

УДК 551.4 : 551.24 «312»

ЛИЛИЕНБЕРГ Д. А.

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИКА АЛЬПИЙСКОГО ОРОГЕННОГО ПОЯСА ЮЖНОЙ ЕВРОПЫ

Орогенные области всегда привлекали внимание геоморфологов, с одной стороны, большими амплитудами поднятий за неотектоническое время, а с другой — высоким энергетическим потенциалом современных экзогенных рельефообразующих процессов. Однако до последнего времени вне сферы геоморфологов оставалась современная эндодинамика рельефа, поскольку отсутствовали точные методы ее количественной оценки¹.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В геологически измеримом времени тектонические движения проявляются с периодичностью разного порядка. При этом для изучения движений все более коротких периодов одного геологического метода оказывается недостаточно, в комплексе исследований приходится привлекать методы смежных наук о Земле. Так, например, *неотектонические* движения, измеряемые десятками миллионов лет, являются рельефообразующими и изучаются геолого-геоморфологическими методами. На их фоне проявляются еще более короткопериодные движения. Наиболее молодые из них, измеряемые сотнями и тысячами лет, выделяются нами в качестве *исторических* [1, 2]. Для их изучения дополнительно привлекаются историко-археологические методы. Наконец, самые короткопериодные движения, измеряемые годами, десятками и первыми сотнями лет, получили наименование *современных* [1—4]. Это единственный вид движений, морфотектоническое выражение и геодинамика которых могут изучаться непосредственно точными инструментальными методами (геодезическими, океанографическими, гидрологическими, геофизическими, астрономическими и др.). Возможности для широкого использования инструментальных методов возникли сравнительно недавно: океанографический и сейсмический методы применяются 100—200 лет, геодезический — менее 100 лет.

В методологическом отношении следует подчеркнуть, что движения, именуемые современными, возникли отнюдь не в современную эпоху. В качестве короткопериодной наложенной компоненты они существовали на протяжении всей геологической истории тектогенеза и морфогенеза Земли. Однако их непосредственное изучение и измерение стало возможным только с появлением точных инструментальных методов.

Современная геодинамика (или актуотектоника) возникла как пограничное направление в науках о Земле и быстро прогрессирует с середины нынешнего столетия. В ее основу положен широкий комплексный подход, поскольку ни один из частных инструментальных методов, каким бы точным он сам по себе не был, решить проблему актуотектоники не может. Наиболее широко используется геодезический метод — данные повторного нивелирования, повторных триангуляций и трилатераций. Их репрезентативность определяется устойчивостью геодезических и мареографических пунктов, поскольку вертикальные и горизонтальные перемещения знаков зависят от сложного комплекса факторов,

¹ В основу статьи положены материалы докладов автора на Международном симпозиуме по проблемам морфотектоники рельефа (Болгария, 1983 г.) и на XXVII Международном геологическом конгрессе (СССР, 1984 г.)

как собственно тектонических, так и экзогенных (грунтовых, гидрогеологических, экзодинамических), техногенных (деформации сооружений) и даже космических. Поэтому разработана специальная методика геолого-геоморфологической фильтрации инструментальных данных [5]; только после этого они могут быть использованы для морфотектонического и геодинамического анализа.

Инструментальная оценка современной геодинамики морфоструктур наиболее широко используется во многих странах Европы, в СССР, США, Японии, Кубе, Новой Зеландии, в отдельных районах Азии и Африки. Среди крупных достижений в этой области следует отметить создание сводных карт современных вертикальных движений для крупных регионов и субконтинентов: Восточной и Средней Европы (1 : 2 500 000), европейской части СССР, Фенноскандии, Карпато-Балканской области (1 : 1 000 000), США [6, 7]. Заканчивается составление аналогичной карты для всей территории СССР (1 : 2 500 000). Большой объем информации получен на комплексных геодинамических полигонах.

Хотя эти данные носят пока разрозненный и фрагментарный характер, все же они позволяют наметить некоторые общие закономерности в современной геодинамике морфоструктур. Особый интерес в этом отношении представляют орогенные области [8].

Молодые альпийские горные системы обладают наиболее высоким уровнем современной геодинамики и большим разнообразием типов ее взаимосвязи с морфоструктурами. Эти закономерности удобнее всего рассмотреть на примере Альпийского орогенного пояса Южной Европы, который всегда служил своего рода модельной областью для различного типа геотектонических, геоморфологических и геодинамических построений, а инструментальными методами изучен сейчас лучше всего в мире [9]. Он пересекается густой сетью линий повторного нивелирования I и II классов, опирающихся на многочисленные мареографы на побережьях Средиземного, Адриатического, Черного, Азовского и Каспийского морей, а также связанных с мареографами на побережьях Балтийского, Белого и Баренцева морей, что позволило с большой точностью вычислить абсолютные величины скоростей современных вертикальных движений в среднем за последние 30—50 лет. Надежная инструментальная база позволила составить карты современной геодинамики как для большинства стран и отдельных регионов орогенного пояса — Болгарии, Румынии, Югославии, Венгрии, Чехословакии, Польши, ГДР, Швейцарии, Северной Италии, Южной Франции, советских Карпат, Северного Причерноморья, Крыма, Кавказа [10—19], так и сводного типа — юга Восточной Европы [20], Карпато-Балканского региона [21], а также для всего Альпийского пояса Южной Европы (рис. 1) в м-бе 1 : 2 500 000 [22].

При интерпретации инструментальных данных следует иметь в виду, что только в социалистических странах в рамках КАПГ² производилась инженерно-геоморфологическая оценка устойчивости геодезических пунктов и мареографов и геолого-геоморфологическая фильтрация их данных [5, 7]. В западной части Альпийского пояса подобных исследований не проводилось, и на количественную оценку геодинамики там могло в ряде случаев повлиять неудачное инженерно-геоморфологическое расположение геодезических пунктов (часто в речных долинах, грабенах), их нарушенность просадками и т. п.

МОРФОСТРУКТУРНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ

Горная система Альп выделяется в целом довольно монотонными и умеренными вертикальными движениями, близкими к «платформенному типу» по своей интенсивности и слабой дифференциации и несколько нарастающими с запада на восток. Внутренняя зона Альп характеризуется общими поднятиями до 1—2, реже 3 мм/год, что довольно одно-

² Комиссия многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран по комплексной проблеме «Планетарные геофизические исследования».

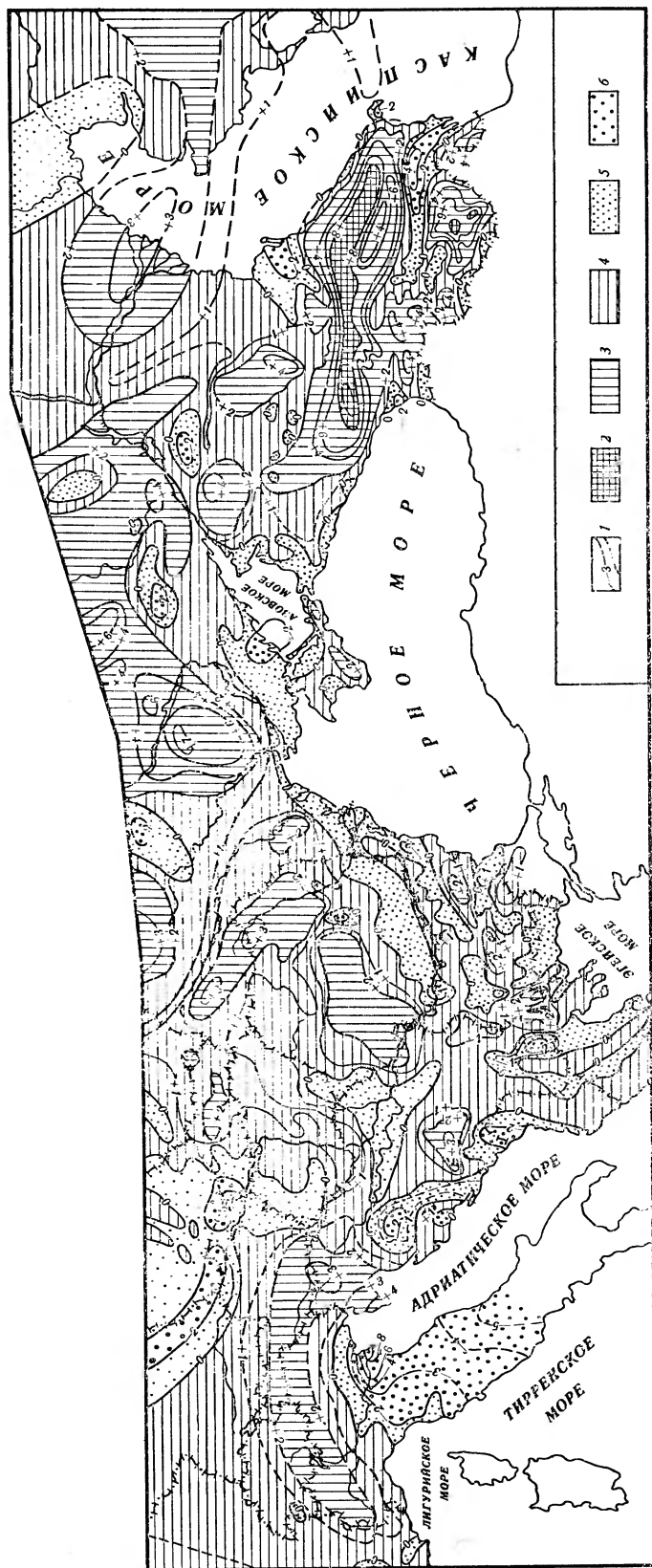


Рис. 1. Карта современных вертикальных движений Альпийского орогенного пояса Южной Европы
1 — изолинии скоростей современных вертикальных движений (по данным повторного нивелирования), мм/год. Районы общих поднятий: 2 — интенсивных, 3 — умеренных, 4 — слабых. Районы общих опусканий: 5 — слабых, 6 — интенсивных

значно фиксируется данными швейцарских, австрийских, итальянских и французских нивелировок (рис. 2, А). На общем фоне этих слабых поднятий проявляется относительная дифференциация отдельных кристаллических массивов, крупных морфоструктурных блоков, а также покровных образований. В полях современных движений четко выделяется, например, надвиговая зона Ивреа. Внешняя зона (Преальпы) испытывает очень слабые поднятия со скоростями $0 \div +1$ мм/год и с признаками активизации некоторых фронтальных участков покрова альпийских дуг. Область наложения на периферию Западных Альп Лигурийской впадины Средиземного моря характеризуется движениями со скоростями от -1 до $+0,7$ мм/год. Здесь выделяются Авиньонская впадина ($-0,7 \div -1$ мм/год), впадина-грабен Экс ($-0,4 \div -0,8$ мм/год), горстовый массив Муре ($+0,4 \div +0,7$ мм/год) и т. п. [16]. Восточные Альпы-Караванке (по данным югославских нивелировок) оказываются наиболее активной частью горной системы и испытывают поднятия до $2-4$ мм/год [12].

В противоположность Альпам, горная система Апеннин при том же уровне современной геодинамики существенно отличается по типу кинематики и на нынешнем этапе характеризуется инверсией вертикальных движений [15] с тенденцией к общим опусканиям до $2-5$ мм/год, нарастающим к средней части Апеннин (возможно, в этой тенденции отчасти отражается неудачное расположение геодезических пунктов преимущественно в пределах речных долин-грабенов). В полях современных вертикальных движений находит отражение некоторая дифференциация продольных и поперечных морфоструктур, а также намечается ротационный поворот Апеннинского полуострова и раздвиг Мессинского пролива. Максимальные опускания приурочены к Ломбардской впадине и в дельтовой части р. По достигают экстремальных величин ($-5 \div -10$ мм/год). Однако эти скорости отражают не только тектоническую составляющую, но и наложение на нее экзодинамических (уплотнение молодых рыхлых осадков) и техногенных (интенсивная откачка подземных вод) факторов. С Ломбардской равниной резко контрастирует горстовое поднятие п-ова Истрия (до $+4,5$ мм/год).

В Карпато-Балканской области горные морфоструктуры испытывают умеренные поднятия ($+1 \div +3$ мм/год), а межгорные впадины — умеренные опускания ($-1 \div -3$ мм/год). Однако для них характерна дробная блоковая дифференциация с активизацией поперечных движений [23]. Так, придунайская часть Западных Карпат втянута в опускания Верхнедунайской впадины ($-1 \div -2,5$ мм/год), польские Внешние Карпаты испытывают слабые (до $+1$ мм/год), Центральные и советские Карпаты — умеренные ($+1 \div +2$ мм/год), а румынские Восточные и Южные Карпаты — более интенсивные ($+2 \div +2$ мм/год) поднятия [13, 17, 24].

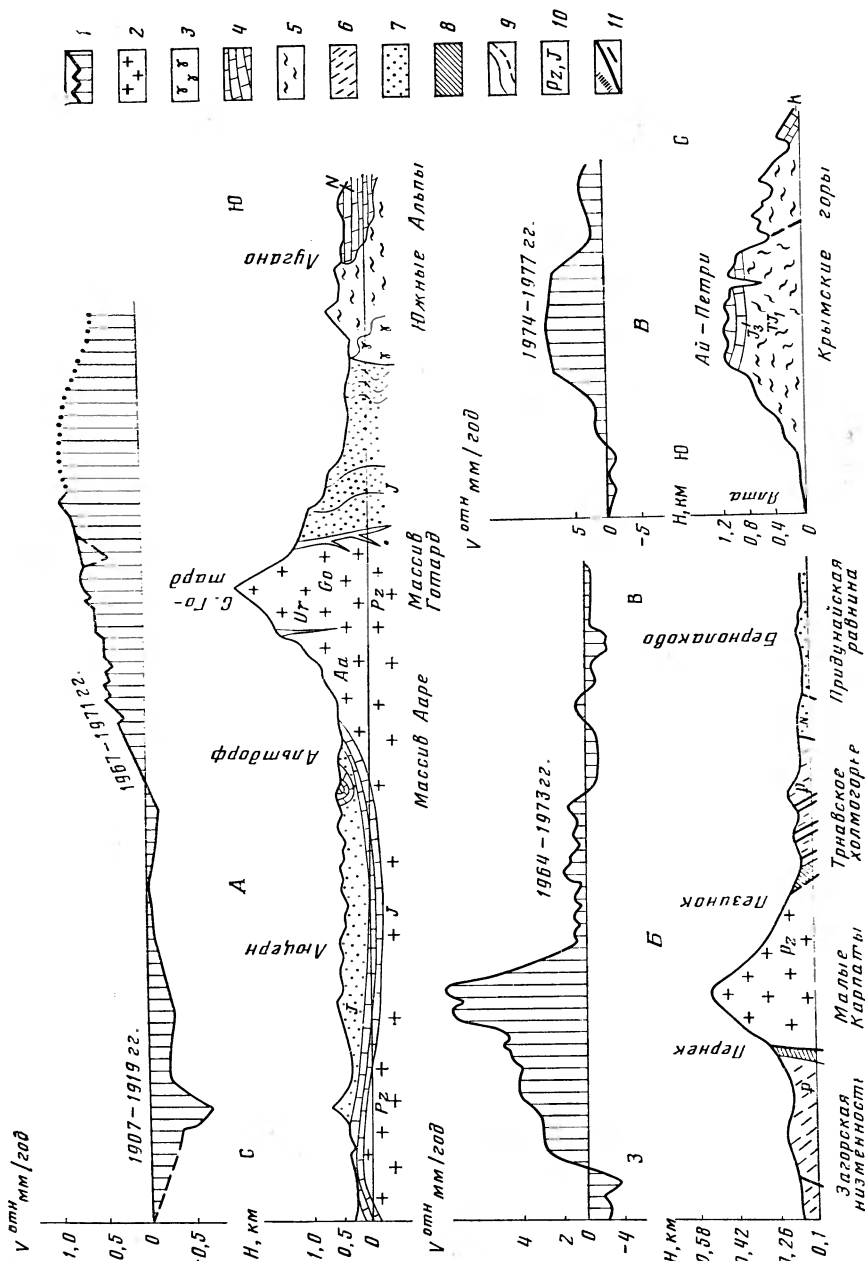
Карпатская горная система разделена на ряд четких поперечных морфоструктурных и геодинамических блоков. В полях современных вертикальных движений проявляются отдельные горстовые и вулканические массивы, долины и котловины-грабены. Особенно характерно чередование поперечных зон современных поднятий и опусканий для Западных Карпат. На стыке Южных и Восточных Карпат выделяется субмеридиональная зона опусканий массива Фэгэраш с максимальными величинами до $2-3$ мм/год в Брашовской котловине, где намечается современное растяжение вдоль долины Олта и к которой было приурочено Вранчское землетрясение.

Предкарпатский и Закарпатский краевые прогибы характеризуются слабыми опусканиями и поднятиями от $-0,5$ до $+0,5$ мм/год, а Трансильванское вулканическое плато и нагорье Бихор — слабыми поднятиями до $+1 \div +2$ мм/год.

Интересны инструментальные данные о проявлении горизонтальных движений в зоне взаимодействия литосферных плит и микроплит. Геодезическими измерениями установлено, что Западные Карпаты и Чешский массив поднимаются по отношению к Предкарпатскому краевому

Рис. 2. Комплексные геолого-геоморфологические профили современных тектонических движений горных систем Центральных Альп (А) по [14], Малых Карпат (Б) по [24] и Крымских гор (В) по [17] с дополнениями Д. А. Лилиенберга

1 — кривые скоростей современных вертикальных движений (мм/год) по данным повторного нивелирования. Геологические комплексы: 2 — кристаллические породы, 3 — интрузии, 4 — известняки, 5 — глинистые сланцы, 6 — песчано-сланцевые отложения, 7 — песчаники, 8 — нерасчлененные комплексы, 9 — границы между геологическими формациями, 10 — возраст геологических комплексов, 11 — разломы разного ранга



прогибу и отодвигаются друг от друга [13]. В районе Угерске Градисте отмечается надвиг Карпат на Предкарпатский прогиб со скоростью до 10 мм/год за 10 лет (между повторными измерениями). На полигоне Липник надвиг фиксируется со скоростью 15 мм/год за 30 лет. У Горни Бечва Магурский покров за 1971—1973 гг. смещался к северу с растяжением Пьенинской надвиговой зоны. Западные Карпаты за 1961—1975 гг. поднимались по отношению к Жиларской долине-грабену со скоростью до 8,5 мм/год, а Малые Карпаты (рис. 2, Б) по отношению к Дунайской равнине — до 2—3 мм/год. Сдвиговые смещения до 1 мм/год отмечаются вдоль шовной зоны, разделяющей Внешние и Внутренние Карпаты, вдоль ряда региональных разломов по границам горных горстовых массивов и внутренних впадин-грабенов. В Восточных Карпатах зафиксировано растяжение Пьенинской зоны (к которой приурочена Выгорлат-Гутинская вулканическая гряда) со скоростью 3—9 мм/год. В пределах Предкарпатского прогиба к югу от Львова отмечается правосторонний сдвиг внутренней зоны по отношению к внешней со скоростью 9 мм/год, а на границе СССР и Румынии он переходит в надвиг внутренней зоны на внешнюю со скоростью до 23 мм/год [17]. Таким образом, горное сооружение Карпат в целом как бы перемещается к северо-востоку и надвигается на Предкарпатский прогиб, причем интенсивность смещения увеличивается с юга на север. В этом отношении данные инструментальных измерений хорошо фиксируют кинематику зоны взаимодействия плит [8].

Верхнедунайская межгорная впадина на стыке Альпийской и Карпатской горных систем характеризуется наибольшими опусканиями (до 2—3 мм/год) и мелкоблоковым дроблением [21]. Замыкающие ее на востоке холмогорья Баконь и Вертеш имеют тенденцию к слабым поднятиям. Среднедунайская впадина испытывает дифференцированные движения с чередованием блоков слабых опусканий ($-0,5$ мм/год) и слабых поднятий ($0,5$ — 1 мм/год). Аналогичную интенсивность и направленность движений имеет Нижнедунайская впадина, но дифференцированность движений здесь менее дробна и менее контрастна. При этом широтный отрезок Дуная приурочен к региональной разломной зоне, разделяющей два морфоструктурных блока Мизийской плиты. Скорости современных вертикальных движений левого и правого берега существенно различны: Румынская равнина испытывает общее опускание, а Северо-Болгарская равнина втянута в слабые поднятия до 1 — $1,5$ мм/год. Массив Добруджа на границе с Черноморской впадиной в целом слабо поднимается (до $0,5$ мм/год), но в его центральной части намечается зона локальных опусканий до 1 — 2 мм/год.

Динарская горная система испытывает перестройку геодинамического режима. На современном этапе активизация вертикальных движений связана с поперечными зонами [12, 21]: поднятий — Капелские ($+1 \div +2$ мм/год), Центральные, Черногорские ($+1 \div +2$ мм/год) Динариды и опусканий — Западные ($-1 \div -2$ мм/год), Мостарские, Которские ($-1 \div -1,5$ мм/год) Динариды, Шкодерская впадина-грабен ($-2 \div -5$ мм/год). Характерно, что поперечные зоны относительных опусканий Динарид в общем виде находят продолжение в поперечных грабенах подводной впадины Адриатического моря, а зоны относительных поднятий — в разделяющих грабены горстовых морфоструктурах [8]. Зона крупнейшего Вардарского морфолинеамента также испытывает опускания до $-1 \div -3$ мм/год. Горизонтальные смещения в относящейся к ней Скопской котловине достигают 10 — 15 мм/год [25].

Наибольшую активность проявляют кристаллические массивы юга Балканского полуострова, к которым приурочены максимальные поднятия в регионе [8, 10, 23]: Сербо-Македонский ($+2 \div +3$ мм/год), Пелагонский ($+4$ мм/год), Пиринский ($+4 \div +6$ мм/год), Западно-Родопский ($+2 \div +4$ мм/год), Восточно-Родопский ($0 \div +1,5$ мм/год). На этом фоне резкой инверсией вертикальных движений выделяется высокогорный Рильский массив (до $-1 \div -3$ мм/год). Разделяющие кристалли-

ческие массивы молодые впадины-грабены Охридского, Преспанского и Дойранского озер испытывают слабые локальные опускания.

Ограничивающая Родопы с севера зона Среднагория и Фракийской впадины характеризуется в целом нейтральными движениями и отличается блоковой дифференциацией с чередованием слабых поднятий ($0 \div +1,5$ мм/год) и слабых опусканий ($0 \div -0,5$ мм/год). Наибольшие опускания связаны с Бургасской впадиной ($-1 \div -1,5$ мм/год и более) на западном побережье Черного моря.

Горная система Балкан (Стара Планина), подобно Карпатам и Динаридам, также испытывает резкую поперечно-диагональную блоковую перестройку современных вертикальных движений [10, 23]. Ее западная часть слабо поднимается ($+1 \div +1,5$ мм/год), Искырский диагональный блок слабо опускается ($0 \div -0,5$ мм/год), центральная часть и Омуртагский блок наиболее приподняты ($+2 \div +3$ мм/год), а восточная часть и Лудогорие выделяются незначительными поднятиями (до $+1 \div +2$ мм/год). На этом фоне в зоне наложения Черноморской впадины четко локализованы слабые опускания молодых долин-грабенов низовьев Камчии, Батовы, Варненского лимана и др.

В целом характер современных движений горной системы Старой Планины подчеркивает асимметрию ее морфоструктуры. Особенно контрастна южная граница Центральной и Восточной Старой Планины с Забалканскими молодыми наложенными котловинами-грабенами; к ней приурочены максимальные градиенты движений, фиксирующие здесь зону надвига — поддвига.

Таким образом, для основных горных систем Карпато-Балканского региона на современном этапе характерна существенная перестройка геодинамики с активизацией поперечных морфоструктур и морфолинементов, с чем, возможно, связана и активизация сейсмической деятельности [22, 23].

В отличие от Альп и Карпато-Балкан с их сравнительно умеренным уровнем геодинамики **Крымско-Кавказская горная область** характеризуется более высоким уровнем геодинамической активности: Большой Кавказ — до $+10 \div +13$ мм/год и более, Малый Кавказ — до $+6 \div +10$, Аджаро-Триалетия и Армянское нагорье — до $+5 \div +8$, Крымские горы — до $+2 \div +4$, Азово-Кубанский и Терско-Сулакский предгорные прогибы — до $-1 \div -3$, Куринская и Рионская межгорные впадины — до $-2 \div -6$ мм/год [18, 19, 25, 26].

В полях современных вертикальных движений проявляется сложное сочетание продольных и поперечных морфоструктур, чем Кавказ отличается от описанных ранее орогенных систем западной части Альпийского пояса. При этом он характеризуется не только высокой интенсивностью движений, но и наибольшей контрастностью их дифференциации по сравнению с другими областями. Так, если для Восточных Карпат и Центральных Балкан контраст в величинах скоростей поднятий горной системы по отношению к прилегающим предгорным прогибам составляет $1,5 \div 2,5$ мм/год, для Горного Крыма — $4-6$ мм/год, то для Большого Кавказа он возрастает до $12-20$ мм/год, т. е. резко увеличиваются не только скорости поднятий, но и скорости опусканий.

Другой важной закономерностью является нарастание интенсивности и контрастности современных движений Кавказа с запада на восток, в сторону активизированной, наложенной впадины Каспийского моря, что наследует аналогичные тенденции морфоструктурного развития за неотектоническое и четвертичное время [19, 26, 27]. Так, скорости поднятия Западного Кавказа составляют $0 \div +2$ мм/год, Центрального — $8-13$ мм/год, а Восточного являются максимальными. Соответственно опускания в Предкавказском прогибе нарастают с запада на восток от $0 \div -2$ (Азово-Кубанский прогиб) до $-3 \div -4$ мм/год (Терско-Сулакский прогиб), а в Закавказском межгорном прогибе — от $0 \div -4$ (Рионский прогиб) до $-4 \div -6$ мм/год (Нижнекуринская впадина).

Линии повторного нивелирования, пересекающие Большой Кавказ, отражают дифференциацию вертикальных движений его главных про-

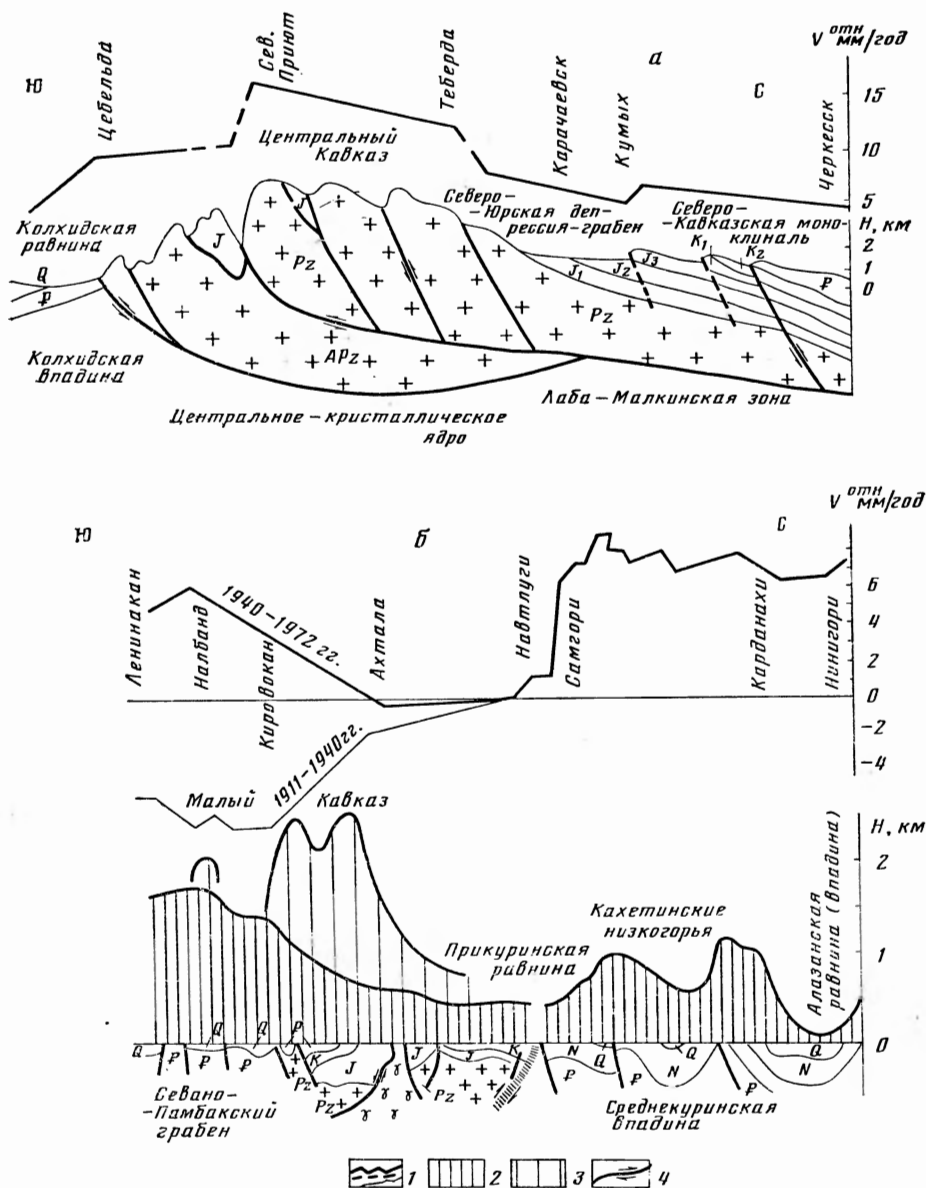


Рис. 3. Комплексные геолого-геоморфологические профили современных тектонических движений Центрального Кавказа (а), Среднекуринской межгорной впадины и Малого Кавказа (б)

1 — кривые скоростей современных вертикальных движений (мм/год) за разные периоды времени; 2 — профиль рельефа вдоль линий повторного нивелирования; 3 — профиль реального рельефа; 4 — сдвиги. Остальные обозн. см. на рис. 2

дольных морфоструктур (рис. 3, а): на северном склоне — это Северо-Кавказская покровная моноклинал ($+4,5 \div +5,5$ мм/год), Северо-Юрская депрессия — грабен ($+4$ мм/год), в осевой кристаллической зоне — горстово-надвиговые поднятия Бокового ($+10 \div +12$ мм/год) и Главного (более 13 мм/год) хребтов, на южном склоне — Аджарский грабен ($+7 \div +8$ мм/год), Абхазский горстовый массив ($+5,5 \div +6$ мм/год), Амткельский горст-антиклинальный хребет ($+5$ мм/год), Северо-Колхидская равнина ($+1 \div +3$ мм/год). Очень четко проявляются Тырнеаузская шовная зона и Главный кавказский надвиг с градиентами движений соответственно 0,5—1,0 и 1—1,5 мм/год на 1 км. При этом характер распределения вертикальных скоростей указывает на наличие здесь горизонтальной составляющей.

Не менее четко современная геодинамика отражает упоминавшиеся выше поперечные блоковые морфоструктуры 1-го порядка. Кроме того, выделяются поперечные ступени низших порядков в зоне растяжения периклинальных частей горного поднятия. Например, на Северо-Западном Кавказе — это Новороссийская ступень ($0 \div +1$ мм/год), Афипская ($+1,5 \div +2$ мм/год), Гойтхская ($+4 \div +6$ мм/год), Фиштен-Лагонакская ($+8 \div +10$ мм/год). Разделяющие их поперечные разломы и морфолинеаменты фиксируются градиентами движений 0,1—0,5 мм/год на 1 км.

Большой сложностью и пестротой морфоструктурной дифференциации отличается геодинамика предгорных и межгорных впадин, где на общем фоне движений хорошо фиксируются разноприподнятые блоки, антиклинальные возвышенности и синклинальные депрессии, грязевые вулканы с вариацией в величинах скоростей до нескольких мм/год. Интересна в этом отношении динамика лакколлитовых возвышенностей Пятигорья. Долгое время считалось, что они образовались на глубине около 2 км, а их вскрытие на поверхности может служить критерием для определения соответствующей величины денудационного среза. Возникла дискуссия. Была высказана гипотеза о возможности внедрения охлажденных тел лакколлитов по разломам в вышележащие слои без участия денудации. Повторные нивелировки подтвердили последнюю точку зрения, так как зафиксировали автономные современные поднятия лакколлитовых возвышенностей со скоростью 0,5—1,0 мм/год [28], что имеет принципиальное значение для палеогеоморфологических реконструкций.

Оценивая фрагментарные инструментальные данные по другим молодым горным системам, можно считать, что максимальным уровнем геодинамики обладают орогены типа Памира и Гималаев. Морфоструктуры островных дуг (Куба, Япония, Сахалин) занимают в общем орогенном ряду промежуточное положение [8].

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

Как показывает обзор современной геодинамики различных горных систем, она всегда отражает конкретные неоморфоструктуры и их перестройку. Различным режимом геодинамики обладают платформенные равнины и орогенные сооружения. Но эти различия менее проявляются в интенсивности и направленности движений, а особенно резки в *дробности* их дифференциации и *контрастности*. Именно последние признаки можно считать типичными для горных систем. Известные различия намечаются между древними и молодыми горными сооружениями. В то же время отдельные орогенные системы почти всегда различаются как по уровню геодинамической активности, так и по формам ее проявления.

Принципиальное значение имеет вывод, что современные вертикальные движения отражают преимущественно *блоковое* строение земной коры, тогда как пликативные деформации имеют локальное проявление. Эта закономерность подтверждается данными по всем континентам и морфоструктурным областям разного типа. Она не находит удовлетворительного объяснения с фиксистских позиций, но хорошо коррелирует с концепцией тектоники плит.

На всех геолого-геоморфологических профилях вдоль линий повторного нивелирования в различных районах мира кривые скоростей современных вертикальных движений имеют четкое ступенчатое строение, соответствующее морфоструктурным блокам разного ранга. Границы между блоками соответствуют зонам разломов и морфолинеаментов и на кривой выражены «пиками» скоростей и высокоградиентными участками. Геодинамика разломных зон проявляется в различных кинематических формах кривой скоростей движений, четко отражающих характер перемещений по разломам, относительную направленность смещений смежных блоков, размеры зон дробления, явления растяжения, сдвига или сжатия и т. п. (рис. 4). Характерно, что как бы ни менялись

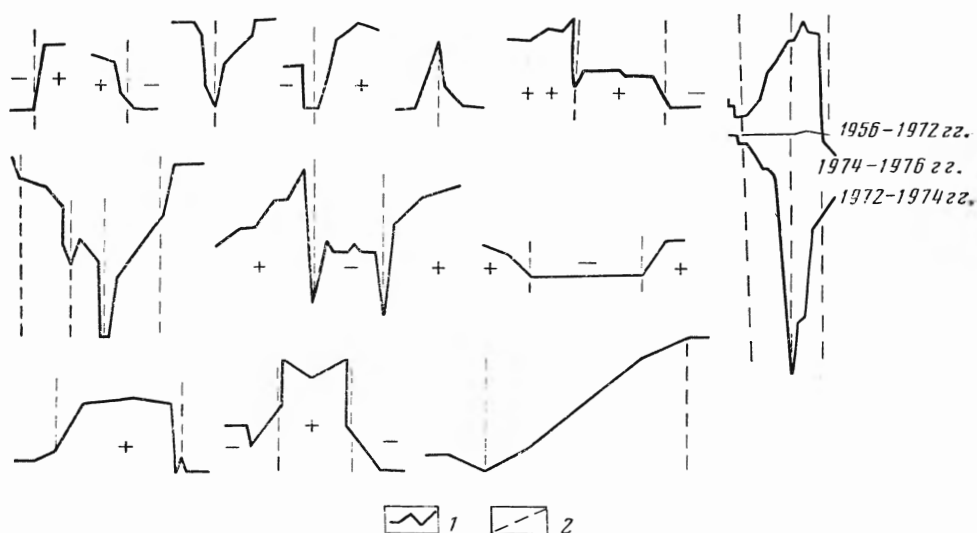


Рис. 4. Кинематические типы современной геодинамики отдельных разломов, зон разломов и морфолинеаментов разного ранга и генезиса по геодезическим измерениям: 1 — кривые скоростей современных тектонических движений, мм/год; 2 — зоны разломов разного типа. Направленность относительных смещений крыльев разломов: «+» — поднятий, «-» — опусканий

во времени знак и интенсивность вертикальных движений, резкие перемены кривой скоростей всегда приурочены к зонам разломов и выступают в роли шарнирных участков. В этом отношении метод повторного нивелирования может использоваться в качестве дополнительного критерия для выделения активных на современном этапе разломных зон, пропущенных при полевой геологической или геоморфологической съемке.

Для понимания механизма современной геодинамики морфоструктур орогенных сооружений очень показательны инструментальные данные о соотношении величин вертикальных и горизонтальных движений. Правда, измерения вертикальных движений носят повсеместный характер, а измерения горизонтальных движений пока эпизодичны и разрозненны. Но во всех случаях скорости горизонтальных движений всегда выше общего фона вертикальных смещений, причем во многих случаях это превышение на порядок и более. Это также, по-видимому, указывает на ведущую роль горизонтальных движений в формировании рельефа гор и подчиненную роль вертикальных, что соответствует идеям тектоники плит. Примеры Альп, Карпат, Динарид с их покровно-надвиговой морфоструктурой и незначительными скоростями вертикальных поднятий, возможно, свидетельствуют о том, что вертикальная производная здесь преуменьшена за счет горизонтальной составляющей [2, 8, 22].

Важной закономерностью является то, что несмотря на исключительную короткопериодичность, современные движения обладают свойством *менять свою интенсивность* и даже знак как в пространстве, так и во времени [1, 3, 4, 8, 29]. Смена и чередование эпох активизации продольных и поперечных движений, а также короткопериодные наложения опусканий на области с тенденциями к поднятиям и наоборот создают деформационные напряжения морфоструктур, что в орогенных системах нередко сопровождается выделением сейсмической энергии.

Между медленными (вековыми) и быстрыми (сейсмическими) движениями существует тесная взаимосвязь, которая позволяет обосновать наличие системы динамического взаимодействия: морфоструктуры — медленные современные — быстрые современные движения [1, 28, 29, 30]. Так, на фоне вековых тенденций динамики Юго-Восточной Европы один из генеральных временных рубежей приходится на 1910—1915 гг. По мареографическим данным, опускания побережий Черного,

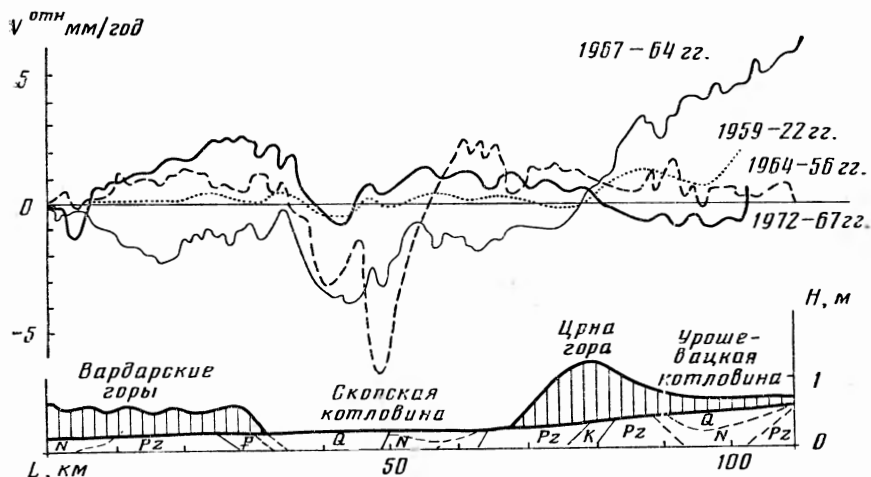


Рис. 5. Колебательно-волновой характер изменения интенсивности и знака современных вертикальных движений Центральной Македонии (Балканский полуостров)
Усл. обозн. см. рис. 2, 3

Азовского и частично Каспийского морей за 1910—1970 гг. в целом возросли по сравнению с 1875—1910 гг., т. е. относительные поднятия сменились опусканием [26]. В вековом ходе сейсмичности именно период 1880—1915 гг. выделялся высокой активностью, охватившей не только Карпаты, Балканы, Кавказ, но и прилегающие части Восточно-Европейской платформы.

В более ограниченном региональном плане можно привести пример Западной Грузии, где период усиления поднятий, по данным повторного нивелирования, за 1959—1969 гг. соответствовал периоду активизации сейсмичности в 1957—1969 гг. С той же закономерностью связана инверсия геодинамики на Малом Кавказе (рис. 3, б), где период смены поднятий опусканиями в 1911—1940 гг. соответствовал ослаблению сейсмоактивности, а последовавший за ним период новых поднятий 1940—1972 гг. сопровождался бурным проявлением землетрясений. Сходная тенденция наблюдается для разных этапов геодинамической активности Апшеронского полуострова.

Аналогичные явления отмечались для Восточных Карпат [9, 17]. В менее ясной форме их можно проследить в геодинамике Крымских гор, хотя инструментальные данные здесь носят дискуссионный характер и охватывают очень короткие промежутки времени (всего в несколько лет) [17]. Нивелировки 1964—1969 гг. фиксируют активизацию поднятий Крымских гор по отношению к Севастополю, при этом максимум воздыманий приходится на Главную гряду и югобережный блок между Ялтой и Алуштой. В 1969—1974 гг. обе эти морфоструктурные зоны испытали некоторое относительное опускание. В 1974—1977 гг. Крымские горы снова были втянуты в относительные поднятия с максимумом в зоне Главной гряды. Эти короткопериодные изменения геодинамики, по геодезическим данным, в известной мере сопоставимы с изменениями здесь сейсмоявлений.

Современные тектонические движения обладают *колебательно-волновой природой*, что хорошо иллюстрируют многократные повторные нивелирования Скопской котловины в Македонии, Восточных Карпат, Предкавказья и Закавказья. В Скопской котловине (рис. 5) нивелировки в 1921—1956 гг. зафиксировали в целом нейтральные слабодифференцированные движения. В 1956—1964 гг. их дифференциация и контрастность резко возросли. При этом Средневардарский горный массив интенсивно поднимался. Скопская котловина относительно опускалась (до 6—7 мм/год). Црна гора также поднималась, а Урошевацкая котловина находилась в нейтральном положении. Именно этому периоду со-

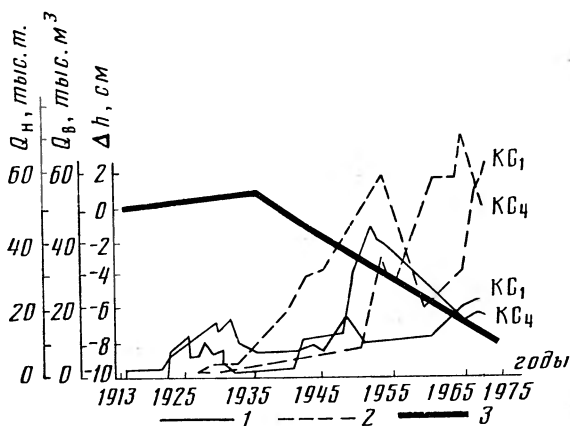


Рис. 6. Соотношение нефте- и водоизвлечения (Q_n и Q_v) из горизонтов кирмакинской свиты ($КС_{1-4}$) в зависимости от изменения направленности современных вертикальных движений на Бинагодинском месторождении Апшеронского полуострова
1 — нефтеизвлечения, 2 — отбор воды, 3 — современные тектонические движения

ответствовало известное разрушительное землетрясение 1963 г. Нивелировки 1964—1967 гг. зафиксировали компенсационные движения, которые стали волнообразно смещаться к востоку. При этом Средний Вардар и Црна гора стали опускаться, а Урошевацкая котловина — интенсивно подниматься (до 5—6 мм/год). Нивелировки 1967—1972 гг. отметили очередное смещение волны движения на восток, когда Средний Вардар вновь стал подниматься, а Црна гора интенсивно опускаться. Последовательно сменяющиеся волны поднятий и опусканий охватывали морфоструктурные блоки с поперечником 100—120 км. Аналогичную картину можно наблюдать в Закавказье, но там волнообразно сменяющиеся поднятия и опускания охватывают морфоструктурные блоки поперечником 300—400 км, и в одних блоках колебания приводят к полной смене знака движений (Рионская впадина, Дзирульский массив), а в других отражаются только в их интенсивности (Куринская впадина).

Такие же тенденции в изменении интенсивности движений обнаруживают измерения разломных зон. Так, при средней скорости смещений по Вахшскому трансформному разлому надвигание Памира на хребет Петра Первого составляет около 25 мм/год, величина ее для различных отрезков времени колеблется от 10—15 до 40—50 мм/год. Аналогичная картина наблюдается в геодинамике разлома Сан-Андреас в Калифорнии.

С современными тектоническими движениями в горных областях тесно связано проявление экзогенных рельефообразующих процессов. К периодам усиления общих поднятий и активизации сейсмичности, например, часто приурочена активизация таких стихийных экзогенных процессов, как оползни, обвалы, сели, катастрофические подвижки горных ледников, что позволяет в известной мере прогнозировать эти явления.

Для морфоструктурного анализа таких короткопериодных явлений, как современные тектонические движения, необходимо учитывать одну важную методологическую особенность. Как показывают многократные инструментальные измерения различных линий повторного нивелирования, получаемые величины скоростей движений за короткие промежутки времени (особенно менее 10 лет) всегда значительно выше, чем за более длительные периоды (например, в несколько десятков лет). Отчасти это связано со знакопеременным и колебательным характером тектонических движений, когда на фоне более длительного промежутка времени разнонаправленность коротких циклов компенсируется или интегрируется. Тектоническая природа таких изменений подтверждает-

ся их четкой морфоструктурной дифференциацией. С другой стороны, для годовых и 2—5-летних периодов на величину погрешности инструментальных измерений особенно большое влияние оказывают экзогенные факторы (смена влажных и сухих сезонов, колебания уровня грунтовых вод и т. п.) и ошибки самих измерений, что также направлено на известное завышение величин реальных скоростей тектонических движений. Указанные погрешности проявляются и в содержании карт современной геодинамики, составленных для разных периодов или основанных на инструментальных данных за различные промежутки времени между измерениями.

Короткопериодные изменения интенсивности и направленности современной геодинамики морфоструктур оказывают значительное влияние на хозяйственную деятельность, прежде всего на эффективность добычи нефти и газа, на функционирование крупных долговременных сооружений, гидромелиоративных систем и т. п. (рис. 6). Изучение этих движений входит в комплекс разработки мероприятий по прогнозу землетрясений. Поэтому в странах, расположенных в пределах Альпийского орогенного пояса Южной Европы, в настоящее время создано или находится в стадии создания около 20 специальных геодинамических полигонов, почти треть которых приходится на Кавказ и Закавказье.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лилиенберг Д. А.* Современные тектонические движения и их связь с морфоструктурами.— В кн.: Актуальные вопросы советской географической науки. М.: Наука, 1972, с. 72.
2. *Лилиенберг Д. А.* Современные тектонические движения и морфоструктурная дифференциация земной коры.— В кн.: Современные движения земной коры (Тез. докл. VII Всесоюз. совещания), вып. 1. М.—Л.: Наука, 1977, с. 25.
3. *Герасимов И. П.* Современные движения и новейшая тектоника.— В кн.: Проблемы физической географии. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1950, т. 16, с. 3.
4. *Мещеряков Ю. А.* Задачи и методы геолого-геоморфологических исследований при изучении современных тектонических движений.— В кн.: Современные тектонические движения земной коры и методы их изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 41.
5. *Lilienberg D., Setunskaya L.* Methods and some results of geological-geomorphological inspections of signs of repeated levelling.— In: Problems of recent crustal movements. Moscow: Acad. Sci. of USSR, 1969, p. 116.
6. *Буланже Ю. Д., Лилиенберг Д. А.* Итоги международного сотрудничества стран Восточной Европы по составлению сводной карты современных вертикальных движений земной коры.— В кн.: Современные движения земной коры, № 5. Тарту: Изд-во АН ЭССР, 1973, с. 9.
7. *Lilienberg D., Setunskaya L.* Maps of recent geodynamics of the relief and their significance for morphostructural analysis.— In: Internac. conference of geomorphological mapping. Budapest, 1977, p. 126.
8. *Lilienberg D.* Problems of the contemporary geodynamics and geokinematics of mountain systems.— In: Problems of morphotectonics. Sofia: Bulgar. Acad. Scienc., 1983, p. 107.
9. *Lilienberg D.* The recent tectonic movements and morphostructural features of mountain regions of South-East Europe.— In: VIII congress INQUA (Resumes de communications). Paris, 1969, p. 32.
10. *Канев Д.* Динамични особености на съвременните вертикални движения на земната кора в България.— Годишник на Софийския унив. (география). Т. 63, кн. 2. София, 1971, с. 1.
11. *Cornea I., Dragoescu I., Popescu M., Visarion M.* Monography of recent vertical crystal movements in the S. R. of Romania (preprint). Bucharest: Magurele, 1978. 100 p.
12. *Иованович П.* Исследование современных вертикальных движений земной коры в Югославии. Белград: Геокарта, 1971. 10 с.
13. *Vyskočil P.* Results of recent crystal movement studies.— Transaction ČSAV. Ser. Math. Nat. Sci. Praha, 1984, v. 94, № 8, 104 p.
14. *Jeanrichard F.* Contribution à l'étude du mouvement vertical des Alpes.— In: Problems of recent crystal movements. Tallin: Valgus, 1975, p. 46.
15. *Salvioni G.* Il movimenti del suolo dell'Italia centro settentrionale.— Bull. geodez. et sci. Affini, 1957, v. 16, № 3, p. 57.
16. *Fourniquet J.* Mise en evidence de mouvements actuels, verticaux, dans le Sud-Est France par comparaison de nivellements successifs.— C. R. Somm. Soc. Geol. France, 1977, t. 5, p. 266.
17. *Сомов В. И., Рахимова И. Ш.* Современные движения земной коры Карпато-Балканского региона и смежных структур. Киев: Наук. думка, 1983. 143 с.
18. *Blagovolin N., Lilienberg D., Pobedonostsev S.* Recent vertical movements in the Ponto-Caspian orogenic region.— Tectonophysics. Amsterdam, 1975, v. 29, p. 72.

19. Лилиенберг Д. А., Матцова В. А. Карта современных вертикальных движений и морфоструктуры Кавказа.— В кн.: Проблемы современных движений земной коры. М.: Наука, 1969, с. 142.
20. Map of recent vertical crystal movements of Eastern Europe (1 : 2 500 000). Moscow. GUGK, 1973.
21. Йоо И., Ванко Я., Виссарион М. и др. Карта современных вертикальных движений земной коры Карпато-Балканского региона (1 : 1 000 000). Будапешт: Картография, 1979.
22. Лилиенберг Д. А. Современная геодинамика морфоструктур Альпийского орогенного пояса Южной Европы.— В кн.: Проблемы неотектоники и современной геодинамики литосферы. Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1982, с. 44.
23. Lilienberg D. The main regularities in recent movements in the central parts of the Balcans peninsula.— In: *Studia geophys. et geodez.*, v. 12. Praha, 1968, p. 163.
24. Marčák P., Vanko J. O výskumných prácach na geodynamickom poligone Bratislava.— *Geodetický a kartografický obzor*, 1977, t. 23, č. 11, p. 273.
25. Лилиенберг Д. А. Структурно-геоморфологическое строение Скопленской котловины в связи с землетрясением 26 июля 1963 г.— Докл. АН СССР, 1965, т. 163, № 3, с. 706.
26. Лилиенберг Д. А. Общие и региональные закономерности современной геодинамики Кавказа (по геоморфологическим и инструментальным данным).— В кн.: Современные движения земной коры (методы и результаты исследований). Киев: Наук. думка, 1980, с. 204.
27. Лилиенберг Д. А., Матцова В. А. Тенденции современных вертикальных движений Малого Кавказа и Армянского нагорья.— Докл. АН СССР, 1970, т. 194, № 1, с. 171.
28. Gerasimov I. P., Lilienberg D. A., Zimina R. P. et al. Caucase Central.— In: *Symposium géographique franco-sovietique «Alpes-Caucase» (Livret-guide Caucase)*. M.: AN SSSR, 1974, p. 56.
29. Lilienberg D. Eigentümlichkeiten im Auftreten von rezenten tectonischen Bewegungen in Raum und Zeit innerhalb ausgedehnten Gebiete.— In: *II Intern. Symposium Geodezy and Physics of the Earth (Abstracts)*. Potsdam, 1973, p. 329.
30. Герасимов И. П. Динамическое взаимодействие современных тектонических движений земной коры и экзогенных рельефообразующих процессов, протекающих на ее поверхности.— В кн.: Современные движения земной коры, № 5. Тарту: Изд-во АН ЭССР, 1973, с. 453.

Институт географии АН СССР

Поступила в редакцию
24.V.1985

RECENT GEODYNAMICS OF THE ALPINE OROGENOUS BELT OF SOUTHERN EUROPE

LILIENBERG D. A.

Summary

Morphostructural interrelations and spatial-temporal characteristics of recent geodynamics of the Alpine orogens of Europe are discussed using data of repeated levelling and mareographic measurements. Recent movements fields reveal block differentiation of morphostructures as well as conjugation of contrasting blocks along faultlines and lineaments. Lateral displacement rates usually exceed considerably those of vertical movements, which conforms to the plate tectonics concept. Recent geodynamics is of oscillatory-wave nature, the movements rate and direction changing within short time intervals. A general map is compiled showing recent vertical movements within the Alpine orogenous belt of the southern Europe; the map is based on regional materials.