

УДК 551.35(262.5)

## СЕЙСМОФАЦИАЛЬНОЕ КАРТИРОВАНИЕ НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

*А. Ф. Лимонов, П. Н. Курприн, А. В. Старовойтов, А. В. Калинин,  
Ю. Г. Моргунов*

В практике морской сейсморазведки методом общей глубинной точки и при сейсмоакустической съемке интерпретаторы обычно выделяют опорные отражающие горизонты, проводят их стратиграфическую привязку, затем прослеживают на площади. При этом они часто сталкиваются с необходимостью получить информацию о вещественном составе отложений, отображаемых во временном масштабе на сейсмическом разрезе. Как правило, выводы о литологическом составе делает любой интерпретатор, если непосредственная возрастная привязка отражающих горизонтов к скважине невозможна, и временной разрез истолковывается по характерному типу сейсмосаписи, обусловленному особенностями литологии пород.

В последние годы целенаправленный литологический анализ сейсмического материала (сейсмофациальный анализ) проводится все чаще и чаще в связи с увеличивающимся объемом поисково-разведочных работ на нефть и газ. Сейсмофациальный анализ и вытекающее из него сейсмофациальное картирование играют определяющую роль в выделении и прослеживании пород-коллекторов и пород-покрышек на разведочных площадях. Если скважин немного, он позволяет выделить зоны литологического замещения и выклинивания пластов, т. е. установить участки, благоприятные для аккумуляции углеводородов. Поэтому в общем комплексе сеймостратиграфических исследований сейсмофациальный анализ начинает приобретать все большее значение. Такая тенденция отражена во многих разработках советских и зарубежных ученых [2, 4—7, 9—12], касающихся как районов суши, так и морей и океанов.

В основу настоящей статьи положены материалы непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСП), выполненного лабораторией сейсмоакустики и лабораторией морской геологии геологического факультета МГУ на северо-западном шельфе Черного моря. В аспекте сейсмофациального анализа материалы были обработаны сравнительно недавно, после того как на нескольких площадях здесь был пробурен ряд глубоких скважин. Для решения литологических задач НСП с электронским источником возбуждения упругих волн обладает решающим преимуществом по сравнению с другим методом — высокой разрешающей способностью. При средней глубинности наших исследований 500—1000 м (в зависимости от методики) разрешаемая способность достигала 10—20 м. Большое значение имела также высокая детальность съемки, связанная с малым шагом наблюдений (25—30 м).

Стандартное одноканальное НСП лишено такого мощного инструмента определения литологического состава пластов, как скоростная характеристика разреза. Тем не менее заметные изменения типа сейсмоакустической записи в зависимости от вещественного состава пород и внутренней структуры отдельных слоев позволяют широко применять метод НСП в целях сейсмофациального анализа и картирова-

ния. Кроме того, в отдельных случаях можно использовать дополнительный немаловажный критерий в виде коэффициента поглощения в слоях. Он определяется по специальной методике, разработанной на кафедре сейсмометрии и геоакустики. Однако этот метод довольно трудоемок и требует обработки на ЭВМ. В нашей статье приводятся методические основы визуального анализа, доступного даже в полевых условиях.

Для выполнения сейсмофациального анализа в первую очередь необходимы скважины на акватории, к которым можно привязать временной разрез. Наиболее точная привязка осуществляется, когда сейсмопрофиль проходит через скважину или в непосредственной близости от нее. Следует также использовать скважины прилегающих районов суши, если интерпретатор уверен в отсутствии фациального замещения в исследуемой толще между скважиной и ближайшим к ней концом профиля. На временных сейсмических разрезах должны присутствовать регионально выраженные опорные горизонты, позволяющие достаточно подробно расчленивать разрез. Всем этим условиям в полной мере отвечает северо-западная акватория Черного моря. Здесь помимо многочисленных скважин на побережье имеется ряд глубоких скважин, пробуренных на семи локальных поднятиях в море. Путем привязки к их разрезам удалось выделить и регионально проследить следующие отражающие горизонты: в кровле майкопской серии, в кровле верхнего сармата, в кровле понта и в кровле среднего плиоцена. Таким образом, сейсмофациальному анализу здесь был подвергнут стратиграфический разрез с возрастным диапазоном от олигоцена до плиоцена.

Методика сейсмофациального анализа состояла в выделении на профилях НСП, привязанных к скважинам, пород определенного возраста и состава. Затем они по профилям протягивались к другой скважине. При изменении состава разновозрастных пород в скважинах на временных разрезах искалась смена волновой картины. Таким образом создавались своеобразные эталоны специфических типов сейсмозаписи, связанные с тем или иным литологическим составом. После получения эталонов сейсмофациальный анализ распространялся на площади, где скважины отсутствовали. Широкий диапазон регистрируемого спектра колебаний (50—500 Гц) позволил в полной мере использовать как динамические, так и кинематические параметры волновой картины: интенсивность волн в зоне синфазности, «плотность» отражающих горизонтов и площадок (т. е. количество их в определенном временном интервале), протяженность и конфигурацию осей синфазности. Каждый из перечисленных критериев, взятый в отдельности, имеет далеко не однозначное толкование. Например, трансформация интенсивности волн в зоне синфазности может быть связана с интерференцией нескольких волн, с изменением свойств вышележащей толщи и с изменением коэффициента отражения от изучаемой границы [3]. Поэтому все критерии рассматривались в совокупности.

Ниже приводятся примеры конкретного использования данных критериев и некоторые результаты сейсмофациального анализа. На рис. 1, А показан фрагмент сейсмоакустического разреза, приуроченный к участку фациального перехода мезотических отложений. Образования мзотиса и понта в общем близки по литологическому составу и залегают согласно. Граница между ними по сейсмическим данным проводится довольно условно. В разрезе понта присутствует большое количество нормально-морских отложений, характеризующихся более четкими и протяженными отражающими горизонтами по сравнению

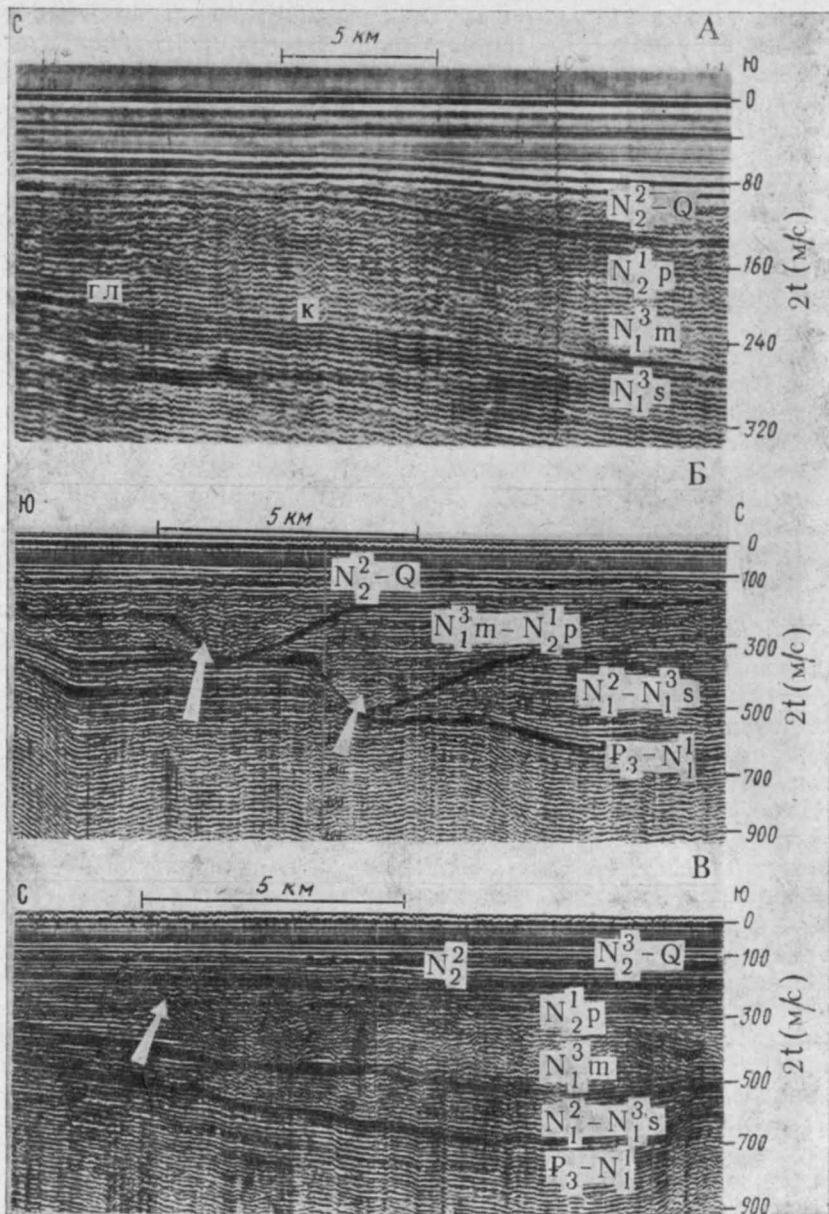


Рис. 1. Фрагменты сейсмоакустических разрезов, показывающие: А — фациальное замещение глинистых (гл) пород мезотиса карбонатными (к) на южном склоне Восточно-Европейской платформы; Б — мезотический и среднеплиоценовый эрозионные врезы Палеоднепра (показаны стрелками), заполненные аллювием, и В — отложения мезотической авандельты Палеоднепра (стрелкой отмечен участок перехода их в горизонтально-слоистые морские образования)

с мэотическим разрезом. На рис. 1, А глинистые с прослоями песков и известняков породы мэотиса к югу фациально замещаются существенно карбонатными отложениями (неслоистые органогенно-обломочные известняки с редкими прослоями песков и глин). Северный конец профиля привязан к скважинам на побережье, южный — к морским скважинам. Верхняя слоистая часть рассматриваемой толщи, относящаяся к понту, сложена, как показывают материалы бурения, глинами с прослоями мергелей и известняками-ракушечниками. Состав их на данном участке профиля сохраняется более или менее постоянным. Отложения мэотиса отличаются явным уменьшением к югу интенсивности отражающих горизонтов, их протяженности и конфигурации. Подстилающие слоистые образования сармата также испытывают фациальный переход, связанный с изменением количества песчано-алевритовых прослоев в органогенно-обломочных известняках.

На рис. 1, Б показан другой пример определения литологического состава пород в основном по кинематическим характеристикам волновой картины — конфигурации отражающих горизонтов. На фрагменте сейсмоакустического профиля представлены эрозионные врезы, которые, судя по их местоположению и ориентации, принадлежат Палеоднестру. Они принадлежат к различным стратиграфическим уровням: верхний врез — к киммерий-куяльнику среднего плиоцена, нижний — к мэотису. Из-за отсутствия скважин вещественная интерпретация временного разреза бурением не подтверждена. Врезы имеют ширину около 3 км, в плане смещены относительно друг друга на 2,5 км. Заполняющее их линзовидное в поперечном сечении осадочное тело отождествляется с аллювием. Оно отличается невыдержанными волнистыми внутренними отражающими горизонтами. Причем в нижнем мэотическом врезе отмечается также уменьшение интенсивности отражающих границ. Состав аллювия, вероятно, типичен для равнинных рек. В основном его, по-видимому, слагают песчано-глинисто-алевритовые отложения. Перекрываются среднеплиоценовые и мэотические аллювиальные образования соответственно субгоризонтально-слоистыми слоями верхнего плиоцена — голоцена и понта, накопившимися явно в более спокойной морской гидродинамической обстановке. Конечно, если бы борта врезов были выражены не столь четко, сейсмофациальный анализ в таком однозначном виде вряд ли был возможен.

Второй пример использования кинематических особенностей волновой картины дан на рис. 1, В. Здесь видны отложения мэотической авандельты, продолжающей к югу эрозионный врез, которые по латерали сменяются горизонтально-слоистыми морскими породами — глинами с прослоями песков и известняков. Среднеплиоценовая авандельта располагается южнее, ближе к континентальному склону. Отложения авандельты характеризуются невыдержанностью и волнистой конфигурацией отражающих границ. Отчетливо обособляются крупные косослоистые ритмы.

На рис. 2 приведена литолого-палеогеографическая схема северо-западной акватории Черного моря и смежной суши для мэотического века, построенная по данным НСП. Для территории суши при построениях использованы материалы В. Е. Железняк и А. Е. Каменецкого [1] и А. И. Гилькмана [8], а также бурения. Морской бассейн в среднем и позднем мэотисе существенно регрессировал, и море сместилось восточнее Одесского глубинного разлома. Значительная западная часть рассматриваемого района оказалась занятой прибрежной аккумулятивной равниной, покрытой отложениями балтской свиты. На сейсмоакустических разрезах последняя отличается от одновозрастных

морских отложений относительной невыдержанностью отражающих горизонтов и меньшей их плотностью. Подвижки вдоль разлома в мезотическое время, вероятно, привели к возникновению невысокого уступа, маркировавшего линию берега. Основная площадь района была покрыта мелким шельфовым морем, в котором накапливались глинистые отложения и органогенные известняки. Участок вокруг о. Змеиного,

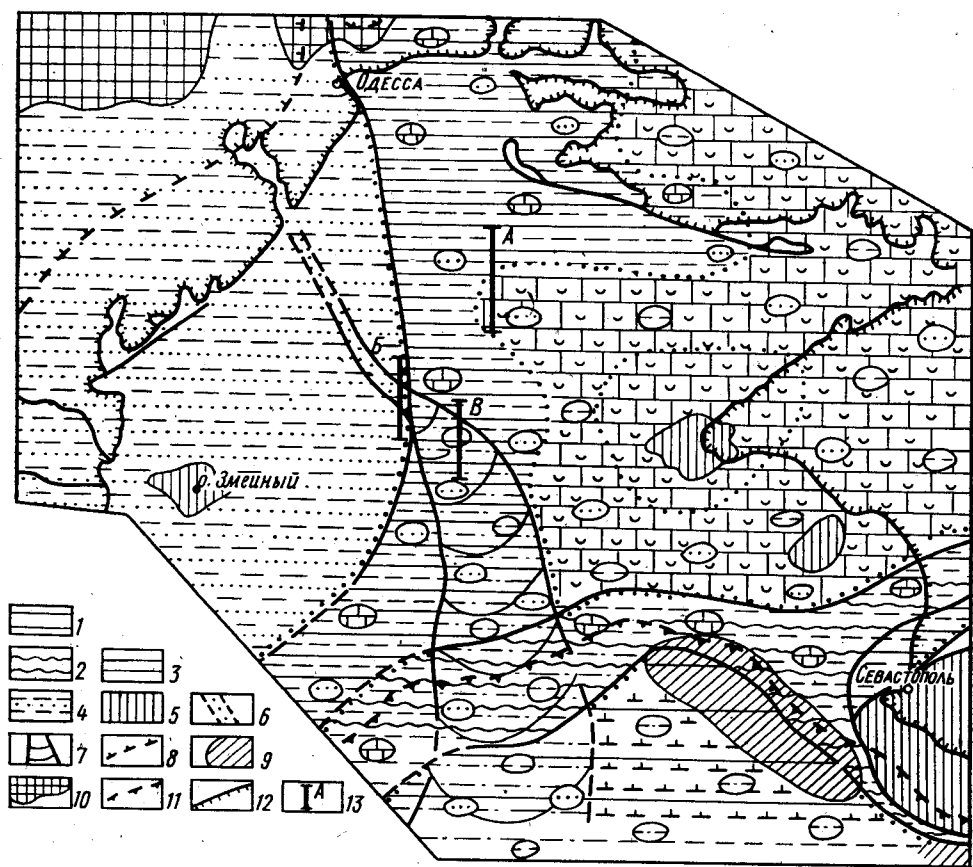


Рис. 2. Литолого-палеогеографическая схема северо-западной акватории Черного моря и смежной суши для мезотического века: 1 — континентальный склон; 2 — глубокий шельф; 3 — мелкий шельф; 4 — прибрежная аккумулятивная равнина; 5 — низменная суша; 6 — русло палеореки; 7 — авандельта и конус выноса; 8 — западная граница раннемезотического бассейна; 9 — участки первичного отсутствия мезотических отложений в море; 10 — участки вторичного размыва; 11 — бровка современного шельфа; 12 — современная береговая линия; 13 — профили НСП

западная часть современного Тарханкутского п-ова, морское продолжение Новоселовско-Евпаторийского поднятия и район, примыкающий к главной гряде Крымских гор, представляли собой низменную сушу, подвергавшуюся слабому размыву. Континентальный склон занимал положение, довольно близкое к современному, и располагался несколько южнее его. Отдельные, вероятно, самые крутые участки континентального склона служили транзитными зонами для осадков, которые, минуя склон, отлагались у его подножия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР, т. 8, ч. 1. М., 1969, 575 с. 2. Гогошенков Г. Н. Прогнозирование геологического разреза по сейсмическим данным. — Геол. нефти и газа, 1981, № 1, с. 48—55. 3. Калинин А. В., Калинин В. В., Пивоваров Б. Л. Непрерывное сейсмическое профилирование. — В кн.: Тектоника и история развития северо-западного шельфа Черного моря. М., 1981, с. 5—47. 4. Ромашко О. М., Макарова С. Л. О связи упругих волн с ритмичностью осадконакопления. — Сб. науч. тр. Ташкент. ун-та, 1979, № 574, с. 136—142. 5. Рудницкая Д. И., Фролова Л. А., Черняк В. С. Использование интервальных сейсмических скоростей при изучении литологии разреза Западно-Сибирской плиты. — Геол. и геофизика, 1978, № 1, с. 96—104. 6. Свиридов Н. И. Об искажениях записей НСП при акустических неоднородностях толщи. — Океанология, 1981, т. 21, № 4, с. 740—745. 7. Уотерс К. Отражательная сейсмология. Метод отраженных волн как инструмент для поисков нефти и газа. М., 1981, 454 с. 8. Чекунов А. В., Веселов А. А., Гилькман А. И. Геологическое строение и история развития Причерноморского прогиба. Киев, 1976, 164 с. 9. Fourman J.-M., Chermiet J. K. Lithologic interpretation of seismic section. — Proc. 10th World Petrol. Congr., Bucharest, 1979, vol. 2. London, 1980, p. 117—123. 10. Mitchum R. M., Vail P. R. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 7. Seismic stratigraphic interpretation procedure. — Seismic Stratigr. Appl. Hydrocarb. Explor., Tulsa, 1977, p. 135—143. 11. Nely Georges. Seismo-faciés et morphologic hydrocarbures. — Bul. Cent. rech. explor.-prod. Elf-Aquitaine, 1980, vol. 4, N 1, p. 395—410. 12. Roksandic M. M. Seismic facies analysis concepts. — Geophys. Prospect., 1978, vol. 26, N 21, p. 383—398.

Московский государственный  
университет

Поступила в редакцию  
21.06.82

БЮЛ. МОСК. О-ВА ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ. ОТД. ГЕОЛ., 1983, Т. 58, ВЫП. 3

УДК 551.763. (5.925.18)

## ВЕРХНЕМЕЛОВЫЕ И НИЖНЕПАЛЕОГЕНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ВОСТОЧНЫХ ХРЕБТОВ КАМЧАТКИ

*Н. М. Петрина, М. Н. Шапиро, М. Е. Бояринова, Б. И. Сляднев,  
А. В. Ландер, В. С. Успенский*

Восточные хребты Камчатки отличаются сложностью геологического строения, а расчленение меловых и палеогеновых образований в их пределах принадлежит к числу наиболее трудных задач. Это связано с особенностями тектонической структуры, где доминирующую роль играют сжатые складки и чешуйчатые надвиги, а также с фациальной изменчивостью мощных вулканогенно-осадочных толщ, почти полностью лишенных как макропалеонтологических остатков, так и сколько-нибудь протяженных маркирующих горизонтов.

Верхнемеловые отложения выделяются на Восточной Камчатке начиная с 30-х гг. Первоначально основанием для их выделения было сопоставление вулканогенно-кремнистых толщ восточных хребтов с сенонской ирунейской серией Срединного хребта Камчатки. Только в конце 60-х гг. в нескольких точках Восточной Камчатки (Валагинский хребет, п-ов Озерной, о. Карагинский) были найдены обломки раковин иноцерамов, подтвердившие мезозойский возраст вмещающих толщ. Одновременно появляются сведения о нижнепалеогеновом возрасте ряда толщ в восточных хребтах и на восточных полуостровах. Однако соотношения верхнемеловых, нижнепалеогеновых и многочисленных неясных по своему стратиграфическому положению толщ продолжали многими исследователями трактоваться различным образом.

Настоящая статья написана по результатам геологосъемочных и тематических работ, проводившихся Камчатским ТГУ и ИФЗ АН СССР