

УДК 551.35.:519.217

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ АКВАТОРИЙ МЕТОДОМ МАРКОВСКОЙ ГИПСОТОМОГРАФИИ

Черников А. Г., Исаев Ю. С.

ОАО НИПИИ Ленметрогипротранс, г. Санкт-Петербург,
Российская Федерация)

Либина Н. В.

(Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва)

Марковська гіпсотомографія є новим способом аналізу рельєфу морського дна з метою прогнозування глибинної будови і властивостей геологічних відкладів морських акваторій. У статті викладаються принципи розробленої методики і наводяться результати її застосування на прикладі Чорноморо-Азовського регіону.

Markovsky gipsotomografia represents new way of the analysis of relief of sea-bottom for the purpose of forecasting of deep structure and properties of geological adjournment of sea water areas. In article principles of the developed technique are stated and results of its application on example of the Chernomoro-Azov region are resulted.

Черноморский регион, в плане геологии, достаточно подробно изучен. Само море и обрамляющие его горные сооружения с давних пор являются исследовательскими полигонами геологов разных стран. Шельфовая часть Черного моря и Азовское море детально изучаются на предмет оценки углеводородного потенциала их отложений. Разработанные в последнее время технологии глубоководного бурения позволяют бурить поисковые скважины в глубоководных частях Черного моря. При изучении

геологического строения дна геофизическими методами в широко используются различные модификации сейсморазведки. Инструментальные наблюдения, как правило, проводятся различными кампаниями локально, в пределах лицензионных участков, с различной детальностью и с соблюдением режима коммерческой тайны. В связи с этим, увязка и интеграция имеющихся фрагментарных и разрозненных данных в обобщенную бассейновую модель представляет серьезную проблему.

Из этого возникает необходимость, помимо общей оценки углеводородного потенциала бассейна, получения прогнозов геологического строения подповерхностных отложений на больших пространствах, включая и глубоководные участки акваторий. Для решения этой задачи нами [1] был разработан новый метод «Марковская гипсотомография».

Марковская гипсотомография представляет собой новый способ прогнозирования и построения трехмерной модели внутреннего строения геологического объекта, основой которого является изучение профильных или площадных изменений марковских свойств регулярных гипсометрических (батиметрических) данных.

Многие природные процессы, в том числе и геологические характеризуются тем, что в них наблюдается влияние предшествующих событий на последующие. Такие процессы носят название марковских [2]. Характерным для марковских процессов является то, что вероятность системы находиться в данном состоянии в заданный момент времени можно вывести из сведений о ее предшествующем состоянии. Частным случаем марковского процесса является цепь Маркова. Ее можно рассматривать как последовательность дискретных состояний во времени или пространстве, для которых вероятность перехода из одного состояния в заданное, за последующий шаг, зависит от предшествующего состояния. Марковское свойство, или марковость, представляет собой зависимость вероятности каждого перехода от непосредственно предшествующего состояния (s_i) в момент времени t_{i-1} в состояние (s_j) в момент времени t_i . Наиболее ярким примером проявления марковских свойств в геологии является

чередование слоев литотипов в стратиграфических последовательностях.

Изучение глубинного строения дна методом марковской гипсотомографии базируется на предположении о наследовании марковских свойств рельефа поверхности (или каких-либо других свойств нижележащих стратиграфических горизонтов) в рельефе или свойствах поверхности перекрывающих наслоений. Надо отметить, что это не означает прямое наследование собственно предшествующего рельефа последующим рельефом.

Если имеется несколько последовательно залегающих слоев (толщ), контрастных по геолого-геофизическим свойствам то границы разделов слоев обладают рельефом, последовательно сформированным условиями осадконакопления, тектонической историей и последующей изменчивостью. Каждая из границ может быть математически описана в виде простой однородной марковской последовательности отметок значений свойств по множеству профилей, секущих границу. Вертикальная (стратиграфическая) изменчивость марковских описаний границ разделов рассматривается как изменение марковской последовательности величин значений свойств на границах и считается сложной марковской цепью, укрупненной по множеству исходных состояний [2]. В этом случае, согласно теории марковских процессов, предыдущее состояние (марковость подстилающего слоя) вероятно определяет состояние последующее – марковость покрывающего слоя. Следовательно, изучая определенным образом марковские свойства на поверхности, представляется возможным получить информацию о глубинном строении региона.

Для построения 3-D бассейновой геологической модели используются площадные цифровые батиметрические карты и специально разработанный комплекс программ обработки, позволяющий проводить виртуальное глубинное зондирование массива пород путем марковского преобразования измеренных свойств поверхности, как по профилям, так и по площадям наблюдений. Предварительные прогнозные расчеты для региональных исследований могут выполняться по цифровым батиметрическим моделям с дискретностью данных 2-5 км для построения региональных (бассейновых) моделей. Также, за счет изменения устано-

вочных величин, могут быть выделены площадные участки для расчета более детальных, но соответственно менее глубинных моделей. Далее по полученным результатам могут целенаправленно выбираться участки для проведения детальных инструментальных геофизических наблюдений.

Детальность и глубинность исследований помимо шага дискретизации батиметрических данных определяются следующими факторами:

1. L - ширина окна сканирования (количество точек в исследуемой последовательности),
2. ΔL - шаг наблюдения (расстоянием между точками),
3. f - частотная характеристика анализируемого параметра (число определенных на числовой последовательности марковских состояний).

Результатом обработки свойств рельефа является 3-D геологическая модель объекта, визуализация которой осуществляется путем расчета томограмм в различных сечениях трехмерного пространства. Полученные томограммы изменчивости марковских свойств методом инверсии пересчитываются в разрезы петрофизических характеристик по априорной информации об акустических и (или) плотностных свойствах среды [3].

Одним из объектов, на которых выполнялось опробование метода гипсотомографии и его программного обеспечения, была принята акватория Черного моря (с равнинным и горным обрамлением), представленная в виде электронной грид-карты рельефа площадью более 9 тысяч квадратных километров, с расстоянием между узлами решетки порядка 2,2 км (рис. 1).

Сформированная модель, представляет собой нечеткий образ вероятностного распределения в 3-х мерном фазовом пространстве прогнозируемого свойства объекта. Рассчитанные томограммы представляются в виде ортогональных срезов. Одна из томограмм, рассчитанная по профилю, проведенному вдоль южного побережья Черного моря, и сопоставленная с рельефом моделируемой акватории приведена на рис. 2.

Для большей наглядности, строение объекта следует представлять в виде серии ортогональных сечений - YZ , XZ , XY .

На рис. 3, 4 и 5 приводятся подобные серии.

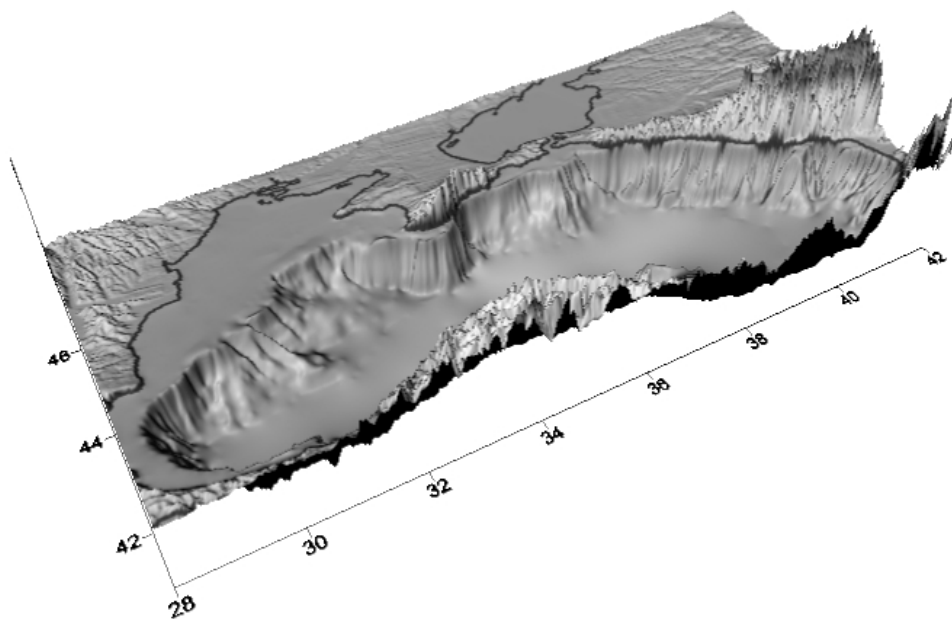


Рис. 1. Проекция электронной карты рельефа дна Черного и Азовского морей с прилегающей территорией, принятой к обработке методом марковской гипсотомографии

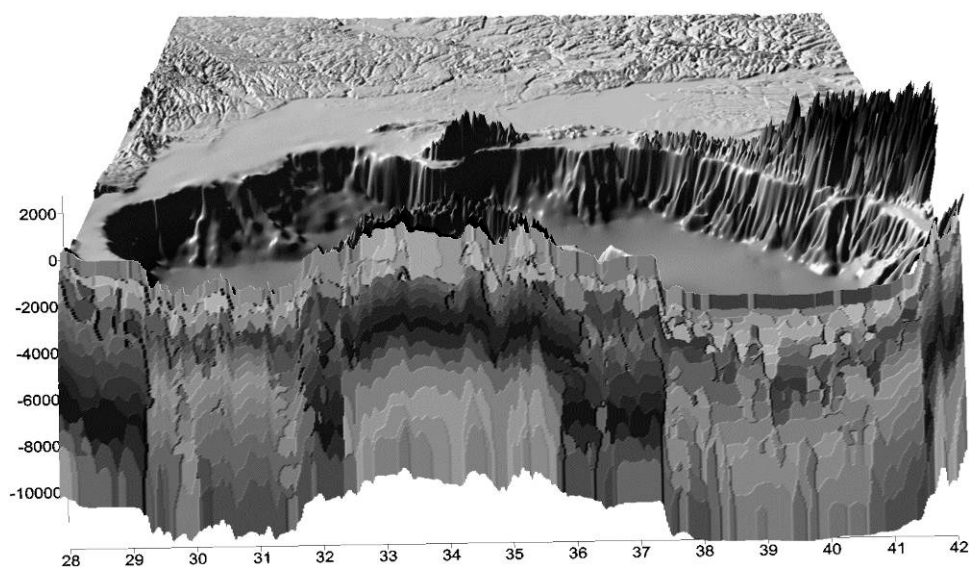


Рис. 2. Фронтальный срез (томограмма) 3-D модели подповерхностного строения геологических отложений Черного моря и его окрестностей, сопоставленный с пересекаемым рельефом

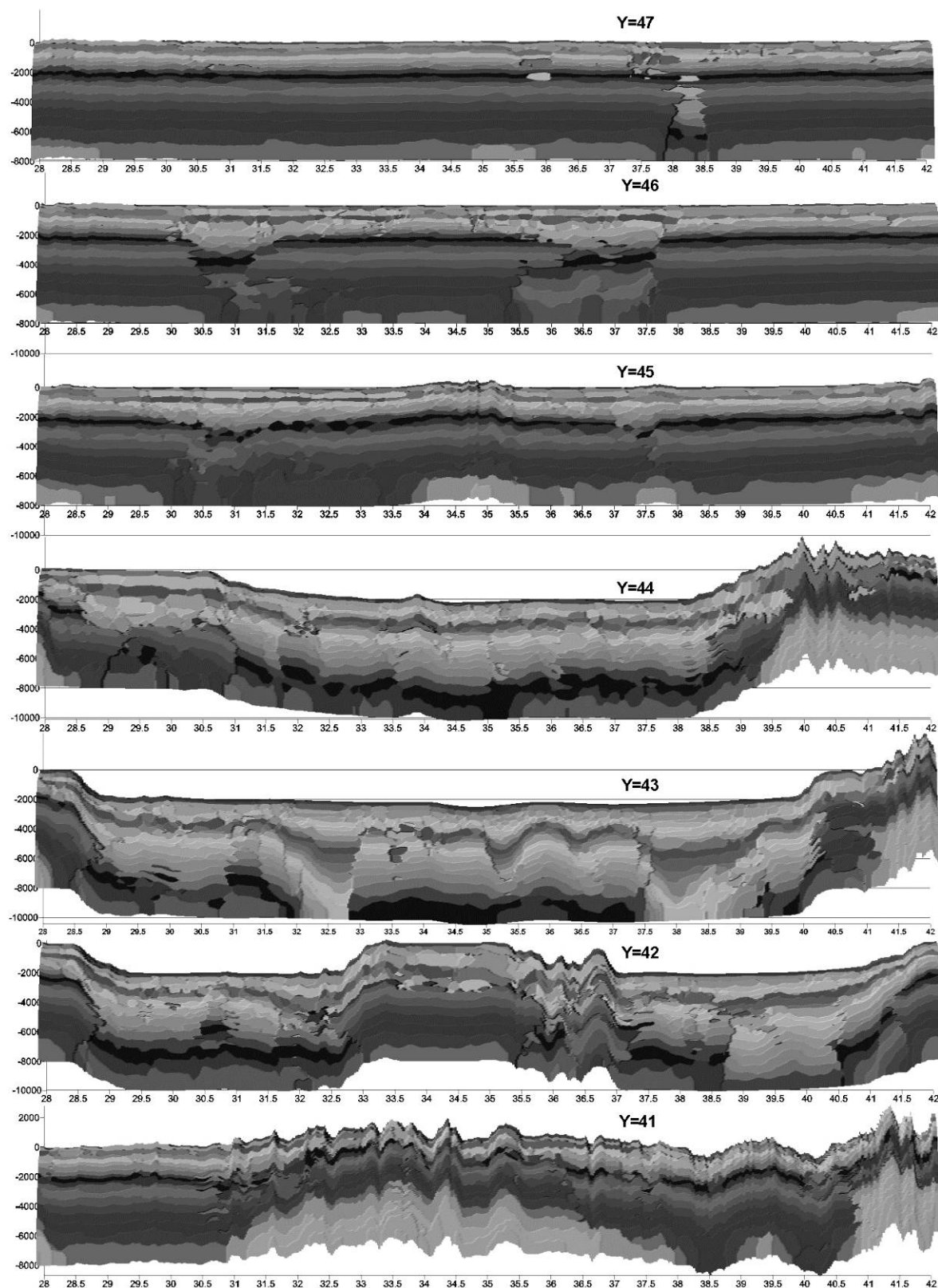


Рис. 3. Томограммы глубинного строения Черноморо-Азовского региона, проведенные по простиранию акватории в направлении З-В

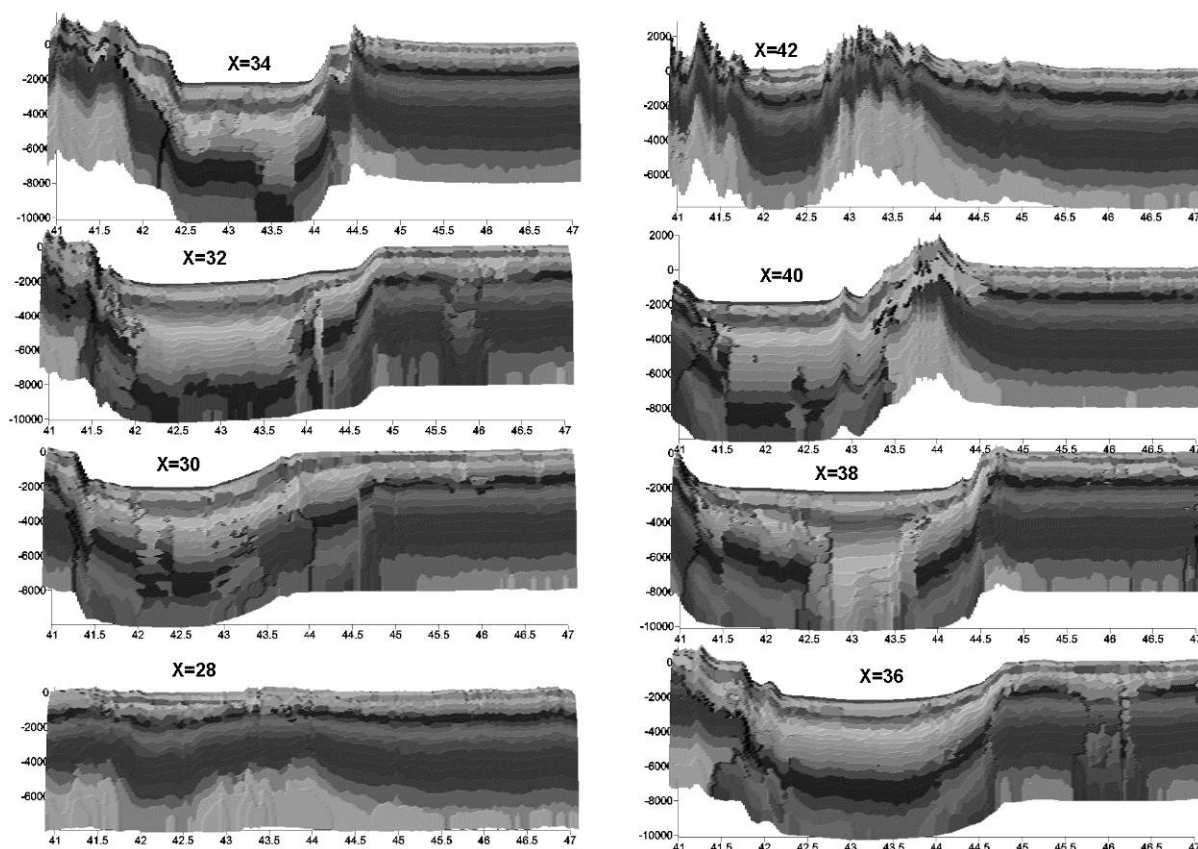


Рис. 4. Томограммы глубинного строения Черноморо-Азовского региона, проведенные вкрест простирания акватории в направлении Ю-С

Приведенные в статье результаты опробования метода марковского гипсотомографического прогнозирования-моделирования подповерхностных геологических отложений черноморского бассейна, выполнены по материалам, содержащимся на мелкомасштабных электронных батиметрических картах открытого доступа GEBCO. Для повышения детальности и достоверности геологического прогноза, необходимо проведение комплексного анализа батиметрических карт большего разрешения.

Априорные данные о строении крупного региона, полученные на основании обработки результатов дистанционных измерений рельефа, позволяют с большей уверенностью осуществлять проектирование поисково-разведочных работ, а также могут служить основой для интерполяции в геологическом простран-

стве фрагментированных наблюдений и интеграции разнохарактерных данных в обобщенную бассейновую модель.

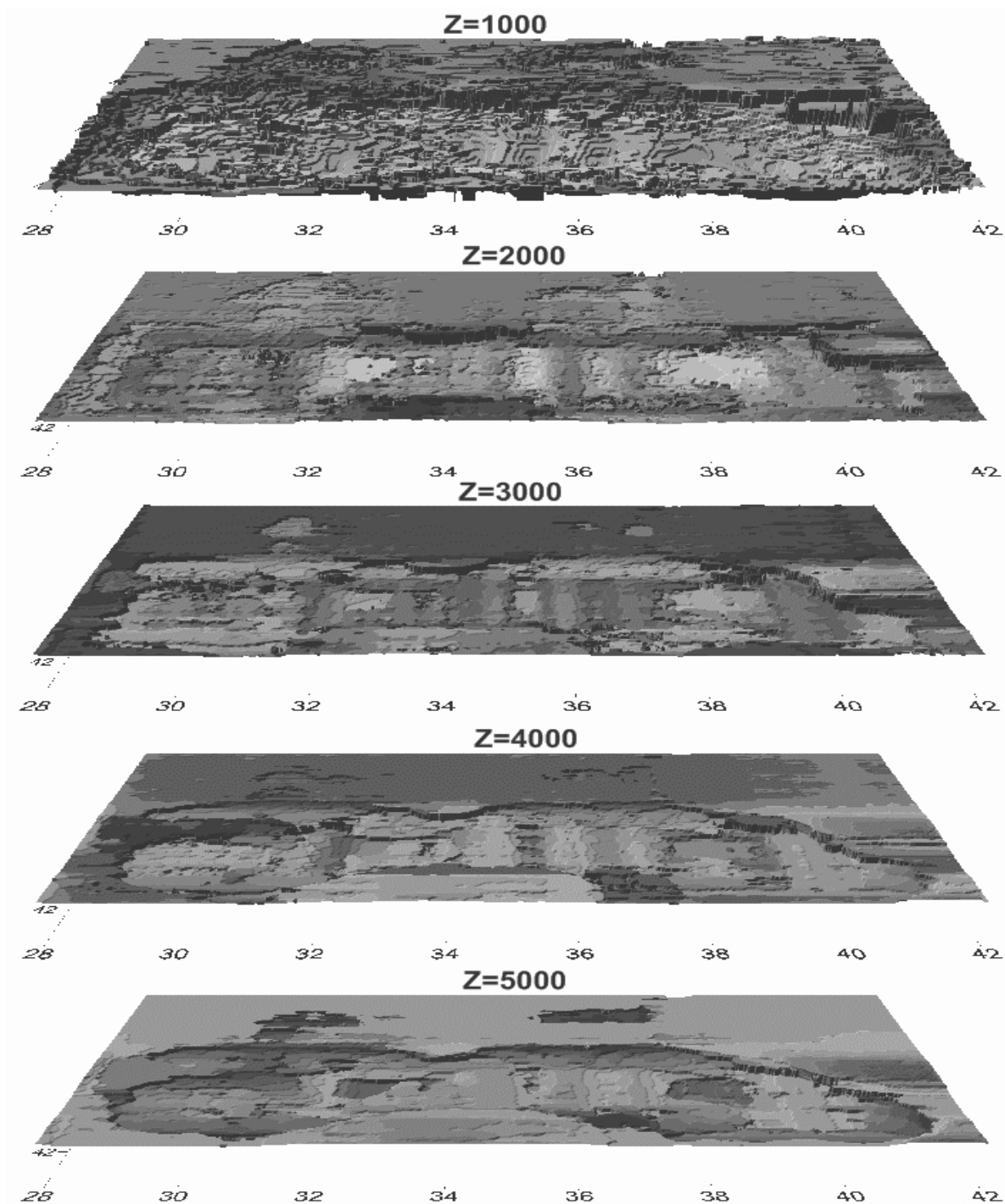


Рис. 5. Томограммы структуры морского дна Черноморско-Азовского региона, рассчитанные по площади акватории на различных глубинах (Z) от земной поверхности

СПИСОК ССЫЛОК

1. Черников А.Г., Матушкин М.Б., Либина Н.В. Изучение внутреннего строения Земли на основе марковского анализа гипсометрии ее поверхности. М., «Разведка и охрана недр» № 2, 2001, С. 57 – 59.
2. Вистелиус А.Б. Основы математической геологии. Л. Наука, 1980.
3. Черников А.Г., Либина Н.В. Использование Марковской гипсометрии при геологических исследованиях в океанологии. Океанология, 2011, том 51, № 3, С. 1 – 5.
4. Черников А.Г., Матушкин М.Б., Исаев Ю.С. Новый способ дистанционного прогнозирования инженерно-геологических характеристик сложных геодинамических объектов. ГИАБ, № 7, 2010, С. 177 – 186.