

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕЗОЗОЙСКИХ ШАРЬЯЖЕЙ В КРЫМУ И ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ

Выявленные в Крыму коллизионные сuture с офиолитами, активно-окраинный магматизм, орогенные формации, а также мощные надвиговые меланжи и шарьяжные складки свидетельствуют о длительной субдукции океанической коры Мезотетиса шириной около 2 тыс. км. Приведенные геолого-тектонические данные полностью подтверждают геодинамические реконструкции на основе палеомагнитных исследований.

Ключевые слова: *мезозой, шарьяж, магматизм, субдукция, палеомагнитные данные, геодинамика.*

Collision sutures exposed in Crimea with ophiolites, active continental margin magmatism, orogenic formations, powerful thrust melanges and sharrage folds indicate to prolonged subduction of Mezotetis ocean crust 2000 km width. The resulted geologic-tectonic information completely confirm geodynamic reconstructions based on palaeomagnetic researches.

Keywords: *Mesozoic era, thrust, magmatism, subduction, paleomagnetic data, geodynamics.*

Тектоническое строение и геодинамическая эволюция Горного Крыма много лет вызывают острые дискуссии. Десятки моделей строения, составленные разными исследователями, противоречивы и не соответствуют друг другу. Многие специалисты считают, что в Крыму нет и не может быть существенных тангенциальных перемещений.

Палеомагнитные реконструкции Крыма проводились на основе материалов по объектам исследования с нечетким структурным положением, поэтому их результаты плохо соответствовали современным представлениям о геодинамической эволюции региона. Утвердилось мнение, что палеомагнитные данные, полученные в сложнодислоцированных объектах Горного Крыма, вследствие возможного переманичивания пород в мелу вообще не могут быть использованы для геодинамических реконструкций [16, 17]. Почти все исследователи отмечали слабую связь геологических данных с результатами глобальных и региональных палеомагнитных реконструкций, свидетельствующих о значительных перемещениях фрагментов Крыма в фанерозое [4, 8, 13, 14].

Палеомагнитные исследования позволили уточнить широтное положение Горнокрымского террейна (Крымии) в средней юре. Оно составляет 26–28° с. ш. [12–14]. Учитывая реконструированное для средней юры положение южного края Лавразии [5], ширина палеоокеана Мезотетис между ним и Горнокрымским террейном составляла по меридиану не менее 1500–1800 км. При последующем закрытии бассейна он постепенно уменьшался до коллизии в раннем мелу.

Рассмотренные нами геологические обоснования высокоамплитудных горизонтальных перемещений в регионе подтверждают данные палеомагнитных реконструкций [5, 6, 13].

Предгорная коллизионная сutura северного накла является главным свидетельством высокоамплитудных перемещений в Горном Крыму (рис. 1). Шов обоснован комплексом геологических данных

[8, 10]. К ним относятся длительный юрско-раннемеловой активно-окраинный магматизм в Равнинном Крыму и на Северном Кавказе; синхронный по изотопным датировкам динамометаморфизм; офиолиты в Присутурном меланже; многочисленные надвиги и интенсивно сжатые принадвиговые складки; среднеюрско-раннемеловые молассы Битакского краевого прогиба. Сutura прослеживается под мел-кайнозойскими отложениями через весь Крым и далее на Кавказ [8, 10].

На Симферопольском поднятии в широкой зоне тектонического нарушения пробурены многочисленные скважины. Они вскрыли динамометаморфические породы с зеркалами пологих надвигов с мелкими изоклинальными складками. В них выявлены глыбы-кластолиты из пород разного состава. Анализ структур и данных сейсморазведки показал, что сutura представляет собой очень крупный шарьяж с падением сместителя на север под углом 20–30°. Толщина зоны дезинтегрированных пород 2–3, ширина выхода более 5 км. Юрско-раннемеловой возраст Предгорной сuture установлен изотопным датированием динамометаморфических минералов, активно-окраинного магматизма, а также определениями фауны в молассе, синхронной конвергенции.

Фрагменты офиолитов являются важным свидетельством поглощенной океанической коры [3, 7]. В присутурной зоне они выявлены бурением, наблюдались в обнажениях, встречены при драгировании дна моря и предполагаются в разрезе по интенсивным магнитным аномалиям (рис. 1).

Например, в неглубокой скв. 10, расположенной в 15 км к северо-востоку от Симферополя, вскрыты глыбы серпентинизированных и меланжированных ультраосновных пород, характерных для мантии, которая находится здесь на глубине более 40 км. Аналогичные гипербазиты встречены при бурении на Гераклеюмском полуострове южнее Севастополя, в обнажениях на мысе Фиолент и в гальках раннемеловых конгломератов у г. Балаклава. Фрагменты

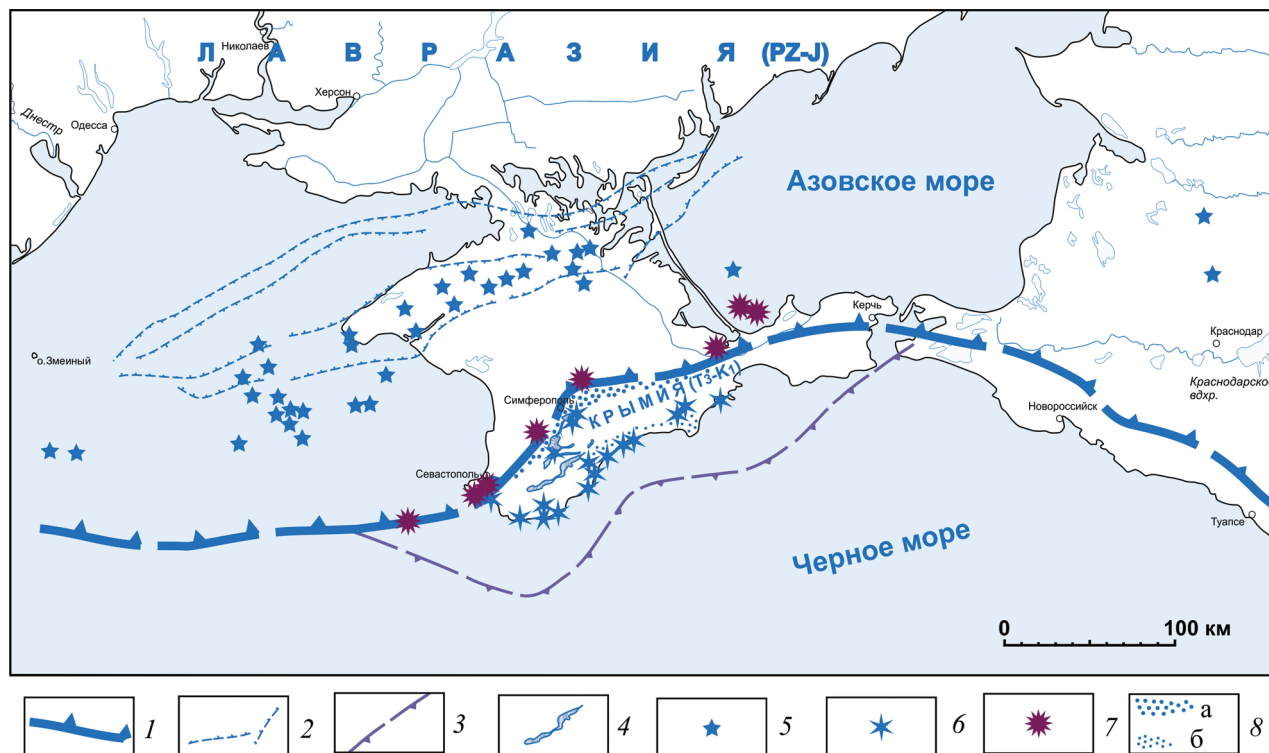


Рис. 1. Элементы мезозойской геодинамики Крыма [8]

1 – Предгорная сutura юрско-раннемелового возраста; 2 – сбросы Северокрымского прогиба; 3 – Южнокрымская сutura средне-позднеюрского возраста; 4 – меланжи; 5 – вулканиты палеоактивной окраины; 6 – горнокрымский среднеюрский магматизм; 7 – фрагменты офиолитов; 8 – молассы Битакского (а) и Демерджийского (б) краевых прогибов

серпентинитового меланжа подняты при драгировании батиального склона Черного моря в 45 км к юго-западу от Севастополя (рис. 1). Во всей при-сутурной полосе встречены глыбы магматических пород основного состава.

Океанические осадочные формации. В молассе битакских конгломератов юрского возраста близ Симферополя 20 лет назад обнаружены *гальки радиоларитов* [10]. Они представляют собой плотные яшмовидные кремнистые породы красного, реже серого и черного цвета с обилием радиоларий и следами интенсивного смятия и будинажа. Возраст радиоларитов определен как позднеюрско-раннемеловой, что позволяет судить об исчезнувшем первом слое обширной океанической коры Мезотетиса [11, 18].

Современные радиолариты образуются на океанической коре в условиях абиссальных глубин более 4–5 км и на очень большом (более 1000 км) удалении от источников обломочного материала с суши. Глубоководные кремнистые илы в океанах залегают на базальтовом слое, ниже которого располагаются ультраосновные породы верхней мантии. Поэтому фрагменты офиолитовой триады (ультрабазиты, базиты и радиолариты) в глыбах При-сутурного меланжа интерпретируются как остатки обширной палеоокеанической коры, поглощенной в Предгорной сuture.

Кроме абиссальных радиоларитов, в Горном Крыму широко распространен флиш таврической серии поздне триас-раннеюрского возраста. Мощ-ность комплекса неизвестна, хотя существуют фраг-менты разреза до 1000 м. Параметрическая скв. 2 в долине р. Кача прошла по дуплексированному и меланжированному флишу более 4 км. Основание

серии не вскрыто и взаимоотношения с подстила-ющими толщами неизвестны. Формация относится к дивергентному этапу развития океана Мезотетис. Согласно современным актуалистическим анало-гам, таврический флиш образовывался на океа-нической и субокеанической коре в обстановке континентального склона и подножия пассивной окраины [8]. В последующее юрско-раннемеловое время при конвергенции эти породы были сорва-ны с основания, интенсивно смяты, а подстилаю-щая океаническая кора полностью субдуцирована в Предгорной сuture. Палинспастическая рекон-струкция структур тангенциального сжатия Горного Крыма показала, что палеозона накопления фли-ша была сокращена более чем на 200 км [8]. За 30 млн лет поздне триас-раннеюрского накопления таврического флиша фрагмент океана Мезотетис, имевший по палеомагнитным данным ширину около 2 тыс. км, мог сформироваться при средней скорости дивергенции около 6 см/год, что сопоста-вимо с современными скоростями движения плит.

Активно-окаинный магматизм. Общеизвестно, что современный магматизм, связанный с активно-окаинными зонами, расположен в параллельной полосе, отстоящей от зоны субдукции по паде-нию слеба на 50–200 км [3, 7]. Аналогичная за-кономерность выявлена и в Крыму. Так, севернее Предгорной сuture на расстоянии около 100 км, по данным бурения, выявлена параллельная зона рас-пространения интрузивных и вулканических пород андезитового состава, характерного для активных окраин континентов (рис. 1). Возраст магматизма по изотопным и палеонтологическим определе-ниям – от средней-ранней юры до раннего мела включительно [1, 8 и др.].

Учитывая очень интенсивное тангенциальное сжатие в Присутурном меланже и большую длительность активности (около 70 млн лет), можно полагать, что надсубдукционный активно-окраинный магматизм Равнинного Крыма отражает поглощение океанической коры Мезотетиса с амплитудой во многие сотни километров. Современная скорость субдукции 2–10 см/год. Приняв для мезозойской зоны конвергенции средние значения скорости, можно получить ширину субдуцированного Мезотетиса в 1500–1800 км, которая была определена по нашим палеомагнитным данным [12, 14].

Второй островодужный магматический комплекс широко развит в самом Горном Крыму. Он имеет преимущественно среднеюрский возраст и связан с синхронной сутурной зоной северного склона, расположенной на юге, в Анатолии [8]. Магматические породы этого комплекса были основными объектами палеомагнитных опробований и последующих реконструкций. Следует отметить, что в большинстве они сложнодислоцированные, нередко повернуты и даже опрокинуты. На южном берегу Крыма практически нет магматических объектов, имеющих бесспорно горячие контакты с породами таврической серии. Изначально они присутствовали, но при меланжировании были

уничтожены и превращены в тектонические. Часто магматические тела представляют собой кластолиты с неясными по масштабам и направлениям разворотами, с проблематичным возрастом образования. Кроме того, перемагничивание магнитных минералов, отмеченное во многих телах, может быть следствием низкоградного позднеюрско-раннемелового и неоген-четвертичного динамометаморфизма. Все это создает значительные сложности при целенаправленном получении достоверных палеомагнитных данных и после детального тектонического изучения приводит к необходимости отбраковки части изученных объектов.

Молассы также являются индикатором тектонической активности. При конвергенции они образуются одновременно, отражая рост коллизионного орогена. В Предгорном Крыму в автохтоне Предгорной сuture выделяется сложнодислоцированный *Битакский краевой прогиб* (рис. 1). Он образован в результате размыва Палеокрымских гор, располагавшихся севернее. Мощная (до 5 км) моласса палеопробиба сложена псефитами с фауной от средней юры до раннего мела включительно [8]. Большая длительность накопления молассы (около 70 млн лет) отражает синхронную конвергенцию с формированием субдукционно-коллизи-

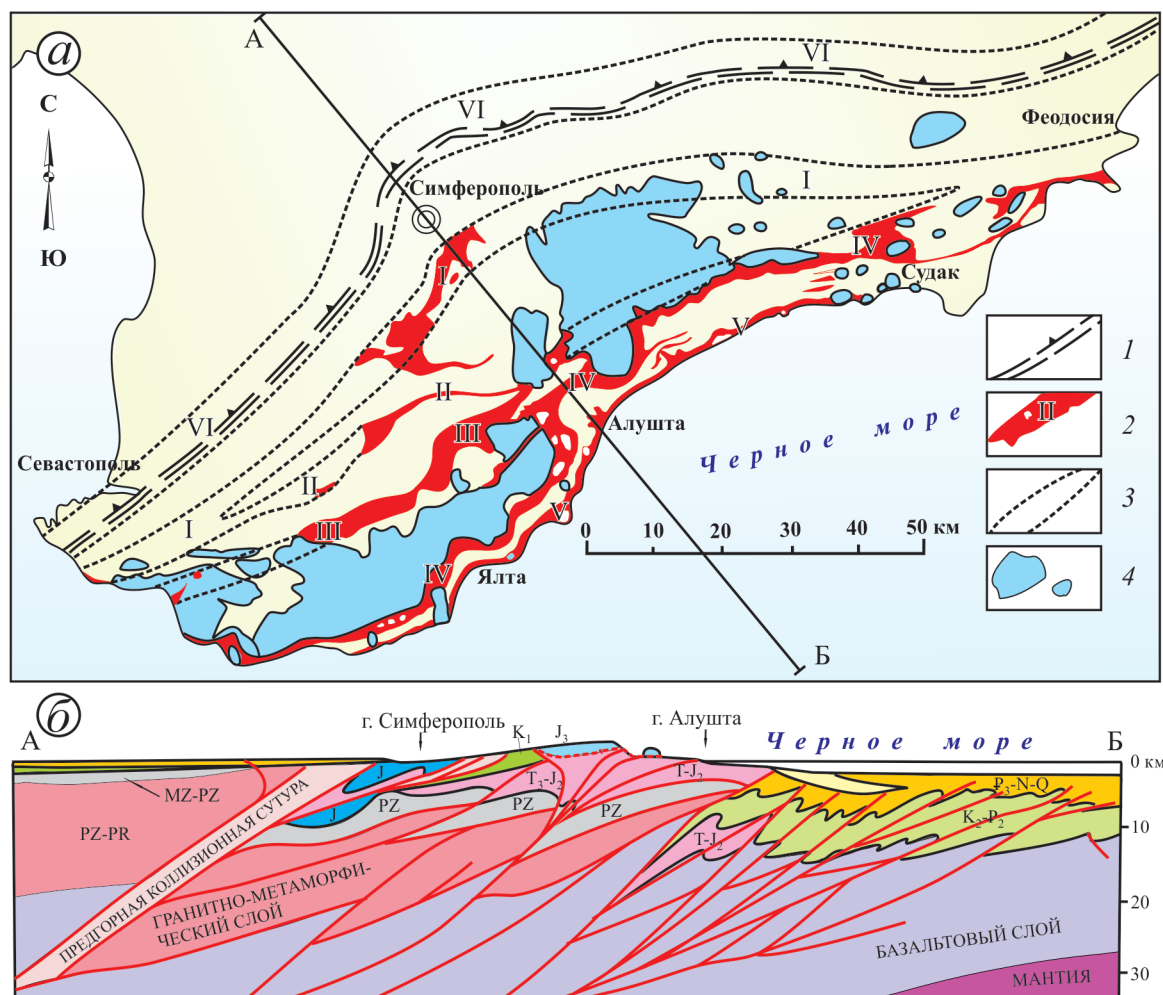


Рис. 2. Микститы Горного Крыма [8]

а – геологическая схема размещения микститов Крыма: 1 – Предгорная сutura под породами мела – кайнозоя, 2 – меланжи (красное) (I – Симферопольский, II – Мартовский, III – Соколинский, IV – Подгорный, V – Южнобережный; V – Присутурный) и крупные кластолиты (белое внутри контура), 3 – контуры меланжей под породами мела – кайнозоя, 4 – олистолиты и олистоплаки карбонатных пород средней-верхней юры; *б* – геологический разрез по линии А–Б

онного орогена. Принимая скорость конвергенции 2–3 см/год, можно оценить ширину поглощенной коры океана (и соответственно амплитуду Предгорного шарьяжа) в 1–2 тыс. км. Это соответствует палеомагнитным данным и сопоставимо с современными движениями плит.

Второй молассовый комплекс имеет южный источник сноса и выделяется во фрагментах *Демеджийского краевого прогиба* (рис. 1). Мощная, до 2,5 км, толща конгломератов имеет келловей-титонский возраст и связана с коллизией Крымии и Анатолии по предполагаемой Южнокрымской сuture. Возраст радиоаритов в гальках конгломератов триасовый [11]. В верхах разреза молассы гальки представлены осадочными, метаморфическими породами и протерозойскими гранитами, что свидетельствует о последовавшей коллизии и размыве Понтийского коллизионного орогена, располагавшегося южнее. Период конвергенции 10–20 млн лет, что значительно меньше, чем в Предгорной сuture. На этом основании можно полагать, что южнее Горнокрымского террейна в конце средней – начале поздней юры присутствовал фрагмент Мезотетиса, субдуцированный в титоне.

Шарьяжные меланжи. В строении Горного Крыма выявлены зоны крупных эндогенных хаотических дислокаций (меланжей) по породам таврической серии, средней юры и палеозоя [9]. Зоны имеют восток-северо-восточное простирание, северное падение и ширину до 5 км (рис. 2). Матрикс меланжа включает крупные глыбы-кластолиты, состоящие из органогенных известняков, грубогалечниковых конгломератов, песчаников и различных магматических пород, достигающих в поперечнике нескольких сот метров. Присутствуют и более мелкие глыбы размером до 1 м. Возраст пород кластолитов от нижнего карбона до юры. По данным ряда авторов, в микстите присутствуют породы и нижнего мела. В настоящее время в Горном Крыму закартированы девять региональных и ряд локальных

меланжей разного возраста [8]. К мезозойским относятся Присутурный, Симферопольский, Мартовский и Соколинский меланжи (рис. 2).

Подгорный, Южнобережный, Карадагский и Щebetовский меланжи имеют более молодой, неоген-четвертичный возраст. Но не исключено, что они образованы унаследованно по мезозойским микститам. Столь мощные зоны брекчирования в надвигах и полимиктовый состав их кластолитов свидетельствуют о значительных, в десятки километров, амплитудах горизонтальных перемещений в каждом из них.

Шарьяжные складки. Шарьяжное строение Горного Крыма обсуждается более 30 лет, начиная с работ Ю. В. Казанцева [2]. В настоящее время оно либо отрицается совсем, либо принимается по отдельным признакам, исходя из общего сходства строения Горного Крыма с шарьяжами Карпат и Кавказа. По определению тектонический покров (шарьяж) первого рода представляет собой крупную лежащую принадвиговую складку, перемещенную на несколько километров. Важным признаком выделения являются очень сильно сжатые принадвиговые лежащие и ныряющие складки с дважды и трижды опрокинутыми крыльями. В таких складках подосла пласта определяется на верхней поверхности напластования и в ядре, и в обоих крыльях.

В Горном Крыму такие шарьяжные складки, сложенные флишем таврической серии, выявлены во многих районах [8]. Лучший пример тому – район с. Трудолюбовка в бассейне р. Бодрак (рис. 3). Здесь в поднавдвиге Симферопольского меланжа расположена лежащая Патильская антиклиналь со сложносмятым подвернутым крылом. Очень большое тангенциальное сжатие структуры свидетельствует о значительных амплитудах горизонтального перемещения и о срыве флиша с палеоокеанического основания при субдукции.

В шарьяжах нередко отмечается наличие праводвиговой составляющей, подтверждаемое мелкими

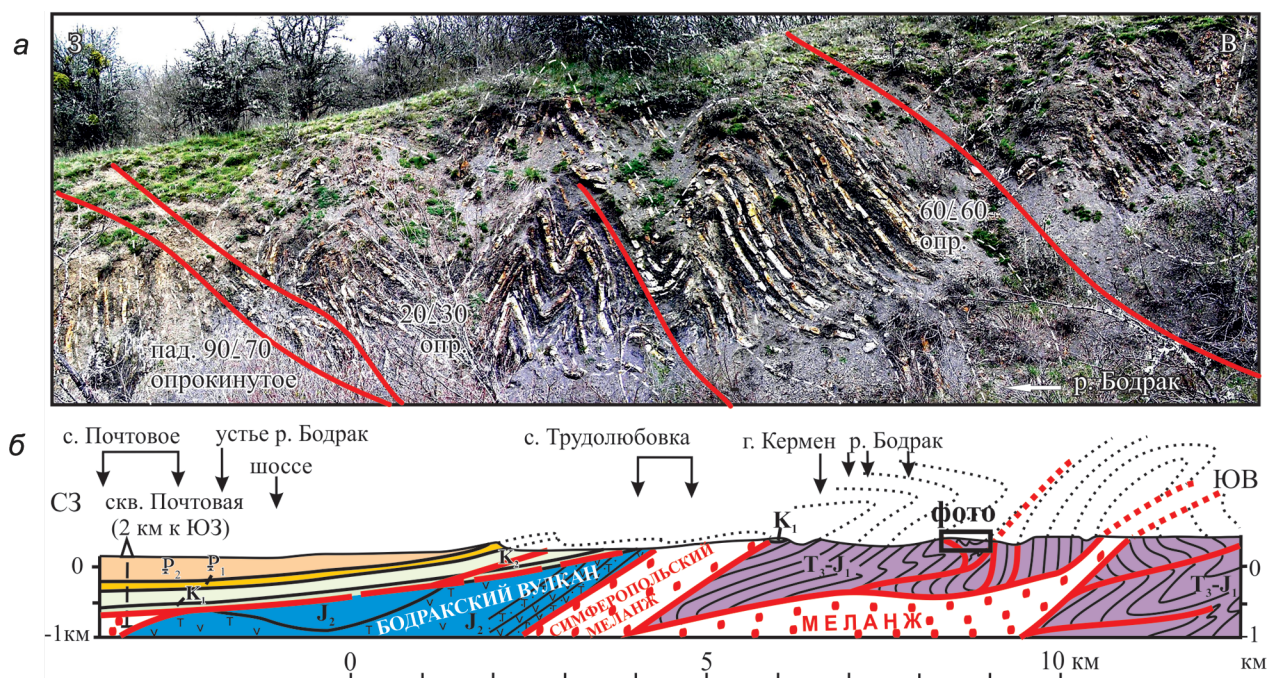


Рис. 3. Характер деформации пород таврической серии Симферопольского поднятия

а – шарьяжные дважды опрокинутые складки на р. Бодрак; б – геологический разрез с указанием места фотографии

складками с крутыми и субвертикальными шарнирами [8]. Выявленные по палеомагнитным данным существенные повороты кластолитов в крымских надвиговых меланжах также свидетельствуют о наличии сдвиговой составляющей.

Таким образом, Предгорный коллизионный шов со связанными с ним структурами и формациями отделял мезозойский Горнокрымский террейн (Крымю) от палеозойской Скифской плиты (Скифии). Последняя на севере ограничена Северокрымской сutureй позднепалеозойского возраста и южного наклона. Северный шов также перекрыт слабдеформированным чехлом из мезозойско-кайнозойских отложений. В мел-кайнозойской геологической истории палеомикроконтиненты Украина, Скифия и Крым последовательно присоединились к краю и вошли в состав Евразийской плиты.

Полученные нами и другими исследователями палеомагнитные данные о значительных перемещениях Горнокрымского террейна [12, 14] соответствуют рассмотренным выше геолого-тектоническим объектам. Коллизионные сuture, связанные с ним фрагменты офиолитовой триады, активно-окраинный магматизм, орогенные формации, а также мощные надвиговые меланжи и шарьяжные складки свидетельствуют о длительной субдукции коры Мезотетиса шириной около 2 тыс. км. Приведенные геолого-геодинамические данные подтверждаются палеотектоническими реконструкциями на основе палеомагнитных исследований.

1. Геология СССР. Т. VIII. Крым. Ч. 1. Геологическое описание. — М.: Недра, 1969. — 575 с.
2. Казанцев Ю.В. Тектоника Крыма. — М.: Наука, 1982. — 112 с.
3. Кеннет Д.П. Морская геология. Т. 1. — М.: Мир, 1987. — 397 с.
4. Корнейко А.А., Веселовский Р.В. Новые данные о палеомагнетизме среднеюрского магматического комплекса долины р. Бодрак (Горный Крым) // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2013. № 4. — С. 10–17.
5. Палеогеографический атлас Северной Евразии / ред. В.Г. Казьмин, Л.М. Натапов. — М.: Институт тектоники литосферных плит, CD-ROM, 1998.

6. Печерский Д.М., Сафронов В.А. Палинспастическая реконструкция положения Горного Крыма в средней юре — раннем мелу на основе палеомагнитных данных // Геотектоника. 1993. № 1. — С. 96–105.

7. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики: Учебник для вузов. — М.: Изд-во МГУ, 1995. — 480 с.

8. Юдин В.В. Геодинамика Крыма. — Симферополь, ДИАПИ, 2011. — 336 с.

9. Юдин В.В. Микститы Горного Крыма // Докл. РАН. 1998. Т. 363. № 5. — С. 666–669.

10. Юдин В.В. Предгорная сutura Крыма // Геологический журнал. 1995. № 3–4. — С. 56–61.

11. Юдин В.В., Вишневская В.С., Курилов Д.В. Офиолитовые радиолариты Крыма в геодинамике Мезотетиса // Докл. РАН. 2009. Т. 429. № 1. — С. 89–93.

12. Юдин С.В. Палеомагнитные исследования среднеюрских образований Горного Крыма // Вестник СПбГУ. Серия 7: Геологическая. — СПб., 2007. Вып. 1. — С. 31–41.

13. Юдин С.В. Палеомагнитные исследования среднеюрских образований на территории Горного Крыма // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент. — Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2004. — С. 187–192.

14. Юдин С.В. Предварительные результаты палеомагнитных исследований Бодракского субвулканического комплекса Горного Крыма // Геология Крыма: Ученые записки кафедры ист. геологии. — СПб.: НИИЗК СПбГУ, 2002. Вып. 2 — С. 126–129.

15. Юдин С.В., Юдин В.В. Проблемы геодинамической интерпретации палеомагнитных данных Крыма // Тезисы докл. 2-й Междунар. конф. «Полевые практики в системе высшего профессионального образования» (Крым, с. Трудолюбовка, 1–5 августа 2007 г.). — СПб.: СПбГУ, 2007. — С. 76–79.

16. Meijers M.J.V. Mesozoic paleomagnetic data from North Dobrogea (Romania) and Crimea (Ukraine): Cimmerian deformation phases along the southern margin of the East European Platform. — Netherlands: Utrecht University, 2004. — P. 102.

17. Mualla Cengiz Cinku, Z. Mumtaz H., Naci O. et al. Evidence of Early Cretaceous remagnetization in the Crimean Peninsula: a palaeomagnetic study from Mesozoic rocks in the Crimean and Western Pontides, conjugate margins of the Western Black Sea // Geophys. J. Int. (2013) 195. Advance Access publ., 2013. — P. 821–843.

18. Yudin V.V., Vishnevskaya V.S. The discovery of the Jurassic — Lower Cretaceous ophiolites from the Crimea. Abstract of 5th Zonenshain conf. on Plate Tectonics. — M., 1995. — P. 209.

Юдин Сергей Викторович — аспирант, вед. инженер, ВСЕГЕИ. <Sergey_Yudin@vsegei.ru>.

Юдин Виктор Владимирович — доктор геол.-минер. наук. <yudin_vv@mail.ru>.