

УДК 551.3 / 551.2 (234.86)

## СВЯЗЬ ОБВАЛЬНО-ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ ФИОЛЕНТА (СЕВАСТОПОЛЬ) С ДИНАМОМЕТАМОРФИЗМОМ ГОРНЫХ ПОРОД

Демина Л.И., Промыслова М.Ю.

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

### ВВЕДЕНИЕ

Динамометаморфизм (динамический метаморфизм, дислокационный метаморфизм) – преобразование горных пород при воздействии одностороннего давления в дизъюнктивных зонах [Склярков и др., 2001]. В приповерхностных и малоглубинных условиях динамометаморфизм выражается в хрупких механических деформациях, сопровождающихся формированием зон трещиноватости, дроблением и перетиранием горных пород с образованием брекчий, катаклазитов и милонитов. С возрастанием глубины хрупкие деформации сменяются хрупко-пластическими и пластическими, при этом происходит частичная перекристаллизация разрушенных горных пород, сопровождающаяся порфиробластезом.

Классификация динамометаморфитов (тектонитов) основывается на текстурных, структурных, вещественных признаках, а также механизмах образования. В размещении разных типов динамометаморфитов наблюдается как латеральная, так и вертикальная зональность [Казанский, 1982; Чиков, 1988; Склярков и др., 2001; Sibson, 1977 и др.]. Б.М. Чиков с соавторами [1988] выделяет три зоны динамометаморфизма в сдвиговых зонах.

В верхней эпизоне (зоне деструкции) происходит хрупкая деформация и приразломое разрушение горных пород: брекчирование, катаклиз, милонитизация. Динамометаморфиты этой зоны относятся к D-тектонитам.

В мезозоне (зоне катакластического течения) хрупкая деформация сменяется квазипластической, при этом главную роль играют такие процессы, как проникающее расланцевание, метамеланж, будинирование, кливаж скольжения и течения. В этой зоне формируются K-тектониты.

В катазоне (зоне пластического течения) деформация носит пластический характер, происходит проникающая перекристаллизация исходного субстрата с разнообразными проявлениями сепарационно-сегрегационной дифференциации, порфиробластеза и образованием P-тектонитов.

В данной статье будет показано, что динамометаморфиты (тектониты) очень широко распространены среди горных пород, слагающих береговые обрывы Фиолента, где они приурочены к зонам древних разрывов, активизированных на неотектоническом этапе. Также обсуждается связь динамометаморфизма с наиболее интенсивными обвальными оползневыми процессами в данном районе.

Фиолент – мыс и территория города Севастополя, расположенные на юго-западном побережье Гераклейского полуострова Крыма. В настоящее время здесь насчитывается 20 оползней, некоторые из которых остановились, а другие продолжают движение и сопровождаются обвалами [Горячкин, Федоров, 2018]. Только за последние несколько лет произошли крупные обвалы в районе Георгиевского монастыря, мысов Фиолент, Сфинкс, Айя-Бурун и Лермонтова, турбазы «Каравелла», вблизи Автобата и других местах. Считается, что основной причиной опасных процессов на Фиоленте является возросшая хозяйственная деятельность: освоение новых дачных участков; хаотичная застройка; масштабное строительство элитного коттеджного поселка; разработка на дне Черного моря подводных карьеров по добыче песка вблизи мыса Виноградный; пробивка шахты для фуникулера у мыса Лермонтова и др. Безусловно, все это влияет на интенсивность оползневых и обвальных процессов, но не является их основной причиной, которая связана, прежде всего, со сложным геологическим строением региона, неотектоническими процессами и имеет природный характер.

## **СВЯЗЬ ОБВАЛЬНО-ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ С ДИНАМОМЕТАМОРФИЗМОМ ГОРНЫХ ПОРОД**

В Горном Крыму неотектонический этап начался по разным данным в олигоцене [Юдин, 2011; Nikishin et al, 2017], плиоцене [Вольфман, 2014]. Кайнозойские структуры Крыма образовались и продолжают формироваться в настоящее время за счет подвига субокеанической коры Черного моря под Крымский полуостров [Юдин, 2011].

В геологическом строении Гераклейского полуострова Юго-Западного Крыма выделяется три структурных этажа. Верхний этаж сложен известняками и глинами неогена, залегающими субгоризонтально и образующими плато. Они подстилаются выклинивающейся к юго-западу маломощной толщей мела и палеогена. Образования среднего структурного этажа обнажаются 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 толщей, смятой в крупную Гераклейскую антиклиналь [Юдин, 2011].

В районе мыса Фиолент в составе среднего структурного этажа присутствуют все члены разреза офиолитовой ассоциации, образовавшейся над зоной субдукции в задуговом бассейне спредингового типа [Промыслова и др., 2016]. С формированием данного бассейна связаны толщи брекчий вулканогенно-осадочной природы, количество которых заметно возрастает к юго-востоку [Промыслова и др., 2017].

Помимо первичных вулканогенно-осадочных брекчий в районе мыса Фиолент очень широко распространены брекчии тектонической природы, приуроченные к многочисленным зонам разрывов и расщепления, в том числе надвиговой природы. Породы в таких зонах претерпели динамометаморфизм (дислокационный метаморфизм). Они брекчированы, катаклизированы, милонитизированы и часто замещены вторичными минералами – каолинитом, альбитом, кварцем, хлоритом, карбонатами, актинолитом, эпидотом, цеолитами, оксидами железа и др.

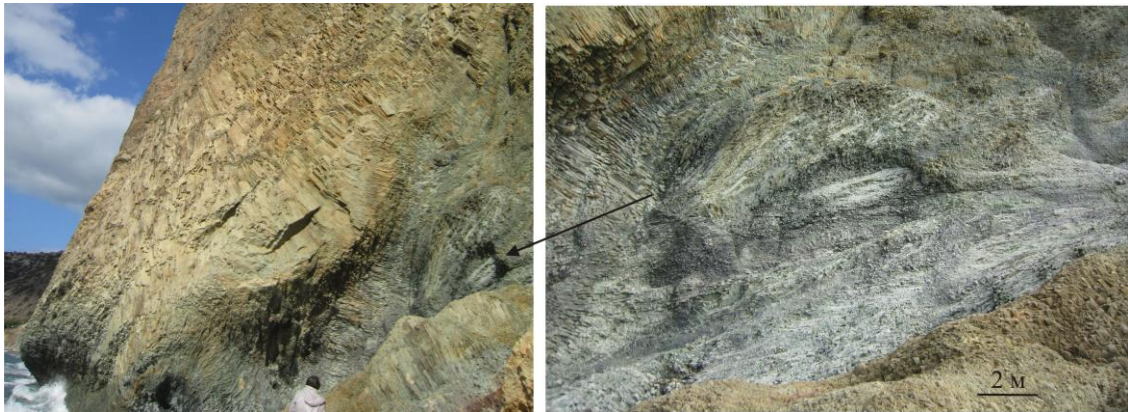
Подобные зоны преимущественно северо-восточного простирания обнажены к западу от скалы Утюг, непосредственно на мысах Фиолент и Сфинкс, в клифах бухт Александры и Яшмовой, с восточной стороны купола Монах, к западу и востоку от мыса Айя-Бурун и других местах.

Зона динамометаморфитов мыса Фиолент представлена сильнотрещиноватыми, брекчированными, катаклизированными и милонитизированными подушечными лавами и риолитовыми дайками. Здесь можно наблюдать кластолиты магматитов разного состава, совмещенные, скорее всего, при формировании позднеюрско-раннемеловой коллизионной сутуры. Хорошо видно (рис. 1, А), как дайка риолитов разорвана и опрокинута, другая часть ее сдвинута с образованием структуры типа дуплекс. Подобные структуры в песчаниках таврической серии В.В. Юдин [2011] связывает с надвигами. Впоследствии деформированные магматиты перекрылись горизонтально залегающими известняками неогена, в которых на Гераклейском плато структурно-геоморфологическими методами выделена крупная зона трещиноватости восток-северо-восточного простирания, берущая начало от мыса Фиолент. Она является границей двух типов рельефа: расчлененного овражно-балочной сетью к западу, в то время как к востоку подобное расчленение практически отсутствует [Промыслова и др., 2019]. Это свидетельствует об активизации зоны разлома на неотектоническом этапе. Отметим, что в этой части Фиолента регулярно происходят обвалы как известняков верхнего структурного этажа, так и нижележащих вулканитов (рис. 1, Б).

К востоку от мыса Фиолент в клифах Яшмовой бухты выделяются несколько параллельных зон разломов тех же направлений, в которых породы среднего структурного этажа подверглись аналогичным динамометаморфическим изменениям. Одна из подобных зон шириной до 10–15 м рассекает купол скалы Монах с восточной стороны (рис. 2) и хорошо прослеживается в обрыве Яшмовой бухты вплоть до контакта с неогеновыми известняками, которые также сильно брекчированы. Частично она облекает кластолит горы Монах с северо-восточной стороны.

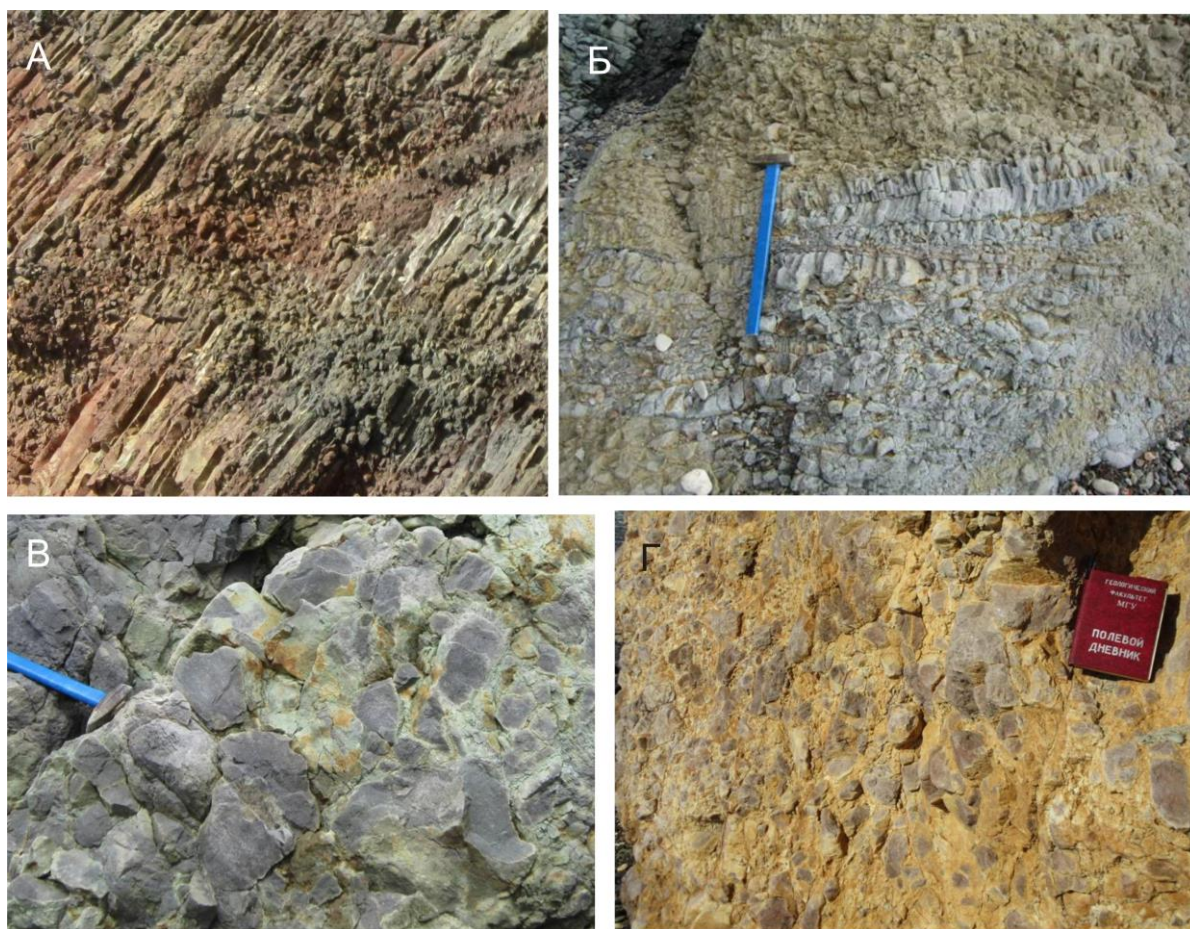


*Рис. 1. Зона динамометаморфизма (трещиноватости, брекчирования, катаклаза и милонитизации) мыса Фиолент*



*Рис. 2. Зона динамометаморфитов, пересекающая плагиориолиты скалы Монах*

Здесь можно наблюдать, как в более мелких зонах разрывов столбики плагиориолитов раздроблены (рис. 3, А), а обломки постепенно приобретают окатанную форму (рис. 3, Б-Г), так что породы становятся похожими на конгломераты. Подобные образования тектонической природы вполне можно принять за осадочные или вулканогенно-осадочные образования.



*Рис. 3. Динамометаморфизм столбчатых плагиориолитов с постепенным превращением их в псевдокогломераты*

В вертикальных стенках 100-метровой высоты в районе мыса Сфинкс хорошо видны субвертикальные разрывы, разбивающие толщи подушечных лав и образующие, так называемые цветковые структуры, возникающие в условиях сдвиговых деформаций [Sylvester, 1988]. Этот сдвиг север-северо-восточного простирания хорошо выражен в пределах карбонатного плато [Промыслова и др., 2019]. Разрывы прослеживаются и в вышележащих интенсивно разрушающихся сарматских известняках, менее устойчивых по сравнению с вулканическими толщами (рис. 4). Отметим, что ранее Л.С. Борисенко с соавторами [1982] также выделяли этот разрыв как сброс.

Подушечные лавы в зоне разрывов интенсивно динамометаморфизованы. Подушки брекчированы и катаклазированы, а межподушечный матрикспространство частично милонитизирован и рассланцован (рис. 4. нижняя врезка).



Рис. 4. Динамометаморфиты сдвиговой зоны мыса Сфинкс. На нижней врезке - брекчированные подушечные лавы

Зоны трещиноватости, брекчирования, катаклаза, милонитизации и рассланцевания, сопряженные со сдвигами северо-западного простирания, хорошо видны в скальных обрывах мыса Виноградный, Лермонтова, в клифах районов мыса Броневой (Кашалот), скалы Утюг и других местах. Обвалы горных пород в подобных зонах также происходят довольно часто.

В клифе района мыса Броневой (Кашалот) хорошо видно, как слагающие его лавы и дайки срезаны сдвиговой зоной северо-западного простирания (рис. 5) с многочисленными зеркалами скольжения, интенсивной хлоритизацией и ожелезнением. Все типы пород этой зоны, включая известняки неогена, подверглись интенсивному динамометаморфизму. Отметим, что крупный обвал, произошедший 30 ноября 2016 г. в районе турбазы «Каравелла», расположен в непосредственной близости от мыса Броневой.



Рис. 5. Обвал в зоне левого сдвига северо-западного простирания. Черными линиями показаны разрывы. Клиф в районе мыса Броневой

В основании мыса Лермонтова субвертикальное разрывное нарушение, синхронное, вероятно, внедрению габбродолеритов, хорошо прослеживается и в вышележащих известняках неогена (рис. 6), что свидетельствует об активизации этого разрыва в новейшее время. Габбродолериты сильно тектонизированы, разбиты многочисленными трещинами, вдоль которых они брекчированы и ожелезнены (рис. 6, верхняя врезка). В этом районе находится активный оползень [Горячкин, Федоров, 2018] с трещинами отрыва в неогеновых известняках (рис. 6, нижняя врезка).





*Рис. 6. Разрушение известняков неогена в зоне разрыва. На врезках: сверху – брекчированные габбродолериты основания мыса Лермонтова; внизу – трещины отрыва активного оползня неогеновых известняков в районе мыса Лъвенок*

Наиболее интенсивно обвальные процессы происходят в восточной части Фиолента на участке от Яшмовой бухты до Мраморной балки, которая образовалась за счет разрушения зоны Георгиевского разлома. В.В. Иванов и др. [2009] считают, что эта часть Гераклейского плато расположена в зоне влияния Георгиевского разлома. Не вдаваясь в дискуссию о возрасте и кинематике этого разлома, отметим, что он хорошо выражен геоморфологически и неоднократно проявлял активность в неотектонический этап развития Гераклейского полуострова, что подчеркивалось многими исследователями [Иванов и др., 2009; Ломакин и др., 2009; 2014]. Здесь можно наблюдать обвалы (рис. 7, А) оползни (рис. 7, Б) а также залегающие на подушечных лавах олистостромы (рис. 7, В-Г), сложенные уплотненными обломочными известняками, которые интенсивно разрушаются.

В подушечных лавах наблюдаются многочисленные зеркала скольжения с карбонатными жилками и оксидами железа (рис. 8, А). В цементе брекчий присутствуют медистые минералы и сульфиды (рис. 8, Б).

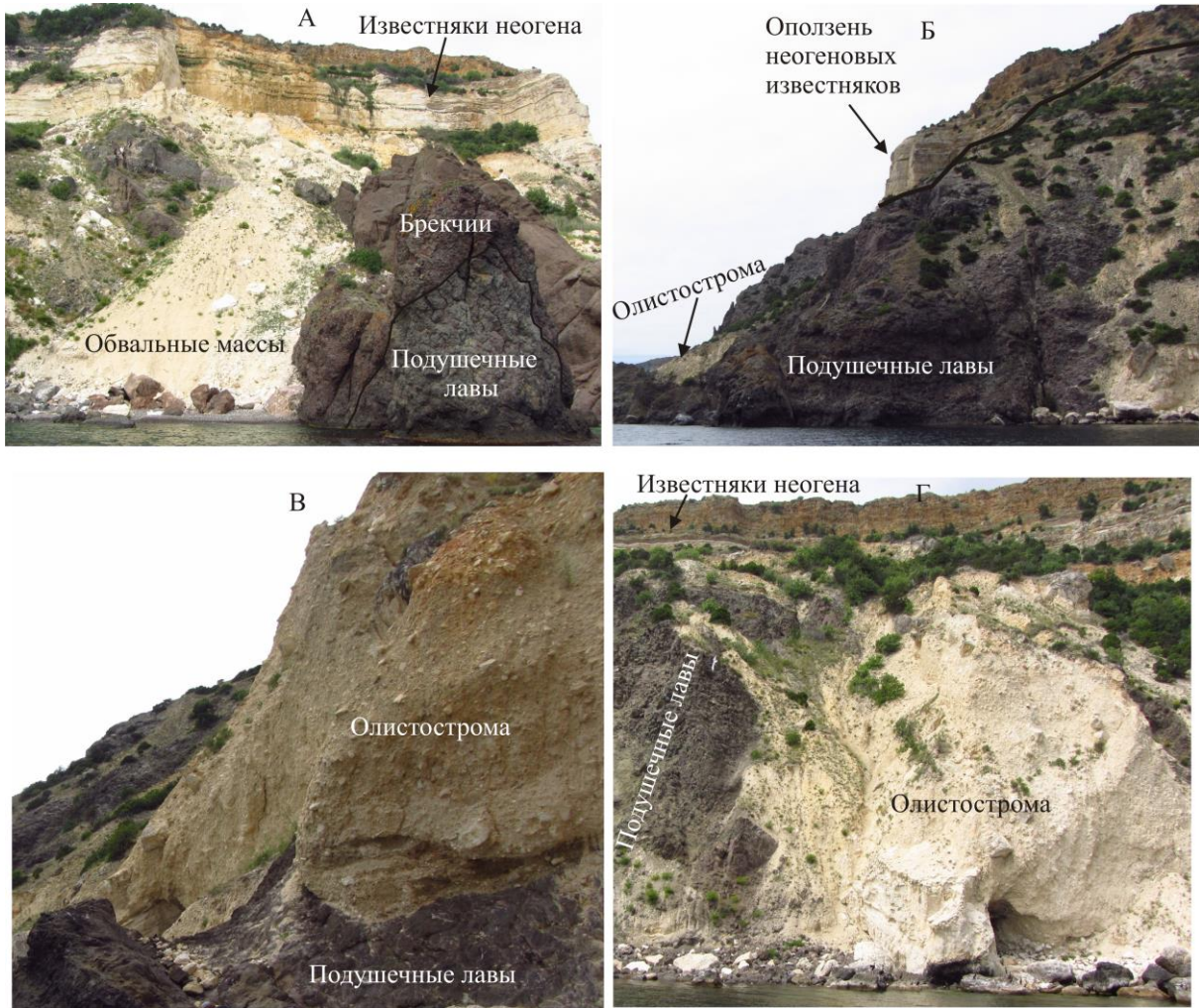


Рис. 7. Обвалы (А), оползни (Б) и олистостромы (В, Г) Восточного Фиолента

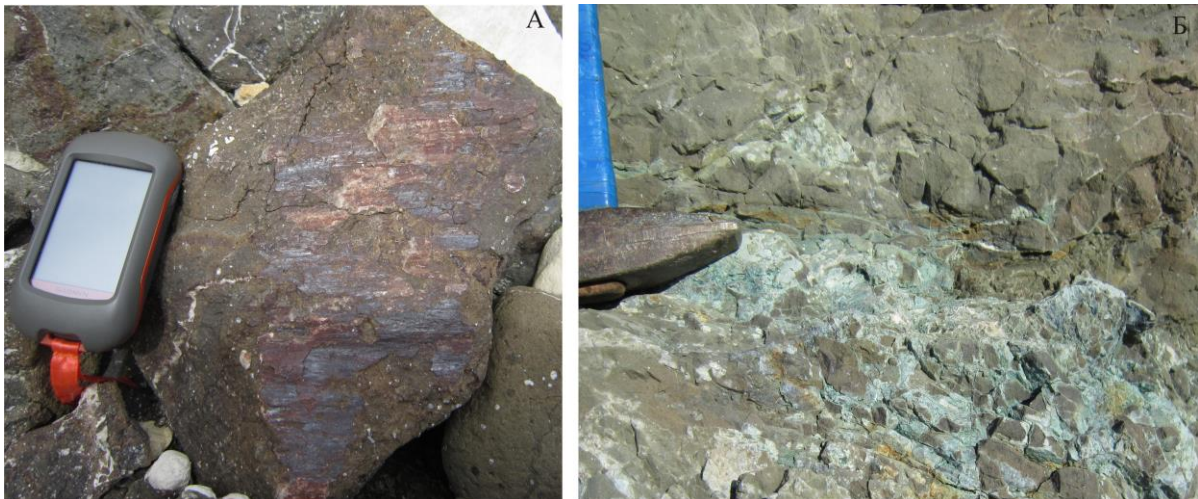


Рис. 8. Зеркало скольжения с карбонатной жилкой и оксидами железа (А) в подушечных лавях.  
Брекчированные подушечные лавы с медистыми минералами (Б)

На микроскопическом уровне динамометаморфизм проявляется в сильном дроблении, грануляции и волнистом погасании минералов, а также замещением вторичными парагенезисами с эпидотом, хлоритом, альбитом, кварцем, карбонатами и др. (рис. 9).

Следует отметить, что, помимо динамометаморфизма, породы офиолитовой ассоциации среднего структурного этажа были подвергнуты региональному метаморфизму, выраженному в спилитизации подушечных базальтов и долеритов даек, альбитизации риолитов и их брекчий вулканогенно-осадочной природы, а также образовании парагенезисов зеленосланцевой фации.

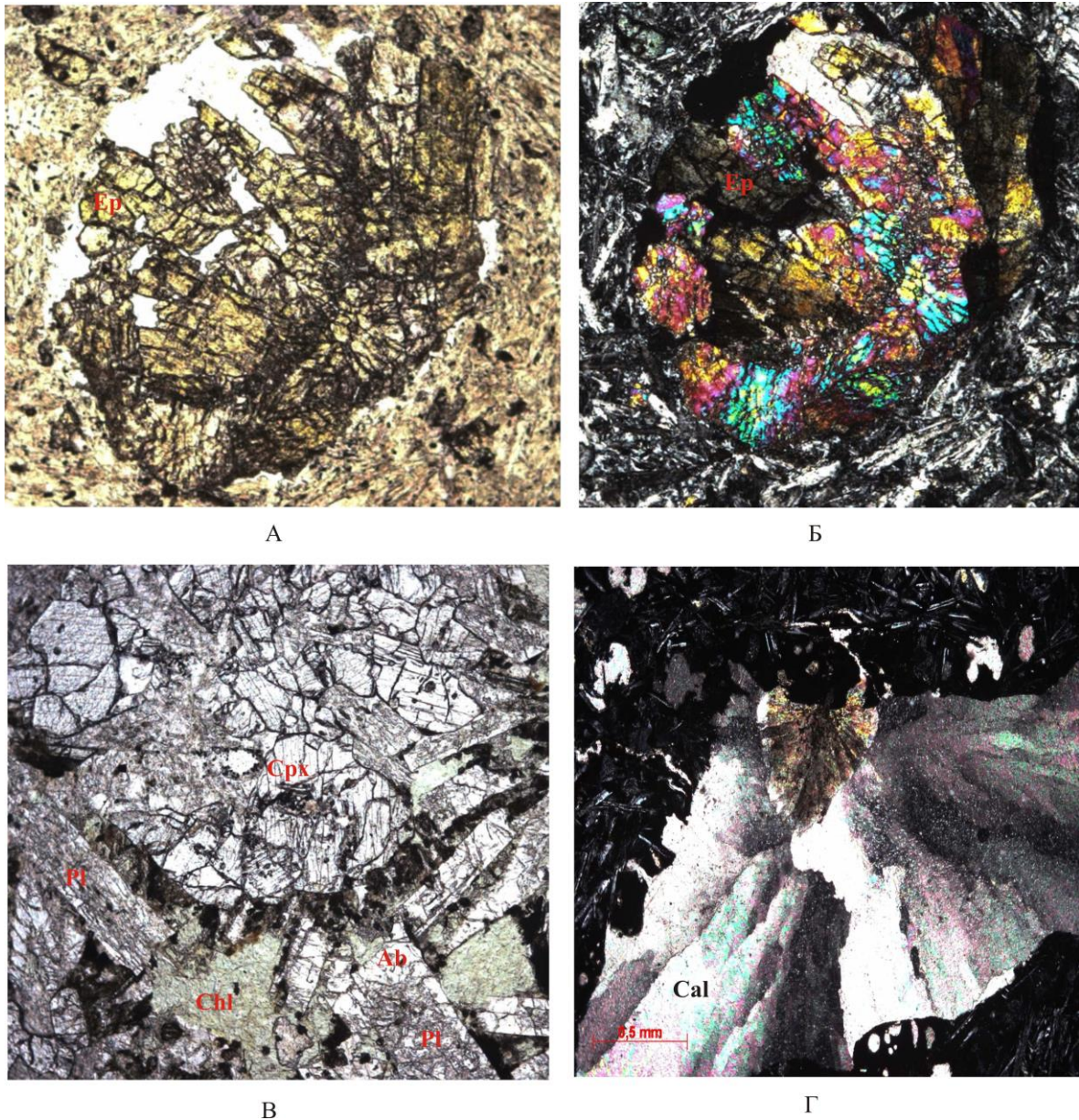


Рис. 9. Фото шлифов динамометаморфитов Фиолента. А, Б - раздробленные и гранулированные зерна эпидота (Ep) в миндаликах подушечных лав. В - замещение раздробленных клинопироксенов (Cpx) и плагиоклазов (Pl) хлоритом (Chl), кварцем и альбитом (Ab) в габбро. Г – волнистое погасание кальцита (Cal) в миндаликах подушечных лав

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди горных пород, слагающих береговые обрывы Фиолента, динамометаморфиты очень широко распространены как в верхнем, так и среднем структурных этажах. Они

приурочены к зонам древних разрывов преимущественно северо-восточного и северо-западного простираний. На неотектоническом этапе развития Гераклейского полуострова Юго-Западного Крыма произошла их активизация, что подтверждается структурно-геоморфологическими методами [Промыслова и др., 2019].

Большинство динамометаморфитов Фиолента, согласно классификации Б.М. Чикова [1991], относится к D-тектонитам и образовались в эпизоне за счет приразломного разрушения горных пород. Более глубинные K-тектониты мезозоны с перекристаллизацией тектонитов встречаются реже, в основном, на западном и восточном окончаниях выходов горных пород среднего структурного этажа.

Наиболее интенсивные процессы разрушения горных пород Фиолента, оползни, обвалы, осыпи приурочены к участкам развития зон расланцевания, трещиноватости и динамометаморфитов (брекчий, катаклазитов, милонитов).

Гераклейский полуостров расположен в районе повышенной сейсмической опасности. Согласно Б.Г. Пустовитенко и др. [2006], большая его часть находится в зоне девятибалльной интенсивности сотрясений на средних грунтах, а южная – десятибалльной по шкале MSK-64. При будущих землетрясениях, которые в силу современной геодинамики в данном районе неизбежны, вполне естественно ожидать наиболее интенсивные подвижки горных масс именно по зонам разрывов с широким развитием динамометаморфитов.

## ВЫВОДЫ

1. Динамометаморфиты Фиолента представлены в основном D-тектонитами эпизоны. Редкие K-тектониты встречены на западном и восточном окончаниях выходов горных пород среднего структурного этажа Гераклейского полуострова.

2. Зоны наиболее сильно динамометаморфизованных пород приурочены к активизированным древним разрывам среднего структурного этажа, которые наблюдаются в береговых обнажениях Фиолента и выделяются на Гераклейском плато структурно-геоморфологическими методами.

3. К участкам развития брекчий, зон расланцевания и трещиноватости приурочены наиболее интенсивные процессы разрушения и обвалы неогеновых известняков плато, что необходимо учитывать при хозяйственной деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *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.
2. *Вольфман Ю.М.* Деформационные режимы и кинематические обстановки новейшего тектонического разрывообразования в пределах Горного Крыма // Геофизический журнал. 2015. Т.37. № 1. С. 100–120.
3. *Горячкин Ю.Н., Федоров А.П.* Оползни Севастопольского района. Часть 2. Гераклейский полуостров // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон. 2018. Вып. 2. С. 4–12.
4. *Иванов В.Е., Ломакин И.Э., Тополюк А.С., Ефимцева Л.Л., Болдырев С.Н.* Особенности тектоники Юго-Западного Крыма // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2009. № 4. С. 27–39.
5. *Казанский В.И.* Разломы Байкало-Амурского региона и связь с ними эндогенного оруденения // Разломы и эндогенное оруденение Байкало-Амурского региона. М.: Наука, 1982. С. 5–14.
6. *Ломакин И.Э., Иванов В.Е., Тополюк 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.
7. *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.
8. *Промылова М.Ю., Демина Л.И., Бычков А.Ю. и др.* Офиолитовая ассоциация района мыса Фиолент (Юго-Западный Крым) // Геотектоника. 2016. № 1. С. 25–40.
9. *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 // Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 2017. № 3. С. 35–40.
10. *Промылова М.Ю., Брянцева Г.В., Демина Л.И., Косевич Н.И.* Новейшие структуры Гераклейского полуострова (Юго-Западный Крым) // Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 2019. № 2. С. 8–16.

11. *Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.А.* Новые карты сейсмического районирования территории Украины. Особенности модели долговременной сейсмической опасности // Геофизический журнал. 2006. № 3. Т. 28. С. 54–77.
12. *Склярёв Е.В., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В.* и др. *Метаморфизм и тектоника* М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 216 с.
13. *Чиков Б.М.* Физико-механические и механические предпосылки структурообразования в условиях стресс-метаморфизма // Структура линейментных зон динамометаморфизма. Новосибирск: Наука, 1988. С. 5-28.
14. *Юдин В.В.* Геодинамика Крыма. Симферополь: ДИАЙПИ, 2011. 333 с.
15. *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. V. 428. P. 241–264.
16. *Sibson R.H.* Fault rock and fault mechanism // J. Geol. Soc. London. 1977. V.133. P. 191–213.
17. *Sylvester A.G.* Strike-slip faults // Geological Society of America Bulletin. 1988. V. 100. P. 1666–1703.