

УДК [551.243:551.4] (4)

## Тектонолинеаментные зоны восток-северо-восточного простираения как составной элемент регматогенного разломного каркаса Балкано-Черноморского региона

В. В. Покалюк\*, И. Э. Ломакин, И. Н. Шураев

ГНУ "Центр проблем морской геологии, геоэкологии и осадочного рудообразования НАН Украины", Киев

Структурно-геоморфологический анализ глобальных цифровых моделей радарного 3-d рельефа позволяет выделить в пределах Балкано-Черноморского региона систему субпараллельных трансрегиональных тектонолинеаментных полосовидных зон — сквозных структур восток-северо-восточного простираения, чередующихся с шагом примерно 100 км и являющихся важнейшим составным элементом регматогенного разломного каркаса исследуемой территории: I — Южно-Карпатская, II — Перикарпатская, III — Азово-Адриатическая, IV — Балкано-Крымская, V — Северо-Греческая, VI — Северо-Эгейская, VII — Северо-Анатолийская. Они без изменения направления пересекают геоблоки различного строения, возраста, истории развития и продолжают в акваториях Черного и Эгейского морей. Общая согласованность их пространственной, морфоструктурной и кинематической организации свидетельствует о едином динамическом механизме формирования, связанном, вероятно, с общепланетарным ротационным фактором.

**Ключевые слова:** Балкано-Черноморский регион, тектонолинеаменты, SRTM, GEBCO, морфоструктуры рельефа, планетарная разломная сеть

© В. В. Покалюк, И. Э. Ломакин, И. Н. Шураев. 2018

### Введение

Современные методы морфоструктурного и тектонолинеаментного анализа с использованием космодешифрирования выявляют практически во всех регионах мира, континентальных и океанических сегментах земной поверхности, элементы регулярности разноранговых разломных сетей — множественные системы субпараллельных разломов, чередующихся с постоянным шагом, зависимым от ранга самих нарушений и проявленные на огромных площадях [2, 15]. Системы разных направлений связаны между собой, как правило, устойчивыми парагенетическими соотношениями, обусловленными регулярным характером глобальных и региональных полей напряжений в земной коре.

Изучение закономерностей расположения разрывных нарушений представляет не только теоретический, но и прикладной интерес — актуально при поисках рудных месторождений, тектоническом и геологическом районировании. С появлением в конце 20 века материалов космических съемок появилась возможность систематизации данных о закономерностях пространственного расположения линеаментных/разломных сетей регионально- и надрегионального ранга, их объективной оценки, учитывающей ранжирование разломов и разломных зон по степени иерархии.

Предметом нашего исследования являются закономерности пространственной организации региональных разломных зон (РЗ) и разломов Балкано-Причерноморского региона. На основании дешифрирования глобальных мелкомасштабных материалов космических радарных съемок (цифрового 3-d рельефа) было показано [29] существование системы транссредиземноморских полосовидных тектонолинеаментных зон/ поясов ВСВ ориентировки, секущих Средиземноморский подвижный пояс и частично выходящих за его внешние границы; дана общая оперативная информация об этих полосовидных мегаструктурах. В их числе наиболее крупной является Атласо-Черноморский тектонолинеаментный пояс (Атласо-Азовский суперлинеамент, по В. А. Бушу [4]) протяженностью около 6 000 км и шириной примерно 500 км [29]. Основная задача настоящей публикации — более детальное рассмотрение одной из важнейших частей этого пояса — его Балкано-Причерноморского сегмента, с целью выяснения закономерностей пространственной организации ансамбля региональных разломов северо-восточных и субширотных румбов для данного региона и подтверждения их среднемасштабным картографическим материалом, главным образом данными космических съемок и радарного 3-d рельефа, а также известными материалами других авторов. Актуальность таких исследований определяется проблемой согласования структурных планов акватории Черного моря и его континентального окружения.

\* E-mail: pvskan@ukr.net.

Тел. + 380-66-234-62-29, + 380-98-867-15-70

## Методология и методика

Научно-методологической основой работы являются: 1) представления о разломно-блоковом строении земной коры, тектонической делимости тектоносферы, традиционные для украинской геологической школы В. Г. Бондарчука–И. И. Чебаненко; 2) концепция глобальной линеаментной сети и планетарной трещиноватости (У. Хоббс, Д. Филлипс, Дж. Умброве, Г. Штилле, Е. Н. Пермяков, Н. Бутаков, Дж. Д. Муди и М. Хилл, Г. Н. Каттерфельд, Г. Джеффрис, М. В. Стюарт, А. В. Долицкий, В. И. Кийко, П. С. Воронов, С. С. Шульц, В. Е. Хаин, И. И. Чебаненко, К. Ф. Тяпкин, В. А. Буш, Я. Г. Кац, А. И. Полетаев, Э. Ф. Румянцева, В. И. Анохин и др.), которая рассматривает многогранное строение зон планетарной трещиноватости и связь их образования с ротационным режимом Земли.

Методика исследований основана на известных принципах и методических правилах линеаментного анализа и визуального дешифрирования аэрокосмоснимков (Я. Г. Кац, А. И. Полетаев, Э. Ф. Румянцева, Л. В. Милосердова, А. Е. Михайлов, Н. И. Корчуганова, Ю. Б. Баранов). Интегрирование аэрокосмических данных и широкого спектра картографических (геологических, геоморфологических, геофизических, батиметрических, сейсмотектонических) данных, а также обработка информации несколькими независимыми специалистами позволяет значительно снизить элемент субъективизма, который присутствует при традиционном визуальном дешифрировании. Высокую информативность и объективность имеют 3-мерные цифровые модели рельефа (ЦМР) на основе данных радиолокационной космической съемки. Они предоставляют широкие возможности дешифрирования с использованием теневой подсветки, что позволяет более эффективно выявлять разломы заданных направлений.

## Термины и понятия, принятые в работе

**Линеамент.** Под линеаментами обычно понимают “выдержанные по направлению прямолинейные элементы рельефа и ландшафта, обычно связанные с трещинами и разломами земной коры” [3], “... линейные структуры земной коры, выражающиеся в линейных формах рельефа суши или морского дна, линейных геологических формах, линейных аномалиях физических полей Земли и имеющие прямую или косвенную связь с разрывными нарушениями и зонами повышенной проницаемости в земной коре” [2]. Подобно разрывным нарушениям разнопорядковые линеаменты по протяженности разделяются на суперрегиональные, трассирующиеся на многие сотни и тысячи километров (супермега-линеаменты), региональные, вытянутые на десятки и первые сотни километров и локальные —

линеаменты небольшой длины (единицы — первые десятки километров). Линеаменты локального, реже регионального ранга, выраженные на поверхности в виде четких линий в практике дешифрирования именуют штрихами.

**Линеаментная зона.** Отдельные линеаменты (штрихи) концентрируются в сообщества — зоны и пояса линеаментов, имеющие некоторую ширину и внутреннюю структуру. На примере изучения линеаментов платформенных и складчатых областей СССР и других районов земного шара было предложено [6, 25] выделять следующие линеаментные сообщества: зоны регионального значения, мезозоны трансрегионального значения и пояса глобального значения. В. И. Макаров и Л. И. Соловьева [21] выделили под линеаментными зонами достаточно протяженные (регионального порядка) полосы сгущения линеаментов сравнительно небольшой протяженности, которые прерывисто продолжают или нередко “подставляют” друг друга по простиранию зоны. Описаны многочисленные факты сгущения (концентрации) линеаментов одного ранга в протяженные непрерывные или прерывистые зоны, характеризующиеся резко сокращенным “шагом” между линеаментами.

**Система (син. — ряд) линеаментов** — совокупность линеаментов, примерно параллельных друг другу (по аналогии с понятием “система трещин” [26]), реализованная на большой площади. На розах-диаграммах направлений линеаментов/разломов системы выражаются в виде конкретных статистически достоверных максимумов.

**Сопряженные системы линеаментов** — совокупность нескольких (обычно двух-трех, редко больше) систем линеаментов, связанных между собой тесными пространственными и парагенетическими взаимоотношениями. Сопряженные системы линеаментов часто реализованы внутри линеаментных зон разного ранга и образуют устойчивый в пространстве перекрестный структурный план (структурный рисунок) — параллелепипедальный, ромбовидный, миндалевидно-петельчатый, ортогональный (решетчатый) и др. Синонимом сообщества сопряженных систем является структурный (структурно-динамический) парагенезис линеаментов. По определению [9], *структурный парагенезис (парагенез)* — это совместное (пространственное) нахождение определенных структурных форм, закономерно возникших одновременно или последовательно в ходе единого деформационного процесса. Структурные парагенезисы и их ансамбли, обладающие характерными структурными рисунками, позволяют судить о тектонических движениях и деформациях, происходящих в толщах горных пород. Парагенезис сопряженных систем линеаментов образует *ансамбль линеаментов*. Ансамбли линеаментов группируются в *сети линеаментов*.

При изучении организации линеаментных ансамблей и их сетей первоочередной задачей является установление количественных взаимоотношений между разнонаправленными системами, определение среди них доминирующих и подчиненных. Эта задача решается статистически, в частности путем построения роз-диаграм. В дальнейшем каждая система линеаментов анализируется отдельно; итогом является построение комплектов карт линеаментов избранных простираций. Такой анализ позволяет легче увидеть закономерности площадного распределения и организации для различных систем. Указанный методический подход к анализу структурного плана региональных разломных сетей успешно апробирован ранее [17, 45].

В настоящей работе приоритет в выделении разломов дается системам линеаментов “продольным” по отношению к основной здесь трансконтинентальной структуре — Атласо-Черноморскому тектонолинеаментному поясу ВСВ простираения. В сообщество “продольных” разломов входит главная система ВСВ ориентировки и тесно сопряженные с ней структуры северо-восточного и субширотного (от З–В до ВЮВ) простираения. Важность изучения именно этих систем заключается в том, что, во-первых, они относятся к числу доминирующих для исследуемой территории, во-вторых, с ними часто связаны мезо-кайнозойские грабен-прогибы, часто концентрирующие залежи углеводородов. “Поперечные” структуры северо-западного, меридионального и субмеридионального (ССЗ, ССВ) направлений будут предметом отдельного рассмотрения.

**Район исследования** охватывает акватории Эгейского и Черного морей с прилегающими территориями Балканского полуострова, северного, западного и южного Причерноморья. В пределах территории выделяют такие основные структурно-тектонические элементы: юго-западная часть Восточно-Европейской платформы (ВЕП); Скифская платформа; Мизийская плита; альпийские орогены Карпато-Балканской сигмоиды, Динаро-Элленид, Центральной Добруджи, Крыма, северо-западной Анатолии; глубоководные впадины Черного моря.

### **Исторические предпосылки и основная проблематика**

Вопрос о количественных и пространственно-генетических соотношениях тех или иных систем разломов в пределах акватории Черного моря и его континентального окружения дискутируется довольно давно. И. И. Чебаненко [30, 31] для Украины и смежных областей выделяет две главные системы — диагональные, по азимутам  $305\text{--}310^\circ$  и  $35\text{--}40^\circ$ , четыре подчиненные системы, среди которых две субдиагональные ( $335\text{--}340^\circ$ ,  $65\text{--}70^\circ$ ), субширотная ( $280\text{--}285^\circ$ ) и субме-

ридиональная ( $10\text{--}15^\circ$ ) и две наименее проявленные, известные в литературе как ортогональные системы — широтная ( $0$  или  $180^\circ$ ) и меридиональная ( $90$  или  $270^\circ$ ). В отдельных регионах подчиненные субдиагональные системы могут быть проявлены настолько сильно, что становятся ведущими. В частности в пределах восточной части Причерноморской впадины и равнинного Крыма очень широко развиты системы  $65\text{--}70^\circ$  и  $280\text{--}285^\circ$ . Несколько иная точка зрения у А. В. Чекунова с соавторами [32], отдающими приоритет в целом ортогональным системам над диагональными: “На всех этапах развития Северного Причерноморья большое значение имели глубинные и другие крупные разломы..., группирующиеся в общих чертах в ортогональную и диагональную системы. Наиболее выразительна первая из них, заложившаяся и очень активно проявлявшая себя в раннем протерозое. В байкальском этапе доминировала диагональная система разрывных нарушений (особенно разрывы северо-западного направления); очевидно, большую роль она играла также в герцинском этапе развития. В альпийском этапе и, вероятно, киммерийском вновь преобладала ортогональная система субдолготных и близширотных разломов, суммарный эффект проявления которых в тектонике Северного Причерноморья является в целом определяющим”.

В дальнейшем общий вывод И. И. Чебаненко о доминировании диагональных и субдиагональных систем в пределах акватории СЗ шельфа и континентальной части Северного Причерноморья был подтвержден геолого-съёмочными работами и системными обобщениями геофизических, аэрокосмографических и других материалов [5, 7, 8, 11, 12, 16, 19, 20, 24, 27].

В. И. Макаровым [22] на основании анализа распределения крупных линеаментов территории СССР отмечено преобладание линеаментов северо-западной ориентировки для Европейско-Центрально-Азиатского сектора, образующих почти полный “веер” этого румба с пиком  $315^\circ$ . Линеаменты северо-восточного простираения здесь развиты меньше и дают два пика ( $25\text{--}45$  и  $75^\circ$ ). Тем самым, в аспекте темы настоящей публикации подчеркнута статистическая значимость субдиагональной ВСВ системы для западной части Евразии.

Большим вкладом в изучение разломных сетей региона стали карты разломной тектоники, полученные на основании дешифрирования космических снимков: космогенетическая карта европейских стран — членов СЭВ и СФРЮ, масштаба 1: 1 000 000 [18], карта разрывных нарушений и основных зон линеаментов юго-запада СССР масштаба 1: 1 000 000 [13], тектоническая схема Средиземноморья масштаба 1: 5 000 000 [35].

## Результаты

Дешифрирование космоснимков регионального масштаба в сочетании со структурно-геоморфологическими исследованиями и анализом существующих геологических карт показывает, что в Балкано-Причерноморском регионе четко выделяются линеаментные/разломные зоны субдиагональной ВСВ системы 60–75°, которая может быть определена в числе доминирующих, наряду с несколькими сопряженными системами иных направлений. ВСВ элементарные линейные объекты относительно равномерно расположены на всей территории в виде рассеянных штрихов (мезотополинеаментов длиной километры — первые десятки километров). Разъединенные и рассредоточенные однонаправленные линеаменты объединяются в зоны их концентрации, либо протяженные цепочки. Их генерализация позволяет выделять линеаментные зоны более крупного (регионального и надрегионального) ранга. Во многих случаях удается зафиксировать непрерывность разломных зон на протяжении многих сотен километров.

Проведенные структурно-геоморфологические исследования на основе дешифрирования аэрокосмических материалов позволили выделить в пределах Балкано-Причерноморского сегмента земной коры семь линеаментных/разломных зон надрегионального ранга, проходящих в ВСВ направлении близкопараллельно друг другу с шагом примерно 100 км: I — Южно-Карпатская восток-северо-восточная<sup>1</sup>, II — Перикарпатская, III — Азово-Адриатическая, IV — Балкано-Крымская, V — Северо-Греческая, VI — 7 Северно-Эгейская, VII — Северо-Анатолийская. Границы между ними в строгом смысле обозначить сложно, поскольку в промежутках фиксируются рассеянные линеаменты такого же направления. Учитывая протяженность указанных зон, измеряемую многими сотнями, нередко первыми тысячами километров, практически все они являются сквозными структурами надрегионального ранга, пересекающими различные геоблоки и структурно-тектонические элементы земной коры.

Общая конфигурация и пространственное расположение этих тектонолинеаментных зон показаны на рис. 1. Следует отметить, что такие же половоидные структуры ВСВ простирания имеют место к югу и к северу от исследуемой территории (Центрально-Венгерский линеамент, разломные зоны центральной и юго-восточной Анатолии и др.). В данной работе мы ограничились лишь рассмотрением Балкано-Причерноморского сегмента полосы концентрации линеаментов Атласо-Черноморского тектонолинеаментного пояса [29] шири-

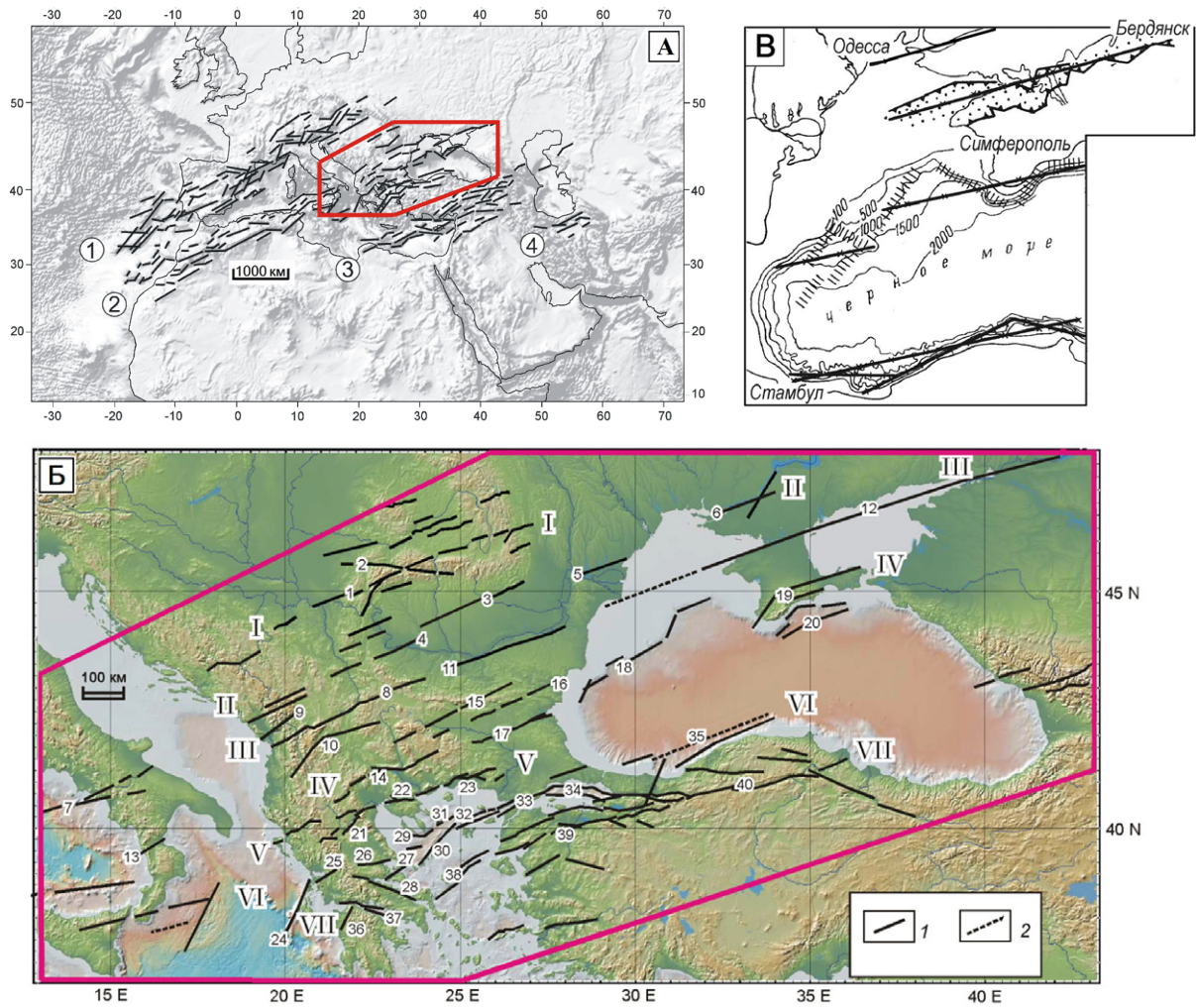
ной порядка 700 км от Южных Карпат до Северной Анатолии (см. рис. 1).

**Зона I — Южно-Карпатская восток-северо-восточная** — пересекает Южные и ЮВ Карпаты, выходя своими краями за внешние границы орогенной области в пределы окружающих равнинных территорий (рис. 2). В этом отношении она является транскарпатской разломной зоной, сопоставимой по своему рангу с Южно-Карпатской и Драво-Мурешской субширотными РЗ. Линеамент трассируется с ЗЮЗ на ВСВ линейным отрезком долины Дуная (Смедерево-Банатска Планка), затем вдоль его левого притока — р. Нера, далее по северной границе неогенового грабена Бозовичи, затем вдоль долины р. Джиул-де-Вест параллельно южному гребню гор Ретезат (линейно вытянутый олигоцен-четвертичный бассейн Петрошаны), вдоль долины р. Олт до западного склона Восточных Карпат. Через Восточные Карпаты линеамент прослеживается не явно, прерывистыми отрезками, проходя по северной границе бассейна Брашов. Наиболее достоверная часть линеаменты (Смедерево–Фэгэраш) протягивается на расстояние 350 км по азимуту 66°. Линеамент показан на космогенной карте европейских стран [18] в качестве регионального глубинного разлома; его крупные фрагменты также отмечены на тектонической схеме Румынии [42] как правосдвиговые.

**Зона II — Перикарпатская;** название принято по прохождению здесь так называемой Перикарпатской тектонической линии (фронта надвигов) [34, 39] — глубинной РЗ, контролирующей южное ограничение дуги Карпатского орогена и границу его со смежным перикарпатским прогибом и Мизийской плитой. Наиболее ярко в морфоструктурах поверхности проявлен линейный шов по линии Плуэшты–Вернешты (70 км, 61°), ограничивающий юго-восточный ороген Карпат. В обе стороны линии указанного шва отчетливо дешифрируется его продолжение по линии Крайова–Слатина–Гаэшты–Плуэшты–Вернешты–РымникуСэрат–Намолоаса (рис. 3, а) [18], так что общая протяженность непрерывного отрезка разломной зоны составляет 330 км, азимут 65° (Мизийско-Перикарпатская РЗ). В ближнем окружении, в пределах Южно-Карпатского форланда и Мизийской плиты, фиксируется множество меньших рассеянных линеаментов/разломов с таким же направлением [18, 42]. Мизийско-Перикарпатская РЗ продолжается с небольшими перерывами через Балканы и Динариды до побережья Адриатического моря в направлении Будвы (рис. 3) [18; 35].

В северо-восточном направлении Мизийско-Перикарпатская полоса тектонолинеаментов может быть продолжена еще двумя крупными разломами в пределах Придобруджского прогиба и Причерноморской впадины (см. рис. 1), отчетливо проявленными в рельефе: Измаил-Килия (120 км, азимут 72°)

<sup>1</sup> необходимо различать с широко известной Южно-Карпатской субширотной (ВЮВ) разломной зоной



**Рис. 1.** Восток-северо-восточные тектонолинеamentные зоны Средиземноморского подвижного пояса и Балкано-Черноморского сегмента.

А. Транссредиземноморские эшелонированные тектонолинеamentные пояса восток-северо-восточной ориентировки: Иберийско-Паннонский (1), Атласо-Черноморский (2), Восточно-Средиземноморско-Восточно-Анатолийский (3), Эльбурский (4) (из работы [29]; красным контуром показан регион более детальных (среднемасштабных) исследований).

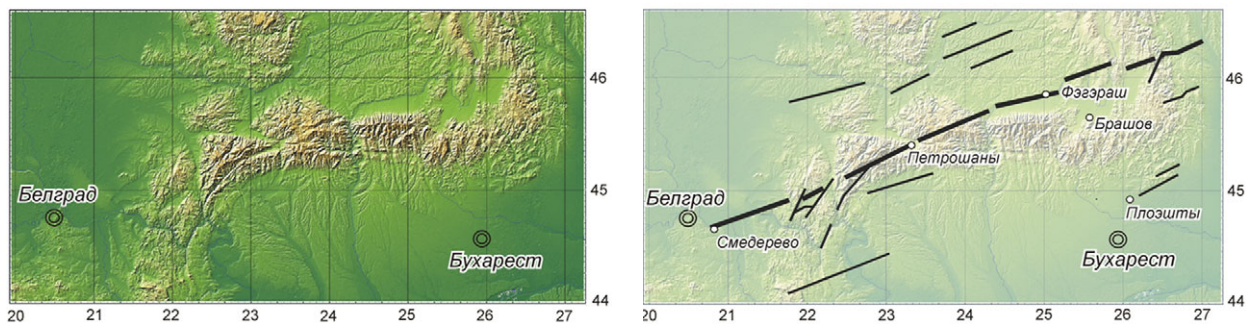
Б. Обзорная карта-схема главнейших тектонолинеamentных/разломных зон восток-северо-восточного направления Балкано-Причерноморского региона (на основании дешифрирования космических снимков и радарного 3-d рельефа, а также с использованием материалов [1, 4, 7, 8, 10, 18–20, 23, 24, 27, 29, 33, 35–37, 40–50, 52–55]).

1 — разломы регионального и надрегионального ранга, прослеживающиеся непрерывно, хорошо проявленные, достоверно подтвержденные; 2 — участки региональных и надрегиональных разломов, плохо проявленные, “скрытые” или подтвержденные по косвенным признакам.

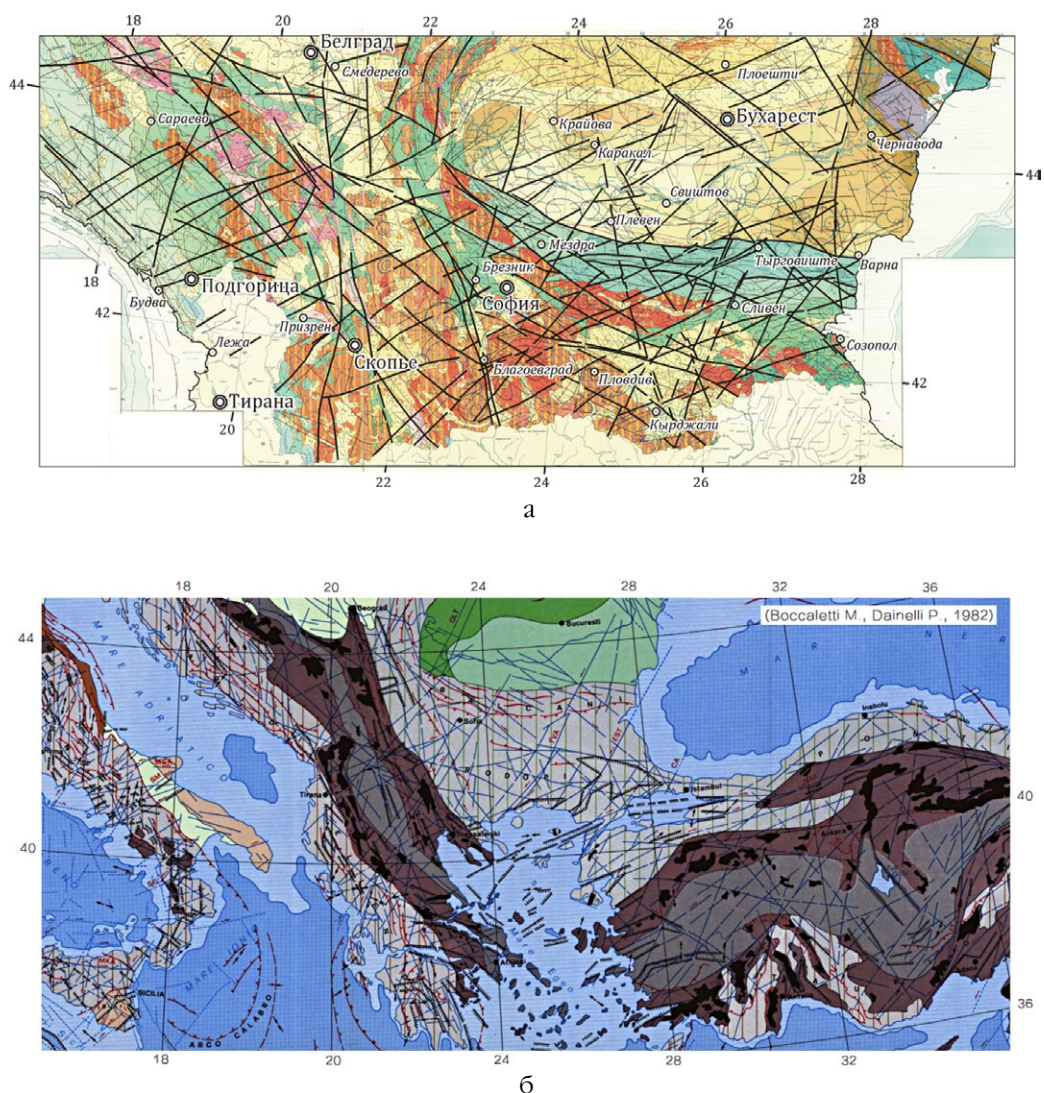
I–VII — тектонолинеamentные/разломные зоны надрегионального ранга: Южно-Карпатская восток-северо-восточная (I), Перикарпатская (II), Азово-Адриатическая (III), Балкано-Крымская (IV), Северо-Греческая (V), Северо-Эгейская (VI), Северо-Анатолийская (VII).

Арабские цифры — разломные зоны регионального ранга (см. таблицу).

В. Расположение основных разломных зон восток-северо-восточного направления в пределах Азово-Черноморской акватории (из работы А. Я. Краснощeka [19])



**Рис. 2.** Южно-Карпатский север-восток-восточный линеament на карте цифрового 3-d рельефа



**Рис. 3.** Региональные разломы Балкано-Мизийского и Эгейско-Анатолийского регионов (а — по материалам космотектонической карты СЭВ [18], с упрощениями; б — по карте М. Boccaletti, P. Dainelli [35])

и Херсон-Каховка (длина 90 км, азимут 70°). Первый трассируется уступом вдоль северного борта долины килийского русла Дуная, второй — линейным отрезком нижнего течения Днепра; последний продолжается далее к востоку от Каховки в виде рассредоточенных параллельных региональных нарушений с азимутом 70–73° в общем направлении Токмак–Розовка.

**Зона III – Азово-Адриатическая**, соответствует одноименному мегалинеаменту, охарактеризованному в работе [1]. Мегалинеамент в пределах суши хорошо отражается на космоснимках и по своему рангу является одним из наиболее крупных трансрегиональных зон сопряженных глубинных разломов юга Европы. Он уверенно прослеживается от восточного побережья Адриатического моря в районе Дринского залива (Албания), пересекает в ВСВ направлении Динариды, Балканиды, Мизийскую плиту, маркируется руслом нижнего течения Дуная, восточнее трассируется системой горстов и

грабенов северо-западного шельфа Черного моря, вдоль северного побережья Тарханкута и Азовского моря, и далее вдоль долины реки Дон до Цимлянского водохранилища. С учетом предполагаемого продолжения мегалинеамента в ЗЮЗ направлении (до о. Капри на юге Италии) его протяженность — 2 500 км, азимут простирания — 65–70°. По данным [14, 15] мегалинеамент протягивается значительно дальше Цимлянского водохранилища в ВСВ направлении — вплоть до Урала. По отношению к границам региональных тектонических структур он является на отдельных участках секущим, на других — граничным (конформным). На значительной части своего простирания он определяет юго-западную границу ВЭП и расположение здесь полосовидных грабенообразных прогибов, концентрирующих залежи углеводородов. Заложение грабен-прогибов ВСВ ориентировки (Каркинитско-Сивашского и других) в пределах северо-западного шельфа Черного моря и прилегающих территорий

началось как минимум с пермского возраста, о чем свидетельствует пермско-триас-нижнеюрское молассовое выполнение основания этих прогибов [28]. Таким образом, можно предполагать раннемезозойский (возможно еще раньше) возраст инициации рассматриваемого мегалинеамента.

Наиболее крупные, хорошо дешифрируемые участки длиной в несколько сот километров: Лежа–Плевен, Свиштов–Чернавода, Тарханкут–Цимлянск (см. рис. 1, таблица). В полосе Лежа–Плевен и ее ближнем окружении известны субпараллельные ВСВ региональные разломные зоны праводвиговой кинематики: Шкодер–Печ (Shkoder–Peje), Дринит–Лежа (Drinit–Lezha), Эльбасан–Дебар–Скопье–Кюстендил (Elbasan–Debar–Skopje–Kjustendil) [40, 41]. В Южных Апеннинах по простиранию линеамента располагаются крупные региональные разломы вблизи Неаполя и Салерно (краевые разломы полуострова Сорренто и др.), которые имеет леводвиговую кинематику [23, 35].

**Зона IV – Балкано-Крымская полоса** концентрации разломов ВСВ ориентировки шириной 100–50 км, на своем протяжении (1100 км) она включает: Балканскую область (пограничье Македонии и Греции, южную Македонию и южную Болгарию), систему краевых уступов северо-западного шельфа Черного моря, Крымский ороген и сопряженный с ним прогиб Сорокина. С перерывом через Адриатическое море зона может быть продолжена в некоторой степени условно на территории Южных Аппенин, где отмечается ряд региональных разломов ВСВ простирания (праводвиговой разлом Сангинето и др. [35]. По пограничью Македонии и Греции, ориентированному в ВСВ направлении, проходят региональные нарушения сбросового типа — Алмопия (Almopia FZ) и Керкини (Kerkinia FZ) [47]. В пределах южной Болгарии зона слагается несколькими крупными субпараллельными близко расположенными кулисами (с шагом между ними примерно 30–50 км): Благоевград–Сопот–Тырговиште, Мелник–Пловдив–Сливен–Варна, Кырджали–Созопол и др. (см. рис. 2, [18]. Недавние исследования [46] подтверждают, что разломы СВ, ВСВ, В-3, и ВЮВ ориентировки преобладают в юго-западной Болгарии и Македонии над ССЗ, при этом система ВСВ является одной из доминирующих и сейсмически активных. На Старо-Планинском участке отмечают леводвиговую кинематику ВСВ нарушений [18, 23]. О наличии глубинной разломной зоны ВСВ простирания в полосе краевых глубинных уступов северо-западного шельфа Черного моря (Западно-Черноморская РЗ по [8] свидетельствуют многие авторы [8, 19]; здесь прослеживается цепочка интенсивных магнитных аномалий, а также газовых факелов. Линейные участки бровки шельфа зигзагообразно чередуются по двум основным направлениям — СВ и ВСВ, отражая направление главных сбросов.

**Зона V – Северо-Греческая** — надрегиональная разломная зона, секущая Балканский полуостров. Протягивается от побережья Ионического моря в районе о. Корфу (Керкира) в ВСВ направлении через Внешние и Внутренние Эллины в направлении г. Фессалоники, далее трассируется по северной границе п-ва Халкидики и Эгейского моря до г. Кавала, затем прослеживается через Южные и Восточные Родопы (Южно-Родопская РЗ); общая протяженность 600 км, среднее направление 66°. Отдельные фрагменты имеют региональные названия: Souli F, Konitsa F, Kozani F, Aliakmonas FZ, Paleohori-Sarakina-Servia FZ, Thessaloniki-Gerakarou FZ, Kavala-Xanthi-Komotini FZ [36, 48, 47, 49, 55]. Пункты трассирования — Керкира–Фессалоники–Кавала–Ксанти–Комотины–Мани. Весь этот участок показан на карте [35] в качестве практически непрерывной разломной зоны. На своем протяжении линеамент состоит из региональных отрезков длиной 30–100 км северо-восточной, восток-северо-восточной и субширотной ориентации, последовательно зигзагообразно чередующихся по простиранию с общей аппроксимацией их в направлении ~ 66°. На тесную парагенетическую связь этих разноориентированных отрезков указывает принадлежность их к единой сейсмоактивной полосе нарушений; ярким примером является фрагмент Кавала–Ксанти–Комотины [52]. Большинство исследователей отмечают режим растяжения на всем простирании зоны [47], в особенности для нарушений субширотной ориентировки, к которым часто приурочены вытянутые грабены (грабен Mygdonia) и крупные сбросы. Восточнее, в областях Тракия и Странджа, зона является частично скрытой и проявлена не явно системой рассеянных мезотополлинеаментов основного ВСВ направления. К западу от Балканского полуострова она прослеживается ВСВ системами уступов рельефа дна Ионийского моря и праводвиговых разломов Калабрии и Сицилии [35]. В настоящее время зона является сейсмоактивной [52]. Тектоническая активность ее проявилась по данным [38] с раннего миоцена и особенно в плейстоцене, так же как полосы разломов Северо-Эгейского трога и Мраморного моря, расположенной южнее.

**Зона VI – Северо-Эгейская** — широко известна как северная ветвь Северо-Анатолийской РЗ (NAFZ). Состоит из ряда крупных региональных тектонических структур (сегментов NAFZ), в числе которых выделяют (с запада на восток): Северо-Эгейский трог (NAT), включающий разломные зоны Ситония, Спорадес-Лимнос (Sithonia fault zone, Sporades-Limnos fault zone), трог Сарос, разломная зона Ганос, система пул-апарт-грабенов и разломов Мраморного моря (рис. 1, б) [37, 44, 51, 54]. На мелкомасштабной модели цифрового рельефа (SRTM-GEBCO) отчетливо видно, что линеамент Северо-Эгейского трога и Мраморного моря продолжает

Состав и параметры главнейших тектонолинеamentных/разломных зон ВСВ направления Балкано-Причерноморского региона (в сочетании с сопряженными системами северо-восточного и субширотного направлений)

Номер на карте	Региональные линеamentы/разломные зоны (РЗ)	Пункты трассирования	Азимут просирання (градусы)	Длина (км)	Литературные источники
Зона I — Южно-Карпатская восток-северо-восточная (длина 490 км, аз. 67°)					
1	Южно-Карпатская северо-восток-восточная РЗ	Смедерво-Бозовичи-Петрошаны-Фэтраш	67	380	[18, 42]
2	Южно-Карпатская субширотная РЗ	Оцелул-Рошу-Петрошаны-Козиа-Годени-Кымпина	97	390	[42]
Зона II — Перикарпатская (длина 1 270 км, аз. 64–70°)					
3	Мизийско-Перикарпатская РЗ	Крайова-Слагина-Гаэпты-Плоэпты-Вернепты-Рымнику Сэрат-Намолоаса	65	330	[17]
4		Будва-Каракал	64	480	[18, 35]
5		Мачин-Измаил-Киляя-Приморское	72	120	
5		Херсон-Каховка	70	90	[19]
Зона III — Азово-Адриатическая (Азово-Адриатический мегалинеament) (длина 2 500 км, аз. 64–70°)					
7	Сорренто РЗ	Капри-Салерно	66-71	100	[23, 35]
8		Аска-Призрен-Брезник-Мездра-Враца-Плевен	64	450	[1]
9	Shkoder-Preje fault zone	Шкодер-Печ	57	110	[40]
10	Elbasan-Debar-Skopje-Kjustendil fault zone (EDSK FZ)	Эльбасан-Скопье — 39°, 100 км; Скопье-Кюстендил — 72°, 160 км.		Сочетание СВ и ВСВ фрагментов	[41]
11		Свиштов-Чернавода	68	230	[1]
12	Азово-Тарханкутский разлом, Главный Азовский разлом	Тарханкут-Ростов на Дону-Цимлянск	68	900	[1, 4, 19]
Зона IV — Балкано-Крымская (длина 1 100 км, аз. 63–68°)					
13	Sanginetto fault zone	Sanginetto-Sibañ	68	55	[35]
14	Almopia FZ and Kerkini FZ	Skopos-Loutnik-Kastanousa-Petritsi		Сочетание СВ, ВСВ и широтных фрагментов	[47]
15		Благоевград-Сопот-Тырговиште	63	315	[18]
16		Мелник-Пловдив-Сливен-Варна	63	415	[18]
17		Кырджал-Созопол	68	220	[18]
18	Западно-Черноморская (по [8])	Полоса краевых уступов СЗ шельфа Черного моря		Сочетание СВ и ВСВ фрагментов краевых уступов шельфа	[8]
19	Крымский ороген	Балаклава-Симферополь (Георгиевский разлом — 40°, 65 км); Генеральское-Феодосия — 68°, 75 км; Перевальное-Керчь — 70–73°, 180 км		Сочетание СВ и ВСВ фрагментов	[8]
20	Прогиб Сорокина			Сочетание СВ и ВСВ фрагментов краевых уступов шельфа	[7, 8, 24]
Зона V — Северо-Греческая (длина 600 км, аз. 66°)					
21	Alakmonas fault zone, Paleohoi-Servia fault zone	Палеохори-Сервия	59	55	[36, 47, 48]
22	Thessaloniki-Rentina Fault System (FRFS), Thessaloniki-Gerakarou fault zone (TGFZ), Mygdonia fault zone	Фессалоники-Рентина	96	55	[47, 52, 55]
23	Kavala-Xanthi-Komotini fault zone (South Rodope fault zone)	Кавала-Ксанты-Комотины		Сочетание СВ, ВСВ и ВЮВ фрагментов	[47, 52, 54]
Зона VI — Северо-Эгейская (длина 450–830 км, аз. 70°)					
24	Kefalonia fault zone		20	150	[36, 47, 53]
25	Alevnda fault zone (AFZ).		55	30	[53]
26	Kremasta-Sperchios Fault System (KSFS)		102	130	[53]
27	Oreoi Channel fault zone (OCFZ)		65-70	65	[53]
28	The Southern Thessaly fault zone (STFZ), Thessalian fault system		75-90	90	[52, 53]
29	Sithonia fault zone		56-65	80	[44]
30	Sporades-Limnos fault zone		40	150	[44]
31	Athos fault zone		60	40	[44]
	Северо-Эгейский трог (North Aegean Trough (NAT)), North Aegean Sea fault system.	Sporades-Limnos fault zone — 40°, 150 км; Saros trough — 72°, 150 км		Сочетание СВ и ВСВ фрагментов	[37, 52, 54]
32	Saros trough		72	150	[44, 54]
33	Ganos fault zone		67	45	[44]
33	Мраморноморский сегмент Северо-Анатолийской РЗ			Сочетание СВ, ВСВ и ВЮВ фрагментов	[51]
35	Южно-Черноморская РЗ			Сочетание ВСВ, З-В и ВЮВ фрагментов	[19]
Зона VI — Северо-Анатолийская (длина 1 100 км, аз. 68–70°)					
36	Achaia Fault Zone		25- 60		[43]
37	Coñinth Gulf Fault System		35		
38	Центрально-Эгейский (Скирос-Эдремит) трог, Skiros-Edremit trough	Скирос-Эдремит (200 км)	105	130	[43, 53]
39	Южная ветвь Северо-Анатолийской РЗ	Эдремит-Бурса-Болу	70	420	[33, 45, 51]
40	Центральный сегмент Северо-Анатолийской РЗ	Болу-Бафра	73	370	[45]



ся в виде единой генеральной линии в акваторию Черного моря, совпадая с южной ступенью Западно-Черноморской впадины (Южно-Черноморской РЗ по А. Я. Краснощеку [19]) (см. рис. 1, Б).

По представлениям многих современных авторов, разломная зона Северо-Эгейского трога прерывается на западе поперечными структурами Внутренних Эленид и далее в Центральную Грецию не распространяется. Однако это не соответствует доминирующему, и, в целом согласному, СВВ и субширотному расположению здесь сейсмоактивных зон, как в пределах греческого полуострова, так и в Эгейской акватории [49, 52]. Результаты дешифрирования космических снимков также свидетельствуют о продолжении рассматриваемого линеамента через континентальную часть Центральной Греции, несмотря на доминирующий в этом регионе “поперечный” (ССЗ) фон тектонических элементов: линеамент “распадается” здесь на ряд рассредоточенных и зигзагообразно чередующихся разломов и разломных зон ВСВ, СВ и субширотной ориентировки. А. Килиас с соавторами [53] убедительно показали на основании детальных структурно-тектонических исследований динамическую связь Северо-Эгейской РЗ с Кефалонийской РЗ (Cephalonia Transform Fault), располагающейся по другую сторону полуострова, через системы тесно сопряженных северо-восточных (Southern Thessaly (STFZ), Oreoi Channel Fault Zone (OCFZ), и субширотных (Kremasta Fault System (KFS), Sperchios Fault System (SFS)) разломов Центральной Греции (рис. 4). Об этом же свидетельствуют и сейсмологические данные по Эгейско-Анатолийскому региону [50], показывающие максимальную плотность и интенсивность сейсмической активности вдоль практически линейно ориентированной в ВСВ направлении (~ 68°) полосы Кефалония–Фессалия–Северо-Эгейский трог–Мраморное море–Южная Черноморская ступень (рис. 5). Вполне очевидно, что эта полоса представляет собой сквозную структуру, глубинный тектонически активный мегалинеамент высокого ранга. Большинство исследователей отмечают на всем его протяжении праводвиговую кинематику с растяжением.

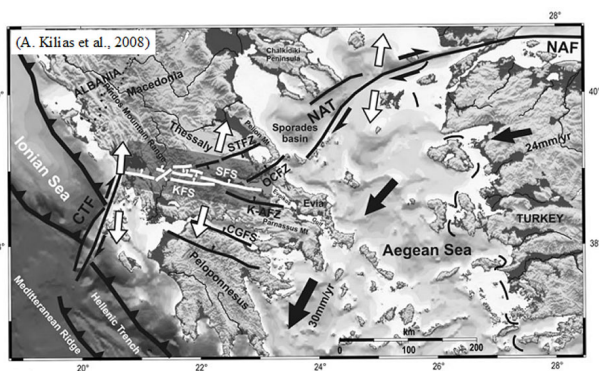


Рис. 4. Взаимосвязь разломных зон Центральной Греции с праводвиговыми разломными зонами NAT (Северо-Эгейского трога) и CTF (Кефалонийской РЗ) (А. Kiliас et al. [53])

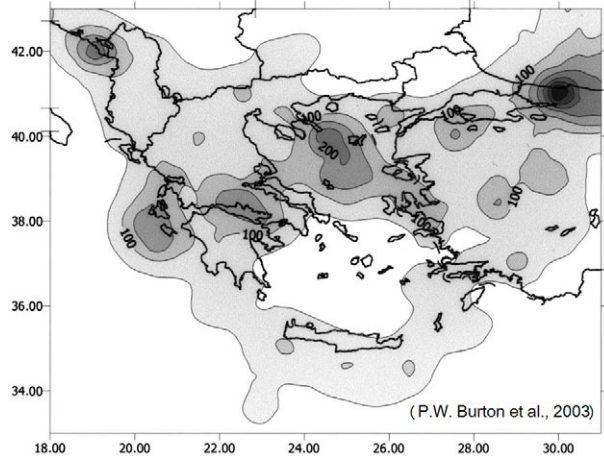


Рис. 5. Карта сейсмической опасности для Греции и сопредельных территорий (P.W. Burton et al. [50])

**Зона VII — Северо-Анатолийская** — включает близко расположенные субпараллельные кулисы южной ветви широко известной Северо-Анатолийской РЗ [33, 45, 51] (рис. 6). Она хоро-

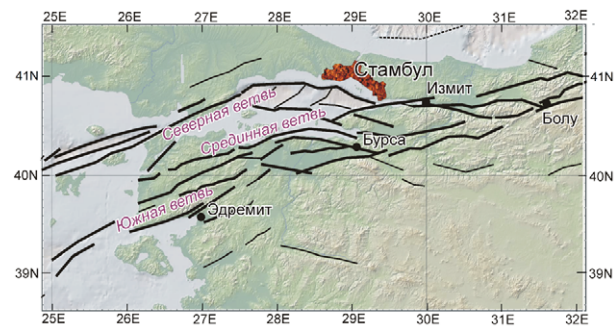


Рис. 6. Сочетание СВ, ВСВ, ЗВ – ВЮВ региональных фрагментов в строении Северо-Анатолийской РЗ (NAFZ)

шо прослеживается на картах радарного рельефа (SRTM, GEBCO) практически непрерывно на расстоянии 1 000 км (азимут ~ 70°) от острова Скирос в Эгейском море, включая Центрально-Эгейский (Скирос-Эдремит) трог, до побережья Черного моря в районе г. Бафра и бухты Самсун. В сеймотектоническом отношении является весьма активной с праводвиговой кинематикой движений [33]. Пункты трассирования: Скирос–Эдремит–Бурса–Болу–Бафра. В пределах южной и центральной Греции зона может быть продолжена системой ВСВ региональных нарушений, отмеченных на карте М. Бокалетти, П. Дайнелли [35], а также полосой сопряженных СВ и ВЮВ разломных зон — Achaia Fault Zone, Corinth Gulf Fault System [43, 53]. Конформно направлению рассматриваемой зоны, с перерывом через акваторию Черного моря, располагается крупная региональная полоса нарушений по линии Сухуми–Нальчик, секущая Кавказ.

### Особенности пространственной организации системы линеаментных зон ВСВ простирания

Устанавливается многопорядковая ритмичность в распределении разломов и разломных зон. “Шаг” между наиболее крупными структурами составляет 400–500 км (между Перикарпатской + Азово-Адриатической и Северо-Эгейской + Северо-Анатолийской полосами линеаментов). Ближайшими структурами такого же ранга являются Средне-Венгерский линеамент, отстоящий от Перикарпатской линии к северу на 450 км, и Южно-Критская полоса линеаментов, отстоящая к югу от Северо-Анатолийской зоны на 500 км. Следующий порядок чередования, слабее проявленный ~ 350 км (между Азово-Адриатической и Северо-Эгейской РЗ). Далее следует наиболее часто встречающийся “шаг” в 80–100 км между крупными надрегиональными разломными зонами протяженностью многие сотни километров. Затем, с периодичностью в 20–50 км чередуются субпараллельные региональные разломы длиной первые сотни километров. Еще меньший порядок отмечается уже, как правило, для локальных разломов и мезотополинеаментов. Эти данные хорошо коррелируются с результатами В. М. Анохина [2], который определил частоты чередования разноранговых линеаментов главных направлений планетарной разломной сети: 2–3 км, 5–10 км, 20–30 км, 50 км, 100 км, 200–300 км, 500 км. И. И. Чебаненко [30] отмечал такой же порядок чередования (500 км) крупнейших разломных зон СЗ ориентировки для Восточной Европы.

Важно отметить, что указанные зоны ВСВ ориентировки не ограничиваются в своем распространении регионом исследования. Они без изменения направления пересекают в ЗЮЗ направлении поперечные структуры Балканского полуострова (зоны Струма, Вардар, Динаро-Эллииды и др.), хотя проявленность их здесь может быть значительно меньше, чем в Мизийско-Эгейско-Анатолийском сегменте. Так же они продолжают и в ВСВ направлении через акваторию Черного моря и Северное Причерноморье. На своем протяжении они пересекают или являются граничными для различных по своему строению геоблоков, нередко испытывающих разнонаправленные вертикальные движения. В этом отношении, учитывая также протяженность во многие сотни и первые тысячи километров, они являются сквозными мегас-структурами надрегионального ранга.

Во внутренней организации разломных зон отмечается определенная закономерность. Легко убедиться, что каждая из них состоит из систем кулисных и зигзагообразно чередующихся линеаментов меньшего ранга, среди которых доминирует устойчивый парагенезис сопряженных северо-восточных, восток-северо-восточных и субширотных направлений. Сочетание этих трех основных на-

правлений образует ромбовидный структурный рисунок, ярко проявленный на всем простирании зон. Точно такое сочетание сопряженных направлений разломов было отмечено ранее А. Я. Краснощекком [19, 20] для акватории Азовского и западной части Черноморского бассейнов, а также нами [10] для Приазовского блока Украинского щита и равнинного Крыма. Все эти области входят в зону динамического влияния Атласо-Черноморского тектоно-линеаментного пояса ВСВ простирания, поэтому становится понятной для них однотипность структурного рисунка разломов.

Характерной чертой рассматриваемых тектоно-линеаментных зон, указывающей на особенности иницирующего поля напряжений, является приуроченность к ним структур-индикаторов режима растяжения — щелевидных трогов, линейных грабенов, амплитудных сбросов.

Общая согласованность пространственной (плановой), морфоструктурной и кинематической организации этих зон свидетельствуют о едином динамическом механизме формирования всей системы в целом.

### Выводы

1. В статье показана чрезвычайно широкая распространенность ВСВ системы 60–75° региональных разломов на всей территории Балкано-Причерноморского сегмента Атласо-Черноморского тектонолинеаментного пояса. По отношению к последнему эта система является конформной или “продольной” и строго подчиняется его основному направлению. Характерна выдержанность распространения системы на огромной площади. Она относительно равномерно, в виде субпараллельных разноранговых разломов и разломных зон пронизывает всю ткань исследуемой территории, в том числе и “поперечные” складчато-орогенные и шовные зоны северо-западных и субмеридиональных румбов, например, Карпаты, Динаро-Эллииды, зоны Струма, Вардар, Тейссейра-Торнквиста. Указанная система нарушений широко распространена также за пределами рассматриваемого Балкано-Черноморского региона. Среднее значение азимута этой системы составляет  $68^{\circ} \pm 5^{\circ}$ . Намечается слабо выраженное веерообразное изменение направлений разломов и разломных зон этой системы от 60–65° в Карпатах и Мизии до 70–75° в Северной Анатолии.

2. Основная фаза активизации данной системы соответствует неотектоническому этапу; инициация её началась значительно раньше, начиная, как минимум с раннего мезозоя.

3. Устанавливается многопорядковая ритмичность чередования разноранговых разломов и разломных зон данной системы (400–500, 350, 80–100, 20–50 км), соответствующая примерно такому же

порядку чередования для планетарной линеаментной сети (по В. М. Анохину [2]).

4. Структурно-геоморфологический анализ глобальных цифровых моделей радарного 3-d рельефа позволяет выделить в пределах Балкано-Черноморского региона систему трансрегиональных субпараллельных полосовидных тектонолинеаментных зон восток-северо-восточного простирания, чередующихся с шагом примерно 100 км: I — Южно-Карпатская, II — Прикарпатская, III — Азово-Адриатическая, IV — Балкано-Крымская, V — Северо-Греческая, VI — Северо-Эгейская, VII — Северо-Анатолийская. Каждая из них является сквозной структурой, сквозным мегатектонолинеаментом. Многие находят непосредственное продолжение в акватории Черного моря, в пределах его западного и северо-западного секторов, совпадая с выделенными здесь ранее А. Я. Краснощекком [19, 20] главными зонами тектонических нарушений. Это говорит о единстве структурного плана суши и акватории и единстве регматогенного каркаса в целом для исследованной территории. Структурный план для континентальной части и акватории Черного моря в отношении разломов и разломных зон ВСВ ориентировки полностью согласуется.

5. Внутренняя организация ВСВ зон складывается из сочетания парагенетически тесно связанных между собой нарушений восток-северо-восточного, северо-восточного и субширотного направлений, вместе образующих ромбовидную структурную сеть, проявленную на разных иерархических уровнях.

6. Указанные полосовидные РЗ являются составными элементами более крупной структуры транссредиземноморского масштаба — Атласо-Черноморского тектонолинеаментного пояса.

7. Единство структурного рисунка сети линеаментов северо-восточных и субширотных румбов на всей территории предполагает и единство поля напряжений и динамического механизма их формирования, которые имеют надрегиональный ранг и, по всей вероятности, связаны с ротационным режимом оболочек Земли. Указанные линеаментные зоны являются индикаторами тектонической делимости литосферы, составной частью ее регматогенного каркаса и многогранной системы зон планетарной трещиноватости.

## Литература

1. Азово-Адриатический мегалинеамент — трансрегиональная зона сопряженных глубинных разломов юга Европы / И. Э. Ломакин [и др.] // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2018. — № 2. — С. 30–48.
2. Анохин В. М. Особенности строения планетарной линеаментной сети : автореф. дис. ... докт. геогр. наук / В. М. Анохин. — Санкт-Петербург, 2011. — 33 с.
3. Большая Советская энциклопедия. — [3-е издание]. — М.: Сов. энциклопедия. — Т. 14. — 1973. — 624 с.
4. Буш В. А. Трансконтинентальные линеаменты и проблемы мобилизма / В. А. Буш // Геотектоника. — 1983. — № 4. — С. 14–25.
5. Верховцев В. Г. Новітні платформні геоструктури України та динаміка їх розвитку: автореф. дис. ... д-ра геол. наук: спец. 04.00.01 “Загальна та регіональна геологія” / В. Г. Верховцев — Київ, 2008. — 36 с.
6. Геологическое дешифрирование космических снимков Восточной части Средиземноморского пояса / С. Л. Вызова [и др.]. — М.: Недра, 1981. — 205 с.
7. Геолого-структурно-термоатмогеохімічне обґрунтування нафтогазоносності Азово-Чорноморської акваторії / Гожик П. Ф. [та ін.]. — К.: Логос, 2010. — 419 с.
8. Геофизические неоднородности литосферы мегавпадины Черного моря / В. И. Старостенко [и др.] // Геофизический журнал. — 2010. — № 5. — Т. 32. — С. 3–21.
9. Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины / О. Б. Гинтов. — К.: Феникс, 2005. — 572 с.
10. Закономерности пространственной ориентировки тополинеаментных систем Северного Причерноморья / И. Э. Ломакин [и др.] // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2016. — № 4. — С. 53–66.
11. Занкевич Б. А. Унаследование структурных планов северо-западного шельфа Черного моря / Б. А. Занкевич, Н. В. Шафранская, Т. А. Мельниченко // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2009-а. — № 1. — С. 52–60.
12. Занкевич Б. А. Тектоническая позиция зоны газовых факелов северо-западной части Черного моря / Б. А. Занкевич, Н. В. Шафранская // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2009-б. — № 3. — С. 35–54.
13. Карта разрывных нарушений и основных зон линеаментов юго-запада СССР (с использованием материалов космической съемки), масштаб 1: 1 000 000 / редактор / Распопова М. Г. и др.; под ред. Н. А. Крылова. — Киев: Министерство геологии УССР, 1988.
14. Кац Я. Г. Линеаментная тектоника Альпийского горноскладчатого обрамления Восточно-Европейской платформы / Я. Г. Кац, А. И. Полетаев // Известия вузов. Геология и разведка. — 1983. — № 3. — С. 3–13.
15. Кац Я. Г. Основы линеаментной тектоники / Я. Г. Кац, А. И. Полетаев, Э. Ф. Румянцева. — М.: Недра, 1986. — 140 с.
16. К проблеме юго-западной границы Восточно-Европейской платформы / И. И. Чебаненко [и др.] // Геологический журнал. — 1989. — №3. — С. 40–50.
17. Космическая информация в геологии / отв. ред.: В. Г. Трифонов, В. И. Макаров, Ю. Г. Сафонов, П. В. Флоренский. — М.: Наука, 1983. — 536 с.
18. Космотектоническая карта европейских стран — членов СЭВ и СФРЮ. М-б 1: 1 000 000 / гл. ред. Н. В. Межеловский. — СЭВ, 1987.
19. Краснощек А. Я. Пространственные особенности активизации глубинных разломов в западной части Черного моря / А. Я. Краснощек // Геологический журнал. — 1989. — № 1. — С. 84–88.
20. Краснощек А. Я. Системи розломів фундаменту і їх

- взаємозв'язок із структурами осадового чохла у межах Північного Причорномор'я / А. Я. Краснощок / *Геологический журнал* — 1976. — Т. 36. — Вип. 5. — С. 10–17.
21. Макаров В. И. Перекрестный структурный план земной коры и проблема проявления ее глубинных элементов на поверхности (на примере Тянь-Шаня и Туринской плиты) / В. И. Макаров, Л. И. Соловьева // *Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология.* — М.: ВИНТИ, 1976. — Т. 5. — С. 18–42.
22. Макаров В. И. Предварительная карта линеаментов территории СССР // *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.* — 1978. — № 10. — С. 30–34.
23. Международная тектоническая карта Европы. М-б 1 : 5 000 000. Третье издание / [гл. ред. В. Е. Хаин, Ю. Г. Леонов]. — ЮНЕСКО, РАН, 1996.
24. Нафтогазоперспективні об'єкти України. Теоретичне і практичне обґрунтування пошуків нафти і газу в акваторіях України / Гожик П. Ф. [та ін.]. — К.: Вид. дім ЕКМО, 2010. — 200 с.
25. Полетаев А. И. Линеаментные системы горно-складчатого обрамления Туранской плиты / А. И. Полетаев, Э. Ф. Румянцева, Арк. В. Тевелев / *Труды школы-семинара молодых ученых: Основные проблемы геологических наук.* Черногловка, Май 1981. — М.: МГУ, 1982. — Ч. II. — С. 26–69. — Деп. в ВИНТИ 12.01.83 № 201–83.
26. Рац М. В. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород / М. В. Рац, С. Н. Чернышов. — М.: Недра, 1970. — 164 с.
27. Седлерова О. В. Геологічна інтерпретація результатів інтеграції даних багатоспектрального космічного знімання і геолого-геофізичних даних для прогнозування нафтогазоперспективних зон на регіональному рівні (на прикладі Північно-Західного шельфу Чорного моря) [Електронний ресурс] / О. В. Седлерова // *Український журнал дистанційного зондування Землі.* — № 7. — 2015. — С. 47–57. — Режим доступу к журналу: <http://ujrs.org.ua>. — Название с экрана.
28. Тектоника и история развития северо-западного шельфа Черного моря / Ю. Г. Моргунов [и др.]. — М.: Наука, 1981. — 244 с.
29. Тектонолинеаментные зоны восток-северо-восточного простирания и некоторые вопросы тектоники Средиземноморья / И. Э. Ломакин [и др.] // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана.* ISSN 1999-7566. — 2017. — № 2. — С. 68–76.
30. Чебаненко И. И. Основные закономерности разломной тектоники земной коры и ее проблемы / И. И. Чебаненко // *Тр. ИГН АН УССР. Сер. геотектоники.* — К.: Изд-во АН УССР, 1963. — Вып. 12. — 155 с.
31. Чебаненко И. И. Розломна тектоніка України / И. И. Чебаненко. — К.: Наук. думка, 1966. — 180 с.
32. Чекунов А. В. Геологическое строение и история развития Причерноморского прогиба / А. В. Чекунов, А. А. Веселов, А. И. Гилькман. — Киев: Наукова думка, 1976. — 163 с.
33. Barka A. Active tectonics of the Eastern Mediterranean region deduced from GPS, neotectonic and seismicity data / A. Barka, R. Reilinger // *Annali Di Geofisica.* — Vol. 40. — 1997. — P. 587–610.
34. Bertotti G. Vertical movements in and around the south-east Carpathian foredeep: lithospheric memory and stress field control / G. Bertotti, L. Matenco, S. Cloetingh // *Terra Nova.* — Vol. 15. — 2003. — No. 5. — P. 299–305. — doi: 10.1046/j.1365-3121.2003.00499.x.
35. Boccaletti M. Landsat features in the Black Sea area: their tectonic significance / M. Boccaletti, R. Cassinis, P. Danielli, C. M. Marino, A. Tibaldi, A. Zanchi // *Bolletino di Geofisica. Teorica ed Applicata “Monograph on the Black Sea”.* — Trieste, 1988. — V. 30. — No. 117–118.
36. Deformation of western Greece during Neogene clockwise rotation and collision with Apulia / D. J. J. Van Hinsbergen [et al.] // *Int. J. Earth Sci. (Geol Rundsch).* — 2006. — 95. — P. 463–490. DOI 10.1007/s00531-005-0047-5.
37. Deformation pattern in the Western North Aegean Trough: preliminary results / D. Sakellariou [et al.] // *Bulletin of the Geological Society of Greece.* — Vol. L. — P. 124–133. — Proceedings of the 14th International Congress, Thessaloniki, May 2016.
38. Evolution and dynamics of the Cenozoic tectonics of the South Balkan extensional system / B. C. Burchfiel [et al.] // *Geosphere.* — 2008. — 4 (6). — P. 919–938. — doi:10.1130/GES00169.1.
39. Fielitz W. Late Miocene–Quaternary volcanism, tectonics and drainage system evolution in the East Carpathians, Romania / W. Fielitz, I. Seghedi // *Tectonophysics.* — 2005. — V. 410. — P. 111–136.
40. Generalized geophysical overview on Shkoder-Peje deep transversal fracture / A. Frashëri [et al.] // *XX Congress of the Carpathian Balkan Geological Association.* — Tirana, Albania, 24–26 september 2014. — P. 1–12.
41. GPS results for Macedonia and its importance for the tectonics of the Southern Balkan extensional regime / B. C. Burchfiel [et al.] // *Tectonophysics.* — 2006. — V. 413. — P. 239–248.
42. Kinematic evolution of the Romanian Carpathians / H-G. Linzer [et al.] // *Tectonophysics.* — 1998. — V. 297. — P. 133–156.
43. Kiratzi A. A. Mechanisms of Earthquakes in Aegean / Published in “Encyclopedia of Earthquake Engineering”, Editors: M. Beer, I. A. Kougioumtzoglou, E. Au. Patelli. — I.S.-K., 2014. — 3966 p. in 4 volumes. — Springer, ISBN 978-3-642-35343-7. DOI: 10.1007/978-3-642-36197-5\_299-1.
44. Koukouvelas I. K. Fault structure and related basins of the North Aegean Sea and its surroundings / I. K. Koukouvelas, A. Aydin // *Tectonics.* — 2002. — Vol. 21. — No. 5. — P. 1046. — doi:10.1029/2001TC901037.
45. Landsat features in the Black Sea area: their tectonic significance / M. Boccaletti [et al.] // *Bolletino di Geofisica. Teorica ed Applicata “Monograph on the Black Sea”.* — Trieste, 1988. — V. 30. — No. 117–118.
46. Major active faults of SW Bulgaria: implications of their geometry, kinematics and the regional active stress regime / M. D. Tranos [et al.] // From: Robertson, A. H. F. & Mountrakis, D. (eds) *Tectonic Development of the Eastern*

- Mediterranean Region. Geological Society, London, Special Publications, 260, 671–687. 0305-8719/06/\$15.00 © The Geological Society of London 2006.
47. Neotectonic and seismological data concerning major active faults, and the stress regimes of Northern Greece / D. Mountrakis [et al.] / From: Robertson, A. H. F. & Mountrakis, D. (eds) Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region. Geological Society, London, Special Publications, 260, 649–670. © The Geological Society of London, 2006.
  48. Recent Movements of the Upper Crust due to Creep Deformation based on GPS measurements in W. Macedonia (NW Greece) / I. Fountoulis [et al.] // Eleventh general Assembly of the Wegener Project, Athens, Greece, 12–14 June 2002.
  49. Sboras S. The Greek Database of Seismogenic Sources: seismotectonic implications for North Greece / S. Sboras. — PhD Thesis. — University of Ferrara, 2012. — 252 p.
  50. Strong ground acceleration seismic hazard in Greece and neighboring regions / P. W. Burton [et al.] // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. — 2003. — V. 23. — P. 159–181.
  51. The geometry of the North Anatolian transform fault in the Sea of Marmara and its temporal evolution: implications for the development of intracontinental transform faults / A. M. C. Sengör [et al.] // Can. J. Earth Sci. — V. 51. — 2014. — P. 222–242. — dx.doi.org/10.1139/cjes-2013-0160.
  52. The Greek Database of Seismogenic Sources (GreDaSS): state-of-the-art for northern Greece / R. Caputo [et al.] // Annals Of Geophysics. — 2012. — V. 55. — N. 5. — P. 859–894. — doi: 10.4401/ag-5168.
  53. The recent crustal deformation of the Hellenic orogen in Central Greece; the Kremasta and Sperchios Fault Systems and their relationship with the adjacent large structural features / A. A. Kiliyas [et al.] // Z. dt. Ges. Geowiss. — Stuttgart, September 2008. — 159/3. — P. 533–547.
  54. Tranos M. D. Faulting of Lemnos Island; a mirror of faulting of the North Aegean Trough (Northern Greece) // Tectonophysics. — Vol. 467. — Iss. 1–4. — 20 March 2009. — P. 72–88.
  55. Tranos M. D. Thessaliniki-Gerakarou Fault Zone (TGFZ): the western extension of the 1978 Thessloniki earthquake fault (Northern Greece) and seismic hazard assessment / M. D. Tranos, E. E. Papadimitriou, A. A. Kiliyas // J. Struct. Geol. — 2003. — V. 25. — P. 2109–2123.

#### ТЕКТОНОЛІНЕАМЕНТНІ ЗОНИ СХІД-ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ПРОСТЯГАННЯ ЯК СКЛАДОВИЙ ЕЛЕМЕНТ РЕГМАТОГЕННОГО РОЗЛОМНОГО КАРКАСА БАЛКАНО-ЧОРНОМОРСЬКОГО РЕГІОНУ

В. В. Покалюк, І. Е. Ломакін, І. Н. Шураєв

Структурно-геоморфологічний аналіз глобальних цифрових моделей радарного 3-d рельєфу дозволяє виділити в межах Балкано-Чорноморського регіону систему субпаралельних трансрегіональних тектонолінеаментних полосовидних зон — наскрізних структур схід-північно-східного простягання, що чергуються з кроком приблизно 100 км і є найважливішим складовим елементом регматогенного розломного каркаса досліджуваної території: I — Південно-Карпатська, II — Перікарпатська, III — Азово-Адріатична, IV — Балкано-Кримська, V — Північно-Грецька, VI — Північно-Егейська, VII — Північно-Анатолійська. Вони без зміни напрямку перетинають геоблоки різної будови, віку, історії розвитку і продовжуються в акваторіях Чорного та Егейського морів. Загальна узгодженість їх просторової, морфоструктурної і кінематичної організації свідчить про єдиний динамічний механізм формування, пов'язаний, ймовірно, з загальнопланетарним ротаційним фактором.

**Ключові слова:** Балкано-Чорноморський регіон, тектонолінеamenti, SRTM, GEBCO, морфоструктури рельєфу, планетарна розломна мережа

#### TECTONOLINEAMENT ZONES OF EAST-NORTH-EAST TRENDING AS CONSTITUENT ELEMENT OF RHEGMATOGENIC FAULT NETWORK OF THE BALKAN—BLACK SEA REGION

V. V. Pokalyuk, I. E. Lomakin, I. N. Shuraev

Structural geomorphological analysis of large scale 3D digital radar models of seabed landscape topography has allowed us to reveal within the Balkan-Black Sea region a system of tectonically formed subparallel trans-regional linear slab-shaped zones. On the map they appeared as ENE-directed throughout stripes, distanced approximately 100 km from each other. These linear zones are significant components of the rhegmatogenic fault network of the examined area, as you can see on the map: I — South Carpathian, II — Peri-Carpathian, III — Azov Adriatic, IV — Balkan Crimean, V — North Greek, VI — North Aegean, VII — North Anatolian. Without interfering with intra-regional geological elements, they intersect a wide range of diverse types of geological blocks with different structure, age and origin, and expand into the seabeds of the Black and Aegean seas. The general consistency of their spatial, morphologic structural and kinematic organization confirms a uniform dynamic mechanism of their formation, likely connected to the planetary rotation-induced stress.

**Key words:** Balkan-Black Sea region, tectonic lineaments, SRTM, GEBCO, morphological topographic structures, planetary fault pattern