

УДК 551.21 (234.86)

М.Ю. Промыслова¹, Г.В. Брянцева², Л.И. Демина³, Н.И. Косевич⁴

НОВЕЙШИЕ СТРУКТУРЫ ГЕРАКЛЕЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1
Moscow State University, Faculty of Geology. 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1

Приведены результаты структурно-геоморфологического анализа Гераклейского полуострова Юго-Западного Крыма. Выделены Западный, Центральный и Юго-Восточный сегменты, отличающиеся густотой и направлением зон трещиноватости, разрывов, характером овражно-балочной сети, строением береговой зоны. Показано, что в верхнем структурном этаже неотектонические движения наиболее интенсивно проявлены над позднеюрско-раннемеловой коллизионной сутурой, образовавшейся при закрытии задугового бассейна с корой океанического типа.

Ключевые слова: неотектоника, структурно-геоморфологический анализ, разрывы, зоны трещиноватости, Гераклейский полуостров, Юго-западный Крым.

The article presents the results of the structural-geomorphological analysis of the Heraklion peninsula of the South-Western Crimea. The Western, Central and South-Eastern segments are distinguished, differing in density and direction of fracture zones, faults, the nature of the ravine-gulch net, and the structure of the coastal zone. It is shown that neotectonic movements in the upper structural floor are most intensively manifested over the Late Jurassic-Early Cretaceous collisional suture formed when the back-arc basin with the oceanic crust was closed.

Key words: neotectonics, structural-geomorphological analysis, fault, fracture zones, Heraklion peninsula, South-Western Crimea.

Введение. В Горном Крыму неотектонический этап начался по разным данным в олигоцене [Юдин, 2011; Nikishin et al., 2017], плиоцене [Вольфман, 2014] и выражается в поднятии горного сооружения, которое только за четвертичное время оценивается в 700 м [Верховцев, 2007]. Кайнозойские структуры Крыма образовались и продолжают формироваться в настоящее время за счет поддвига субокеанической коры Черного моря под Крымский п-ов [Юдин, 2011]. В пределах Гераклейского п-ова, расположенного на крайнем юго-западе Крыма, неотектонические движения также проявлены довольно отчетливо.

Своеобразие геоморфологического строения полуострова обусловлено сложностью геологической структуры района и особенностью современных тектонических движений, что отмечали многие исследователи [Борисенко и др., 1982; Иванов и др., 2009; Ломакин и др., 2009, 2014; Юдин, 2011; Муровская и др., 2018]. На фоне общего поднятия в Юго-Западном Крыму отмечен ряд участков, испытывающих локальное опускание, что особенно отчетливо наблюдается в некоторых

прибрежных районах [Брянцева, Романовская, 2017]. Юго-восточная часть полуострова, ограниченная 100–200-метровыми отвесными обрывами, активно поднимается. Здесь сходятся Внешняя и Внутренняя гряды Крымских гор. Северо-западное побережье, напротив, опускается и изрезано затопленными морской водой балками. Строение береговой зоны, детально изученной А.Ю. Саниным [2014], свидетельствует о ее формировании за счет активных современных тектонических процессов, опережающих абразионные.

Гераклейский п-ов имеет сложное геологическое строение. Верхний структурный этаж сложен известняками и глинами неогена, залегающими субгоризонтально и образующими плато. Они подстилаются выклинивающейся на юго-запад маломощной меловой и палеогеновой толщей. Образования среднего структурного этажа обнажены в береговых обрывах района мыса Фиолент и представляют собой меланж, состоящий из кластолитов и матрикса юрских магматитов. Нижний структурный этаж, выделяемый по геофизическим данным, представлен слоистой осадочной, пред-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, ст. препод., канд. геол.-минер. н.; *e-mail:* mary_promyslova@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, Государственный университет «Дубна», кафедра экологии и наук о Земле, доцент, канд. геол.-минер. н.; *e-mail:* bryan.bryan@yandex.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, вед. науч. с., канд. геол.-минер. н.; *e-mail:* lidem06@rambler.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, ассистент, канд. геогр. н.; *e-mail:* nkosevich@gmail.com

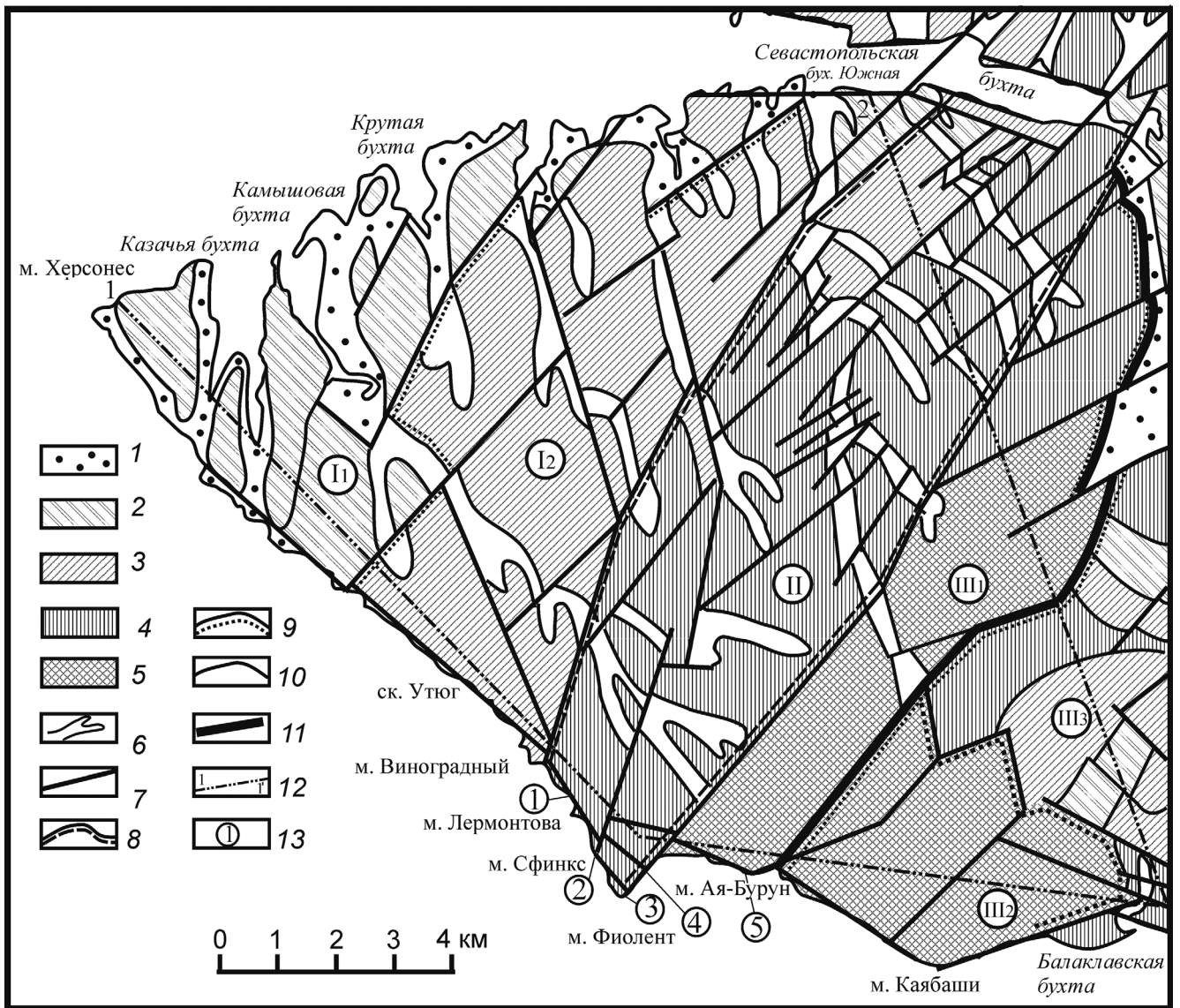


Рис. 1. Структурно-геоморфологическая схема Гераклейского полуострова. Суммарные конэрозионные поднятия (м): 1 — <10, 2 — 10–20, 3 — 50–100, 4 — 100–200, 5 — >200; 6 — овражно-балочная сеть; 7 — разрывы; 8 — границы структур 1-го порядка; 9 — границы структур 2-го порядка; 10 — границы отдельных структур; 11 — зона Георгиевского разлома; 12 — линии профилей; 13 — номера точек фото обнажений береговых обрывов; I — Западный сегмент (I₁ — Прибрежная равнина, I₂ — Николаевское поднятие); II — Центральный сегмент; III — Юго-Восточный сегмент (III₁ — Георгиевское поднятие, III₂ — Каябашское поднятие, III₃ — Балаклавская впадина)

положительно сложенной битакскими конгломератами, толщей, смятой в крупную Гераклейскую антиклиналь. Структуры полуострова относятся к неокиммеридам, сформировавшимся в неоген-четвертичное время [Юдин, 2011].

Гераклейский п-ов расположен в районе повышенной сейсмической опасности. Согласно Б.Г. Пустовитенко с соавторами [2006], большая его часть находится в зоне девятибалльной интенсивности сотрясений на средних грунтах, а южная — в десятибалльной зоне по шкале MSK-64. Здесь расположены города Севастополь и Балаклава, где ведется интенсивное строительство. В связи с этим выявление активных неотектонических структур представляет весьма актуальную задачу для этого региона.

Методы исследования. Для изучения новейшей тектоники Гераклейского п-ова Крыма выполнены структурно-геоморфологические исследования с выделением пликативных и разрывных новейших структур, методика которых была разработана Н.П. Костенко [Корчуганова, Костенко др., 2001]. Они позволяют анализировать деформации земной коры, образовавшиеся в неотектонический этап развития и различно проявленные в рельефе. Изучение таких орографически выраженных развивающихся деформаций проводится в плане путем специализированного дешифрирования топографических карт и в вертикальных сечениях, реализованных путем построения геолого-геоморфологических профилей. Определение динамической активности разрыва проводится

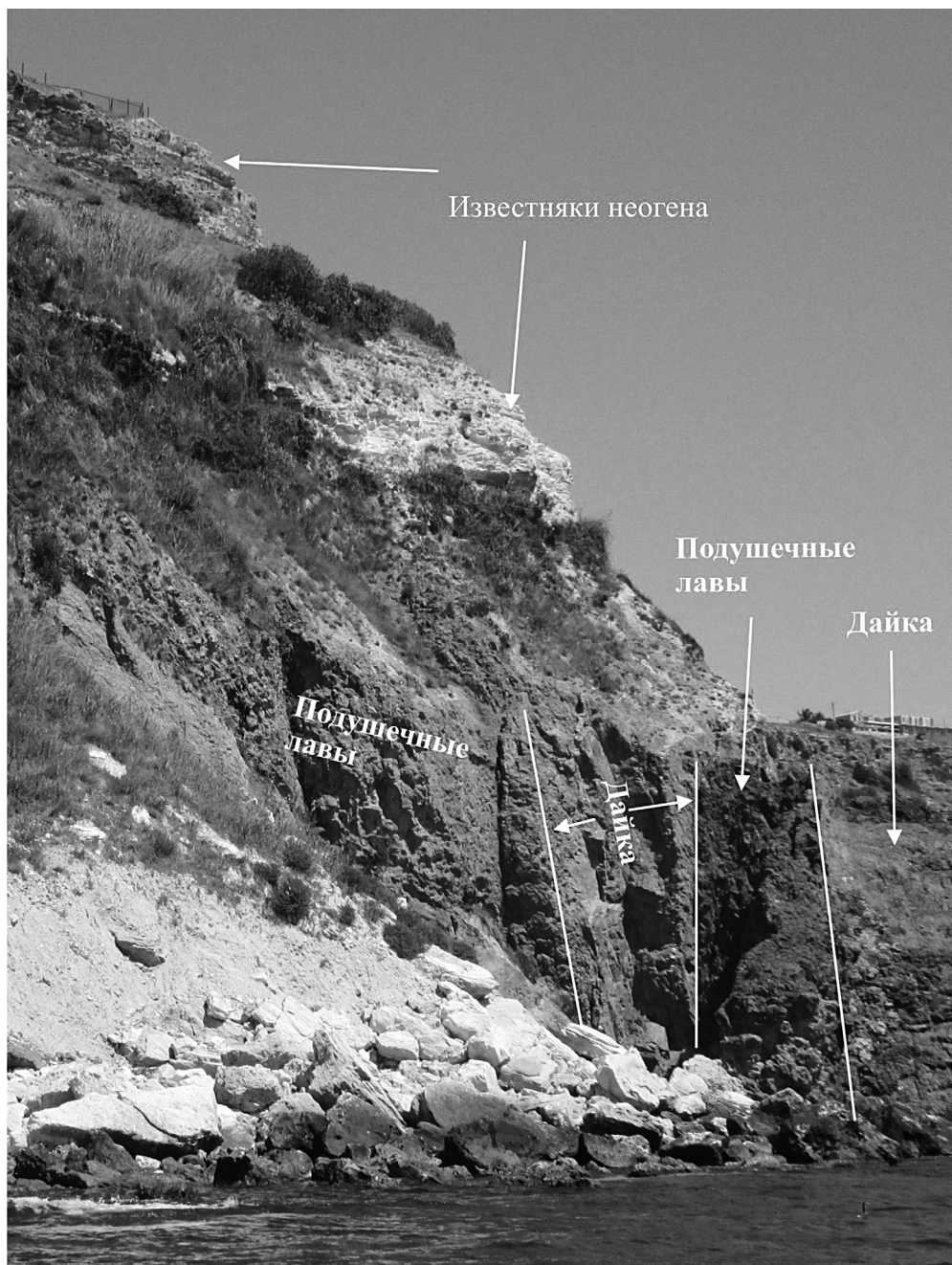


Рис. 2. Активизированная зона сдвига северо-западного простирания в районе мыса Броневой (точка 1 на рис. 1)

по комплексу орографических признаков: деформациям зоны плоскостной денудации; перекосам долин, разделяющих блоки; разновысотности блоков, сложенных породами примерно одинаковой противоденудационной устойчивости, или по их разному наклону, резкому изменению крутизны склонов.

Уникальность Гераклейского п-ова состоит в том, что связь новейших структур с активизированными древними разрывами можно наблюдать при полевых исследованиях непосредственно в обнажениях береговых обрывов.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате дешифрирования топографической карты была построена структурно-геоморфологическая схема Гераклейского п-ова (рис. 1). Береговая линия на некоторых участках совпадает

с зонами разрывов. Крупный субширотный разрыв расположен на северной границе Гераклейского п-ова и разрабатывается долиной р. Черная, образующей в нижнем течении Севастопольскую бухту. Согласно С.Л. Бызовой [1980], этот разрыв коррелирует с Симферопольским, который имеет субширотное простирание и проходит по долине р. Черная, а затем меняет простирание на северо-восточное. На юге полуострова картируется разрыв, который хорошо выражен в ориентировке побережья между мысами Херсонес и Фиолент. Разрыв, вероятно, наследует древнюю сдвиговую трансформную зону спредингового задугового бассейна с океанической корой [Промыслова и др., 2017]. Эта зона хорошо видна в клифе района мыса Броневой, где в подушечных лавах и дайках встречаются многочисленные зеркала скольжения,

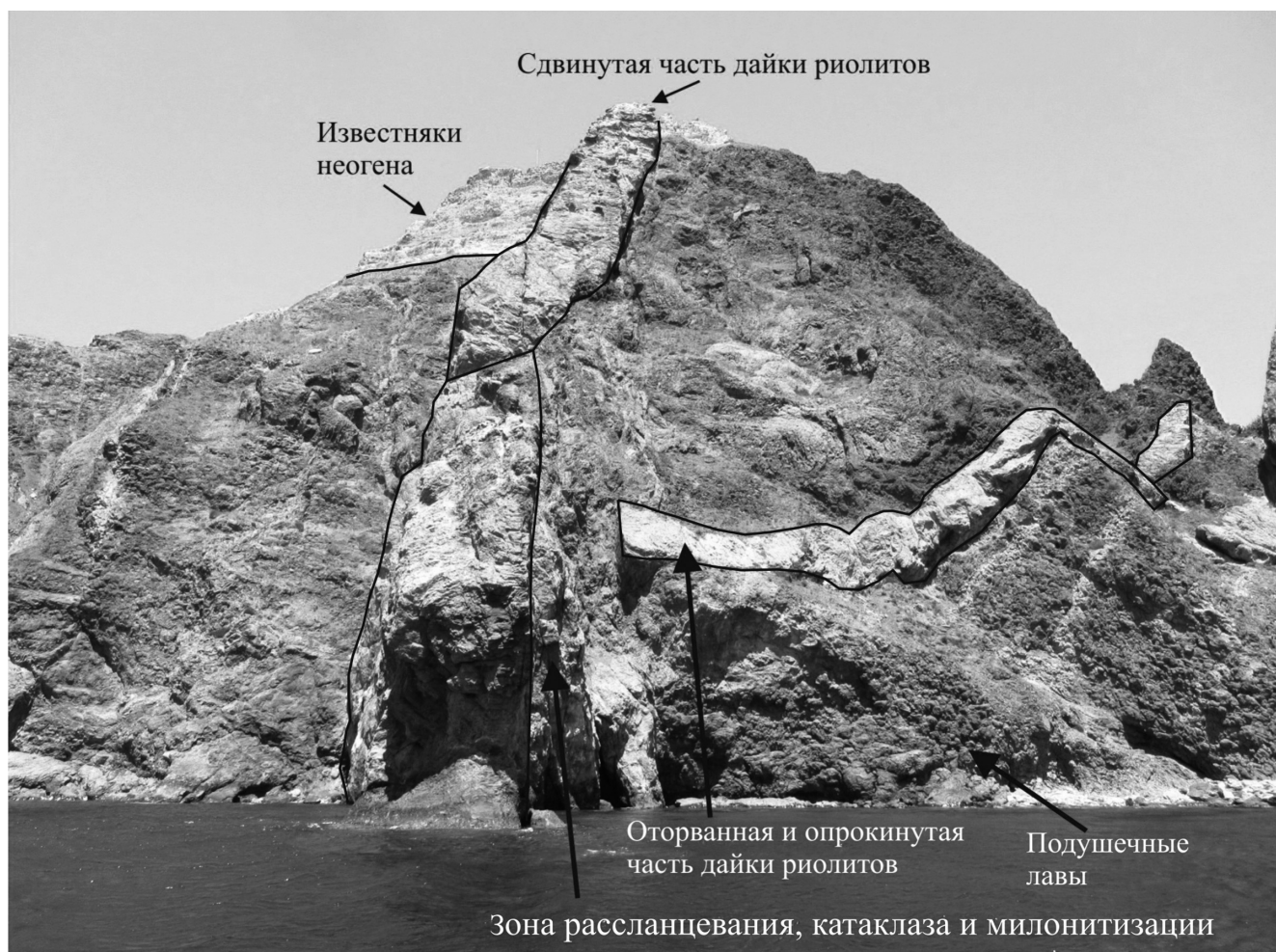


Рис. 3. Зона разрыва в подушечных лавах, мыс Фиолент (точка 3 на рис. 1)

по которым интенсивно развивается ожелезнение (рис. 2).

В пределах Гераклейского п-ова в новейшей структуре можно выделить несколько сегментов (рис. 1): Западный (I), Центральный (II) и Юго-Восточный (III) (здесь и далее названия новейшим структурам даны условные), границами которых служат разрывные нарушения, а также зоны трещиноватости, проявляющиеся в рельефе над активизированными в настоящее время разрывными нарушениями нижних структурных этажей.

Западный сегмент (I), расположенный на крайнем юго-западе Крымского п-ова, имеет сложное геологическое строение. В его пределах можно выделить структуры 2-го порядка: Прибрежную равнину (I_1) и Николаевское поднятие (I_2).

Прибрежная равнина (I_1) простирается вдоль юго-западного и северо-западного побережья полуострова и отделена от Николаевского поднятия зоной тектонических нарушений северо-восточного простирания. Здесь развит преимущественно аккумулятивный рельеф с высотой не более 50 м и небольшим клифом высотой всего несколько метров. Отчетливо видны признаки опускания побережья. Северный берег Гераклейского п-ова расчленен многочисленными глубоковрезанными

сухими каменистыми балками, переходящими в протяженные морские заливы — бухты Соленая, Казачья, Камышовая, Стрелецкая, Карантинная, Круглая и др. Морские воды далеко ингрессировали в глубь полуострова. По мнению И.Э. Ломакина с соавторами [2009], структуры, определяющие конфигурацию и простирание севастопольских бухт и связанных с ними балок, были заложены, скорее всего, в среднем сармате.

Николаевское поднятие (I_2) расположено на востоке от Прибрежной равнины. В его пределах высота постепенно повышается, суммарные конэрозионные поднятия достигают 100 м. На поверхности это поднятие сложено сарматскими известняками миоцена, падающими на северо-запад под углами 2–3°. Известняки разбиты системами трещин северо-западного и север-северо-западного простирания, которые разрабатываются овражно-балочной сетью. Система трещин север-северо-восточного и северо-восточного простирания деформирует долины оврагов и балок, изменяя их простирание. Эти трещины могли возникнуть в кайнозойском сдвиговом поле напряжений с северо-восточной ориентировкой оси сжатия и северо-западной ориентировкой оси растяжения [Муровская и др., 2018]. Сочленения

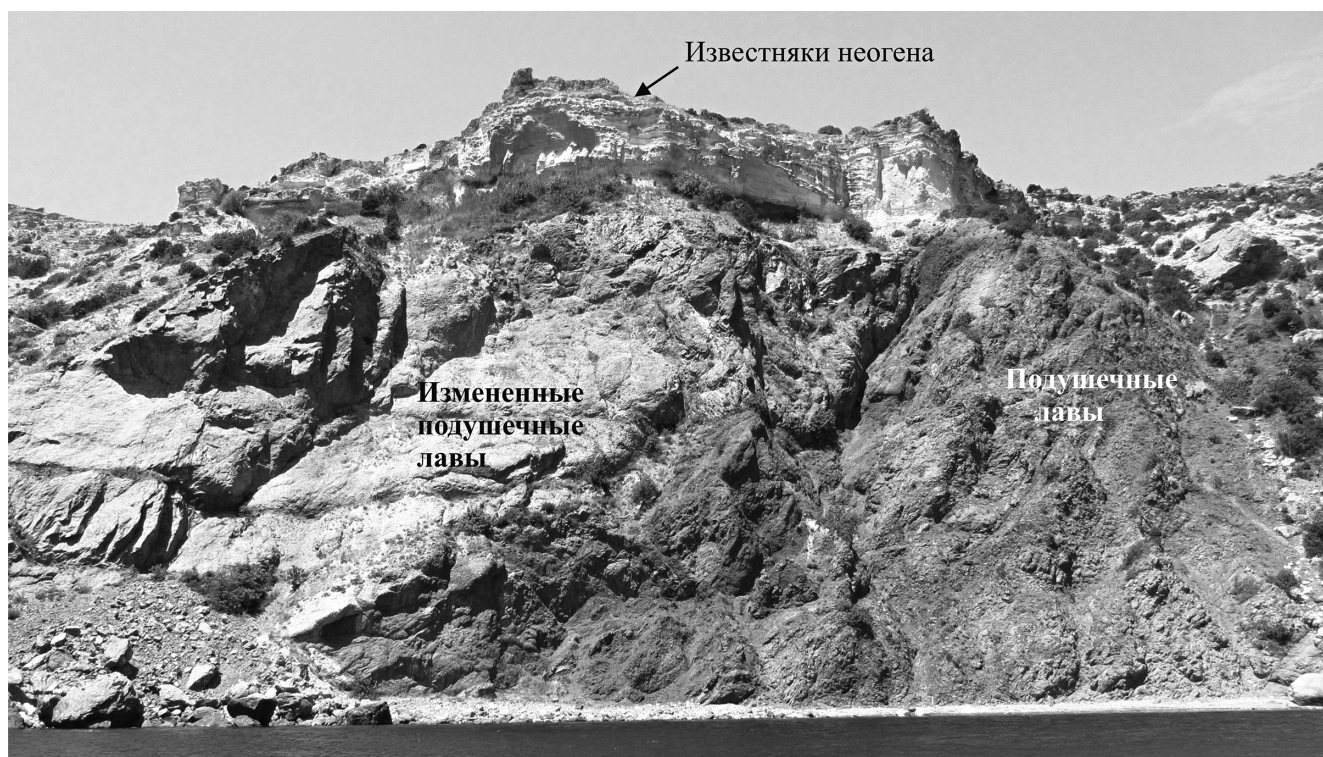


Рис. 4. Разрывы в пластинах подушечных лав с разной степенью измененности, клиф в западной части Яшмовой бухты (точка 4 на рис. 1)

зон трещиноватости разного направления создают тектонические узлы [Ломакин и др., 2009].

Центральный сегмент (II) отделяется от Западного и Юго-Восточного протяженными разрывными нарушениями север-северо-восточного простирания, которые возникли, скорее всего, также в кайнозойском сдвиговом поле напряжений. Известняки миоцена, залегающие на высоте 200 м и более, разбиты системой трещин, разрабатываемой овражно-балочной сетью. В Центральном сегменте широко развита зона тектонических нарушений восток-северо-восточного простирания. Многочисленные трещины значительно деформируют долины оврагов и балок, изменяя их простирание. Особенно густая сеть разрывов наблюдается на севере и северо-востоке от мыса Фиолент. Она фиксирует, вероятно, неотектонические движения в пределах Предгорной сутуры, расположенной под мел-кайнозойскими отложениями, которая трактуется В.В. Юдиным [2011] как коллизионный шов от поглощения океанической коры древнего океана Мезотетис. Отметим, что, по В.В. Юдину [2011], окончание коллизионной сутуры в пределах Гераклеяского п-ова находится на западе от скалы Утюг. Именно здесь в меланже были описаны коренные выходы аповерлитовых серпентинитов [Демина и др., 2015]. Магматиты, развитые в районе мыса Фиолент, согласно В.В. Юдину [2011], представлены глыбами в составе Симферопольского меланжа. М.Ю. Промысловой с соавторами [2016] показано, что эти глыбы представляют собой фрагменты офиолитовой ассоциации, сформированной в за-

дуговым бассейне, достигшем в своем развитии спрединговой стадии.

Зоны трещиноватости субширотной ориентировки незначительно распространены в районе мыса Фиолент. Южная береговая зона с высотой клифа, достигающей 100 м и более, по-видимому, в настоящее время испытывает значительное возмущение. Здесь формируются высокие обрывистые, практически вертикальные склоны, повсеместно наблюдаются грандиозные обвалы массы. Выделяется крупная зона трещиноватости северо-восточного простирания, берущая начало от мыса Фиолент. Она служит границей двух типов рельефа — расчлененного овражно-балочной сетью на западе, на востоке подобное расчленение практически отсутствует (рис. 1). Юго-западное окончание этой зоны находится непосредственно в районе мыса Фиолент, где породы офиолитовой ассоциации наиболее деформированы, что хорошо видно в клифах собственно мыса Фиолент (рис. 3) и прилегающей части Яшмовой бухты (рис. 4).

На восток от мыса Фиолент выделяется несколько параллельных зон разломов северо-восточного простирания, в которых подушечные лавы подверглись аналогичным изменениям. В основании мыса Лермонтова субвертикальное разрывное нарушение северо-западного простирания, по которому приподнят массив сильнотрещиноватых габбродолеритов, хорошо прослеживается и в вышележащих известняках неогена, что свидетельствует об активности этого разрыва в новейшее время. В вертикальных стенках 100-метровой высоты в районе мыса Сфинкс хорошо видны

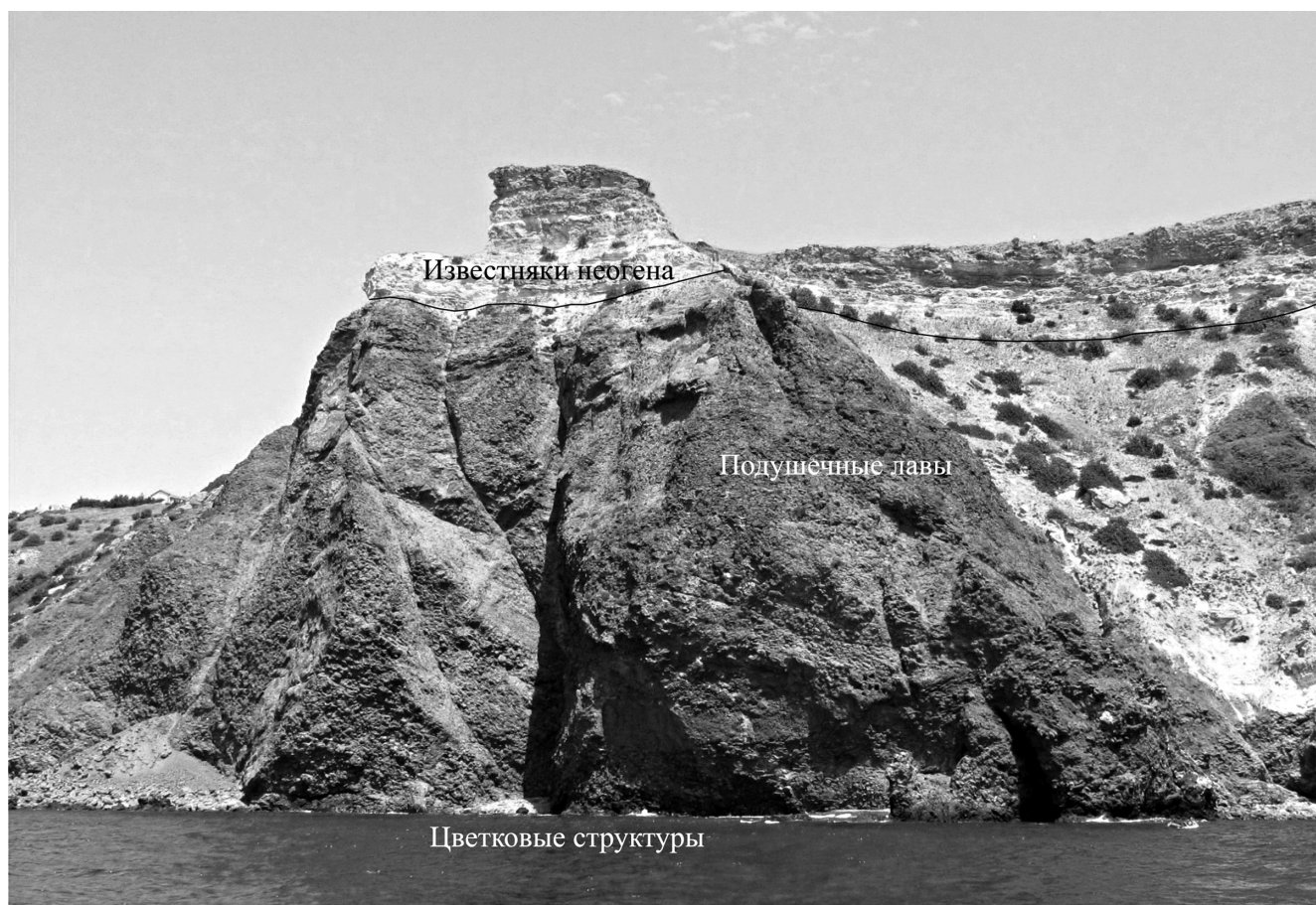


Рис. 5. Цветковые структуры в подушечных лавах мыса Сфинкс (точка 2 на рис. 1)

субвертикальные разрывы, разбивающие толщи подушечных лав и образующие так называемые цветковые структуры, возникающие в условиях сдвиговых деформаций [Sylvester, 1988]. Этот левый сдвиг север-северо-восточного простирания хорошо выражен в пределах карбонатного плато (рис. 1). Разрывы прослеживаются и в вышележащих интенсивно разрушающихся сарматских известняках, менее устойчивых по сравнению с вулканическими толщами (рис. 5). Отметим, что ранее Л.С. Борисенко с соавторами [1982] также выделяли этот разрыв как сброс.

Юго-Восточный сегмент (III) включает структуры меньших порядков: Георгиевское (III_1) и Каябашское поднятия (III_2), а также Балаклавскую впадину (III_3).

Георгиевское поднятие (III_1) с высотой более 250 м расположено на востоке от Центрального сегмента и отделено от него крупным разрывом север-северо-восточного простирания. Поднятие практически не расчленено овражно-балочной сетью, а простирание трещин по сравнению с Центральным сегментом меняется на северо-восточное. В.В. Иванов с соавторами [2009] считают, что эта часть Гераклейского плато расположена в зоне влияния Георгиевского разлома. Восточная граница поднятия неровная и совпадает с Георгиевским разломом, представляющим собой до-

вольно широкую, хорошо выраженную в рельефе зону эшелонированных тектонических нарушений [Ломакин и др., 2009]. Эти нарушения, отличающиеся по кинематике и амплитуде, неоднократно оживлялись в периоды тектонической активизации территории [Иванов и др., 2009].

Известняки сарматского яруса неогена, залегающие полого на всей площади Гераклейского п-ова, в западном борту Мраморной балки и в районе мыса Айя-Бурун приобретают крутой угол падения на северо-запад, что свидетельствует об активных деформациях в новейшее время. Здесь также наблюдается большое количество вертикальных трещин в неогеновых известняках, а также в нижележащих подушечных лавах и брекчиях офиолитовой ассоциации [Промыслова и др., 2017]. В этом районе Гераклейского п-ова проявляются наиболее интенсивные обвальные процессы (рис. 6).

Каябашское поднятие (III_2), расположенное между Мраморной балкой и Балаклавской бухтой, сложено верхнеюрскими известняками. Суммарное конэрозионное поднятие достигает высоты 200–250 м. Эта структура расчленена разрывами восток-северо-восточного простирания. Береговая зона совпадает с разрывами северо-западного и северо-восточного простирания. В.В. Юдин [2009] выделяет в этом районе Каябашский оли-

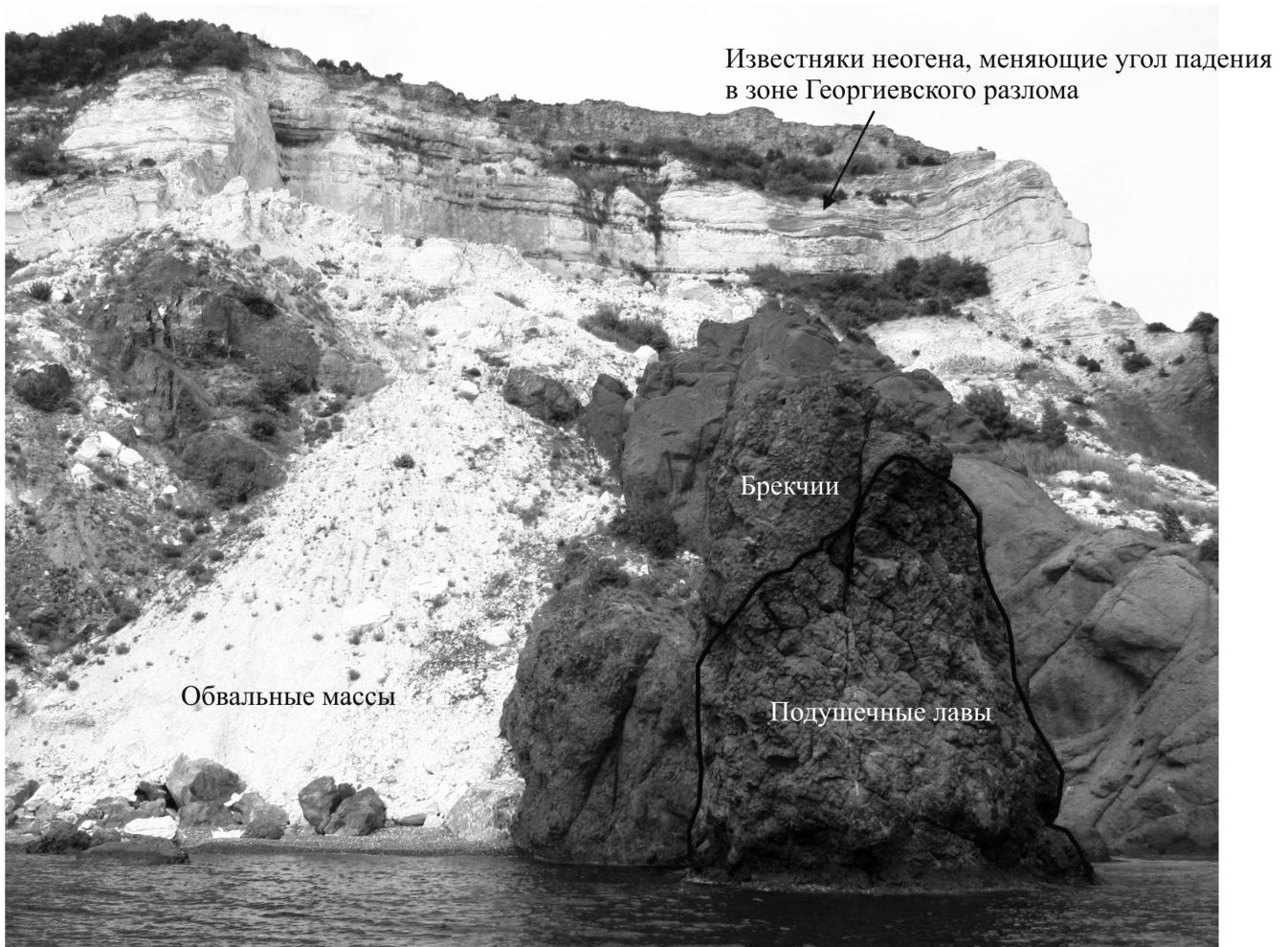


Рис. 6. Изменение угла наклона известняков неогена в зоне влияния Георгиевского разлома на северо-запад от мыса Айя-Бурун (точка 5 на рис. 1)

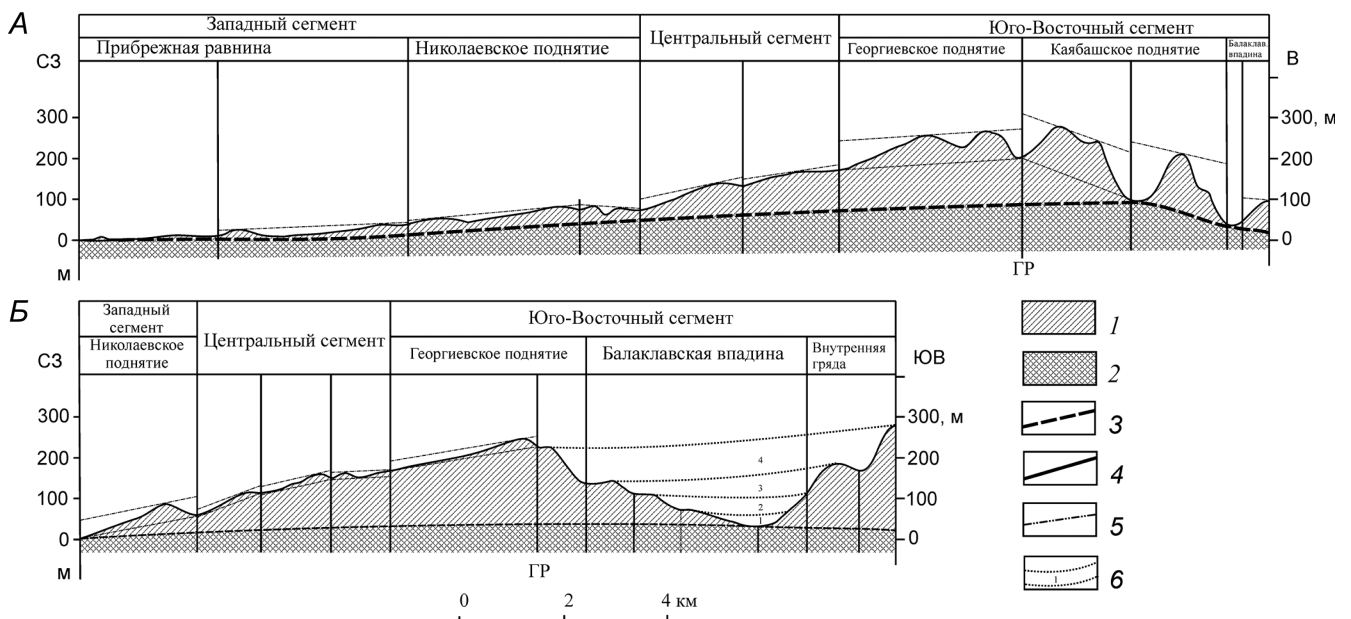


Рис. 7. Геоморфологические профили через Гераклейский полуостров: А — по линии 1–1'. Б — по линии 2–2': 1 — массив, затронутый эрозийным расчленением; 2 — массив, не затронутый процессами эрозии; 3 — сопоставительная линия, объединяющая глубину эрозийного расчленения крупными реками; 4 — границы блоков, установленные по геоморфологическим данным; 5 — региональные циклы эрозийного расчленения; 6 — сопоставительные линии реконструкции горного сооружения
ГР — зона Георгиевского разлома

столит, ограниченный Мраморным ретронадвигом с южным падением сместителя под углами 20–30°.

Балаклавская впадина (Ш₃) протягивается от Балаклавской бухты до долины р. Черная и имеет ширину более 4 км. Она осложнена многочисленными частными поднятиями, высота которых не превышает 100–150 м. В районе Балаклавской бухты отмечено несколько субширотных разрывов, которые, по мнению В.А. Иванова с соавторами [2009], имеют сдвиговую составляющую. Этот тип перемещений подтверждается деформациями овражно-балочной сети (рис. 1).

Для уточнения выделенных структур были построены геоморфологические продольный (рис. 7, А) и поперечный (рис. 7, Б) профили. Элементы структурно обусловленного рельефа по данным анализа горизонтального расчленения подтверждаются при исследовании вертикального расчленения. На профилях хорошо виден куэстовый рельеф, образованный моноклинально залегающими неогеновыми породами. Поверхность куэсты осложнена зонами трещиноватости, которые разрабатываются овражно-балочной сетью. Наибольшей высоты эта структура достигает в пределах Георгиевского поднятия, представляющего собой зону влияния Георгиевского разлома. На поперечном профиле хорошо дешифрируется Балаклавская впадина, на склонах которой наблюдаются цикловые долины, сохранившиеся в

виде уступов. Изменения в строении долин отражают неравномерное и быстрое возрастание скорости поднятия юго-восточной части Гераклейского п-ова, который в целом запрокидывается на северо-запад.

Выводы. 1. Структурно-геоморфологический анализ показал, что в пределах Гераклейского п-ова преобладают две системы разрывных нарушений: первая меняет направление с практически субмеридионального на северо-западное; вторая — с север-северо-восточного на северо-восточное.

2. Гераклейский п-ов разделен на три сегмента — Северо-Западный, Центральный и Северо-Восточный, различающиеся густотой и направлением зон трещиноватости и разрывов, характером овражно-балочной сети, строением береговой зоны.

3. В верхнем структурном этаже неотектонические процессы наиболее интенсивно проявлены над позднеюрско-раннемеловой коллизией сутурой, образовавшейся при закрытии задугового бассейна с корой океанического типа

4. Выявленные структурно-геоморфологическим анализом разрывы и системы трещин хорошо согласуются с данными полевых исследований. Они играют важную роль при сейсмическом районировании полуострова.

Благодарности. Авторы признательны Л.А. Сим и Ю.А. Морозову за обсуждение статьи, что позволило существенно ее улучшить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Борисенко Л.С., Новик Н.Н., Тихоненков О.П., Чебаненко И.И. Особенности тектоники юго-западной части Горного Крыма в связи с прогнозом сейсмической опасности // *Тектоника и стратиграфия*, 1982. Вып. 23. С. 11–16.

Брянцева Г.В., Романовская М.А. Влияние разнонаправленных геотектонических движений южного берега Крыма на особенности развития склоновых процессов // *Экологическое равновесие: геоэкология, краеведение, туризм: Мат-лы VIII междунар. науч.-практ. конф.* СПб., 2017. С. 346–350.

Бызова С.Л. Некоторые вопросы тектоники Горного Крыма // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология*. 1980. № 6. С. 15–25.

Верховцев Б.Г. Новейшие платформенные геоструктуры Украины и динамика их развития: Автореф. докт. дисс. Киев, 2007. 20 с.

Вольфман Ю.М. Деформационные режимы и кинематические обстановки новейшего тектонического разрывообразования в пределах Горного Крыма // *Геофизический журн.* 2015. Т. 37, № 1. С. 100–120.

Демина Л.И., Промылова М.Ю., Короновский Н.В., Царев В.В. Первая находка серпентинитов в коренных обнажениях Горного Крыма // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология*. 2015. № 5. С. 12–20.

Иванов В.Е., Ломакин И.Э., Тополук А.С. и др. Особенности тектоники Юго-Западного Крыма // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2009. № 4. С. 27–39.

Корчуганова Н.И., Костенко Н.П., Межеловский И.Н. Неотектонические методы поисков полезных ископаемых. М.: МПР РФ, Геокарт, МГГА, 2001. 212 с.

Ломакин И.Э., Иванов В.Е., Кочелаб В.В. Тектонические факторы развития новейших геодинамических процессов Юго-Западного Крыма // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2014. № 3. С. 61–74.

Ломакин И.Э., Иванов В.Е., Тополук А.С., Ефимцева Л.Л. Новые данные о геологическом строении побережья Юго-Западного Крыма // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2009. № 4. С. 30–39.

Муровская А., Инполит Ж.-К., Шермет Е., Егорова Т. Современные и палеонапряжения в пределах северной окраины Черного моря и Горного Крыма в мезо-кайнозой-квартере (по механизмам очагов землетрясений и полевым тектонофизическим данным) // *Геофизический журн.* 2018. Т. 40, № 1. С. 42–65.

Промылова М.Ю., Демина Л.И., Бычков А.Ю. и др. Офиолитовая ассоциация Юго-Западного Крыма // *Геотектоника*. 2016. № 1. С. 25–40.

Промылова М.Ю., Демина Л.И., Гуцин А.И., Короновский Н.В. Типы брекчий офиолитовой ассоциации Юго-Западного Крыма и их значение для палеогеодинамики региона // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология*. 2017. № 3. С. 35–40.

Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.А. Новые карты сейсмического районирования тер-

ритории Украины. Особенности модели долговременной сейсмической опасности // Геофизический журн. 2006. Т. 28, № 3. С. 54–77.

Санин А.Ю. Береговые морфосистемы Крыма и их рекреационное использование: Автореф. канд. дисс. М., 2014. 30 с.

Юдин В.В. Геологическая карта и разрезы Горного, Предгорного Крыма. Масштаб 1:200 000. Симферополь, 2009.

Юдин В.В. Геодинамика Крыма. Симферополь: ДИАЙПИ, 2011. 333 с.

Nikisin A.M., Wannier M., Alekseev A.S. et al. Mesozoic to recent geological history of southern Crimea and the Eastern Black Sea region // Tectonic evolution of the Eastern Black Sea and Caucasus // Geol. Soc. London Spec. Publ. 2017. Vol. 428. P. 241–264.

Sylvester A.G. Strike-slip faults // Geol. Soc. Amer. Bull. 1988, Vol. 100. P. 1666–1703.

Поступила в редакцию 17.05.2018

Поступила с доработки 15.10.2018

Принята к публикации 31.10.2018