

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.14

Д.С. Никитин¹, М.Д. Хуторской²

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА

В последнее десятилетие получены новые данные о строении осадочного чехла северной части Баренцевоморского шельфа. К перспективным методам исследования структурно-тектонических особенностей в пространстве относится объемное моделирование. На основании полученной информации о морфометрических характеристиках сейсмостратиграфических комплексов методом кластерного анализа выполнена интерпретация объемной структурно-тектонической модели осадочного чехла Баренцевоморского шельфа.

Ключевые слова: осадочный бассейн, объемная модель, структурно-тектонический этаж, кластерный анализ, Баренцевоморский шельф.

New data on a structure of a sedimentary cover of northern part of the Barentsevomorsky shelf are obtained in the last decade. Volumetric modeling is one of perspective method of structural and tectonic features in space research. Interpreting of volumetric modeling of a sedimentary cover of the Barentsevomorsky shelf is accomplished on the basis of the received information on morphometric characteristics of seismostratigraphic complexes by a cluster analysis.

Key words: sedimentary basin, volumetric model, structural and tectonic floor, cluster analysis.

Введение. Район исследований расположен на северо-востоке арктического шельфа Баренцева моря между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа (рис. 1). В тектоническом отношении рассматриваемая территория принадлежит к Баренцевской (Свальбардской) шельфовой (или окраинно-материковой) плите, которая характеризуется гетерогенным строением.

Основная фаза консолидации коры относится к позднерифейскому–предвендскому времени, однако в байкальский фундамент Баренцево-Карского суперблока впаины массивы раннепротерозойской континентальной коры. Жесткие континентальные блоки фундамента разделены рифтогенными прогибами полициклического развития. Современная структура плиты, как части платформы, сформировалась в посткиммерийское время, одновременно с завершением формирования Пайхой-Новоземельского орогена.

Сведения о структуре и составе земной коры в изучаемом регионе базируются на результатах многочисленных исследований, выполненных на акватории и прилегающей суше [Бро и др., 1982]. В строении северо-восточной части арктического шельфа Баренцева моря выделяются два структурно-тектонических этажа — нижний и верхний, разделенные между собой поверх-

ностями региональных стратиграфических и угловых несогласий. К нижнему этажу относятся допалеозойское складчатое основание (иногда выделяемое в самостоятельный этаж) и ниже-среднепалеозойский литолого-стратиграфический комплекс (ЛСК), а также верхний, включающий отложения от верхнедевонских до четвертичных, в пределах последнего выделяют 5 ЛСК, которые отражают существенные изменения структурного плана осадочного чехла исследуемой территории.

Авторы построили объемную модель осадочного чехла Баренцевоморского шельфа, на основе которой выполнен структурно-тектонический анализ морфометрических характеристик сейсмо-стратиграфических комплексов.

Методика исследований. Для классификации структурных данных по отражающим горизонтам, относящимся к одному структурно-тектоническому этажу, мы использовали кластерный анализ [Мандель, 1988; Олдендерфер, Блэшфилд, 1989].

Под объектом понимается блок регулярной блочной модели. В центре каждого блока находится точка, которой присвоены два параметра — мощность и координаты. Под кластером обычно понимают группу объектов (в нашем случае область осадочного чехла), обладающую свойством

¹ ГИН РАН, лаборатория тепломассопереноса, мл. науч. с.; e-mail: ndsnomination@mail.ru

² ГИН РАН, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, профессор, докт. геол.-минерал. н.; e-mail: mkhutorskoy@ginras.ru

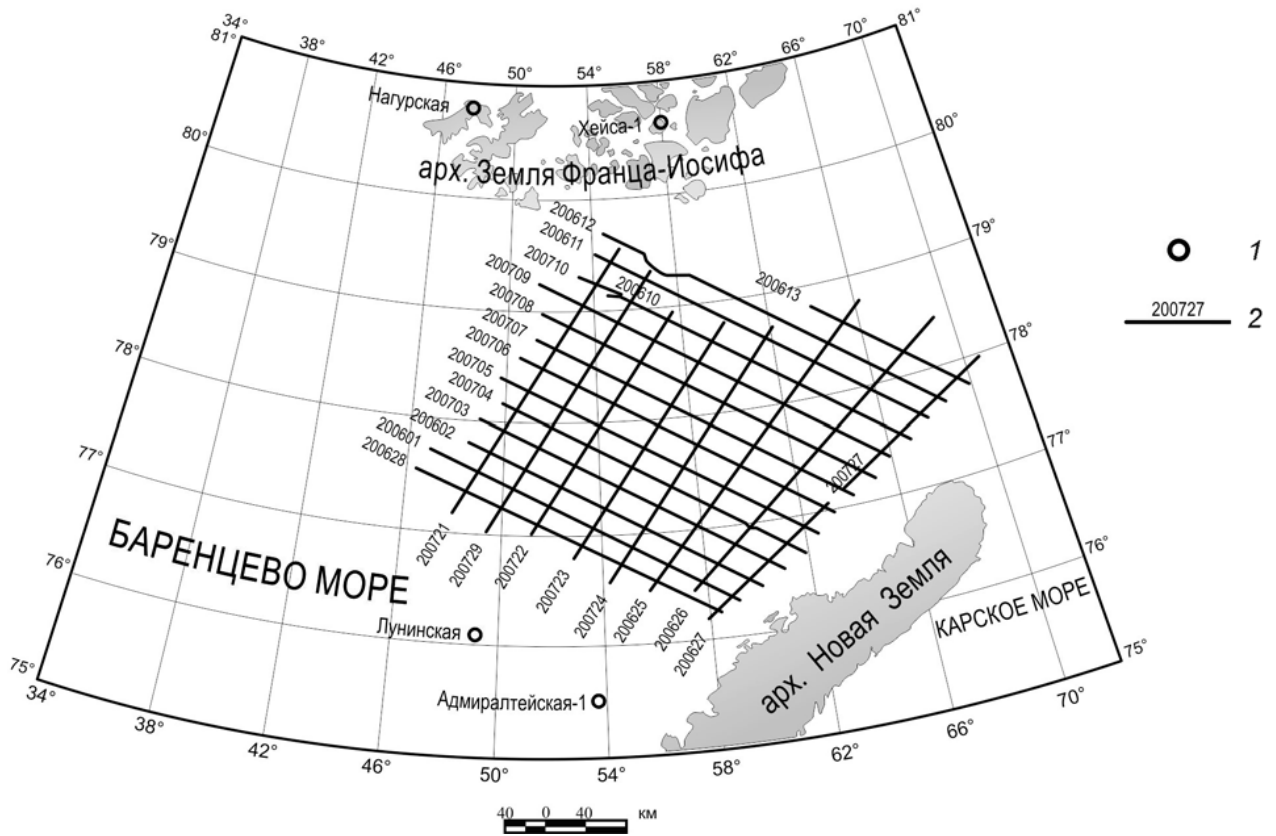


Рис. 1. Обзорная карта северной части Баренцевоморского шельфа с расположением сети комплексных геофизических профилей: 1 — скважины глубокого бурения; 2 — профили МОВ ОГТ 2D, 2007–2009 гг.

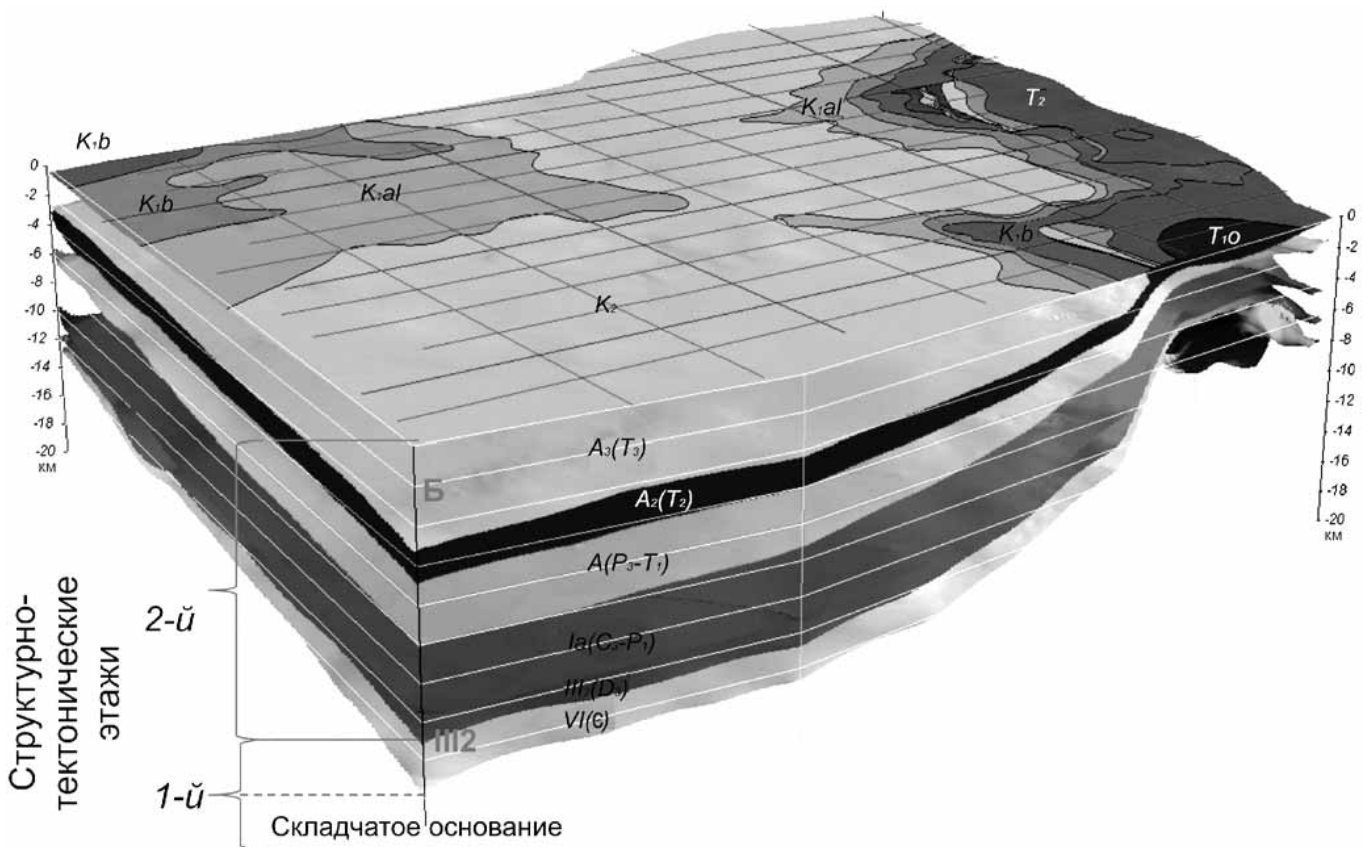


Рис. 2. Каркасная модель осадочного чехла северной части Баренцевоморского шельфа, совмещенная с геологической основой, на базе структурных карт по 11 отражающим горизонтам

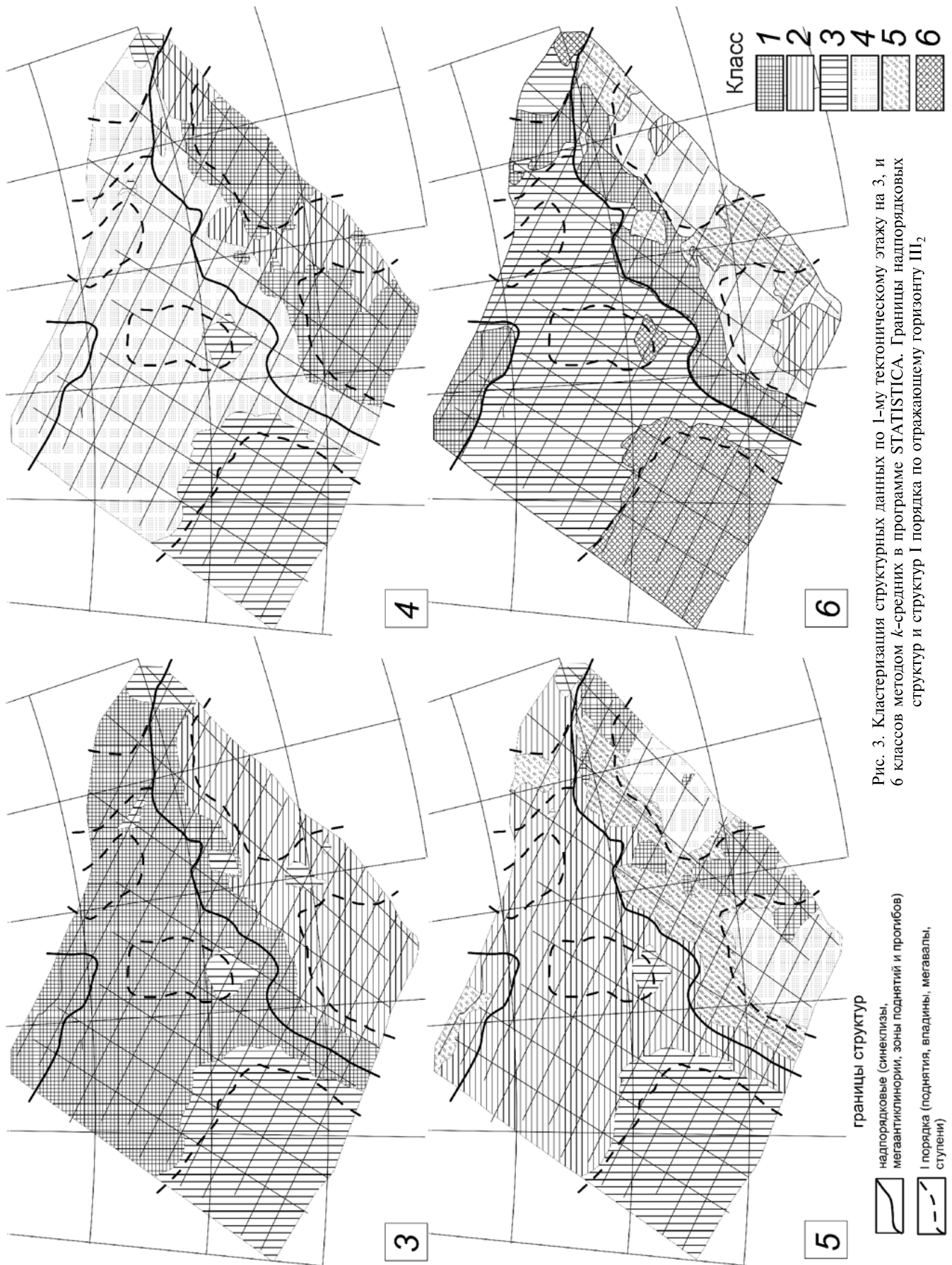


Рис. 3. Кластеризация структурных данных по 1-му тектоническому этажу на 3, и 6 классов методом *k*-средних в программе STATISTICA. Границы надпорядковых структур и структур 1 порядка по отражающему горизонту Ш₂

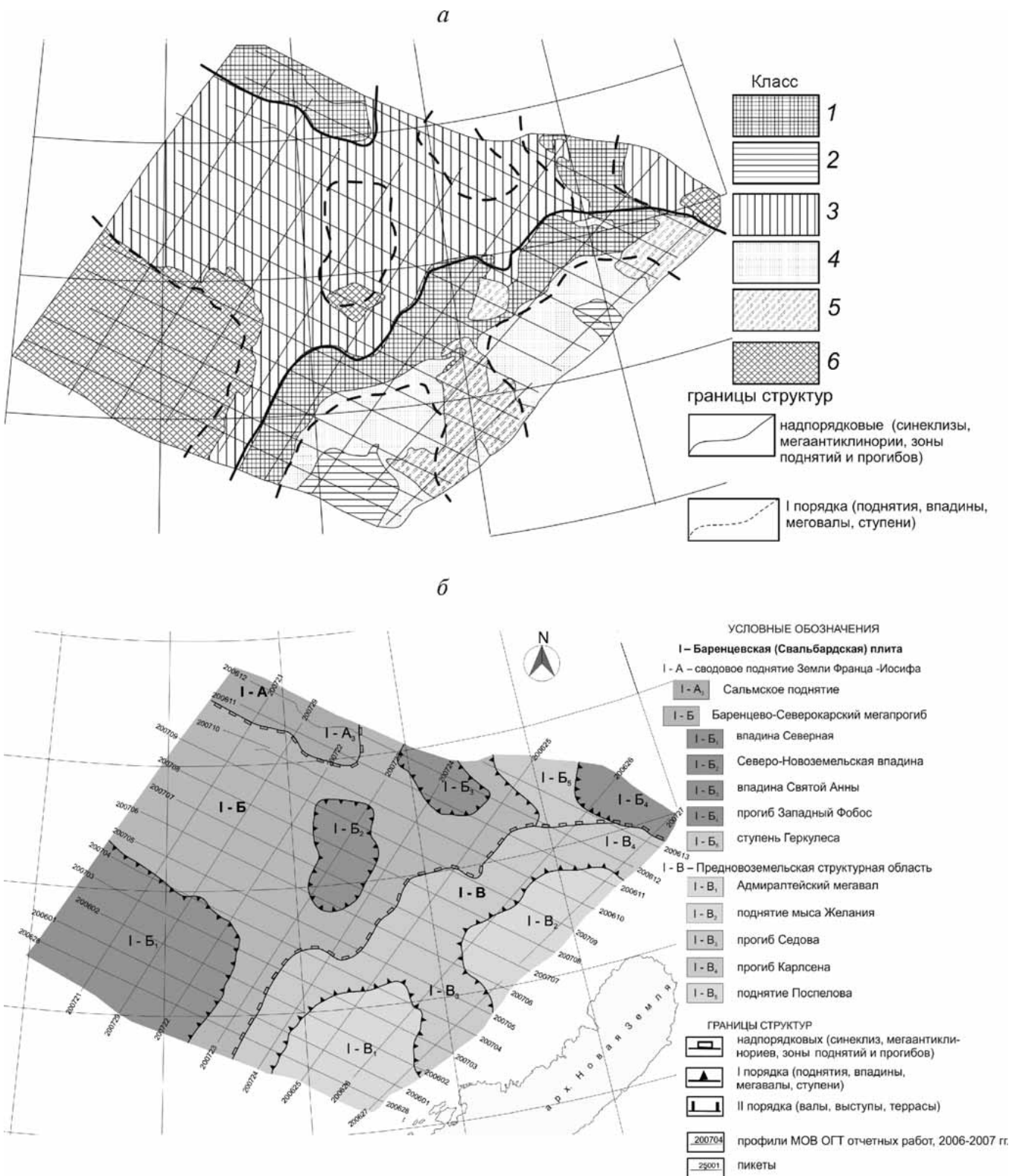


Рис. 4. Сопоставление кластеризации данных по 1-му тектоническому этажу на 6 классов (*a*) и соответствующей тектонической схемы (*б*)

плотности, т.е. компактным сосредоточением использованных параметров для некоторой области осадочного чехла.

Для классификации и идентификации структурных данных по отражающим горизонтам с помощью кластеризации применялся метод *k*-средних (*k*-means clustering), реализованный в

программной среде STATISTICA, лучше всего подходящий для данного случая.

Исходными данными для расчетов послужили структурные параметры (абсолютные отметки кровли/подшвы и мощность сейсмостратиграфических комплексов) каждого блока регулярной блочной модели, представленные в виде таблиц.

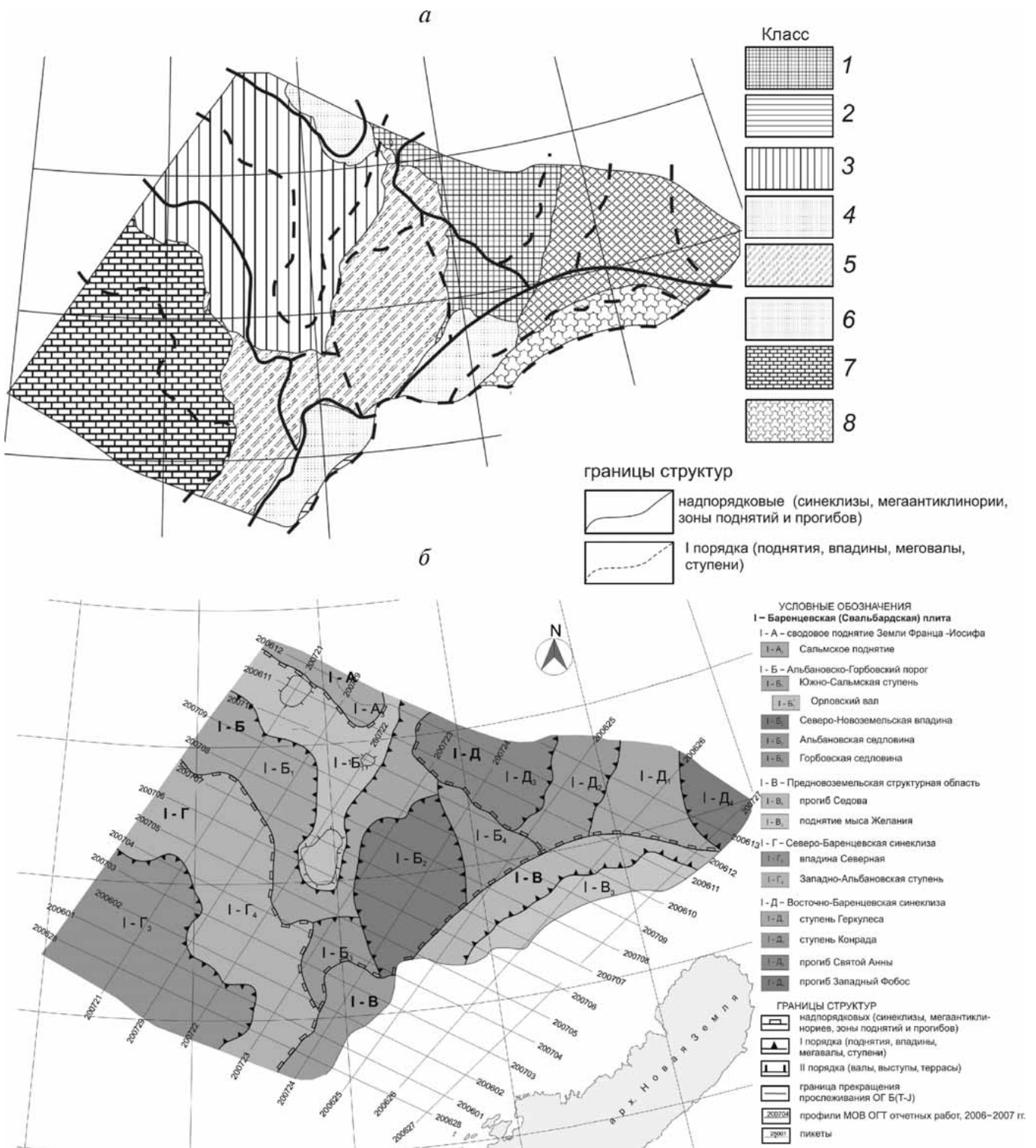


Рис. 5. Кластеризация данных верхнепалеозойско-триасовой (PZ₃–Т) части осадочного чехла (*a*) и схема структурно-тектонического районирования по кровле триасовых отложений (отражающий горизонт Б) (*b*)

Затем были заданы начальные условия, число кластеров, порог завершения процесса классификации.

Формирование входного массива данных в кластерной классификации включает создание идентичных по пространственной размерности матриц всех используемых параметров, стандартизацию их значений, необходимую для использования алгоритма, в котором будут рассчитываться

расстояния (необходимая одинаковая размерность параметров), а также загрузку данных в виде единой таблицы в рабочую программную среду.

В исследуемом районе выделяются допалеозойское складчатое основание, нижне-среднепалеозойский и верхний структурные этажи. Последний включает отложения от верхнедевонских до четвертичных. Схемы тектонического районирования существуют для уровней отражающего

горизонта III_2 (D_3) и Б (Т–J), соответствующих 1-му и 2-му структурным этажам (рис. 2).

Проведенные исследования преследовали цель районировать территорию на основе структурных данных по указанным отражающим горизонтам.

Территория классифицирована с помощью кластерного анализа последовательно на 3, 4, 5 и 6 классов (рис. 3). Каждый класс был совмещен с тектоническими границами надпорядковых структур и структур I порядка на тектонической схеме районирования по отражающему горизонту III_2 , а также по кровле верхнедевонских отложений. Отмечается достаточно хорошая согласованность кластеров с результатами геологического картирования.

Как показано на рис. 3, в результате разбиения структурных данных на 6 классов границы большинства структур хорошо определяются, за исключением локальных впадин в центральной части (рис. 4). Однородность классов, связанных с поднятиями в районе Предновоземельской структурной области (юго-восточная часть территории), требует отдельного рассмотрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

Бро Е.Г., Преображенская Э.Н. и др. Отчет по обработке материалов бурения параметрической скважины Хейса-1 (о. Хейса, арх. Земля Франца-Иосифа). Л.: Севморгеология, 1982.

Дитмар А.В., Тараховский А.Н., Спектор В.М. Геологическое строение о. Хейса и других участков арх. Земля Франца-Иосифа. Л.: Севморгеология, 1981.

Кораго Е.А., Ковалева Г.А., Смирнова Л.А. и др. Новые данные по геологии и полезным ископаемым Новой Земли. Л.: ВНИИОкеангеология, 1986.

Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. 176 с.

Олдендерфер М.С., Блэшфилд Р.К. Кластерный анализ // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Пер. с англ. под ред. И.С. Енюкова. М.: Финансы и статистика, 1989.

Сопоставление кластеризации данных для части разреза, заключенной между отражающими горизонтами III_2 и Б, относящихся ко 2-му структурно-тектоническому этажу, дает менее очевидное совпадение границ (рис. 5). В данном случае использовано 11 показателей: абсолютные отметки по 6 отражающим горизонтам (III_2 , IA, A, A2, A3, Б и 5 значений мощности). Тектоническое районирование делалось по отражающему горизонту Б. Возможно, здесь надо пересмотреть и ограничить признаковое пространство исходных данных.

Заключение. Применение кластерного анализа на основе объемного моделирования, основанного на совместном анализе большого объема геофизических данных, показало хорошую сходимость результатов тектонического районирования акватории с районированием, основанном на ручной обработке данных бурения, сейсмо-, грави- и магнитопрофилирования. Однако заметим, что стоимость работ, включая интерпретацию, по методике кластерного анализа несоизмеримо меньше, чем стоимость даже минимального объема работ по обобщению геолого-геофизических данных.

Супруненко О.И. Количественная оценка величины начальных суммарных ресурсов нефти, газа и конденсата Баренцева, Печерского и Карского морей. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2004.

Супруненко О.И., Устрицкий В.И., Зуйкова О.Н. и др. Глубинное строение Баренцевоморского региона и потенциальные возможности нефтегазоносности второго и третьего структурных этажей. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1998.

Шпилов Э.В., Богданов Н.А., Хаин В.Е. Глубинная структура и тектонические преобразования Арктической окраины Евразии в фанерозое (Баренцево, Карское и Лаптевых моря) // Общие вопросы тектоники. Тектоника России. М.: ГЕОС, 2000. С. 605–608.

Поступила в редакцию
30.03.2015