andere von den allgemeinen Zirkulation im Wasserbecken abhängt.

In Sanden mit vorherrschender Epifauna begegnen wir vornämlich einer Biozänose von Mollusken und Stachelhäutern, wobei es vom biogenetische Standpunkt aus wichtig ist auf die Tatsache hinzuweisen, dass im Vergleich zu der allgemeinen grossen Gewichtsmenge des lebenden Stoffes, der Prozentgehalt an organischen Kohlen- und Stickstoff im Sediment, verhältnismässig gering ist. Bei der Gegenüberstellung der Menge des organischen Kohlenstoffes und der Gewichtsmenge der Fauna je m^2 ist es zu ersehen, dass die Menge der Infauna parallel der Menge des organischen Kohlenstoffes verläuft, während die Epifauna ein umgekehrtes Bild ergibt, d. h. die Zunahme derselben selbst bis auf sehr grosse Mengen sich auf dem Gehalt der Sedimente an organischem Kohlenstoff nicht widerspiegelt. Letzteres ist wahrscheinlich als Kennzeichen der Tatsache anzusehen, dass ein bedeutender Teil des organischen Stoffes — bei dem Zerfall der Organismen unmittelbar in einen Lösung übergeht und bis auf CO_2 und andere gasförmige Produkte verbrennt, während im Sediment sich nur derjenige organische Stoff anspeichern kann, welcher beim Gelangen in das reduzierende anäerobe Medium der Einwirkung des an Sauerstoff bereicherten Seewassers entgeht.

Sowohl die Bedingungen der Zirkulation, wie auch die Besonderheiten des lithogenetischen Prozesses in den Fjorden, bleiben uns einweilen nicht aufgeklärt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass das Süsswerden der stagnierenden Gewässer, welche hier und da mit Schwefelwasserstoff infiziert sind, darin eine bedeutende Rolle spielen. Die Einzelheiten dieser Prozesse, die Frage über die Lithologie, die Produktivität der Fjorden im Zusammenhang mit deren Relief und lithologischem Regime, die Verteilung der hydrologi-

¹ Klenova M. V. und Jastrebova L. A. Diese Lieferung.

schen Elemente in denselben, die Abwechslung dieser Umstände im Laufe des Jahres — dies alles soll zum Gegenstand einer speziellen Untersuchung werden. Solche Untersuchungen erhalten einen besonderen Wert und ein wesentliches Interesse in Verbindung mit den Problemen des Heringfanges. Die Bereicherung an vergleichendem Material über die einzelnen Fjorden und Busen verschiedener Typen wird uns die Aufklärung der allgemeinen Gesetze der Herkunft und der Entwicklung dieser Wasserbecken und ihre Rolle im Prozess der gegenwärtigen Gesteinsbildung gestatten.

Labor. f. Geologie d. Meeres
1933.