

УДК 550.831.015.072 (262.5)

Ю.В.Козленко¹, В.Д.Соловьев¹, М.В.Козленко¹

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ АНОМАЛИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ ЛОМОНОСОВСКОГО ПАЛЕОВУЛКАНИЧЕСКОГО МАССИВА (ЛПМ) МЕТОДАМИ ПЛОТНОСТНОГО И МАГНИТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Зона перехода от континентальной структуры Скифской платформы к Западно-Черноморской впадине не ограничивается континентальным склоном, а простирается под присклоновой частью котловины.

Гетерогенная структура поверхности фундамента способствовала образованию осадочных карманов, в которых могли формироваться скопления фракций тяжелых минералов, образовавшиеся в процессе деструкции пород юго-западного крыла Крымского антиклинория.

Область перехода от континентальной Скифской платформы к Черноморской котловине представляет интерес как с точки зрения понимания процессов формирования и эволюции всей впадины в целом, так и в поисковом отношении.

Имеющиеся представления о региональных неоднородностях литосферы Черного моря [7] и новые данные о распределении гравитационного и магнитного полей в его северо-западной части [3] позволяют детализировать строение верхней части земной коры Черного моря в области материкового склона, характеризующейся наличием сложных морфоструктурных элементов. Характер распределения направлений преобладающих горизонтальных и вертикальных напряжений в условиях существования локальных, региональных и глобальных тектонических воздействий [10] является важным фактором, влияющим на формирование особенностей как современных, так и погребенных форм рельефа в областях существования комплексов пород, существенно неоднородных по составу и физическим характеристикам [5].

Остановимся на некоторых результатах анализа морфоструктуры и интерпретации гравитационного и магнитного полей континентального склона на участке Ломоносовского палеовулканического массива (ЛПМ), где было выявлено крупное обнажение кристаллических пород, в составе которых существенную роль играют вулcano-плутонические образования [6] (рис. 1).

© Ю.В.Козленко¹, В.Д.Соловьев¹, М.В.Козленко¹;

¹ Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина.

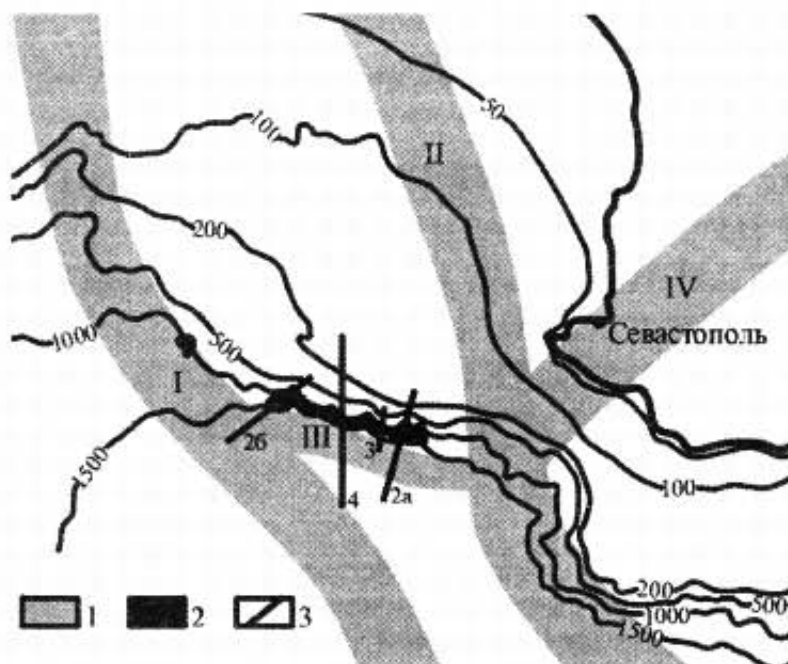


Рис. 1. Батиметрическая карта района исследований. 1 – зоны разломов (I – Одесско-Синопский, II – Западно-Крымский, III – Ломоносовский, IV – Крымско-Кавказский глубинный); 2 – выходы кристаллических пород; 3 – положение профилей (номер профиля соответствует номеру рисунка, на котором он представлен)

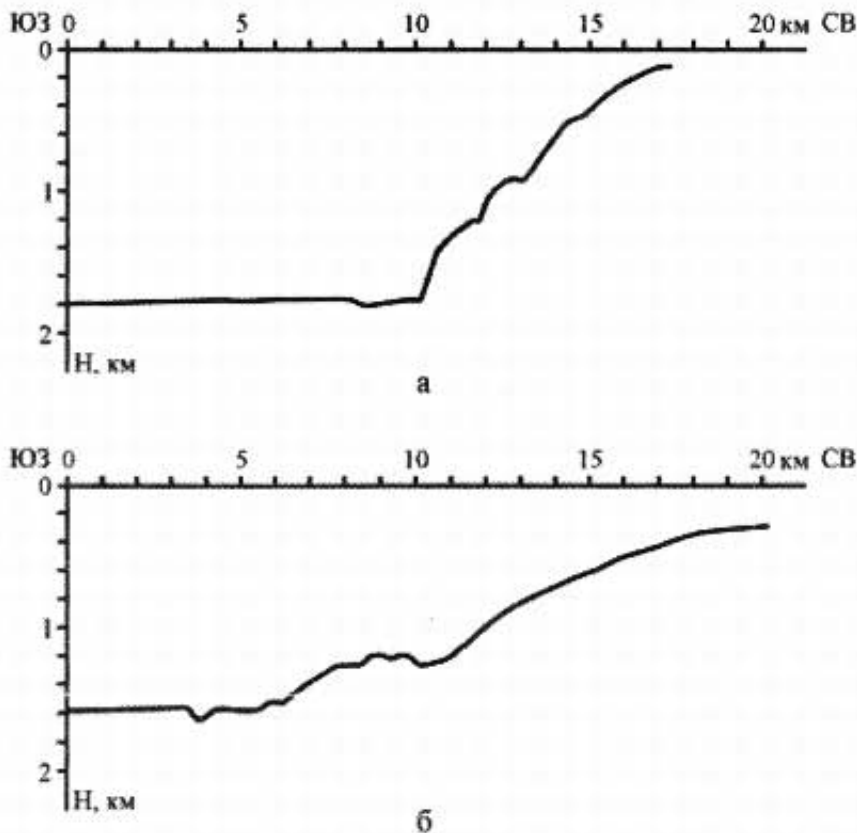


Рис. 2. Батиметрическая характеристика континентального склона восточной (а) и западной (б) частях ЛПМ. Положение профилей дано на рис. 1

Батиметрическая характеристика Ломоносовского подводного массива имеет достаточно сложный характер. Рельеф поверхности дна осложнен выступами и ложбинами с амплитудой до 200 м. Крутизна верхней части континентального склона ЛПМ меньше, чем нижней, что не характерно для других участков Черного моря [7]. В восточной части (рис. 2а) континентальный склон, который понижается почти строго на юг, достаточно узкий (шириной примерно 7 км) и крутой, с отчетливо выраженным переходом к глубоководной котловине на глубине более 1750 м. Примыкающий к склону участок котловины имеет форму трога шириной примерно 1500 м и глубиной более 50 м. В западной части массива (рис. 2б), где общее погружение склона принимает юго-западное направление, уклон дна более пологий, континентальный склон вдвое шире, континентальное подножие выражено неотчетливо и находится на глубине около 1550 м. Переход к глубоководной котловине осложнен возвышенностью с волнистой поверхностью.

Такие латеральные изменения рельефа могут быть связаны с пространственной ориентировкой неотектонических и геодинамических процессов, происходивших в этом районе. Определяющим для формирования структуры массива может быть расположение ЛПМ в области сочленения древних субширотных коллизионных зон (сутур) и региональных (Крымско-Кавказского глубинного и Ломоносовского) разломов глубинного заложения, что определяет направленность и эволюцию тектоно-магматической деятельности в регионе.

Характер залегания верхних слоев земной коры ЛПМ на глубину до 600 м от дна характеризует сейсмоакустический профиль (рис. 3). На верхней, пологой части склона до глубины дна порядка 500 м можно выделить слои, осложненные мелкими складками шириной до 400 м, с амплитудой до 50 м. Поверхностная толща крутой части склона в интервале глубин 600 –

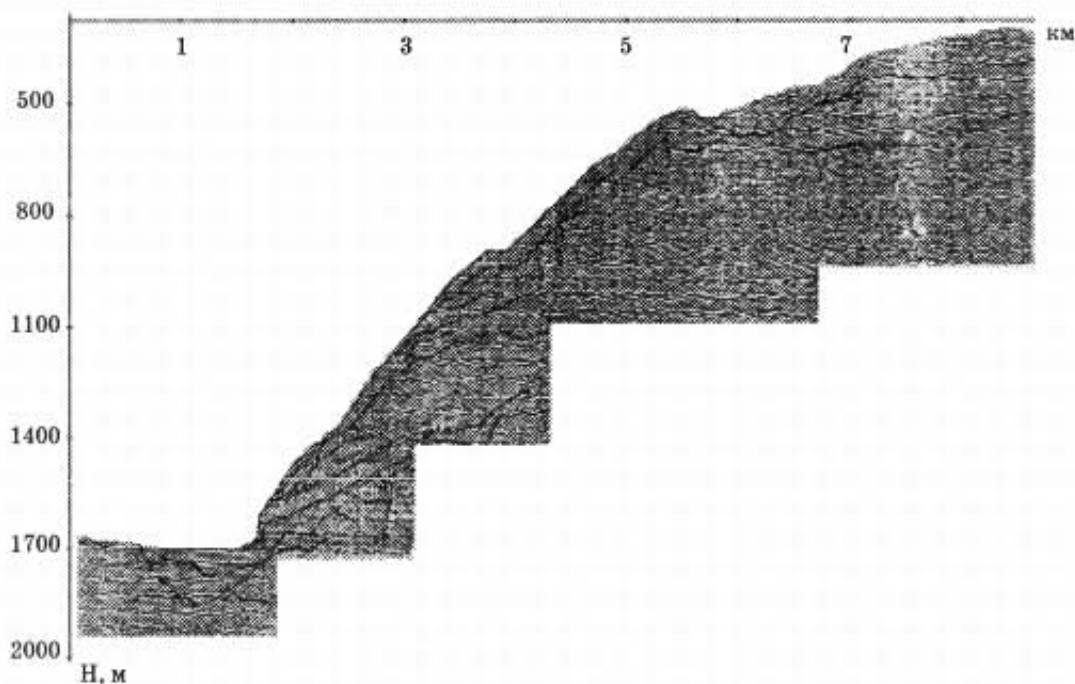


Рис. 3. Сейсмоакустический профиль через ЛПМ [2]. Положение профиля — на рис. 1

1400 м мощностью около 50 метров залегает с резким угловым несогласием на подстилающих отложениях и сформирована оползневым перемещением осадков под влиянием силы тяжести вниз по склону. Подножье склона и переход к ложу глубоководной впадины характеризуются нарушением слоистости, наличием крутопадающего сброса в конце склона и желоба. Узкий (около 1 км) и неглубокий (около 150 м) желоб (каньон) выполнен горизонтально залегающими осадками. Нижняя часть каньона заполнена хаотически уложенными древними обломочными породами.

В пределах ЛПМ, как и на других участках переходной зоны от шельфа к ложу Черноморской котловины, проходит резкий контакт пород склона, сложенного мезозойско-палеозойской осадочно-метаморфической толщей Скифской платформы, с мощным осадочным комплексом кайнозоя Западно-Черноморской впадины.

К настоящему времени накоплен достаточно обширный фактический материал геологических исследований, что позволило установить основные закономерности вулканизма рассматриваемой подводной структуры [2, 6]. Сложное распределение вулканических и plutонических горных пород как мелового, так и палеогенового возраста в пределах одного массива определяется в значительной мере тем, что ЛПМ находится на границе структур, имеющих разный тип коры.

Гетерогенная структура фундамента, наличие блоков, разнородных вулканических образований подтверждается материалами сейсмических исследований. На профиле, пересекающем ЛПМ в средней его части [12], заметна существенная разница в мощности осадочного чехла в пределах шельфа и ложа Западно-Черноморской впадины и выход к поверхности дна тела, сложенного кристаллическими породами (рис. 4).

Региональные геофизические исследования Черного моря показывают, что в области северо-западного континентального склона наблюдаются

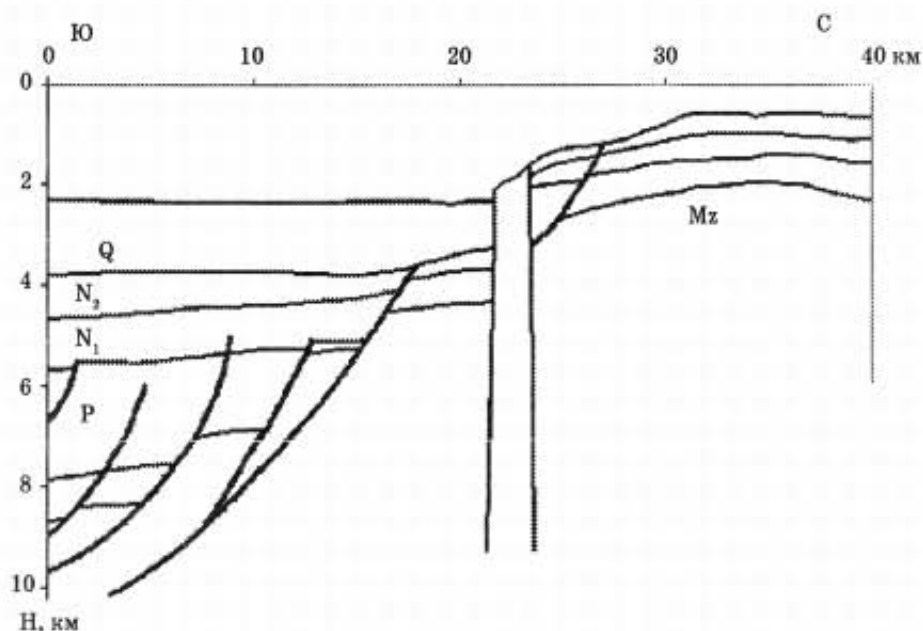


Рис. 4. Сейсмический профиль через середину ЛПМ [12]. Положение профиля — на рис. 1

аномалии гравитационного, магнитного и теплового полей [1, 4], вызванные не только локальным влиянием неоднородностей строения гетерогенных структур фундамента котловины и прилегающей суши, расчлененных сетью разломов, но и региональным воздействием глубинных процессов.

Интенсивная положительная гравитационная аномалия, выделенная на внешнем шельфе Западно-Черноморской впадины, частично сопровождается повышенными аномалиями теплового потока и связана, как показали расчеты [3], с воздействием внедрений в земную кору мантийных диапиров. Проведенные исследования показали, что источники положительных плотностных неоднородностей расположены в коре на глубинах от 2–5 км до 20–30 км. Вероятный процесс охлаждения апикальных частей этих диапиров сыграл важную роль в формировании структур северного континентального склона Черноморской впадины.

Новые данные о характере гравитационного и магнитного полей ЛПМ позволили детализировать плотностную модель верхней части земной коры этого района (рис. 5), представляющего наибольший интерес с точки зрения современной геодинамики, а также распределения залежей полезных ископаемых.

Рельеф поверхности кристаллического фундамента в зоне перехода отличается чередованием выступов и понижений, а плотность пород изменяется в достаточно широком диапазоне от 2,7 до 2,84 г/см³. В пределах глубоководной части разреза (ПК 2–10) плотность коры составляет 2,8 г/см³. В переходной зоне отмечается чередование в меридиональном направлении блоков разной плотности. Ширина блоков увеличивается от континентального подножия вверх по склону (ПК 11 — ширина 1,5 км, плотность 2,84 г/см³, ПК 13 — ширина 2 км, плотность 2,7 г/см³, ПК 15,5 — ширина 3 км, плотность 2,77 г/см³). От середины склона и далее на север в пределах Скифской платформы изменений плотности по латерали не выявлено, ее значение составляет 2,7 г/см³. Интересно отметить, что блоки повышенной плотности воздымаются над общим уровнем поверхности консолидированной коры. Трог, который отмечается в батиметрии у подножия континентального склона (ПК 12–14), расположен между двумя выступающими блоками с повышенной плотностью и по результатам моделирования имеет глубину заложения более 4 км.

Анализ измерений магнитных свойств коллекции образцов пород, драгированных из различных участков подводного массива, свидетельствует об относительно слабой намагниченности пород ЛПМ. Средние значения магнитной восприимчивости пород лежат в пределах $10\text{--}70 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ. Не наблюдается существенных различий полученных значений для отдельных петрохимических разностей, поскольку содержание рудных минералов (особенно первичного магнетита) в породах незначительно. В основном это пирит, халькопирит, мелкий магнетит. Лишь изредка встречаются отдельные крупные зерна магнетита, увеличивающие значения измеренных значений магнитной восприимчивости в 10 и более раз. В целом, весовое содержание магнитной фракции в породах ЛПМ не превышает 0,1%, что на порядок ниже, чем у вулканогенных пород нижнемелового возраста, вскрытых скважиной на Ильичевском локальном поднятии внешнего шельфа. Здесь вул-

каногенно-осадочный комплекс залегает на глубине порядка 1,2–1,75 км и представлен породами основного и среднего состава, содержащими до 2–3% магнетита [10].

Полученные данные измерений магнитных свойств позволяют предположить, что дифференциация магнитных характеристик вдоль склона Западно-Черноморской котловины может быть связана с изменением в геологическом разрезе петрографических типов (риолит – андезит – базальт), а также с вариациями содержания и характера изменений условий окисления железа в породах.

Расположение магнитоактивных объектов в земной коре восточной части ЛПМ, полученное по данным моделирования, свидетельствует об отсутствии прямой связи магнитовозмущающих тел этого района с подводным палеовулканическим центром, поскольку интерпретация магнитных аномалий показала, что их источником являются два отдельных намагниченных объекта в верхней части коры (рис. 5).

Первое тело (ПК 12–14, южнее ЛПМ) размещается в пределах глубоководной части Западно-Черноморской впадины у подножия континентального склона. Оно приурочено не к кристаллическим породам, а к слою осадков между двумя магматическими колоннами на глубине порядка 1 км ниже уровня дна и имеет достаточно простую трапециевидную форму шириной примерно 2 км и мощностью около 3 км. Результаты моделирования показали, что величина намагниченности объекта составляет $50 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ.

Второе тело (ПК 18–23) находится в пределах верхней части континентального склона и внешнего шельфа и расположено севернее ЛПМ. Оно, в отличие от первого, размещается в консолидированной части земной коры и имеет сложную форму. Его ширина изменяется от 5 км в верхней части до 1 км

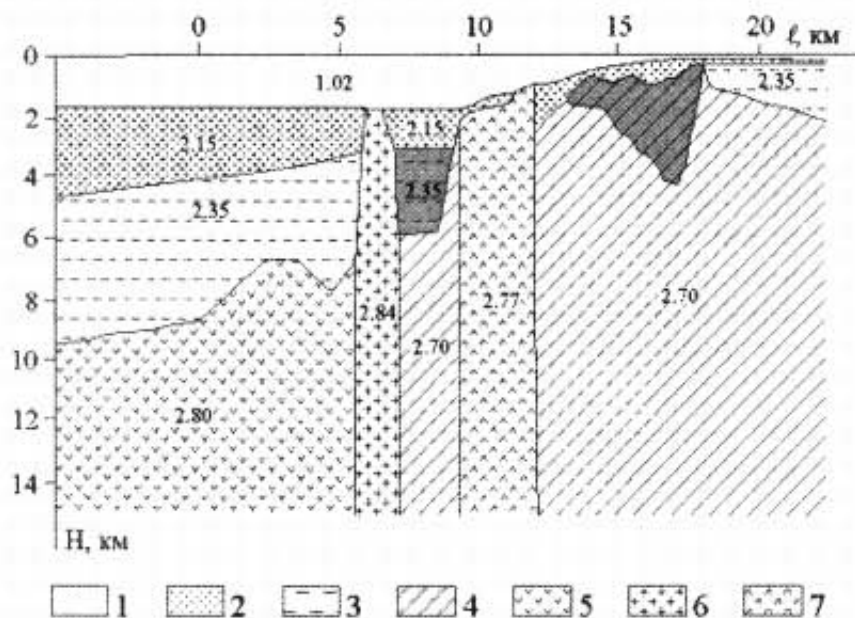


Рис. 5. Модель верхней части земной коры вдоль профиля 2а (см. рис. 1)

1 — вода; 2 — осадки N₂-Q; 3 — осадки P-N₁; 4 — доменная осадочно-метаморфическая толща Скифской платформы; 5 — океанические базальты Западно-Черноморской котловины; 6 — диориты; 7 — андезиты. Цифрами показаны плотности в г/см³. Заливкой выделены намагниченные тела

в нижней, а мощность колеблется в интервале 1–3,5 км. Средняя намагниченность тела имеет ту же величину — $50 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ. О том, что данный объект, скорее всего, не связан с ЛПМ, свидетельствует его форма: в отличие от магматических тел подводного массива, у него горизонтальные размеры больше вертикальных и, по-видимому, магнитоактивное тело локализуется в породах, которые относятся к формациям Скифской платформы.

Наши расчеты показали, что для Ильичевской скважины, при глубине расположения верхних кромок магнитоактивных тел порядка 1,5 км, наилучшее совпадение наблюдаемого и модельного полей получается при мощности тела около 1,0 км и намагниченности более $150 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ. Вышеописанный источник магнитной аномалии севернее ЛПМ при близких с вулканитами Ильичевской скважины значениях глубин залегания верхней кромки магнитоактивных тел имеет значение намагниченности в 3 раза ниже.

Расположение магнитоактивных объектов и их магнитные параметры, полученные в результате моделирования, позволяют уточнить условия формирования данного участка континентальной окраины. Аномалиеобразующий объект у континентального подножия (ПК 12–14) возник, вероятнее всего, путем аккумуляции осадочного материала, источником которого было тело, находящееся выше по склону (ПК 18–23). В то время участки современного шельфа, по всей видимости, находились выше уровня моря и испытывали интенсивные размыв и выветривание. Период, в течение которого происходил этот процесс, можно определить по мощности осадочных комплексов. Верхняя кромка нижнего магнитоактивного объекта залегает на глубине 1 км, что соответствует подошве плиоцен-четвертичных ($N_2 - Q$) отложений в этом районе, а мощность самого тела соразмерна с толщиной отложений от палеоцена до нижнего миоцена.

Выводы. Плотностное моделирование подтвердило, что в верхней части земной коры Ломоносовского подводного палеовулканического массива наблюдается наличие отдельных блоков и разнородных образований, проявляющихся в разрезе серий магматических колонн различной плотности, что указывает на разнообразный состав и, возможно, возраст отдельных вулканических аппаратов. Выделенные по результатам гравитационного моделирования плотностные неоднородности верхней части кристаллического фундамента под глубоководной частью Черного моря в районе ЛПМ показывают, что зона перехода от континентальной структуры Скифской платформы к Западно-Черноморской впадине не ограничивается континентальным склоном, а простирается под присклоновой частью котловины. Таким образом, северная тектоническая граница Западно-Черноморской впадины смещена к югу относительно современного геоморфологического положения континентального подножия.

Результаты магнитного моделирования показали, что изученные разности магматических пород палеовулканического центра отличаются от андезитовой формации, образовавшейся на рубеже раннего и позднего мела в периферийной части Скифской плиты. Положение магнитных аномалиеобразующих тел в разрезе дает основания полагать, что участки континентальной структуры, примыкающей к ЛПМ с севера, в течение позднего мела

— палеогена могли быть подвержены процессам денудации. Этот вывод подтверждается отсутствием в данном районе палеоцен-эоценовых осадков [8]. Локализация магнитоактивного тела в осадочном чехле ЛПМ позволяет сделать вывод, что расчлененный рельеф поверхности фундамента, обусловленный его гетерогенной структурой, способствовал образованию осадочных карманов, в которых могли формироваться скопления фракций тяжелых минералов, образовавшиеся в процессе деструкции пород юго-западного крыла Крымского антиклинория.

1. Геология и полезные ископаемые Черного моря / Под ред. Е.Ф.Шнюкова. — К.: ОМГОР ННПМ НАН Украины. — 1999. — 420 с.

2. Геология Черного моря / Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Стажилов А.Г. — К.: ОМГОР НАН Украины. — 1997. — 188 с.

3. Коболев В.П., Козленко Ю.В., Корчагин И.Н. Геофизические поля и особенности глубинного строения Ломоносовского подводного палеовулканического центра // Геофиз. журн. — 1999. — 21. — № 6. — С. 72–76.

4. Кутас Р.И., Коболев В.П., Цвященко В.А. Результаты определения теплового потока в северо-западном секторе Черноморского бассейна // Геофиз. журн. — 1999. — 21, № 2. — С. 38–51.

5. Пасынкова Л.А. Рельефообразующие факторы и их роль в формировании современного облика континентального склона северо-западной окраины Черного моря // Геология и полезные ископаемые Черного моря / Под ред. Е.Ф.Шнюкова. — Киев: ОМГОР ННПМ НАН Украины, 1999. — С. 340–346.

6. Подводный палеовулканический центр западной части Крымского континентального склона / Шнюкова Е.Е., Шнюков Е.Ф., Щербаков И.Б. // Геол. журн. — 1992. — № 1. — С. 3–14.

7. Строение и эволюция земной коры и верхней мантии Черного моря / Под ред. В.В.Белоусова, Б.С.Вольвовского. — М.: Наука, 1989. — 292 с.

8. Тектоника мезокайнозойских отложений Черноморской впадины / Туголесов Д.А., Горшков А.С., Мейснер Л.Б. — М.: Недра, 1985. — 215 с.

9. Шнюков Е.Ф., Щербаков И.Б., Шнюкова Е.Е. Палеоостровная дуга севера Черноморья, Киев: Чернобільінтерінформ, 1997. — 288 с.

10. Чаицкий В.П. О меловом вулканизме северо-западного шельфа Черного моря // Изв. АН СССР, серия геолог. — 1984. — №9. — С. 24–31.

11. Юдин В.В. Структуры и геодинамика Южнокрымского-Североморского региона // Геология и полезные ископаемые Черного моря / Под ред. Е.Ф.Шнюкова. — Киев: ОМГОР ННПМ НАН Украины, 1999. — С. 61–68.

12. Monograph of the Black Sea // Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata — 1988. — XXX, № 117-118. — 324 p.

Зона переходу між континентальною структурою Скіфської платформи та субокеанічною Західно-Чорноморською западиною не обмежується континентальним схилом, а продовжується під континентальним підніжжям. Гетерогенна структура поверхні фундаменту сприяла утворенню осадочних карманів, де можуть формуватися скупчення фракцій важких мінералів, які утворилися під час деструкції порід південно-західного крила Кримського антиклинорію.

Transition zone from Scythian plate continental structure to suboceanic structure of Black Sea is not limited by a continental slope, but extends down to foot of basin slope. Heterogeneous structure of the base surface promoted the forming sedimentary pockets, in which the placer accumulation of fractions of heavy minerals produced in process of destruction of rocks of a Crimean anticlinorium southwest wing could be formed.