

УДК 551.332.26

А.В. Амантов, М.А. Спиридонов (ВСЕГЕИ)
ГЕОЛОГИЯ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Объективная и разносторонняя оценка геологического строения окраины Балтийского щита и природы возникновения внутренних бассейнов, находящихся в зоне перехода к Русской плите, весьма актуальна. Однако применительно к Ладожскому озеру такого рода информация основывалась либо на изучении побережья и островов, либо на анализе региональных геофизических данных. Комплексные геолого-геофизические исследования ВСЕГЕИ дна бассейна позволили получить принципиально новые сведения о строении самой озерной котловины. При этом базовыми были материалы выполненного здесь впервые непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСП) с электроискровым источником, а также высокоразрешающей геолокации, локации бокового обзора, эхолотирования и геологического пробоотбора, включая драгирование. В ходе интерпретации использованы известные данные по геологии обрамляющей суши.

Геологическое строение района определяют: наличие рифейской грабен-синклинали, осложняющей пологий склон кристаллического фундамента, и погружение довендского (довалдайского) основания к юго-востоку под типично платформенный чехол, сложенный терригенными породами валдайской серии венда и нижнего кембрия (рис. 1).

Кристаллический фундамент сформирован свекокарельскими гранитоидами, мигматизированными и милонитизированными метаосадочными и метавулканогенными породами. Их особенности, а также сопутствующие дискуссионные вопросы архей-нижнепротерозойской стратиграфии рассмотрены в ряде работ [*Ладожское озеро...*, 1978; *Тихомиров и Яновский, 1970*] и не будут затрагиваться нами в связи с

весьма ограниченным (шхерная зона) (см. рис. 1) распространением супракрустальных образований.

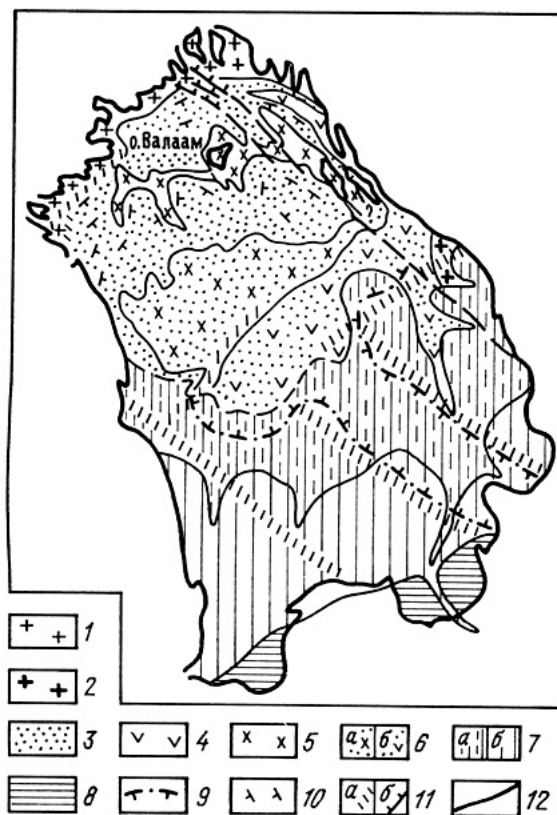


Рис. 1. Схема геологического строения Ладожского озера:

1 — свекокарельский комплекс; 2 — граниты рапакиви; рифей: 3 — песчаники, алевролиты, аргиллиты, 4 — диабазовые и базальтовые порфириды, 5 — габбродиабазы, сиенито-диориты, 6 — образования нерасчлененные с преобладанием: а — габбродиабазов, б — порфиридов; 7 — венд: а — пески, песчаники, алевролиты, аргиллиты, глины редкинского (?) горизонта и гдовских слоев, б — алевролиты, глины, песчаники котлинской (номинально) свиты; 8 — нижний кембрий, глины; 9 — граница вероятного широкого распространения траппов под платформенным чехлом; 10 — элементы залегания; 11 — разломы предполагаемые: а — довендские, б — обновленные на платформенном этапе; 12 — береговая линия

В пределах озера находится практически вся площадь рифейской Ладожско-Пашской грабен-синклинали. Лишь на юго-западное и северо-восточное побережья выходят известные краевые ступенчатые

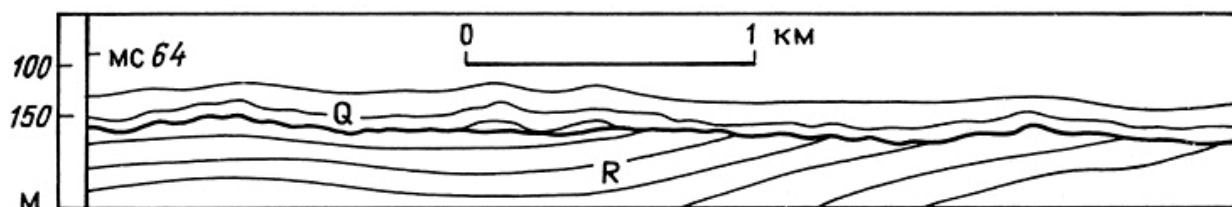


Рис. 2. Сейсмогеологический разрез

ограничения структуры, а на юго-западное - ее апофиза (Пашский грабен) [Ладожское озеро..., 1978; Тихомиров и Яновский, 1970; Усикова и др., 1970]. Положение грабен-синклинали контролируется северо-западным структурным швом, сопровождаемым серией разломов глубокого заложения, которые относятся к Ладожско-Ботнической зоне. Последняя обусловила и локализацию предшествующего образования впадин постсвекокарельского Салминского массива гранитов рапакиви. Пространственная связь рифейских грабен-синклиналей южной окраины Балтийского щита с поверхностными либо глубинными краевыми частями крупных массивов рапакиви в ассоциации с габбро-анортозитами типична. Вероятно, она обусловлена компенсационными движениями, направленными на достижение изостатического равновесия, нарушенного внедрением низкоплотных пород.

Данные НСП позволили определить площадь развития рифейских пород в северной части Ладоги, выявить особенности их строения и доказать, в частности, принадлежность Валаамских интрузий габбро-диабазов к рифейской трапповой формации. Остановимся на этом подробнее.

Рифейская структура выполнена, как и на суше [Тихомиров и Яновский, 1970; Усикова и др., 1970], терригенными и вулканогенными комплексами. Залегание рифейских образований в пределах грабен-синклинали близко к горизонтальному, но они отличаются от типично платформенных отложений с практически идеально выдержанным падением. Последнее обстоятельство лишний раз подчеркивает специфику раннеплатформенного этапа развития, а с методической точки зрения позволяет уверенно диагностировать и обособлять рифейский осадочный комплекс на сейсмограммах. В целом элементы залегания рифейских и иотнийских толщ опреде-

ляются морфологией и блоковой структурой грабен-синклинали, реже возможны бескорневые дислокации. Некоторые крайне пологие своды могут быть следствием внедрения крупных силлов, лакколлитов и штоков трапповой формации.

Структура терригенных комплексов отражается на сейсмограммах в виде быстро затухающих параллельных серий осей синфазности с конфигурацией, указывающей на сравнительно постепенно меняющиеся видимые углы падения (рис. 2). Обычно для краевых частей структуры характерны весьма пологие и широкие складки с падением на крыльях до 2° ; на значительных площадях залегание практически горизонтальное. Природа редких зон несколько более интенсивного «смятия» терригенных толщ рифея либо волынской серии венда недостаточно ясна. Последние, вероятно, вызваны различными причинами: воздействием интрузий трапповой формации с дислокациями в верхней части и кровле лакколлитов; гляциодислокациями более пластичных отложений перед проксимальными склонами, выработанными в интрузивных породах; поперечными северо-восточными разломами фундамента. Впрочем, такие разломы и связанные с ними выступы скорее ответственны лишь за единичные флексуры северо-восточного простирания. На современном срезе рифейские песчаники, алевролиты и аргиллиты, встреченные при драгировании и в высыпках на отдельных островах, широко представлены в северо-западной наиболее глубоководной части бассейна контрастными морфометрическими характеристиками. Например, диапазон изменений как дочетвертичного, так и современного рельефа достигает здесь 300 м, что считалось убедительным доказательством мелкоблокового строения зоны сочленения Балтийского щита и Русской плиты [Усикова и др., 1970]. По нашим же данным, существует четкая взаи-

мосвязь рельефа с распространением различных породных комплексов. Так, основные резкие изменения поверхности дна связаны не со смещениями по разломам, а с редукцией морфоструктур процессами денудации. Наиболее возвышенные участки, создающие максимальные перепады глубин, обязаны гренвиллским расслоенным интрузиям, которые представлены габбро-диабазами, переходящими в кварцевые сиенито-диориты и кварцевые габбро-диабазы, известными на островах Валаамского архипелага и центральной части Северной Ладogi (К.О. Кратц, 1960). Как следует из данных НСП, наиболее крупный Валаамский силл моложе известных на восточном побережье лав салминской свиты; в северной части Ладogi он внедрялся в толщу перекрывающих эффузивы песчаников. Именно выходы такого рода интрузий обусловили распространение возвышенностей, часто выведенных на общий гипсометрический уровень с обрамляющими поле развития рифейских отложений раннепротерозойскими кристаллическими образованиями. Ряд поднятий гетерогенен, поскольку с дистальной (юго-восточной) стороны от габбродиабазовых выступов сохранились и более полные разрезы рифейских терригенных пород, перекрытых относительно мощными моренными накоплениями. Иные колебания рельефа рифейского субстрата, как правило, связаны с изменениями либо литологического состава, отражающимися на данных НСП резкой сменой волновой картины, либо направлением падения терригенных толщ.

Специфические для рифея типы записи (акустический фундамент), указывающие на широкое распространение тел трапповой формации, характеризуют главным образом северо-северо-восточную и, в первую очередь, центральную и южную приосевую части дна озера (см. рис. 1). В последнем случае рифейские образования перекрыты платформенным чехлом, представленным породами редкинскогo (?) и котлинскогo горизонтов венда и локально нижнегo кембрия. Для них обычна слоистая волновая картина с геометрией отражающих горизонтов, указывающей на общее весьма пологое погружение к юго-востоку. Хотя данные НСП для детального картирования

чехла еще отсутствуют, отметим наличие крупных глубоких погребенных врезов, выраженных ложбинами в морфологии дна (см. рис. 1). Очевидна и практически полная дегенерация уступа, который во внутренних бассейнах окраины щита связан с денудационным выклиниванием венд-палеозойскогo чехла.

Ведущую роль в становлении морфологии дна бассейна играло последнее оледенение. Денудационной составляющей рельефообразующих процессов при этом являлась прежде всего мощная экзарация, существенно моделировавшая основание ледникового ложа. В донном рельефе и на берегах наблюдается весь комплекс классических экзарационных форм - «бараньи лбы», «курчавые скалы», «желоба выпахивания» и т.п. Селективное ледниковое разрушение пород различного состава и возраста (от рифейских до четвертичных) совместно с ледниковой и поздне-последледниковой седиментацией контролировали распределение мощностей четвертичных отложений. Для северной, более глубоководной части бассейна характерен 15-25-м покров четвертичных осадков (см. рис. 2). Увеличение их мощности до 75 м наблюдается на северо-западе (юго-восточнее о-ва Валаам), где стратифицированные по акустической жесткости осадки сглаживают крупные неровности в дочетвертичном рельефе. Кроме того, существенное возрастание мощности рыхлого покрова связано с накоплением тонких осадков в фиордах, с друмлинами или с заполнением палеоврезов на юго-востоке озера. Отметим также краевые морены и отложения приледниковых озер, мощность которых достигает 150 м и более [Усикова и др., 1970], образующие береговой уступ юго-восточнее Приозерска и выклинивающиеся на дне, по данным НСП, уже в нескольких километрах от побережья. Остановимся подробнее на отдельных вопросах четвертичного морфолитогенеза в озерной котловине.

На различных батиметрических уровнях отмечается площадное развитие моренных накоплений. Неровная кровля морены фиксируется как «жесткий акустический экран» при геолокационном профилировании. На сейсмограммах НСП ре-

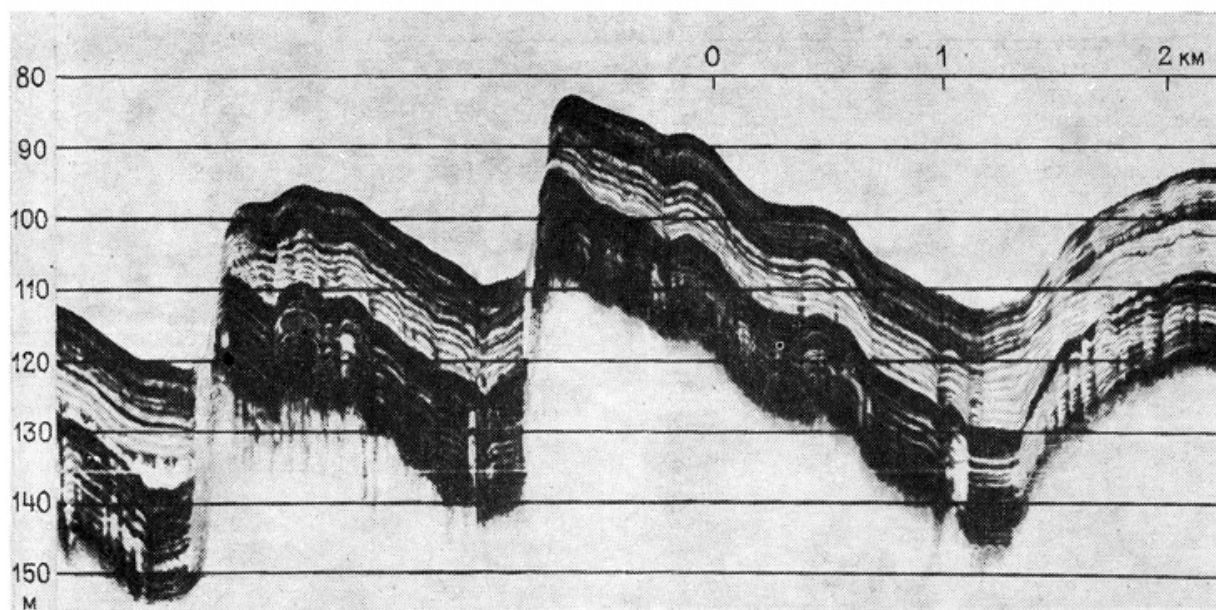


Рис. 3. Сейсмограмма геолокатора

гистрируется, как правило, валообразная (грядобразная) форма ледниковых отложений. Иногда морена как бы венчает крупные поднятия донного рельефа. Наиболее характерный тип залегания моренных отложений в северной части озера - локализация и резкое возрастание мощности (до 40-50 м) с «теневого» по отношению к генеральному движению ледника стороны выступов пород трапповой формации. В ходе драгирования одного из моренных обнажений на подводном поднятии в районе о-ва Воссинансари (юго-западнее о-ва Валаам) получены образцы плотных, вязких опесчаненных светло-серых глин с обильными разноразмерными грубообломочными включениями. В обломочном материале преобладали габбродиабазы и кварцевые сиенито-диориты рифейских траппов наряду с измельченными песчаниками.

На значительных площадях озерного дна практически всех батиметрических уровней развит почти сплошной покров поздне-последледниковых осадков водноледникового и озерного генезиса. Молодые рыхлые отложения нередко частично сглаживают неровности субстрата, особенно за счет заполнения впадин и формирования склоновых покровов. Указанные процессы привели к образованию рельефа выровненных аккумулятивных равнин, занимающих наиболее низкое положение в рельефе или платообразно залегающих на возвышенностях дочетвертичного субстрата. Донная

морфоскульптура представлена преимущественно озерно-ледниковыми равнинами, осадки которых идентифицируются с ленточными глинами. Последние слагают нижнюю часть вскрытых на дне разрезов четвертичных отложений, достигая видимой мощности 1,5 м и более. По данным НСП, а главным образом геолокации, общая мощность ритмичнослоистых (ленточных) осадков 10-12 м. Достаточно типичной сейсмологической характеристикой (высоким коэффициентом отражения) обладает кровля ленточных глин. Аналоговая картина «слоистой» записи, скорее всего, связана с литофизическими границами раздела достаточно мощных (1 м и более) седиментационных пачек (групп слоев) внутри единого ленточнослоистого разреза. Анализ сейсмограмм позволяет установить отчетливую структуру заполнения, типичную для осадков озерно-ледникового генезиса. В то же время иногда встречаются абразионно вычлененные массивы ленточных глин, имеющих специфическое «платообразное» залегание на относительно приподнятых участках озерного дна. Достаточно четко на записи геолокатора и устойчиво в разрезе донных колонок выделяются так называемые надленточные или неслоистые глинистые осадки. Мощность их не превышает 2 м. Вверх по разрезу позднеледниковые отложения постепенно замещаются глинистыми иногда слоистыми озерными осадками, также весьма незначи-

тельной мощности. Местами верхняя часть разреза характеризуется резким возрастанием мощности пачки молодых слоистых отложений (рис. 3). Подобные очаги мощной (поздне-последнеледниковой?) седиментации наблюдаются в запороговых частях фиордов, например, в заливе Хиденселькя. На современном этапе изучения вопрос заключается в том, накапливалась ли вся мощная толща осадков в условиях озерной седиментации или в состав пачки входят образования дельтового (флювиогляциальная дельта) генезиса.

В заключение проанализируем ряд аспектов, рассматривающих роль тектоники в обособлении котловины Ладожского озера.

Роль активных эпивендских разломов в свете проведенных исследований не представляется весьма существенной, а тем более определяющей как современные очертания Балтийского щита, так и обособление внутренних бассейнов, включая Ладожское озеро. Вместе с тем выявлены единичные зоны, интерпретируемые нами как зоны активных разломов. Это, прежде всего, северо-западная зона, проходящая между островами Валаамом и Сортавалой (см. рис. 1). Она имеет ширину до 6 км и представлена создающими отчетливо асимметричный ступенчатый рельеф разрывами, по

которым наблюдаются дислокации осадков позднеплейстоценового (голоценового?) возраста. Хотя амплитуды смещения по конкретным дизъюнктивам достигают 70 м (чаще до 30 м), их результирующая не приводит к разновысотному положению крупных смежных блоков. Имеющиеся данные говорят об обновлении древних свекокарельских разломов. Вероятно, реактивизация сопряжена с исторически отмеченными землетрясениями в Северном Приладожье. Выраженность дизъюнктивов может свидетельствовать о реализации горизонтального сжатия. Вместе с тем, весьма допустимо, что в данном случае глубинные напряжения отличались от приповерхностных, связанных с предшествующим оледенением.

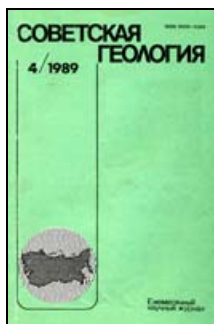
Основная роль в обособлении внутренних бассейнов окраины щита, на наш взгляд, принадлежит кайнозойской денудации, в том числе (в случае Ладожского озера) дополнительной мощной плейстоценовой экзарации с препарировкой рифейской грабен-синклинали. Подобные мнения высказывались в работах [*Мийдел и Пуура, 1982; Пуура, 1980* и др.], несмотря на доминирующие представления об обособлении таких отрицательных форм вследствие глыбово-блоковых неотектонических подвижек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Квасов Д.Д. Происхождение котловины Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера. Л., 1976. С. 7-40.
2. Ладожское озеро / Г.С. Бискэ, А.Д. Лукашов, И.М. Экман и др. - Петрозаводск: Карелия, 1978.
3. *Мийдел А.М., Пуура В.А.* Проблемы неотектоники северо-запада Восточно-Европейской платформы (геологические аспекты) // Неотектоника и современная динамика литосферы. Таллинн, 1982. С. 140-143.
4. *Пуура В.А.* К проблемам кайнозойской тектоники и формирования речной сети в Балтоскандии // Палеотектоника Прибалтики и Белоруссии. Таллинн, 1980. С. 77-81.
5. *Тихомиров С.Н., Яновский А.С.* Новые данные о докембрии Юго-Восточного Приладожья // Докл. АН СССР. 1970. № 3. С. 660-663.
6. *Усикова Т.В., Малаховский Д.Б., Гарбар Д.И.* Домикулинские озерные отложения Северо-Западного Приладожья // История озер. Вильнюс, 1970. Т. 2. С. 123-133.

Принята редколлегией 28 марта 1988 г.

Ссылка на статью:



Амантов А.В., Спиридонов М.А. Геология Ладожского озера // Советская геология. 1989. № 4. С. 83-86.