

УДК 551.243.8:550.834(282.247.212+268.46+282.247.181.1)

Слинченков В.И., Константинов В.М., Николаев В.В.

НОВЕЙШИЕ РАЗЛОМЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА, КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА И О. ИМАНДРА ПО СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИМ И АКУСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ

В последнее время сейсмоакустические методы заняли одно из ведущих мест среди других методов при изучении верхней части рыхлых отложений, тектонических особенностей и геоморфологии морского дна.

Приводимые результаты исследований получены комплексом методов, применяемых в условиях одновременной регистрации, которые включали: сейсмоакустическое профилирование (САП) с САК «Акварин», с источником сейсмических сигналов СКАТ-1; высокочастотное акустическое профилирование (АП) с аппаратурой ПА-1500 и, в отдельных случаях, гидромагнитные измерения с аппаратурой МБМ-2. Способ регистрации данных - аналоговый. Работы проводились с судов небольшой осадки и катеров на скоростях от 4 до 7 узлов.

В методе САП использовался электроискровой излучатель контейнерного типа, подвешенный на поплавке, который обеспечивал стабильное заглубление его относительно поверхности воды. Максимальная величина накапливаемой энергии составляла 5 кДж. Количество электродов излучателя обеспечивало частотный диапазон волнового поля 0,7-1,0 кГц. Глубинность исследований по грунту составляла от первых до нескольких десятков метров и зависела от состава и мощности отложений. В пределах описываемых регионов, в подавляющем большинстве случаев, глубинность метода ограничивалась залеганием коренного цоколя - акустически «жестких» пород дчетвертичного возраста. Поскольку отображение границ на сейсмограммах проводилось 2-3 фазами, что соответствовало толщине записи в 4-5 мсек, то расчленение осадков, с учетом допущенной скорости распространения волн (1 800 м/сек), проводилось не точнее 3 м. Тектонические нарушения на сейсмограммах отмечались по вертикальному смещению осей синфазности и по зонам их «размыва», выражающихся в ослаблении амплитуды и коррелируемости зеркальной составляющей сигнала (вплоть до полного ее исчезновения) и формирования некоррелируемых зон интерференции. При выделении нарушений учитывались морфологические особенности древнего и современного рельефа, данные других методов.

Для более детального расчленения верхней части разреза донных осадков одновременно с САП были проведены работы методом АП с аппаратурой ПА-1500, рабочая частота которой составляла 7,2 кГц. Глубинность метода зависела от мощности и состава отложений и при благоприятных условиях (осадки значительной мощности преимущественно глинистого состава) составляла первые десятки метров, при разрешающей способности 0,5-1,0 м.

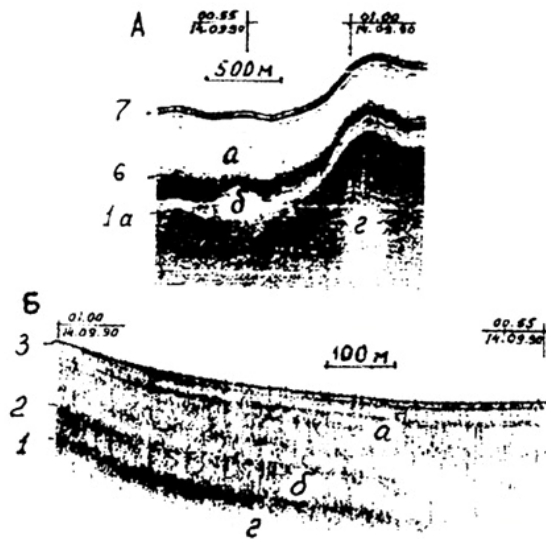


Рис.1. Пример записи методами сейсмоакустического и акустического профилирования в условиях одновременной регистрации на акватории Ладожского озера.

1а, б, 7 — отражающие границы; а, б — озерные осадки; г — породы протерозоя (Pt₂?).

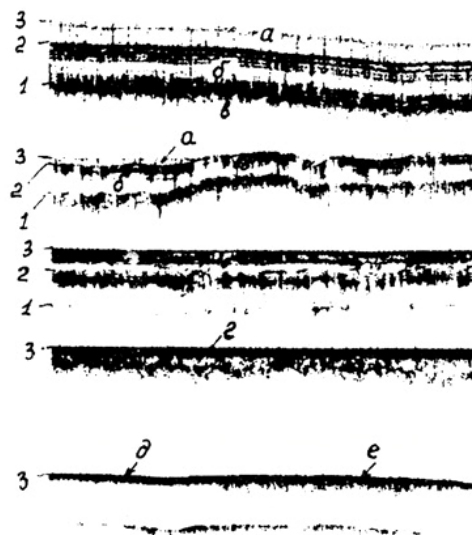


Рис.2. Отображение типов донных осадков Ладожского озера на эхограммах акустического профилирования.

1, 2, 3 — границы слоев; а — пелиты; б — алевриты; в — алевропелиты; г — алевропески; д — пески; е — песчаные гравийно-галечно-валунные отложения.

Методика и технология работ выбиралась и апробировалась в течение полевых сезонов 1988-91 гг. на акватории Ладожского озера, где результаты САП и АП служили основой для решения геоэкологических задач. Исследования позволили выявить основные черты строения палеорельефа дна акватории, получить данные о распределении мощности и составе четвертичных отложений, в том числе и голоцена. Высокая разрешающая способность акустического метода способствовала выявлению не только участков размыва и накопления четвертичных и голоценовых отложений, но и дала возможность по характеру записи классифицировать поверхностные осадки по их составу, что позволяет более корректно проводить границы участков их распространения при построении карты донных осадков.

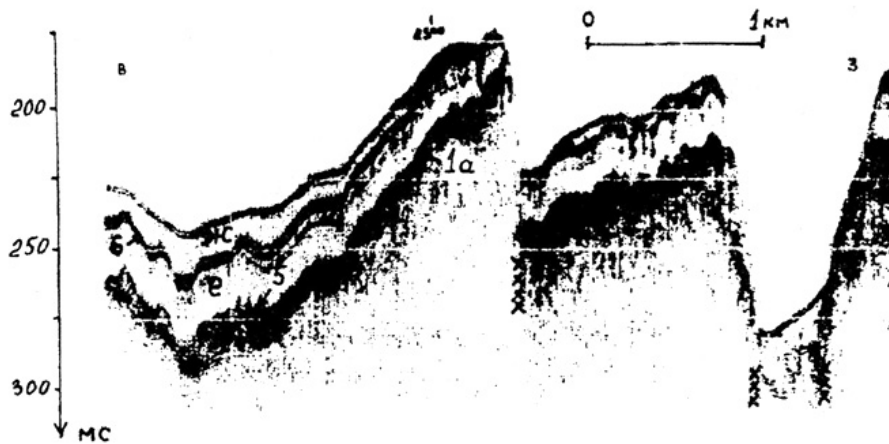


Рис.3. Фрагмент сейсмоакустической записи в районе неотектонических нарушений.

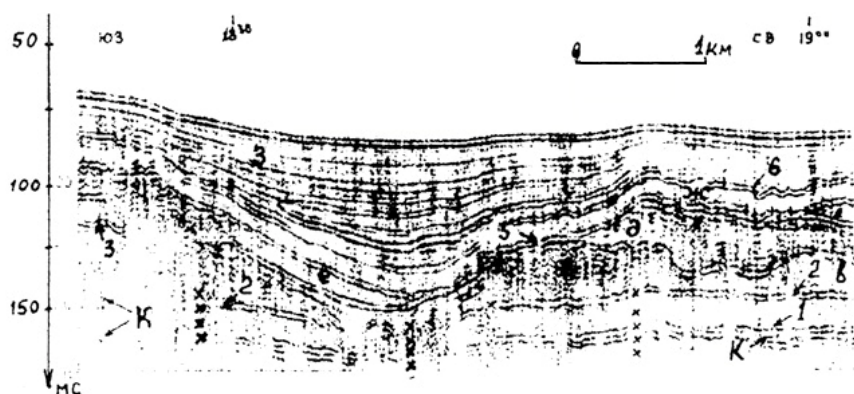


Рис.4. Фрагмент сейсмоакустической записи в районе древней погребенной долины.

1—6 — отражающие границы; а, б, в, г — породы среднего и верхнего протерозоя; д — ледниковые отложения; е — переотложенные осадки; ж, з — озерные осадки; х — тектонические нарушения; К — кратные отражения.

Интерпретация полученных данных и построение сейсмогеологических разрезов носили, в определенной степени, предположительный характер из-за отсутствия достоверных геологических определений, которые могли бы быть получены, в частности, в результате бурения на акватории и базировались, помимо результатов анализа временных разрезов, на результатах предыдущих береговых геолого-геофизических исследований и данных пробоотбора, выполненного с учетом пройденных геофизических профилей.

На рис. 1-4; 5, проф. I-III приведены примеры сейсмоакустической и акустической записи на различных участках акватории и типичных временных разрезов по профилям ЮВ (I, II) и СЗ (III) направлений. По условиям образования, нашедшим отражение в сейсмоакустической и акустической записях, предполагаемому составу, пространственному и глубинному положению относительно водной поверхности на разрезах выделяется три сейсмоакустических комплекса (САК) пород, в пределах которых отмечено до семи отражающих границ, отличающихся интенсивностью отображения, конфигурацией и геометрией осей синфазности, протяженностью, глубиной залегания, наклоном относительно водной толщи.

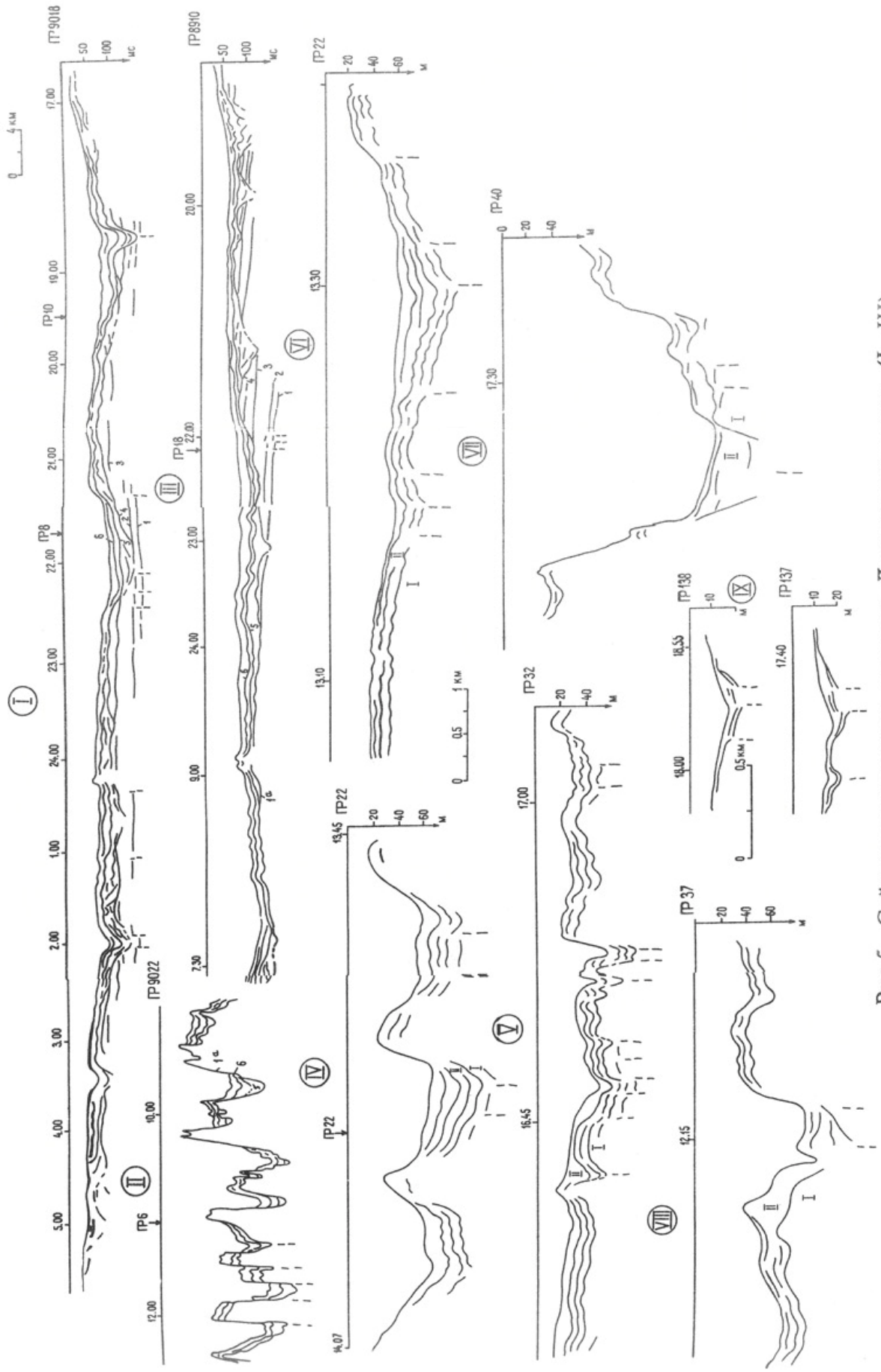


Рис.5. Сейсмоакустические разрезы Ладожского озера (I—III), Кандалакшского залива (IV—VIII), о.Имандра (IX).

Самый древний из выделяемых САК-I ограничивается сверху отражающей границей 1^а, получившей распространение от центра озера к северу и характеризуется, в целом, хаотичной сеймотекстурой. Рельеф границы от холмисто-ступенчатого низкоградиентного до амплитудного высокоградиентного. Породы комплекса следует, очевидно, отнести к различным по генезису и составу образованиям протерозоя.

В центральной части озера отмечается примыкание к нему САК-II, с несогласно залегающей подошвой (граница 1) и эрозионной кровлей (граница 4) (рис. 4, 5, проф. I-III). Состоит из ряда толщ выдержанной мощности, согласного в пределах границ 1-4 залегания, но с различной сейсмоструктурой, типичной для осадочных пород. Выдержанность отражений свидетельствует о бассейновом режиме осадконакопления. Вероятная литология и возраст - песчано-алевритовые протерозойские (Pt₃) осадочные образования. Область примыкания границ 1 и 1^а при продолжении ее на берег согласуется с началом выхода интрузивных пород протерозоя (Pt₂) на суше.

САК-III (граница 4 - донная поверхность) - самый молодой из выделяемых. Залегаet с угловым несогласием на САК-I и САК-II. Толще в пределах границ 4-5 присущи изменчивая мощность и сложная, от холмистой до беспорядочной, сейсмоструктура, которая отвечает, скорее всего, ледниковым отложениям четвертичного возраста (Q_{II-III}).

Хорошо выдержанные однородные мощности (толща *б* на рис. 1-3, *ж* на рис. 4) вышележащего горизонта в пределах границ 1^а, 4, 5-6 малой интенсивности отражений, с плоскопараллельной сейсмоструктурой, с конфигурацией осей синфазности конформно облегающих подстилающую топографию, указывают на спокойный гидродинамический режим осадконакопления и, как следствие, предполагают чисто озерные осадки алевритового состава, относимые нами к образованиям четвертичного возраста (Q_{III-IV}).

Верхняя толща в пределах границ 6 - донная поверхность (толща *а*, *з* на рис. 1-4) на глубоководных и относительно глубоководных участках представлена слабоконтрастными отражениями с конфигурацией осей синфазности типа «заполнения» с выполаживанием на склонах. Вероятная литология - алевритовые водонасыщенные осадки голоцена (Q_{IV}). Верхняя толща участков мелководной (южной) и береговой зон представлена достаточно контрастными отражениями с конфигурацией осей синфазности от холмистой до плоскопараллельной, характерной для песчаных и гравийно-галечных отложений.

Анализ временных разрезов и результаты их интерпретации позволяют получить представление о строении верхней части протерозойских пород, а также фиксировать и предполагать не только последовательность процессов накопления четвертичных осадков, но и с определенной уверенностью судить об их возрасте, последовательности геологических событий, тектонических особенностях региона. Так в районе существования древней речной сети (рис. 4) анализ временных разрезов указывает на то, что в дочетвертичное время в южной части акватории существовала суша. Об этом свидетельствуют врезы древних речных долин в протерозойские породы. После отложения морены происходили русловые врезы по всей ширине меандрирования рек с образованием линз перемытых осадков, залегающих непосредственно на ледниковых отложениях. Последующая трансгрессия протекала в условиях достаточно глубокого спокойного водоема, приблизительно в пределах современных границ озера. Об этом говорит наличие относительно выдержанной по мощности и по простиранию толщи в пределах границ 5 - донная поверхность (рис. 1-5), с конформными относительно подошвы внутренними границами, предположительно алевритового и пелитового состава. Неотектонические нарушения отмечаются на северо-западе акватории, где молодые сбросы северо-западного простирания происходят с сохранением мощности толщи четвертичных осадков *а*, *б* (рис. 3, 5, проф. II). Более ранние тектонические нарушения предопределили, очевидно, положение древних русел (рис. 4, 5, проф. I, III) и способствовали формированию современного донного рельефа.

Распределение мощности отложений в первую очередь связано с дочетвертичным рельефом. Наибольшим мощностям четвертичных и голоценовых осадков отвечают глубоководные впадины тектонического происхождения на севере акватории и районы развития древней речной сети на юго-востоке. Наибольшее распространение среди современных осадков получили пелиты с максимальными мощностями в районах глубоководных впадин на севере и в древних речных долинах на юго-востоке. Алевритовые осадки развиты на поднятиях в глубоководной северной части озера, а также на средних глубинах юга акватории. Большим разнообразием поверхностных осадков отличаются вдольбереговая зона и зона мелководья на юге акватории, где их крупность растет по мере уменьшения глубин.

Таким образом, проведенные на акватории Ладожского озера сейсмоакустические и акустические исследования позволили решать достаточно обширный круг задач, связанных с вопросами строения, состава осадочных толщ, тектоническими особенностями региона и пр. Относительная простота и низкая себестоимость на фоне хорошей информативности позволили использовать методику и технологию производства работ при решении аналогичных задач и на других акваториях.

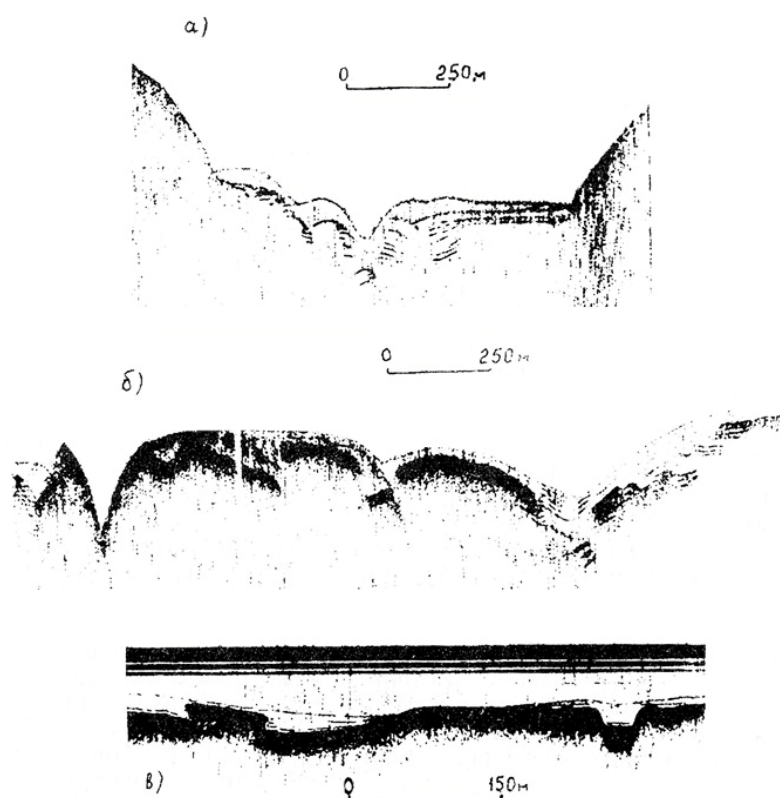


Рис.6. Фрагменты акустической записи на акваториях Кандалакшского залива (а, б) и о.Имандра (в).

С целью изучения строения четвертичных отложений и выделения новейших тектонических нарушений в 1992 г. проводились исследования на акваториях Кандалакшского залива и о. Имандра. Комплекс упомянутых выше методов дополнялся гидромагнитными измерениями с аппаратурой МБМ-2.

Район Кандалакшского залива мелководен и изобилует мелями и островами, в особенности северная его оконечность, что затрудняет использование «тяжелых» сейсмических методов из-за ограниченного судоходства и несовершенной в настоящее время технологии сейсмических работ на мелководье.

Существующие на момент проведения работ данные о геологическом и, в особенности, тектоническом строении акватории Кандалакшского залива носили региональный или разрозненный характер и представляли результаты интерпретации аэросъемок, трансформации данных береговых съемок и опытно-методических исследований по отдельным участкам акватории (в основном по более глубоководной его части - южной). Прямые геологические методы - бурение на акватории, ограничивались весьма малым количеством специализированных инженерно-изыскательских скважин, пройденных не на полную мощность рыхлых отложений и расположенных в непосредственной близости к берегу.

На временных разрезах (рис. 5, проф. IV-VII; 6 а, б), полученных на акватории Кандалакшского залива, с учетом геологического развития региона выделены два комплекса пород (САК-I и САК-II), отличающихся условиями образования, пространственным и глубинным залеганием. Комплексы разделены границей, представляющей в большинстве случаев поверхность «акустического фундамента», которая отождествляется нами с кровлей дочетвертичных пород. Эта граница следится на сейсмограммах достаточно уверенно за счет относительно высокой интенсивности отражений, характеризуется, в основном, непротяженными осями синфазности, образующими мелкохолмистую текстуру, составляющую, в целом, более крупнохолмистую, часто ступенчатую, поверхность границы. Реже граница представлена линейными достаточно протяженными осями синфазности. В ряде случаев в отражениях преобладает некогерентная составляющая, образующая довольно интенсивную шероховатую поверхность границы, характерную для толщ грубообломочных или смятых пород с высокими отражающими свойствами. Сейсмоструктура САК-I (подстилающего) отличается слабоинтенсивными на уровне помех хаотичными отражениями. Реже на участках, как правило, со слабодислоцированными породами, подстилающая толща выражена бледной в записи плоскопараллельной сейсмоструктурой, в которой подчас наблюдаются мало-среднеинтенсивные горизонтальные или наклонные границы, верхи которых часто задают рельеф поверхности раздела комплексов, носящей в таких случаях роль огибающей. САК-II, залегающий выше границы раздела, представлен слоистой толщей (как правило 2-3-слойной) переменной мощности, причем нижний слой залегает с угловым несогласием к САК-I. Условия залегания, упорядоченность и, в целом, конформность относительно подстилающего рельефа (граница раздела САК-I и САК-II) внутренних границ толщи, при разнообразии сейсмоструктуры слагающих слоев, позволяет отнести ее к осадочным образованиям четвертичного и современного возраста.

Количество внутренних границ САК-II может меняться в зависимости от территориальной и морфологической приуроченности разреза. Например, в застойных зонах - преимущественно северные районы и районы губ, где влияние процессов гидродинамики менее значительно, разрез может дополняться в своей верхней части водонасыщенными осадками (илами), которые отражаются в сейсмической записи в виде почти акустически прозрачных толщ и могут достигать мощности более 20 метров. В отрицательных формах рельефа разрез обычно дополняется снизу слоистыми осадками. Как правило, повышенным мощностям, равно как и разнообразию границ, отвечают пониженные и отрицательные формы подстилающего рельефа. Сейсмоструктура слоев, слагающих САК-II, разнообразна: от хаотичной или полухаотичной с короткопериодными осями синфазности, обычно средней или высокой интенсивности отображения, которая составляет часто мелкообломочную структуру слоев (характерно для нижних слоев толщи), до более упорядоченной с длиннопериодными осями синфазности с низкой или средней интенсивностью отражений, которая более характерна для верхней части или для слабодислоцированных осадков, слагающих комплекс. Соответственно разнообразна и конфигурация границ САК-II: от смятых, дислоцированных форм (в большинстве случаев), до плоскопараллельных ограниченной протяженности. Различия в отображении осадков указывают на различный состав и степень консолидации их. Он может

охватывать гранулометрический диапазон от песчаной до валунной фракции. На степень консолидации и условия осадконакопления указывает разнообразие форм залегания: остросмятые, оползневые, флексурные или сбросовые. На участках развития глинистых отложений (илов) - завершающий слой САК-II, в силу своей пластичности и текучести, больше носит характер заполнения, хотя, подчас, и с элементами облекания.

На временных разрезах в районе губ Колвица и Палкина отмечаются проявления тектонической активности, которые выражаются сбросовыми явлениями в осадочной толще. САК-I здесь (рис. 5, проф. IV-VI; 6 б), относимый нами к дочетвертичным образованиям, выражен слабыми на уровне шумов отражениями, в целом, хаотичной, реже плоскопараллельной, непротяженной сейсмоструктурой. Рельеф кровли дочетвертичных пород в целом следится неотчетливо. Положение его, за редким исключением, контролируется подошвой первого слоя осадочной толщи, выраженной достаточно амплитудной, в основном, полухаотичной, а иногда непротяженной, упорядоченной, в составе мелких блоков, плоскопараллельной сейсмоструктурой. Рельеф кровли САК-I и редкие внутренние отражающие границы подчеркивают изначально мелкообломочную его структуру. Нижний слой осадочной толщи в значительной степени нивелирует поверхность фундамента и вместе с вышележащим вторым слоем осадков, отличающимся амплитудными плоскопараллельными отражениями, образует в целом выдержанный по мощности (порядка 10 метров) подкомплекс. Последующие более поздние тектонические процессы обновили рельеф дочетвертичных пород, который в осадочной толще стал проявляться в виде чередования мелко- и более крупноблочных сбросовых или смятых, флексурных форм. На возможные еще более поздние проявления тектонической активности указывает слой покровных (голоценовых?) осадков, отраженный в сейсмической записи достаточно однородно, но заметно слоистый в акустической. Представлен он, скорее всего, осадками преимущественно глинистого состава, которые образуют здесь не только формы заполнения, что было бы естественно в условиях спокойного в тектоническом отношении региона, но и формы облекания, особенно заметные в акустической записи, где только самый завершающий слой, формирующий поверхность дна, образует формы заполнения. При этом приподнятые участки дна, скорее всего, подвергаются размыву, о чем свидетельствует увеличение «шероховатости» отображения, особенно заметной в акустической записи дна, указывая на более грубый, отмытый состав осадков по сравнению с записью во впадинах. Таким образом, строение осадочной толщи на этом участке указывает на периодичность тектонических процессов, разнесенных во времени, которая приходится не только на дочетвертичный период, но и на весь этап осадконакопления.

Особое место на временных разрезах занимают участки, приуроченные к значительным морфоструктурным элементам донного рельефа - ложбинам тектонического происхождения (тектоническим депрессиям), хорошо следящимся как в современном рельефе, так и в рельефе дочетвертичных пород (рис. 5, проф. VII-VIII; 6 а). Отрицательные формы такого типа предполагают накопление осадков значительной мощности - закономерность, характерная для более северных участков их заложения. Однако, в южных оконечностях ложбин в осевой их части, а в отдельных случаях и на крыльях, не встречается слоистых осадочных образований значительной мощности с зеркальными отражающими границами, характерными для первичного залегания терригенного материала, а имеют место бледные в записи, в лучшем случае с эпизодической слабо выраженной слоистостью, толщи. При этом, в периферийных их частях, представляющих, очевидно, переходные зоны, часто наблюдается нарастание слоистости и контрастности ее отображения, составляя по степени выраженности непрерывный ряд: акустически выраженные - «полунемые» - «немые» толщи (рис. 5, проф. VIII; 6 а). Граница изменения контрастности и плотности записи в сторону их увеличения в основании «немых» толщ обусловлена, скорее всего, наличием контакта с более жесткими в акустическом отношении породами и соответствует, очевидно, кровле

дочетвертичных пород. По всей видимости, тектоническая активность, проявившаяся и в четвертичное время, на что, собственно, указывает и характер отображения осадков и их строение в пределах всего региона и, в частности, в случаях, описанных выше, формирует здесь толщи с нарушенной сейсмоструктурой до состояния акустически «немых». На присутствие же здесь рыхлых отложений, помимо прочего, указывают также узкие, скорее всего эрозионные, врезы глубиной порядка 10 метров в осевой части ложбин, коррелируемые по соседним профилям, а косвенным признаком их наличия являются слоистые осадки, залегающие во впадинах близ их бортов.

Проявления современной тектонической активности отмечены и другими исследователями. В частности, в своей монографии «Белое море» Е.Н. Невеский указывает на увеличение мощности голоценовых отложений на поперечных профилях основных ложбин в юго-западном направлении и наоборот, на уменьшение и выклинивание их в северо-восточном направлении. Таким образом, линзы ила залегают в основных ложбинах с некоторым перекосом. Как предполагает Е.Н. Невеский, с начала их образования (верхний дриас) происходило с одной стороны относительное погружение юго-западных частей ложбин, а с другой стороны - подъем центральной гряды и блока Кольского берега. Только такими дифференциальными подвижками, он считает, можно объяснить отмеченную особенность распределения мощностей голоценовых отложений.

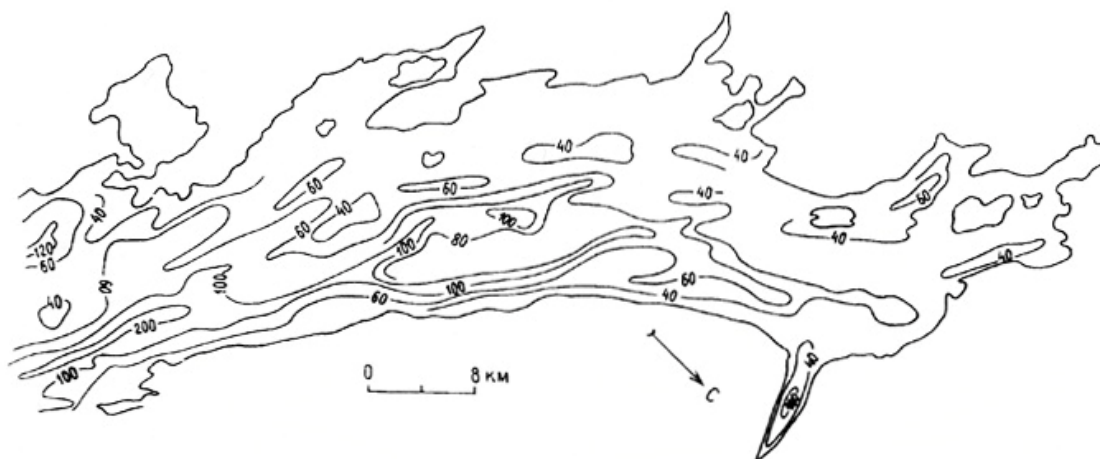


Рис.7. Схема рельефа дочетвертичных пород Кандалакшского залива (изолинии в метрах).

На основании временных разрезов построена карта рельефа дочетвертичных пород (рис. 7), которая выявляет следующие его особенности. Форма изолиний рельефа, как правило, вытянутая или локально вытянутая и, в целом, контролируется береговой линией. Изометрические формы встречаются реже и присущи, в основном, северным участкам акватории. В качестве основных структурных элементов на карте выделяется серия ложбин, наиболее крупные из которых прослеживаются от мыса Каменистый к юго-востоку и тяготеют по своему положению к Кольскому берегу. Они объединены общей изолинией 100 метров и имеют общее же, в целом, юго-восточное направление. На поперечных разрезах эти ложбины имеют U-образный иногда ступенчатый профиль сечения со средними уклонами бортов 7° , но достигая в отдельных местах и 20° . Осевым частям ложбин отвечают максимальные глубины залегания как донного рельефа, так и кровли дочетвертичных пород, которые на южном участке составляют более 200 метров, на общем прилегающем фоне 70-80 метров, и в более северных районах - 110 метров, на фоне глубин 50-60 метров. Изменение глубины ложбин относительно водной поверхности подчеркивает общую тенденцию к погружению пород в юго-восточном направлении, заметную в значениях изолиний, взятых в целом по акватории. Часть усеченной

отрицательной формы рельефа со значениями изолиний в 120 м отмечена у южного окончания участка. Более мелкие отрицательные формы рельефа контролируются изолиниями меньших значений и либо с запада примыкают к основным, более выраженным, либо носят обособленные вытянутые в северо-западном ближе к широтному направлению формы. Поднятые участки рельефа отражаются более изометрическими локализованными изолиниями и часто оконтуривают многочисленные мели и острова. Условия судоходства не позволили покрыть достаточной густотой профилей северный участок залива - наиболее мелководную часть акватории, вследствие чего изолинии рельефа носят здесь в большей степени обособленный и предположительный характер. Целостную картину создает лишь участок в районе губы Колвица, где изолинии со значениями от 50 до 100 м формируют локальную впадину, вытянутую в широтном направлении.

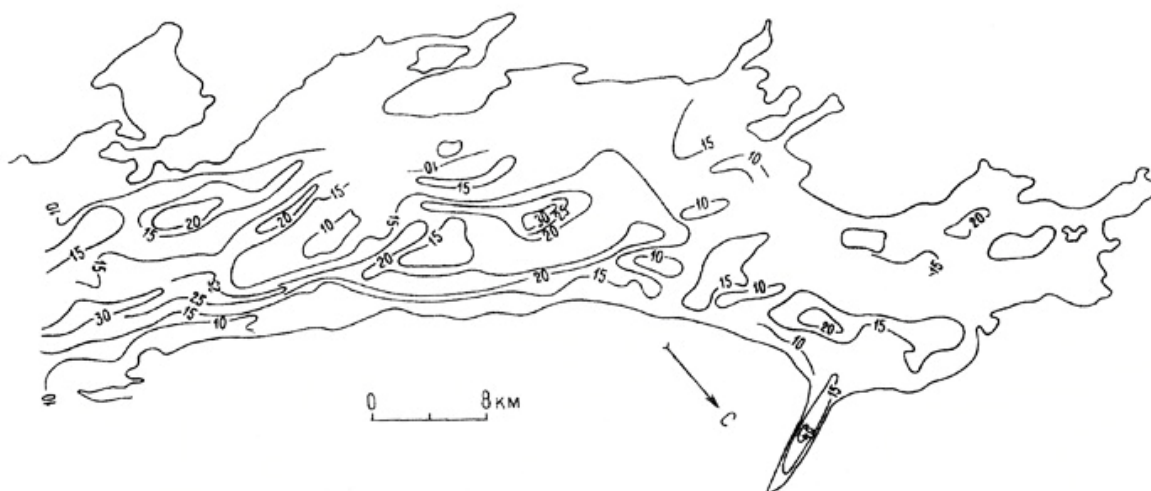


Рис.8. Схема распределения мощностей четвертичных отложений Кандалакшского залива (изолинии в метрах).

Основные закономерности распределения осадков по акватории отражает схема распределения мощностей четвертичных и современных осадков Кандалакшского залива (рис. 8). Максимальным значениям мощности (более 30 м) отвечают участки акватории, приходящиеся на отрицательные формы рельефа дочетвертичных пород и почти в полной мере контролируются ими, хотя линии изомощностей и носят более локализованные формы. Средние значения мощностей приходятся на центральную часть акватории залива и отрицательные формы дочетвертичного рельефа периферийных областей. Участкам с малой мощностью четвертичных и современных осадков (менее 10 м) отвечают районы больших и малых островов в северной оконечности залива и вдольбереговая зона, причем изопахита в 10 м проходит значительно мористее у западного берега, чем у восточного.

Построение схемы тектонических нарушений (рис. 9) свелось к корреляции и трассированию выделенных на временных разрезах, по упомянутым выше признакам, тектонических нарушений с учетом морфологических особенностей донной поверхности и кровли дочетвертичных пород, данных гидромагнитных измерений. Кандалакшский залив представляет довольно сложный в тектоническом отношении регион. Основные из выделенных тектонических нарушений определяют положение значительных отрицательных форм рельефа - тектонических депрессий, хорошо выраженных как в рельефе дна, так и в рельефе дочетвертичных пород. В свою очередь, депрессии можно разделить на основную - наиболее выраженную морфологически и пространственно и систему оперяющих депрессий, ответвляющихся от нее под острым углом. По своему

морфологическому проявлению, равно как и по мощности выделяемого осадочного чехла, оперяющие депрессии сопоставимы с основной, особенно в примыкающих частях, и имеют тенденции к вырождению в северо-западных их окончаниях. Те же признаки вырождения, которые отражаются в уменьшении глубины вреза в рельеф дочетвертичных пород и уменьшении расстояния между бровками бортов и тальвега по мере слежения ее в направлении с юго-востока на северо-запад, присущи и основной депрессии. О времени заложения их могут свидетельствовать наличие в осевых частях и бортах значительно приподнятых над донным рельефом острых градиентных в сейсмической записи форм, коррелируемых часто от профиля к профилю, представляющих, по всей видимости, дайки - результат внедрения по «ослабленным» зонам интрузий, которые обнажаются в донном рельефе в результате опускания и денудации вмещающих пород. Процесс образования депрессий - результат сдвигово-сбросовых деформаций, которые выражаются в ступенчатых формах рельефа и во взаимном положении внутренних границ коренных пород. На проявление тектонической активности в пределах депрессий в период осадконакопления указывает, как отмечалось выше, наличие деформированных, порой без признаков горизонтальной слоистости, характерной для ненарушенных осадочных толщ, осадков (рис. 5, проф. VIII; 6 а). Об этом же свидетельствует характер отображения осадков в непосредственной близости от бортов депрессий и в более северных их окончаниях, где имеют место сбросовые, флексурные и смятые формы их залегания. Необходимо отметить, что наличие в осевых частях их «немых» толщ может быть связано не только с проявлением тектонической активности, приходящейся на период осадконакопления, но и с оползевыми процессами, причем последние могут являться результатом проявления как тектонической, так и эрозионной деятельности. Описываемые депрессии и, в частности, основная в современном их проявлении скорее всего следует отнести к структурам эрозионно-тектонического типа, и образование «немых» толщ, с часто достаточно контрастным отображением нижней границы, связано с проявлением как эрозионных процессов, что подтверждается наличием в осевой части основной депрессии узких, скорее всего эрозионных, врезов в рыхлые «немые» осадки, так и с проявлением тектонической деятельности, приходящейся на период осадконакопления. Прочие выделенные тектонические нарушения того же, в целом, северо-западного простирания, выражены в рельефе менее амплитудно, подчеркивают блоковую структуру фундамента и носят, скорее всего, подчиненное значение. Эти нарушения часто выражены деформациями как пород фундамента, так и пород осадочного комплекса, и в одних случаях они носят рецидивный, подновленный характер, в других отражают, в основном, современные процессы. Самостоятельное значение могут носить разрывные нарушения широтного простирания, которые часто хорошо согласуются с установленными и предполагаемыми на берегу и с конфигурацией самой линии берега, отражающей в какой-то мере происходившие тектонические процессы. В морфологическом плане наиболее ярко выражена зона разломов широтного простирания, приуроченная к тектонической депрессии в районе губы Колвица и которая, возможно, имеет свое продолжение в губе Палкина, осложненная в центральной части залива нарушениями меридиональной или близкой к ней направленности. На район губы Колвица приходится наиболее крупная тектоническая депрессия северного участка акватории залива, выраженная сбросовыми деформациями с амплитудами до 10 м, находящихся отражение и в осадках (рис. 5, проф. IV-VI; 6 б). Даже покровные осадки здесь (судя по их сейсмическому и акустическому отображению - водонасыщенные, скорее всего, илы) в какой-то степени носят деформированные, унаследованные формы, хотя в большей мере, конечно, им присущ характер заполнения. В губе Палкина на фоне меньших глубин характер тектонических нарушений, их направление и амплитудная выраженность схожи.

Малая густота профилей на северном участке залива определяется возможностями судоходства, поэтому выделенные тектонические нарушения на этом участке носят точечные формы, трассирование которых в каком-либо направлении не корректно.

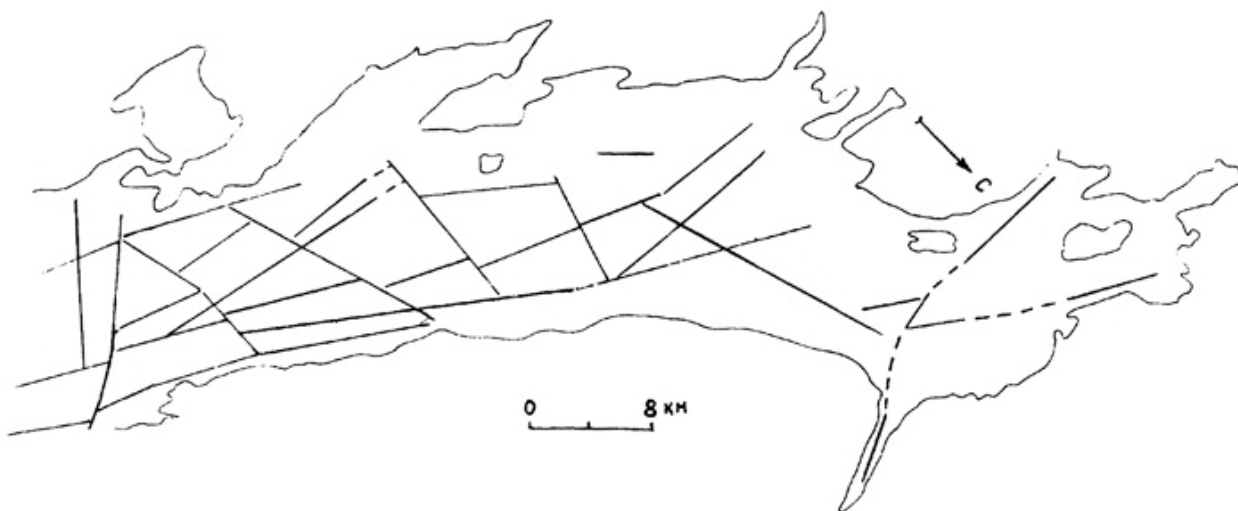


Рис.9. Схема выделенных тектонических нарушений Кандалакшского залива.

В силу ряда обстоятельств, работы на акватории о. Имандра проводились только методом АП и сопровождались гидромагнитными измерениями. Исследования носили в большей степени рекогносцировочный характер, предусматривая в дальнейшем продолжение работ с применением методов, способных осветить разрез рыхлых отложений на всю мощность. Следовательно, результаты этих работ следует рассматривать как предварительные. Они основаны на анализе разрезов, как правило, верхней части отложений из-за малой глубинности метода, особенно на участках распространения грубозернистых осадков, морфологических особенностях современного донного рельефа и гидромагнитных измерениях.

Наибольшим мощностям, равно и как разнообразию осадков, отвечают пониженные и отрицательные формы донного рельефа. Типичным, в целом, для всего представленного региона, является трехслойный разрез, в котором первый самый молодой слой осадков носит характер налегающего заполнения. Верхняя граница слоя (донная поверхность) зачастую следится на эхограммах неотчетливо, указывая на сильную обводненность отложений. Фиксация их на эхограммах часто была возможна только при максимальном усилении, что, в свою очередь, влияло на качество отображения подстилающих толщ. С другой стороны, частое изменение плотности записи как по простиранию, так и по мощности слоя, иногда подчеркивающее отчетливую внутреннюю слоистость, указывает на неоднородный состав осадков в целом по всему слою. Такой характер отображения скорее всего отвечает обводненным илистым осадкам с примесью более грубозернистой фракции. На отдельных участках слой достигает мощности 5-6 м и часто максимальным ее значениям отвечают не только отрицательные формы донного рельефа, но и пологие склоны, что определяется, очевидно, близостью расположения источников сноса рыхлого материала и гидродинамическими особенностями акватории озера. Второй, лежащий ниже по разрезу, слой относительно выдержан по мощности (порядка 3 м) и по простиранию и имеет, как правило, четкую верхнюю и нижнюю границы. На разрезах, в основном, он носит формы облекания, образуя в градиентных точках донного рельефа флексурные, реже сбросовые, формы (рис. 5, проф. IX; 6 в). Судя по отображению, слой достаточно консолидирован, относительно однороден по составу и отвечает, скорее всего, осадкам преимущественно глинистого содержания. Ниже по разрезу отмечается слой с высокой плотностью записи, присущей, обычно, преимущественно грубозернистым осадкам широкого гранулометрического диапазона. На неоднородность состава указывает изменчивость ширины записи. Нижняя граница слоя нечеткая и носит несколько «размытый» вид. Подстилающие породы проявляются слабоинтенсивными, хаотичными и лишь в отдельных случаях относительно

упорядоченными отражениями в виде непротяженных границ сложной, а иногда и линейной формы.

Акватория о. Имандра характеризуется достаточно градиентным знакопеременным магнитным полем с интенсивностью аномалий до 200 нТл на фоне 25-50 нТл для положительных значений ΔT_a и до 150 нТл на фоне 25 нТл для отрицательных значений ΔT_a . Характер измеренного магнитного поля в значительной мере обусловлен пространственным положением магнитовозмущающих пород и в большинстве случаев хорошо согласуется с топографией подстилающего рельефа.

Одним из результатов работ являлось построение карты рельефа дна, составленной по данным акустического профилирования с частичным использованием имеющейся батиметрической карты. Изолинии глубин, оконтуривающие экстремальные значения, имеют, в основном, вытянутые в западном и северо-западном направлении формы и полностью контролируются береговой линией. Изолинии приподнятых участков рельефа являются, как правило, подводным продолжением многочисленных мелей и островов, а также вытянутых форм берега (мысов), подчеркивая единство надводных и подводных структур. Отрицательные формы рельефа так же вытянуты, хотя и более локализованы. Наибольшие глубины (более 40 м) отмечены у восточной оконечности о. Ерм. Карта рельефа дна послужила основой для уточнения направлений при трассировании выделенных на профилях тектонических нарушений, признаки которых отмечаются в форме, положении и густоте изолиний рельефа. При трассировании и выделении нарушений учитывались и данные магнитометрии.

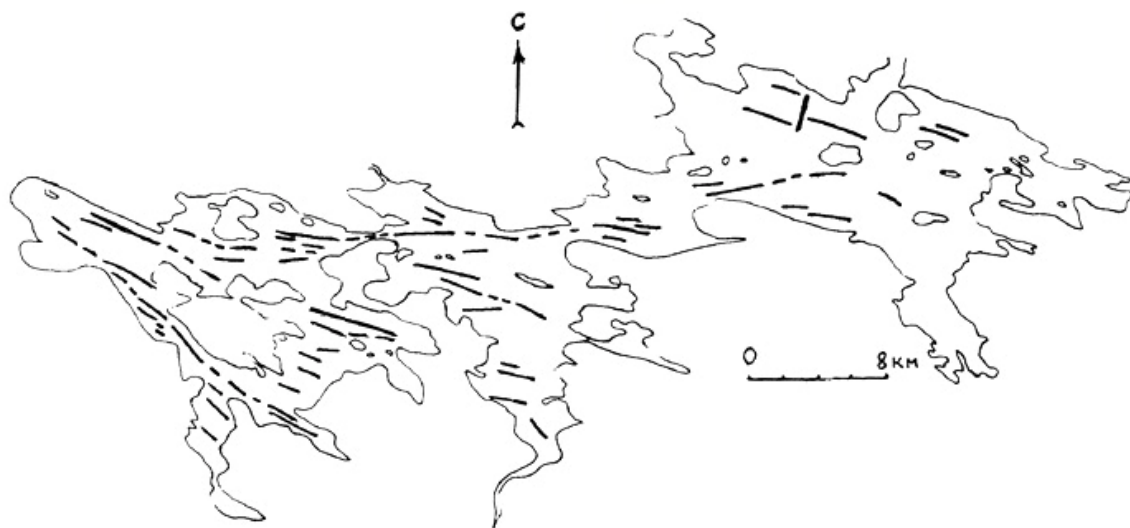


Рис.10. Схема выделенных тектонических нарушений о.Имандра.

На фоне достаточно сложного строения магнитного поля на картах графиков и изодинам отмечаются хорошо выраженные, преимущественно широтного простирания (западного и северо-западного), оси магнитовозмущающих пород, иногда с заметными, коррелируемыми по площади их смещениями, позволяющими выделять нарушения меридиональной направленности, малозаметные при существующей ориентировке профилей на акустических разрезах. Тектонические нарушения широтных направлений отмечались в зонах интенсивных, коррелируемых по площади отрицательных аномалий, связанных по нашему предположению не столько с рельефом магнитовозмущающих пород, но и с уменьшением остаточной намагниченности за счет дезориентировки обломков пород в зонах дробления.

Тектонические нарушения (рис. 10; 6 в) приходится, как правило, на градиентные точки рельефа дна и отмечаются в местах смещения границ выделяемых слоев. Направления нарушений (преимущественно западное и северо-западное) хорошо согласуются с направлением изолиний донного рельефа, не исключая, а часто предусматривая существование нарушений другой ориентации, выделение которых требует другой ориентировки профилей. Местами нарушения носят явный характер за счет четкого смещения границ и слоев, выделенные менее явные проявления тектонической активности требуют заверки более глубинными сейсмоакустическими методами.

В заключении следует отметить, что информативность фактического материала зачастую гораздо шире круга стоящих перед исследователями задач, и при продолжении работ в описываемых регионах, он может быть использован в качестве основы или дополнительной информации при различных изысканиях.

Ссылка на статью:



Слинченков В.И., Константинов В.М., Николаев В.В. Новейшие разломы Ладожского озера, Кандалакшского залива и о. Имандра по сейсмоакустическим и акустическим данным // Вопросы картирования прибрежного мелководья Баренцева и Белого морей. СПб. ПГО «Севморгеология». 1997. С. 22-41.