

УДК 550.834:551.79 (262.5)

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ УРОВНЯ ЧЕРНОГО МОРЯ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

© 2003 г. О. В. Димитров*, В. А. Друщиц**

*Институт океанологии Болгарской академии наук, Варна

** Геологический институт РАН, Москва

Поступила в редакцию 01.03.2001 г., получена после доработки 12.02.2002 г.

Сейсмостратиграфические исследования, проведенные в районе внешнего шельфа и верхней части континентального склона, а также во впадине четвертичного заложения на шельфе позволили установить три стадии в формировании карангатских отложений, которые в свою очередь разделяются на семь эпизодов. Результаты согласуются с биостратиграфическим расчленением морских прибрежных и континентальных толщ.

Ключевые слова. Черное море, сейсмостратиграфия, карангат, сеймопакет, сеймоквант.

ВВЕДЕНИЕ

Западная часть Черного моря - хорошо изученный регион. Здесь пробурено несколько скважин, выполнены детальные сейсмические исследования. Проведены биостратиграфические определения по разрезу четвертичных осадков шельфа. Большой интерес вызывает карангатская трансгрессия, совпадающая по времени с глобальным повышением уровня моря во время поздненеоплейстоценового межледниковья. Это событие четко фиксируется в отложениях шельфа и континента и может быть прослежено на обширных территориях Евразии. Оно носит название рисс-вюрм в альпийской шкале, зем - в Западной Европе, микулино - в европейской части России и казанцево - за Уралом (Алексеев, Друщиц, 2001).

Болгарское побережье и шельф не являются исключением. Здесь выделяются древние береговые линии этого возраста (Попов, Мишев, 1974). По данным сейсмостратиграфического (Лимонов, Крыстев, 1990; Димитров, 2001) и биостратиграфического анализов (Крыстев и др., 1990) эти толщи широко распространены на шельфе.

Известно, что карангатская трансгрессия имеет две четко выраженные стадии, во время которых образовались две хорошо сохранившиеся террасы: первая высотой 10–12 м, вторая - 20–25 м. Абсолютные отметки этих террас изменяются в зависимости от тектонических условий их местонахождения. Их сохранность также различная. Первая поздненеоплейстоценовая трансгрессия Черного моря была самой обширной и связана с тирренской трансгрессией Средиземного моря. Мощность карангата на шельфе по данным бурения - около 5 м (Крыстев и др., 1990; Федоров,

2000). На кавказском побережье для этого времени выделяют три террасы: шахейскую, агойскую и сочинскую, высоты которых согласуются с отметками карангатских террас на болгарском побережье. Отложения этих террас содержат богатую фауну моллюсков с видами, ныне не обитающими в Черном море. В течение этого времени имели место три трансгрессивных фазы, разделенные двумя регрессиями (Чепалыга, 1997).

Корреляция результатов интерпретации детального сейсмоакустического профилирования с данными изучения береговых отложений, а также с данными биостратиграфии шельфа и четвертичной стратиграфией сопредельных районов континента позволяет по-новому осветить процессы формирования четвертичных осадков на шельфе и в верхней части континентального склона, на юге болгарской акватории Черного моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сейсмоакустическое профилирование проводилось в южной части болгарской акватории Черного моря (рис. 1) во время экспедиции "Средецка-88". Для изучения были выбраны наиболее информативные относительно истории осадконакопления участки. Первый - в районе внешнего шельфа и верхней части континентального склона, а второй - Ахтопольское понижение, представляющее собой небольшой осадочный бассейн, заложившийся в начале четвертичного периода, располагается в пределах Бургасской впадины. Записи сделаны при помощи сейсмоакустической аппаратуры "Спаркер". Она работала с электроискровым источником сейсмоакустичес-

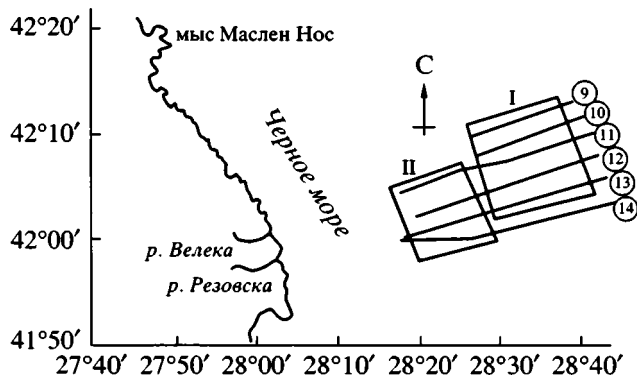


Рис. 1. Схема расположения профилей.

I – район внешнего шельфа и верхней части континентального склона; II – район Ахтопольского понижения; цифры в кружках – номера сейсмопрофилей.

ких волн мощностью 5 кДж. Общая длина использованных сейсмопрофилей 150 км.

При интерпретации была использована методика сейсмостратиграфического анализа, разработанная в Московской сейсмостратиграфической школе (Кунин, Кучерук, 1984). В работе используются понятия сейсмоансамбль – седиментационное тело мощностью от десятков до первых сотен метров, время накопления 0.5–5 млн. лет; сеймопакет выделяется по группам взаимосвязанных отражений; сеймоквант – полное единичное сейсмическое колебание, отражающее как физические параметры среды, так и событие в процессе седиментации (Кунин, 1989).

Определение возраста сейсмических комплексов и фаций выполнялось на основе графиков цикличности относительных изменений уровня

моря. Одним из постулатов сейсмостратиграфического анализа является представление о повсеместном и синхронном глобально-циклическом относительном изменении уровня моря. Масштабы цикла могут быть локальными, региональными и глобальными (Вейл и др., 1982).

СЕЙМОСТРАТИГРАФИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Район внешнего шельфа и верхней части континентального склона характеризуется на основании данных профилей 9, 10 и северо-восточных окончаний профилей 11, 12, 13 и 14 (рис. 1). В результате интерпретации по вышеприведенным принципам на всех профилях фиксируется четвертичная толща отложений (сейсмоансамбль). Всего в четвертичной толще выделено 9 сеймопакетов (рис. 2) (Димитров, 1998; 2001; Dimitrov, 1996). Сеймопакет IX может датироваться как верхнечаудинский-эпичаудинский. Сеймопакет VIII соответствует постэпичаудинской регрессии; сеймопакет VII сопоставляется с древнеэвксинской (ранней)-палеоузунларской трансгрессией; сеймопакет VI сформировался в результате постпалеоузунларской регрессии; сеймопакет V представляет осадки узунларской трансгрессии; сеймопакет IV отражает отложения постузунларской регрессии. Карангатским слоям соответствует сеймопакет III. Судя по результатам профилирования, карангатские отложения отличаются значительной мощностью в разрезе четвертичных отложений болгарского шельфа и встречаются как на шельфе, так и в верхней части континентального склона. Сеймопакет II ограничивает отложения постарангатской регрессии.

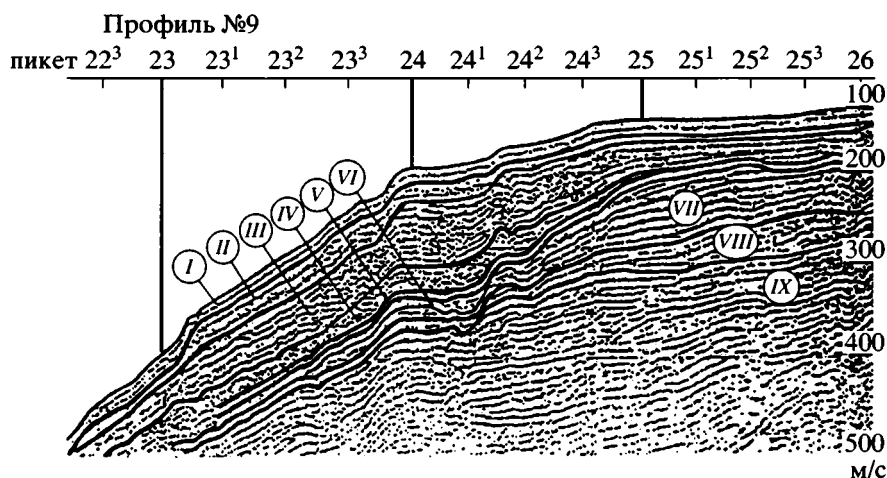


Рис. 2. Сейсмостратиграфия четвертичных осадков внешнего шельфа и верхней части континентального склона (Dimitrov, 1996).

I, III, V, VII, IX – сеймопакеты, соответствующие трансгрессивным фазам;

II, IV, VI, VIII – сеймопакеты, соответствующие регрессивным фазам. Возраст см. в тексте.

Сейсмопакет I характеризует осадки новоэвксинской и черноморской трансгрессий.

Сейсмопакет IV (рис. 2, профиль 9), сформировавшийся в течение постузуларской регрессии, имеет ограниченное распространение на шельфе, его мощность увеличивается на континентальном склоне, а его подошва срезает нижележащие отложения. Отражения прерывистые, хаотичные, слабо окрашенные.

В сейсмопакете III (рис. 2, профиль 9), соответствующем карангатской трансгрессии, в интервалах 23¹–23^{2.5} и 24⁰⁵–25¹, в нижней части и в самой верхней части, в интервалах 23⁰⁵–23^{2.5} и 23^{3.5}–25¹, отражения более ярко окрашены по сравнению с остальной частью пакета. В этих частях линии отражения непрерывные и более плотные. Это свидетельствует о том, что волны, относящиеся к этим отражениям, имели большую амплитуду и большой период, а физические свойства осадков, просвеченных ими, отличаются от характеристик остальной части сейсмопакета III. Волны с такими параметрами фиксируются и на временных разрезах других профилей. Вероятно, осадки, которые дают такой тип сейсмозаписи, имеют физические свойства, отличающиеся от свойств остальной толща. Консидиментационные и постседиментационные тектонические процессы могли изменить свойства отложений, дающих непрерывные яркие отражения, поэтому на временных разрезах есть интервалы, где такой тип записи отсутствует. Из этого следует, что формирование сейсмопакета III в районе внешнего шельфа и верхней части континентального склона происходило, по крайней мере, в три стадии. Первая и последняя относятся к стабильным долговременным положениям уровня моря, а средняя, видимо, характеризует смену, нестабильность условий осадконакопления. В склоновой части мощности карангатских отложений явно меньше, чем на внешнем шельфе, присутствуют только отложения, дающие хаотический тип записи. На части профиля, которая ближе к континенту, распространены ярко окрашенные непрерывные отражения. Такой разрез сформировался в результате активности как гидрогенных, так и гравитационных процессов на фоне более поздних трансгрессивно-регрессивных циклов.

Сейсмопакет II, соответствующий последующим двум регрессивным фазам: регрессии Карангатского моря и посткарангатской регрессии, имеет четко выраженное подошвенное несогласие с нижележащей толщей. Изменение уклонов в поверхности древнего рельефа и характер изменения свойств отложений между кровлей и подошвой указывают, по крайней мере, на три положения в изменении уровня в течение этих регрессивных фаз.

В осадках внешнего шельфа и верхней части континентального склона регрессивные стадии в положении уровня моря также хорошо выражены, сейсмопакеты, соответствующие как регрессивным, так и трансгрессивным циклам, имеют явные границы; древние формы рельефа, связанные со стабилизацией уровня моря, четко фиксируются на временных разрезах.

Второй участок расположен в районе Ахтопольского понижения (рис. 1), его пересекают юго-западные части профилей 11, 12, 13, 14. Ахтопольская структура хорошо определяется на сейсмопрофилях по конфигурации отражающих горизонтов (рис. 3: а – профиль 11, б – профиль 12). Она формировалась в условиях равномерного тектонического погружения и компенсационной седиментации вплоть до конца плейстоцена. Это понижение практически теряет свою выраженность в рельефе во время посткарангатской регрессии. Заполнение понижения происходило в течение четвертичного периода за счет эрозии Западно-Ахтопольского поднятия (рис. 3а). Это поднятие было островом и служило мощным источником осадочного материала (Лимонов, Крыстев, 1990). Западно-Ахтопольское поднятие разделяет первый и второй районы исследования. Другим источником обломочного материала были береговая абразия и наносы, переносимые вдольбереговыми и контурными течениями. Таким образом, в Ахтопольское понижение осадки поступали как с запада, так и с востока. Интерпретация сейсмоакустических материалов подтверждает именно такую схему седиментации в четвертичном периоде.

Во время постузуларского регрессивного цикла питание осадочным материалом было более интенсивным с востока. Эта тенденция продолжалась и на раннем этапе карангатской трансгрессии (рис. 3б). Севернее (рис. 3а) влияние Западно-Ахтопольского поднятия на снабжение впадины осадками продолжалось вплоть до посткарангатского времени. Об этом свидетельствует распространение седиментационных тел линзовидной формы (IV^a, III^a, II^a; III^b, II^b).

Для профилей 11 и 12, пересекающих Ахтопольское понижение, были пронумерованы отражения (рис. 4а, б). Сопоставляя временные профили 11 и 12 на рисунках 3 и 4 после нумерации отражений, можно заметить, что сейсмопакет III состоит из одиннадцати отражений №18–№28. Эти отражения не фиксируются на каждом профиле.

Нумерация отражений позволила определить точное распространение каждого отражающего горизонта. Далее для каждого сейсмоакустического профиля было рассчитано процентное отношение между длиной каждого отражения, выделенного на единичном профиле и длиной сечения

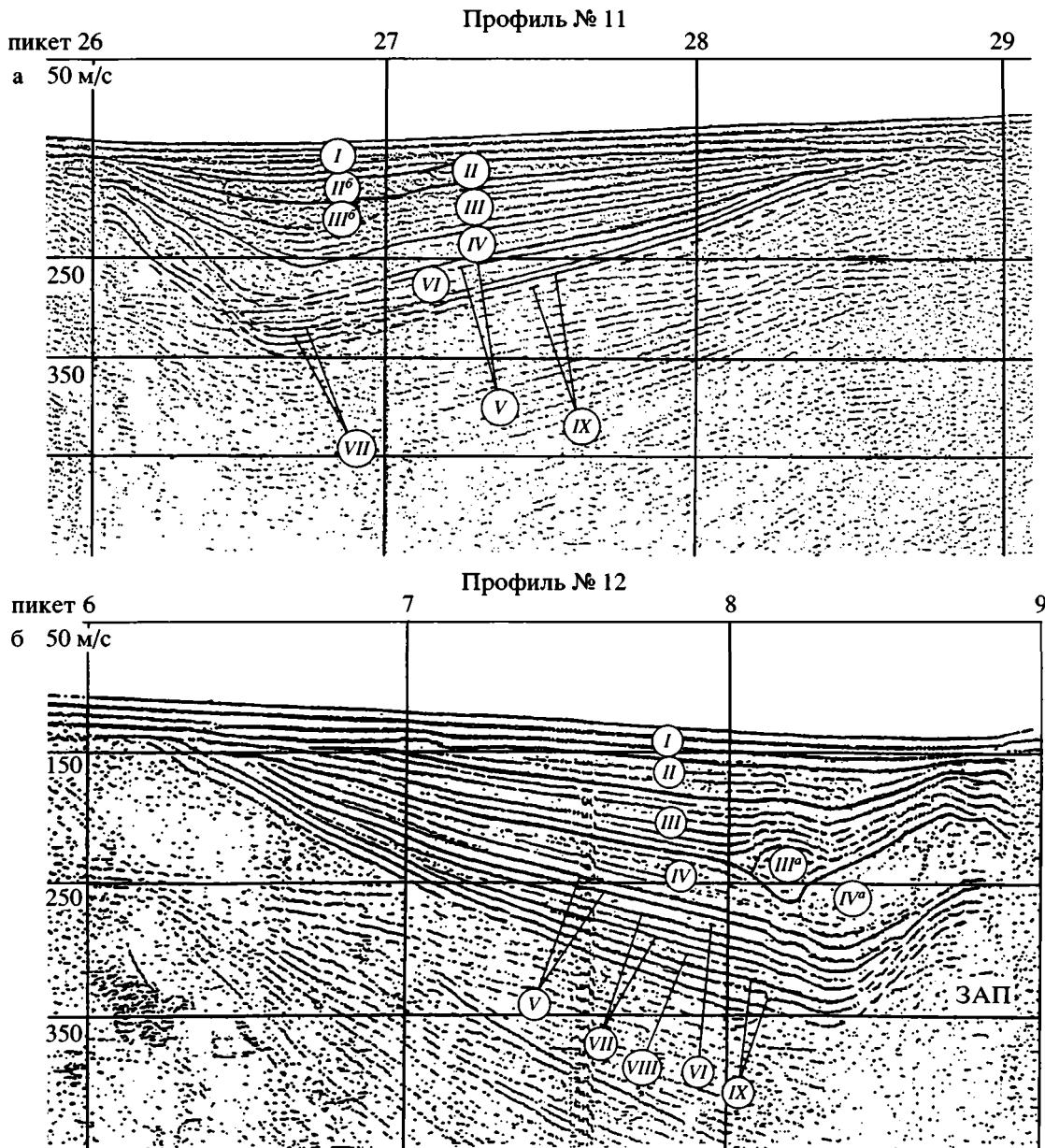


Рис. 3. Сейсмостратиграфия четвертичных осадков Ахтопольского понижения (Димитров, 2001).

ЗАП – Западно-Ахтопольское поднятие. Цифры на сейсмопрофилях – номера сеймопакетов; а – профиль № 11; б – профиль № 12.

структуры (Ахтопольское понижение) на том же самом профиле. Средние величины этих отношений на всех рассмотренных временных разрезах для сеймопакета III показаны на рисунке 5. Таким образом, получена картина пространственного распространения осадков, отвечающих за отражения №18-№28 в структуре Ахтопольского понижения.

Полагая, что каждое отражение отвечает понятию сеймоквант, рассмотрев подробно интенсивность и конфигурацию этих отражений, можно сделать вывод о том, что сеймокванты № 20,

21, 23 и 24 соответствуют отложениям, накопленным в процессе тектонических погружений, которые не были синхронны с общим опусканием Ахтопольского понижения. Погружения охватывали ограниченные поверхности, имеющие значительно меньшие размеры по сравнению с простиранием нижележащего горизонта.

Также замечено, что поверхность над сеймоквантом №18 представляет собой несогласие типа подошвенного налегания (Митчем и др., 1982) относительно сеймоквантов №19, 22, 25. Поверхность над отражением №25 – это несогла-

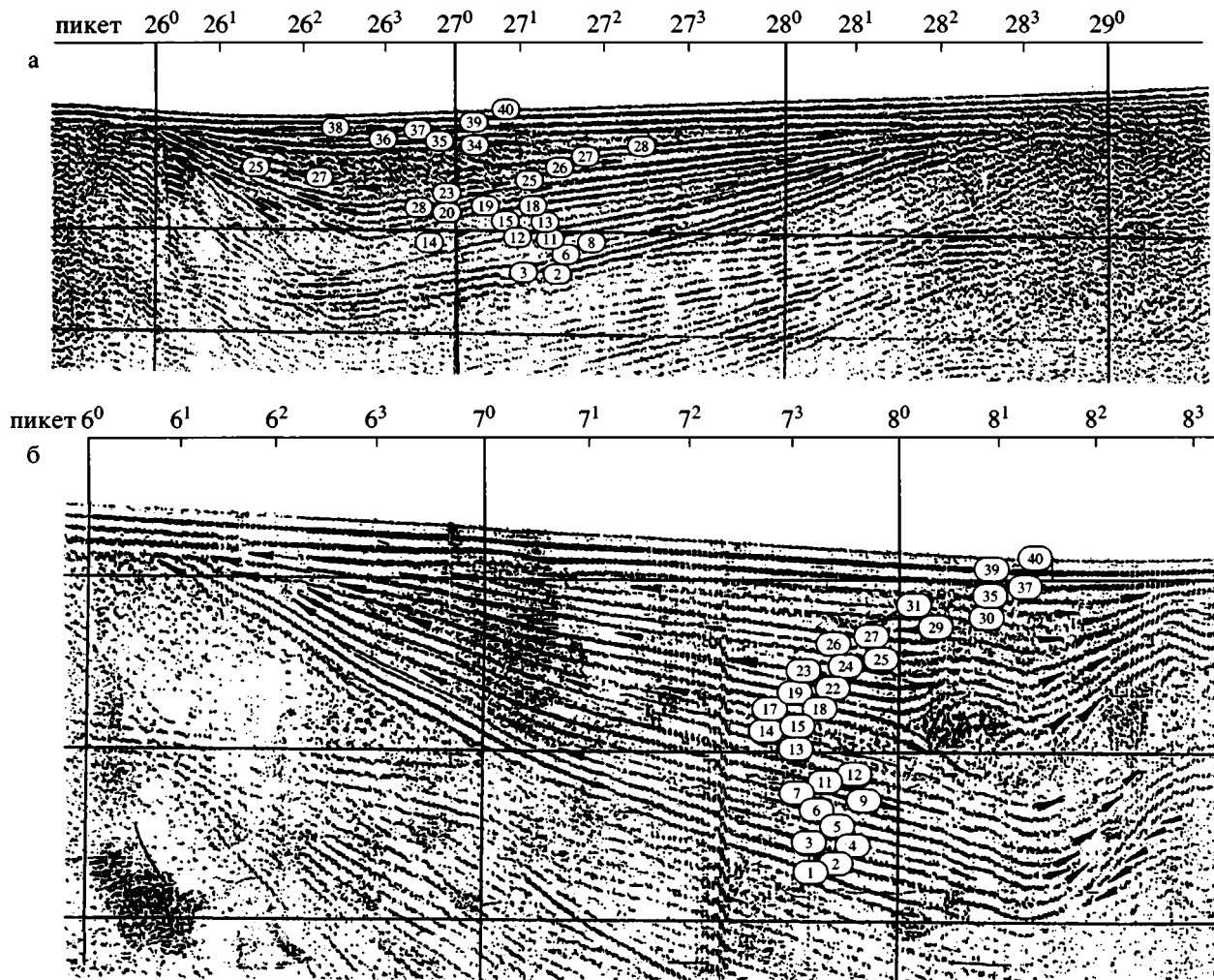


Рис. 4. Нумерация отражений. Цифры на сейсмопрофилях – номера отражающих горизонтов. а – профиль № 11; б – профиль № 12.

сие типа подошвенного налегания относительно сейсмоквантов № 26, 27, 28 (рис. 4). Если считать наиболее распространенные отражения отвечающими за наиболее стабильные условия осадконакопления, а наименее распространенные – за нестабильные условия осадконакопления, то в процессе формирования сеймопакета III можно выделить семь эпизодов различной природы:

I – формирование отражений № 18, 19, 20; II – формирование отражений № 21; III – формирование отражений № 22; IV – формирование отражений № 23; V – формирование отражений № 24, 25; VI – формирование отражений № 26; VII – формирование отражений № 27, 28.

В течение карангатского времени в области Ахтопольского понижения несколько раз менялись обстановки осадконакопления. Можно выделить четыре стабильных положения, которые делят всю толщу на три этапа, соответствующим

трем группам отражений: № 18–22, № 22–25, № 25–28. Внутри этих этапов происходили более кратковременные флуктуации в режиме обстановок осадконакопления.

Для карангатской и посткарангатской регрессивных фаз (отражения 29–35) можно выделить, по крайней мере, три эпизода в смене условий седиментации (рис. 4а, б). Для постзунларской регрессивной фазы (отражения 12–17) выделяются три флуктуации условий осадконакопления.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сравнивая результаты интерпретации сейсмозаписи, профилей, пересекающих рассматриваемые участки, которые имеют различную геологическую позицию, можно заметить сходство в изменениях условий осадконакопления. Данные сейсмопрофилирования и в осадочном бассейне

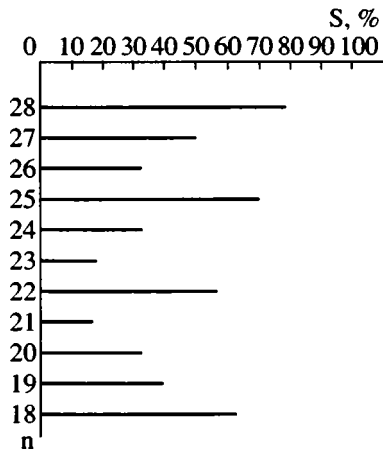


Рис. 5. Диаграмма соотношения длины каждого сейсмокванта к общей длине сечения структуры для Ахтопольского понижения.

S – общая длина сечения структуры; n – длина отдельного сейсмокванта.

(Ахтопольское понижение), и в зоне перехода шельфа в континентальный склон показывают, что на этих участках происходило замедление скорости подъема и стабилизация положения уровня моря на начальном и конечном этапах карангатской трансгрессии. Это не противоречит ходу развития природных процессов, наблюдаемому по многим разрезам первого позднеоплейстоценового межледниковья. Разрезы, относящиеся к микулинскому межледниковью на европейской части России, часто отражают тенденцию: две теплые эпохи, разделенные более холодной. В разрезе озерной котловины, расположенной в долине р. Протвы, отложения микулинского межледниковья подразделяются на шесть спорово-пыльцевых зон. Во второй половине этого времени получают развитие еловые леса, отражая постепенное похолодание (Рычагов и др., 1989). Палинологическое изучение разреза Келково, расположенного в пределах Невской низменности, где обнажаются морские черные глины с лузитанской фауной моллюсков, позволило выделить в его микулинской части две палинозоны. Нижняя характеризуется распространением пыльцы хвойных деревьев с мелколиственными с примесью широколиственных: граба, орешника, дуба и вяза. Верхняя отличается весьма резким увеличением содержания пыльцы широколиственных деревьев – граба, орешника, дуба и примесью клена, липы и вяза. Материалы по характеристике климата времени казанцевского межледниковья Восточной Сибири, восточной части Арктического шельфа и Дальнего Востока России позволяют считать, что в наиболее полных и достаточно изученных разрезах отложений этого времени регистрируются три климатические фазы: оптимум в начале, похолодание в середине и фаза некоторого

потепления в конце. Ранняя фаза (130–120 тыс. лет назад) соответствует подстадии 5e кислородно-изотопной шкалы. (Алексеев, Друщиц, 2001). П.В. Федоров (2000) выделяет в развитии карангатской трансгрессии два этапа: раннекарангатский и позднекарангатский, которые разделялись непродолжительной регрессией.

Эти наблюдения могут быть сопоставлены с результатами геоморфологических исследований на суше. На болгарском черноморском побережье есть две террасы, которые образовались во время карангатской трансгрессии (Попов, Мишев, 1974). Первая находится на высоте 20–25 м, а вторая на высоте 8–14 м над современным уровнем моря.

Судя по характеру сейсмозаписи, Ахтопольское понижение заложилось в начале четвертичного периода и все это время не подвергалось эрозии. Вероятно, даже во время регрессий это понижение могло оставаться локальным водоемом или какой-либо другой зоной аккумуляции на осушенном шельфе и сохранить запись многих событий в истории осадконакопления. Выделение на сейсмопрофилях сейсмоквантов позволяет сделать более детальную стратиграфию шельфовых отложений в юго-западной части Черного моря.

Во время первого позднеоплейстоценового межледниковья на Русской равнине на основании спорово-пыльцевых исследований выделено восемь зон (Гричук, 1961). В восточной части Черного моря, на абхазском побережье, по данным спорово-пыльцевого анализа, для межледниковья ррисс-вюрм выделено семь климатических фаз: четыре потепления, разделенные тремя похолоданиями. Исследовался керн скважины с глубины 38.5–45.0 м (Квавадзе, Рухадзе, 1999). Несомненно, не следует проводить прямую корреляцию биостратиграфии континентальных образований и сейсмостратиграфии шельфовых отложений. Выяснение зависимости условий седиментации на шельфе от незначительных и кратковременных климатических изменений – это задача будущих исследований. И несомненно, что сейсмические исследования с высоким разрешением дают возможность провести детальное стратиграфическое расчленение шельфовых толщ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение сейсмостратиграфического анализа при изучении четвертичных осадков шельфа позволяет детально стратифицировать отдельные горизонты, соответствующие основным событиям плейстоцена в Черном море. Сопоставление схем расчленения окружающей суши и береговых разрезов четвертичной системы и данных сейсмостратиграфического расчленения шель-

фовых отложений на западе Черного моря позволяет сделать следующие выводы:

1. Сейсмическое профилирование на ключевых участках шельфа дает информацию, сравнимую по детальности с биостратиграфической характеристикой континентальных одновозрастных разрезов;

2. Для стратиграфической характеристики отложений на уровне ступени следует использовать понятие сеймопакет, для более детальной стратиграфии – сейсмоквант;

3. Отложения карангатской трансгрессии, соответствующей первому позднеплейстоценовому межледниковью, как и на большей части Евразии, разделяются на три толщи. Формирование этих толщ происходило в течение двух теплых климатических фаз, прерываемых весьма протяженным незначительным похолоданием. Это глобальное миккулинское – карангатское потепление состояло из кратковременных климатических флуктуаций, обращенных как в сторону теплого, так и холодного климата с различной влажностью. В юго-западной части Черного моря карангатское время может быть разделено на семь эпизодов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев М.Н., Друщиц В.А. Климатические события казанцевского межледниковья и голоцена восточной части российского шельфа и Сибири // Бюл. Комис. по изуч. четвертичного периода. 2001. № 64. С. 77–88

Вейл П.Р., Митчем Р.М., Томсон С.Ш. Относительные изменения уровня моря по береговому подошвенному налеганию // Сейсмическая стратиграфия. М.: Мир. 1982. Т. 1. С. 127–159.

Гричук В.П. Ископаемые флоры как палеонтологическая основа стратиграфии четвертичных отложений // Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений северо-запада Русской равнины. М.: Изд-во АН СССР. 1961. С. 25–71.

Димитров О.В. Новые данные о расчленении четвертичных осадков Южно-болгарского шельфа по данным сеймостратиграфического анализа // Океанология, 2001. Т. 41. № 2. С. 305–312.

Квавадзе Э.В., Рухадзе Л.П. Палиностратиграфия нижнего карангата Абхазии // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1999. Т. 7. № 1. С. 99–109.

Крыстев Т.И., Свиточ А.А., Гунова В.С. и др. Новые данные по карангатской террасе в районе города Варны (Болгария) // Геологическая эволюция западной части черноморской котловины в неоген-четвертичное время. София: БАН, 1990. С. 106 – 112.

Кунин Н.Я. Модели седиментации и понятия сеймостратиграфии // Бюл.МОИП. Отд. геология.1989. Т. 64. С. 24–32.

Кунин Н.Я., Кучерук Е.В. Основные положения сеймостратиграфического анализа // Месторождения горючих ископаемых. Сеймостратиграфия в решении проблем поиска и разведки месторождений нефти и газа. М.: ВИНТИ, 1984. Т. 13. С. 56–70.

Лимонов А.Ф., Крыстев Т.И. Некоторые вопросы раннечетвертичной тектоники, палеогеографии и седиментологии южной континентальной окраины болгарского сектора Черного моря по данным сеймостратиграфии // Геологическая эволюция западной части черноморской котловины в неоген-четвертичное время. София: БАН, 1990. С. 319–331.

Митчем Р.М.мл., Вейл П.Р., Сангри Дж.Б. Стратиграфическая интерпретация сейсморазрезов МОВ по конфигурации отражений // Сейсмическая стратиграфия. М.: Мир, 1982. Т. 1. С. 215–242.

Рычагов Г.И., Алешинская З.В., Антонов С.И., Скорнякова Л.А. Новые разрезы миккулинских отложений центра Русской равнины // Четвертичный период. Стратиграфия. М.: Наука, 1989. С. 35–42.

Федоров П.В. Отражение климатических событий плейстоцена в геологической истории Черного моря // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2000. Т. 8. № 5. С. 74–82.

Чепалыга А.Л. Детальная событийная стратиграфия плейстоцена Черного моря // Четвертичная геология и палеогеография России. М.: ГЕОС, 1997. С. 196–201.

Димитров О.В. Нови закономерности по сейсмограммите, получени при работа по метода НСП за определяне на трансгресивне и регресивне седименти в Резовска структурна зона // Тр. на Ин-та по океанология. 1998. Т. 2. С. 99–106.

Попов В., Мишев К. Геоморфология на българското черноморско крайбрежие и шельф. София: БАН, 1974. 226 с.

Dimitrov O.V. Seismostratigraphic segmentation of quater sediments in the eastern periphery of the south bulgarian Black Sea shelf // C. R Acad. Bulgar. Sci. 1996. Т. 49. № 11–12. P. 69–72 .

Рецензент М.Н. Алексеев