

УДК 551.4(470)

Д. А. ЛИЛИЕНБЕРГ, Л. Е. СЕТУНСКАЯ,
Н. С. БЛАГОВОЛИН, С. К. ГОРЕЛОВ, А. А. НИКОНОВ,
Л. Л. РОЗАНОВ, Л. Р. СЕРЕБРЯННЫЙ, В. А. ФИЛЬКИН

МОРФОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР

Рассматриваются основные закономерности современных вертикальных движений земной коры и их связь с морфоструктурами разного порядка. Составлена карта современных движений Европейской части СССР, входящая в международную сводную карту Восточной Европы (масштаб 1 : 2 500 000). Научное содержание карты базируется на комплексном сочетании геодезических, океанографических и геолого-геоморфологических данных. Современные вертикальные движения отличаются разнонаправленностью, дифференцированностью и в целом согласуются с морфоструктурами разного порядка, блоковым строением земной коры и верхней мантии, а также с особенностями строения фундамента, новейшими тектоническими движениями, геофизическими полями и сейсмичностью. В ряде случаев отмечается перестройка современными движениями древнего структурного плана, обращенные или смещенные соотношения с геофизическими полями и морфоструктурами.

Комплексное изучение современных тектонических движений Европейской части СССР проводилось в 1966—1970 гг. в связи с составлением карты вертикальных движений в масштабе 1 : 2 500 000. Первоначально эта карта готовилась в качестве самостоятельного произведения. Позднее она вошла составной частью в международную работу по составлению сводной карты современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы (1 : 2 500 000)¹, которая была представлена XV Генеральной Ассамблее МГГС (Москва, август 1971 г.) подкомиссией Восточной Европы CRCM и подкомиссией № 3 КАПГ (Буланже и др., 1971; Мещеряков, 1968; Mescherikov, 1969).

Подготовка сводной карты Восточной Европы явилась результатом плодотворного сотрудничества ученых социалистических стран — Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Советского Союза, Чехословакии, Югославии. В своей работе они опирались на уже накопленный опыт составления карт современных движений своих национальных территорий. В СССР, например, эти работы следует считать новым этапом, развивающим и углубляющим исследования, начатые ранее по инициативе И. П. Герасимова и Ю. А. Мещерякова. Наиболее важными результатами предшествующего этапа явились мелкомасштабные карты отдельных частей Европейской территории СССР — его западной половины («Современные вертикальные движения...», 1958; Матцкова, 1963), Украины (Соколовский и Волков, 1965), Кавказа (Лилиенберг, Матцкова и др., 1969), Карпат (Сомов, 1968), Прибалтики (Желнин, Ковалевский, Лесис, 1969) и ряда других регионов.

Изучение современных тектонических движений и подготовка карты всей Европейской части СССР носили комплексный характер и объеди-

¹ Цветной уменьшенный макет этой карты в масштабе 1 : 10 000 000 приложен к тексту настоящей статьи.

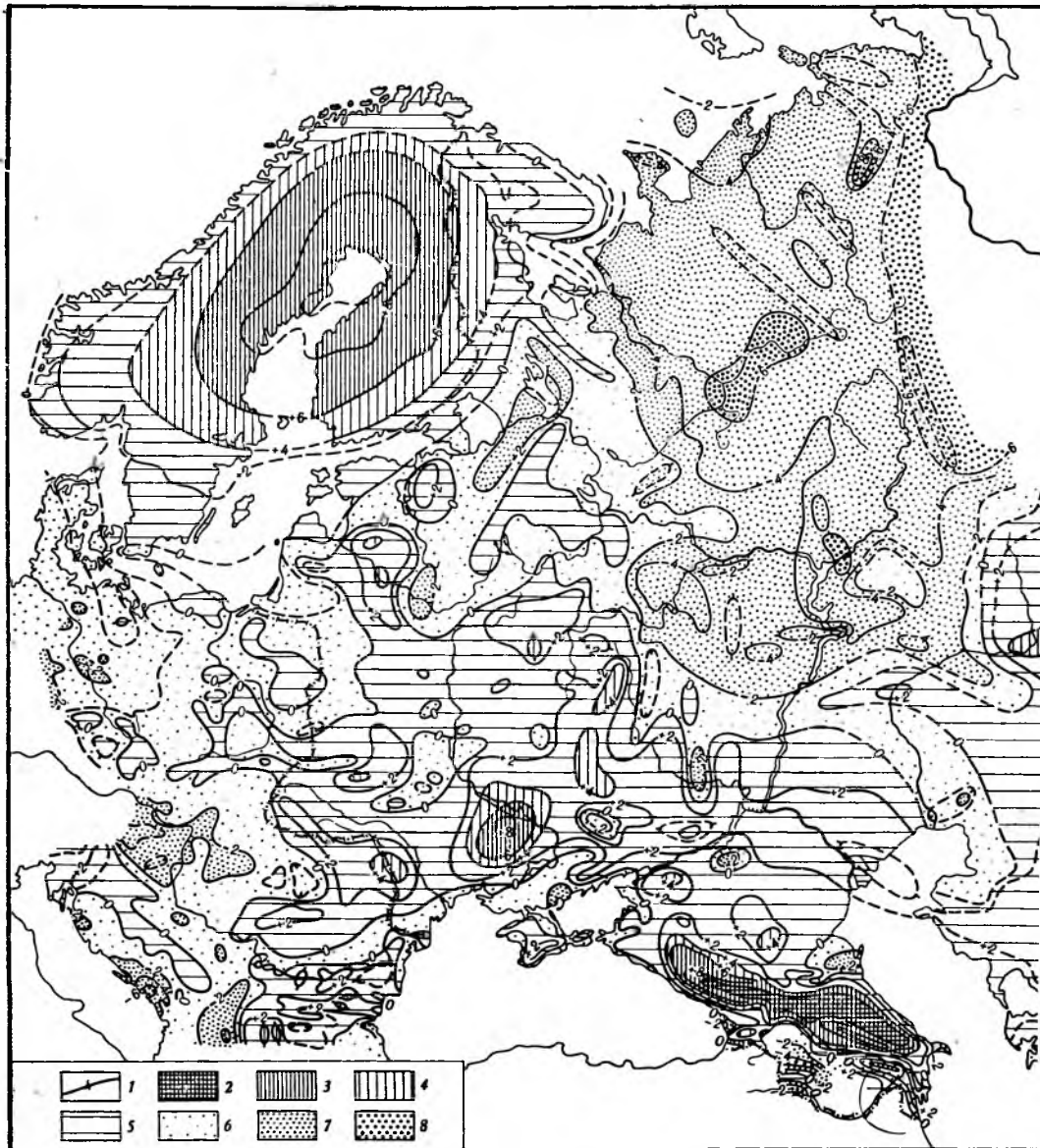


Рис. 1. Схема современных вертикальных движений Северной и Восточной Европы (составлена Д. А. Лилленбергом по региональным материалам с дополнениями).

1 — изолинии скоростей движений, мм/год. Области поднятий: 2 — наиболее интенсивных (более +10 мм/год); 3 — интенсивных (+6 ÷ +8 мм/год); 4 — умеренных (+4 ÷ +6 мм/год); 5 — слабых (0 ÷ +4 мм/год). Области опускания: 6 — слабых (0 ÷ -2 мм/год); 7 — умеренных (-2 ÷ -6 мм/год); 8 — интенсивных (менее -6 мм/год).

няли большой коллектив специалистов многих наук о Земле. Научное содержание карты базируется на комплексном использовании геодезических, океанографических и геолого-геоморфологических данных. Материалы повторного нивелирования были обработаны в Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэросъемки и картографии ГУГК при СМ СССР, уровенные данные по побережьям морей и крупных озер — в Государственном океанографическом институте Гидрометслужбы СССР. Морфоструктурное обоснование проведения изолиний скоростей равных движений внутри полигонов осуществлял коллектив геоморфологов Института географии Академии наук СССР

(при участии Института физики Земли Н СССР) под руководством Ю. А. Мещерякова и Д. А. Лилиенберга. В целях геолого-геоморфологического контроля и оценки репрезентативности геодезических и океанографических данных была разработана специальная методика полевого обследования линий повторного нивелирования с определением степени устойчивости геодезических знаков и уровневых постов («Современные вертикальные движения...», 1958; Lilienberg, Setunskaja, 1969).

Европейская часть СССР охватывает обширную территорию около 5,5 млн км², чрезвычайно разнообразную в морфоструктурном отношении и отличающуюся большой дифференциацией современных вертикальных движений. В связи с этим при морфоструктурном анализе необходимо четко различать *абсолютные и относительные значения* величин скоростей современных движений. Для изучения современной активности смежных морфоструктур наиболее целесообразно использовать неуравненные относительные скорости, полученные из непосредственно измеренных превышений вдоль отдельных линий повторного нивелирования. Для изучения же *полей современных движений* необходимо проводить уравнивание величин скоростей движений в сети повторного нивелирования на обширных территориях. В процессе уравнивания отдельных полигонов, региональных сетей полигонов, а тем более сетей полигонов отдельных стран или групп стран (как, например, Восточной Европы, Фенноскандии и т. п.) величины первичных относительных скоростей неизбежно искажаются (иногда весьма значительно) за счет разброса невязок; соответственно сглаживаются их различия и величины градиентов движений². Чем более крупную территорию охватывает карта современных движений, тем большее влияние оказывают перечисленные выше факторы. Следует также иметь в виду, что медленные современные движения в целом носят колебательный характер с различной периодичностью. Включение в уравнивание данных разновременных повторных нивелировок служит источником дополнительных искажений. Поэтому при проведении морфоструктурных исследований особенно важен *сопряженный анализ уравненных абсолютных и первичных относительных величин скоростей современных тектонических движений*.

Скорости и характер современных вертикальных движений Европейской части СССР (рис. 1) существенно различаются в пределах крупных морфоструктурных областей: древних шитов, платформенных равнин и горных сооружений (Мещеряков, 1965; Lilienberg et al., 1971).

Равнины и возвышенности Балтийского щита

Докембрийские сооружения Балтийского кристаллического щита характеризуются общим сводообразным поднятием с максимальными величинами скоростей в северной части Ботнического залива, достигающими $+8 \div +9,5$ мм/год (Kukkamäki, 1969). В пределах СССР — в северной Карелии скорости поднятия достигают $+3 \div +4$ мм/год, тогда как юго-восточная периферия щита опускается со скоростями до $-2 \div -3$ мм/год. В целом современное поднятие Балтийского щита согласуется с общей структурой приподнятого кристаллического фундамента (рис. 2) и характером голоценовых движений. Интенсивность современных вертикальных движений здесь соизмерима со скоростями поднятий других древних щитов, например Канадского ($+10 \div +14$ мм/год) и Украинского ($+8 \div +9,5$ мм/год).

² В качестве примера достаточно сравнить абсолютные величины скоростей современных вертикальных движений в пограничных районах на национальных картах СССР («Современные вертикальные движения...», 1958), Польши (Wyrzykowski, 1966), Чехословакии (Vyskocil, 1969) и на сводной карте Восточной Европы (Буланже и др., 1971).

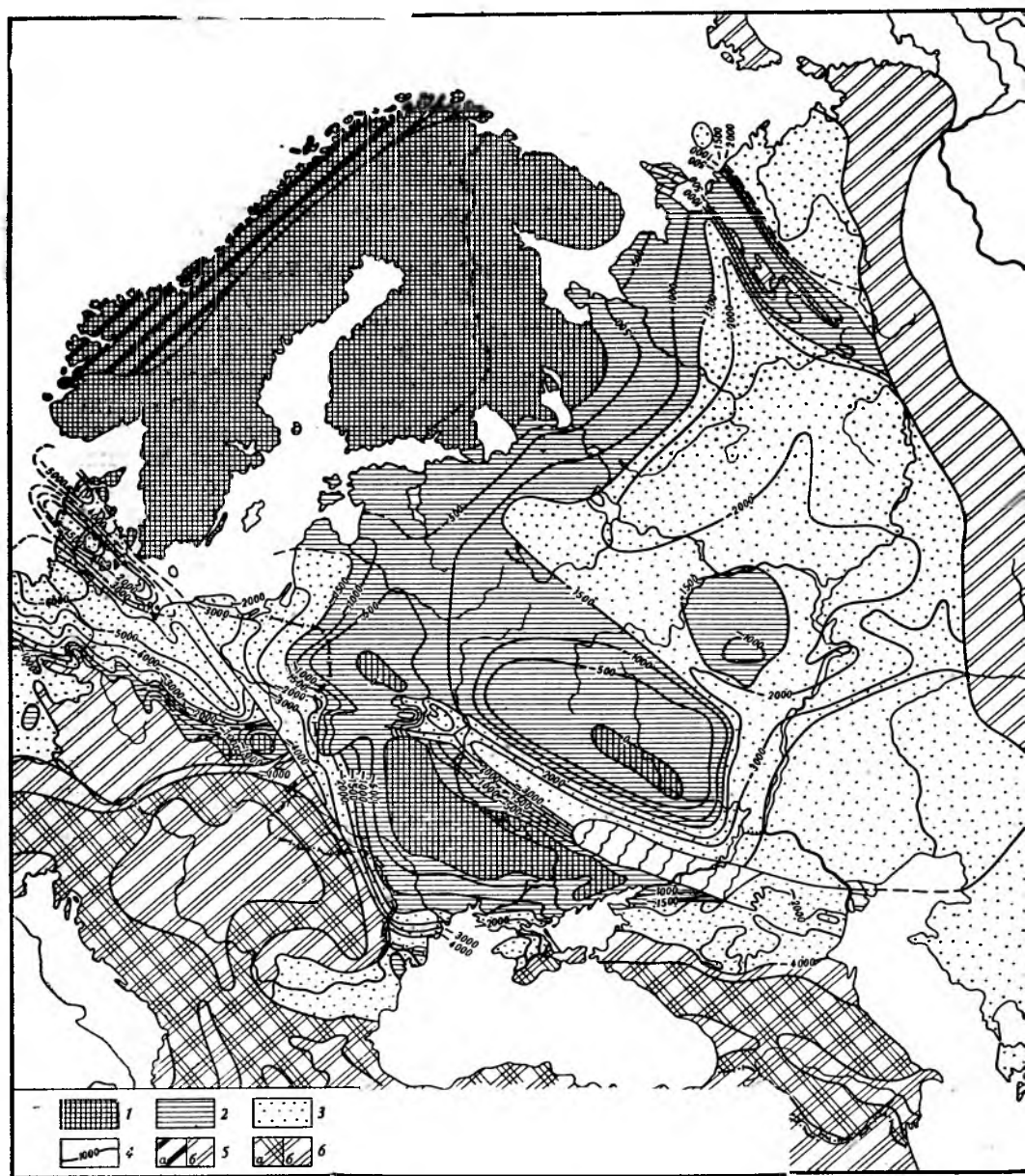


Рис. 2. Схема глубины залегания фундамента Северной и Восточной Европы (генерализована М. П. Гласко по тектонической карте Европы, 1964)

Платформенные области: 1 — выходы фундамента на поверхность (щиты); 2 — неглубокого залегания фундамента (до 1500 м); 3 — глубокого (более 1500 м); 4 — изолинии глубин залегания фундамента. Орогенные области: 5 — древние (а — эпикаледонские, б — эпигерцинские); 6 — молодые — альпийские (а — мегантиклинории и срединные массивы, б — краевые и межгорные впадины)

В пределах Фенноскандии намечается более или менее равномерное концентрическое расположение изолиний скоростей, что указывает на существенную роль гляциоизостатического фактора. Сопоставление современных вертикальных движений с суммарными голоценовыми показывает, что площадь сводообразного поднятия Балтийского щита центростремительно сократилась, скорости движений в центральных частях уменьшились, а на периферии сменились даже опусканиями. Однако для позднеголоценового времени (последние 2—3 тыс. лет) скорости и знак движений в восточных частях щита были уже соизмеримы с со-

временными Никонов, 1965), что может свидетельствовать о постепенном *уменьшении роли гляциоизостатической составляющей* в течение наиболее поздних этапов поднятия Балтийского щита.

На периферии Балтийского щита современные вертикальные движения, по-видимому, имеют *чисто тектогенную природу*. В связи с этим изолинии скоростей движений во многом утратили свой концентрический характер. В крайней восточной части щита они обнаруживают тесную связь с морфоструктурами и криптоструктурами фундамента низших порядков, отражая блоки субширотного и северо-западного простираний. Такими являются Кольский полуостров ($-2 \div +4$ мм/год), грабен Кандалакшского залива ($-2 \div +2$ мм/год), Северо-Карельский блок ($+2 \div +5$ мм/год), грабен Онежского залива ($-2 \div +2$ мм/год), возвышенности беломорид Ветреного пояса ($0 \div +1$ мм/год), Южно-Карельское плато и др. В ряде случаев выделяются отдельные локальные морфоструктуры, например заливы-грабены в пределах котловин Ладожского и Онежского озер, на северном побережье Кольского полуострова, локальные дизъюнктивные морфоструктуры (на границе Хибинского горного массива и впадины оз. Имандра, в районе Кандалакшско-Колвицких тундр и т. д.). Резко дифференцированный характер современных вертикальных движений проявляется и на юго-восточном склоне Балтийского щита, в частности, на севере Советской Прибалтики.

Русская платформенная равнина

В пределах платформенных равнин и возвышенностей Восточной Европы современные вертикальные движения отличаются четкой дифференциацией в плане и значительными амплитудами (от $-11,8$ мм/год на Печорской равнине до $+9,5$ мм/год на Приднепровской возвышенности). Однако общий фон образуют движения со скоростями порядка первых миллиметров в год (см. прилагаемую карту). Градиенты движений также невелики и обычно составляют от $1-2$ до $5-10$ мм/год на 100 км, лишь в редких случаях превышая эти величины (рис. 3, а, б).

В отличие от Балтийского щита, представляющего собой в общем единую область поднятия, в пределах платформенных равнин Средней и Восточной Европы четко обособляется ряд морфоструктурных областей, отличающихся по характеру и направленности современных движений. Д. А. Лилиенбергом (Буланже и др., 1971) здесь выделены три крупные трансрегиональные зоны, протягивающиеся в целом с северо-запада на юго-восток. К ним относятся: 1) Балтийско-Каспийская (центральная) зона с тенденциями к общим современным поднятиям порядка $+2 \div +4$ мм/год; 2) зона северо-востока Русской равнины с тенденциями к общим интенсивным опусканиям порядка $-2 \div -6$ мм/год; 3) Польско-Германская зона (находящаяся уже за пределами Европейской части СССР) с преобладанием общих слабых опусканий порядка $0 \div -3$ мм/год.

Если сопоставить выделенные зоны современных вертикальных движений с глубинным строением фундамента (рис. 2), то можно заметить, что Балтийско-Каспийская зона современных поднятий соответствует аналогичной зоне неглубокого залегания фундамента Русской платформы (включающей такие выступы, как Украинский щит, Воронежский массив и Белорусско-Литовскую антеклизу); Польско-Германская и северо-восточная зоны современных опусканий, напротив, приурочены к областям глубокого погружения платформенного основания (до $2-5$ км) — даже в пределах многих положительных элементов Волго-Уральской антеклизы и Токмовского свода глубина залегания фундамента превышает $1-1,5$ км. Центральная зона четко выделяется также по интенсивности новейших тектонических поднятий (Николаев, 1962).

Границы между отмеченными выше трансрегиональными зонами в большинстве случаев совпадают с глубинными швами, вдоль которых местами заложены прогибы-авлакогены: Польско-Датский на западе и Пачелмский (Рязано-Саратовский) на востоке.

Выделение крупных трансрегиональных зон протяженностью в несколько тысяч километров стало возможным лишь после составления карт современных движений на такие крупные территории, как, например, Восточная Европа. Это имеет важное теоретическое значение для понимания природы современных тектонических движений. В геотектонике и геофизике существует положение, что глубина залегания структур в известной мере соизмерима с их протяженностью. Поэтому формирование крупных трансрегиональных зон может свидетельствовать о том, что современные вертикальные движения охватывают не только всю земную кору, но и значительную часть мантии Земли (Lienberg et al., 1971).

Различия современной активности крупных трансрегиональных зон сказываются в проявлении не только медленных вертикальных, но и быстрых (мгновенных) тектонических движений. Сейсмостатистические материалы по Русской равнине (Ананьин, 1968) показывают, что активизация сейсмичности в пределах восточной части Балтийского щита приходится на периоды 1827, 1873—1882, 1902—1926 и 1948—1965 гг., в северо-восточной половине Русской равнины — на 1798—1818, 1829—1852, 1886—1915 и 1930—1939 гг., а в юго-западной половине Русской

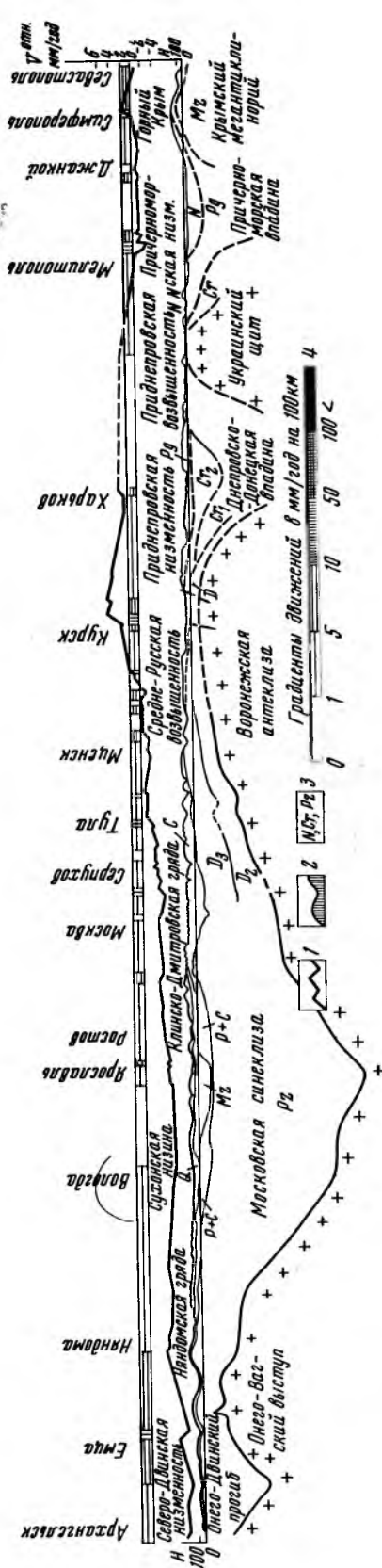
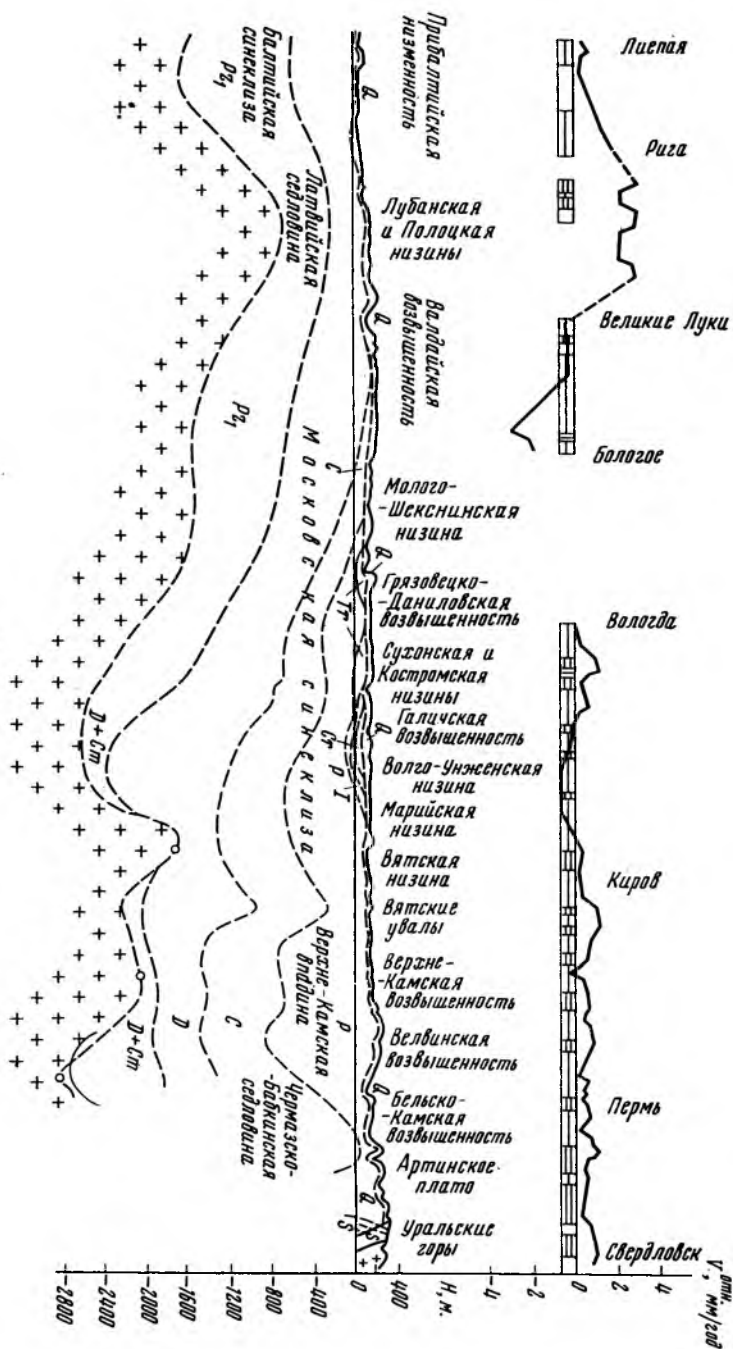
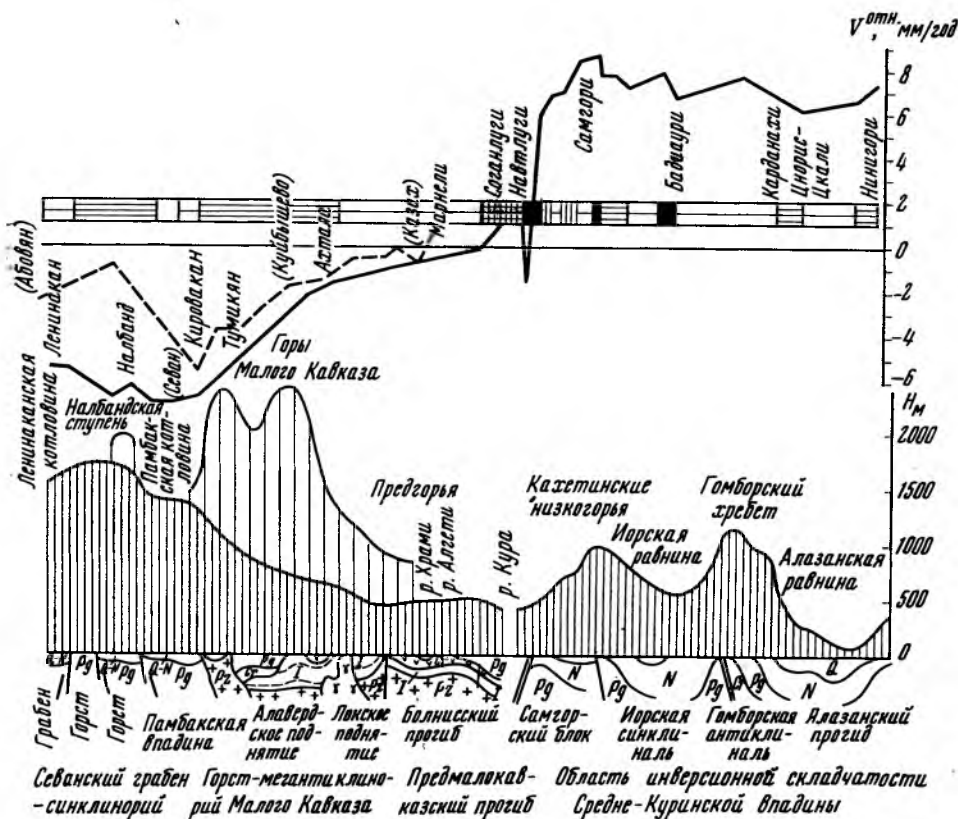


Рис. 3. Схематические комплексные профили современных тектонических движений Европейской части СССР.

А — по линии Архангельск — Москва — Севастополь (составил Н. С. Благословин, Л. Р. Серебряный, В. А. Филкин); Б — по линии Лиеня — Вологда — Свердловск (составил Л. Е. Сегунская); В — по линии Ленинск — Тбилиси — Алазан (составил Д. А. Лилленберг); 1 — кривые скоростей относительных вертикальных движений, мм/год; 2 — возраст геологических комплексов; 3 — возраст геологических комплексов, 4 — градиенты скоростей движений, мм/год на 100 км.

Рис. 3 (Б)





равнины — на 1814—1844, 1873—1910 и 1926—1937 гг. Таким образом, наблюдается известная миграция землетрясений во времени; в периоды сейсмической активности землетрясения начинаются обычно на юго-западе Русской равнины, а затем распространяются на северо-восток и в область Балтийского щита.

Перейдем к краткому обзору трансрегиональных зон.

В полосе сочленения Балтийского щита с Русской платформой преобладают (наряду с движениями северо-западного простираия) движения северо-восточного простираия, связанные с флексурным характером этой границы. Здесь в первую очередь выделяется Онего-Ильменская полоса погружений ($-2 \div -3$ мм/год), располагающаяся на юго-восточном склоне Балтийского щита. В качестве компенсационных мор-

фоструктур ей противостояют поднятия Валдайской возвышенности (до $+2$ мм/год) и возвышенностей Восточной Прибалтики — Лужской Хаанья, Латгальской и др., (до $+4,5$ мм/год).

Максимальные абсолютные и относительные опускания приурочены к осевой части Московской синеклизы и имеют северо-восточное простирание — Вышневолоцкое понижение ($-2 \div -3$ мм/год), Грязовецкая впадина ($-1,7$ мм/год), Галичская впадина (-3 мм/год), Котлас-Яренская впадина ($-6 \div -8$ мм/год) и др. В качестве относительных поднятий здесь выделяются также морфоструктуры Сухонского вала ($0,6$ мм/год), Пестовско-Череповецкого выступа и др.

В ряде случаев можно установить определенную преемственность современных движений от новейших и более древних — вплоть до мезозойских. Такие морфоструктурные элементы, как Сухонский вал, Грязовецкая и Галичская впадины, занимающие наиболее погруженную часть Московской синеклизы, были контрастно выражены еще в мезозое. Поверхность же кристаллического фундамента имеет иной характер: Сухонский вал отвечает сильно раздробленной осевой зоне Среднерусского авлакогена, а Грязовецкая и Галичская впадины занимают бортовые зоны синеклизы, где прослеживаются валообразные поднятия (Лозовский и др., 1970). Резкое изменение тектонического режима с соответствующей перестройкой рельефа в центре Московской синеклизы, вероятно, произошло еще в домезозойское (герцинское?) время. Отдельные крупные элементы мезозойского рельефа находят отражение в современной тектонике.

На крайнем северо-востоке Европейской части СССР слабые восходящие движения (на фоне опусканий) испытывают морфоструктуры южной части Тиманского кряжа, Велью-Тебукское поднятие, Печорско-Кожвинский вал, гряда Чернышева. Максимальные опускания приурочены к равнинам Косью-Роговской ($-8 \div -12$ мм/год) и Коротайхинской ($-6 \div -8$ мм/год) впадин. Все эти морфоструктуры находят прямое отражение также в четвертичных и голоценовых движениях.

Несколько особое положение по характеру современных движений занимают морфоструктуры Волго-Уральской области, где наряду с прямыми широко развиты инверсионные и смещенные соотношения. Примером может служить Токмовский свод, который в целом не получил прямого отражения в современном тектоническом плане, хотя развитые в его пределах отдельные морфоструктуры низших порядков довольно четко проявляются в виде относительных поднятий Окско-Цнинского, Сурско-Мокшинского валов ($-2,5 \div -3$ мм/год), Павловского поднятия ($-1,5 \div -2$ мм/год). В западной части Токмовского свода Э. Э. Фотиади (1958) по геофизическим данным выделил Среднерусскую впадину, но впоследствии там был установлен Окско-Клязьминский выступ фундамента. Современные тектонические движения в области Мещерской низменности носят характер интенсивных погружений со скоростями до $-4,5$ мм/год. Инверсия структурного плана здесь, видимо, восходит еще к домезозойскому времени.

Пачелмский авлакоген на карте современных движений выражен не в виде четкого прогиба, а в виде градиентной полосы между двумя крупными трансрегиональными зонами. Так, на севере выделяется контрастный переход от абсолютного поднятия Среднерусской возвышенности к абсолютному опусканию Мещерской низменности. В области Окско-Донской низменности, к юго-западу от Пачелмского прогиба, активное влияние разнородных морфоструктур Воронежской антеклизы отражается в виде чередующихся субмеридиональных поднятий и опусканий, которые захватывают также крайние восточные части Среднерусской возвышенности.

Среди морфоструктур Волго-Уральской области, получающих прямое или чаще смещенное отражение на фоне абсолютных опусканий,

следует отметить район поднятий Вятских Увалов ($-3 \div -4$ мм/год), Мелекесскую низину ($-4 \div -6$ мм/год), Бугульминско-Белебеевскую возвышенность Татарского свода ($-1 \div -2$ мм/год), возвышенность Жигулевского вала ($-1 \div -2$ мм/год), а также ряд региональных разломов.

В то же время многие морфоструктуры Приволжской возвышенности, Общего Сырта, Прикаспийской низменности имеют инверсионное выражение в современных движениях, что находится нередко в противоречии не только с глубинным строением, но и с тенденциями неотектонических, в том числе голоценовых, движений, устанавливаемых по геолого-геоморфологическим данным. Причина этой несогласованности недостаточно ясна. По всей видимости, ее следует связывать с одной из важнейших особенностей медленных вертикальных движений — их *колебательно-волновым характером*. Аналогичные тенденции смены знака движений с чередованием во времени крупных меридиональных и широтных зон поднятий и опусканий отмечались для данной части Русской платформы в позднем мезозое и на неотектоническом этапе. Таким образом, в значительной мере инверсионный характер современных движений по отношению к древней геологической структуре и морфоструктурному плану восточной части Русской платформы является характерной особенностью современной фазы развития крупных структур этого региона.

2. **Балтийско-Каспийская зона преимущественных поднятий** соответствует наиболее приподнятой части фундамента юго-запада и центра Русской платформенной равнины, к которой приурочены Украинский и Воронежский кристаллические массивы, Белорусско-Литовская антеклиза, а также прибалтийская часть склона Балтийского щита. Зона выделяется наибольшей дифференцированностью и мозаичностью современных вертикальных движений. Последнее связано с тем, что в формировании структур фундамента и платформенного чехла основную роль играли движения северо-западного и северо-восточного направлений. На отдельных этапах развития ведущими попеременно являлись движения разных направлений. Так, в морфоструктурном плане зоны наиболее четко в рельефе и неотектонике выражены продольные (северо-западные) структуры, тогда как поперечные (северо-восточные) играют подчиненную роль. В современных же вертикальных движениях проявляется определенная активизация поперечных движений, которые в ряде районов выражены более резко, чем продольные. Таким образом, на современном этапе происходит как бы смена *«эпох» различной ориентации вертикальных движений* (Lilienberg et al., 1971).

Эти новые тенденции наблюдаются не только в медленных вертикальных движениях, но и в быстрых (мгновенных), сказываясь в особенностях распространения сейсмических волн (Ананьин, 1968). Так, сейсмические волны сильных карпатских землетрясений в пределах Русской платформы распространяются в северо-восточном направлении, достигая иногда Москвы. В противоположность им волны даже катастрофических кавказских землетрясений в северо-западном направлении обычно не распространяются дальше Предкавказья, поскольку их энергия поглощается на границах активизированных поперечных современных морфоструктур. Из этого следует, что *морфоструктурная дифференциация современных тектонических движений в известной мере связана с анизотропностью земной коры*.

На фоне преобладающих общих поднятий Балтийско-Каспийской зоны выделяется несколько продольных субширотных подзон с разными знаками или величинами скоростей движений, пересекающих как древние, так и молодые платформенные участки. В качестве примеров можно привести Лужско-Волгоградскую, Литовско-Донскую, Вольно-Предкавказскую подзоны, имеющие в целом северо-западное простира-

КАРТА СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

MAP OF RECENT VERTICAL CRUSTAL MOVEMENTS OF EASTERN EUROPE

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ
И ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ СОЮЗ

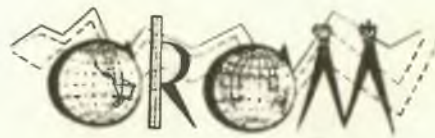
INTERNATIONAL UNION OF GEODESY
AND GEOPHYSICS

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ ГЕОДЕЗИИ
Комиссия по современным движениям земной коры

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEODESY
Commission on Recent Crustal Movements

Подкомиссия по карте Восточной Европы

Sub-Commission on Map of Eastern Europe



Главный редактор Ю.А. Мещеряков

Editor-in-Chief J.A. Mescherikov

Редакционная коллегия

Ю.Буланже (СССР), Т.Выржиковски (ПНР), П.Высочил (ЧССР), Ф.Деймлик (ГДР), М.Зотин (СССР), И.Йоо (ВНР), Л.Кашин (СССР), Д.Лилиенберг (СССР), Л.Сетунская (СССР), В.Христов (НРБ), И.Энтин (СССР),

Editorial Board

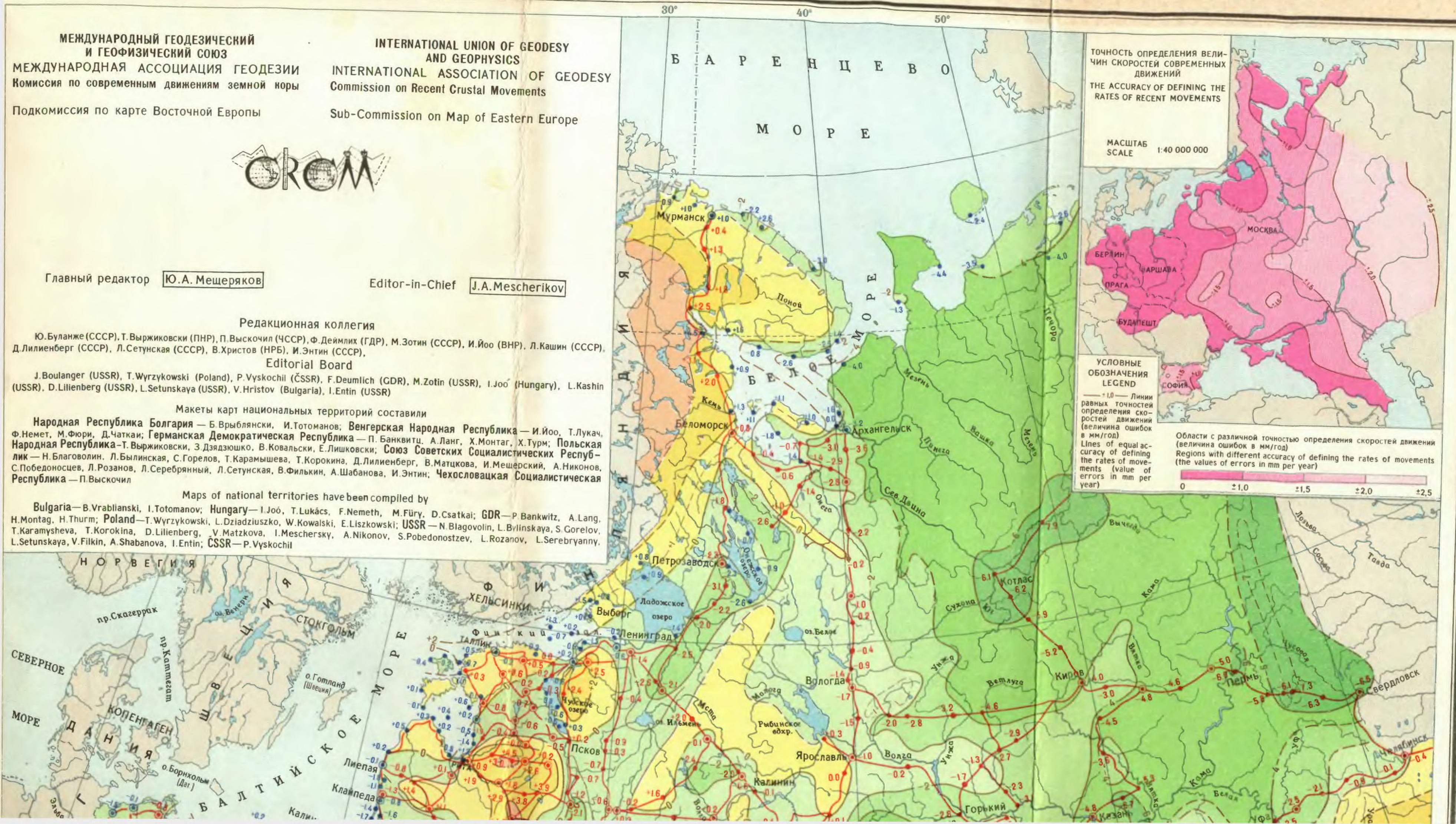
J.Boulanger (USSR), T.Wyrzykowski (Poland), P.Vysochil (Czechoslovakia), F.Deumlich (GDR), M.Zotin (USSR), I.Joo (Hungary), L.Kashin (USSR), D.Lilienberg (USSR), L.Setunskaya (USSR), V.Hristov (Bulgaria), I.Entin (USSR)

Макеты карт национальных территорий составили

Народная Республика Болгария — Б.Врыблянский, И.Тотоманов; Венгерская Народная Республика — И.Йоо, Т.Лукач, Ф.Немет, М.Фюри, Д.Чаткаи; Германская Демократическая Республика — П.Банквиз, А.Ланг, Х.Монтг, Х.Турм; Польша — Н.Благоволин, Л.Былинская, С.Горелов, Т.Карамышева, Т.Корокина, Д.Лилиенберг, В.Матцова, И.Мещерский, А.Никонов, С.Победоносцев, Л.Розанов, Л.Серебрянный, Л.Сетунская, В.Филькин, А.Шабанова, И.Энтин; Чехословацкая Социалистическая Республика — П.Высочил

Maps of national territories have been compiled by

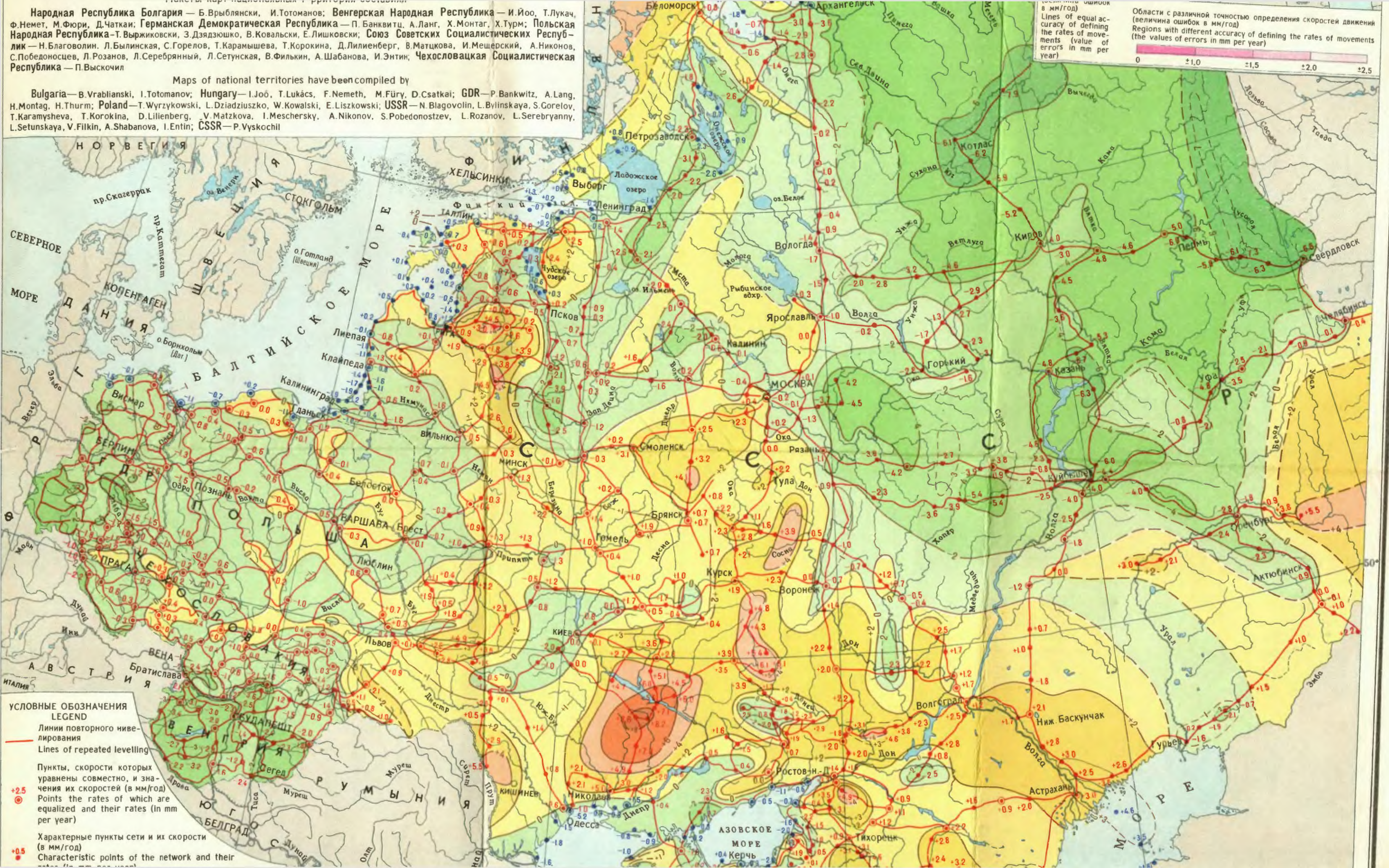
Bulgaria — B.Vrablanski, I.Totomanov; Hungary — I.Joo, T.Lukacs, F.Nemeth, M.Fury, D.Csatkai; GDR — P.Bankwitz, A.Lang, H.Montag, H.Thurm; Poland — T.Wyrzykowski, L.Dzadziszko, W.Kowalski, E.Liszkowski; USSR — N.Blagovolin, L.Bylinskaya, S.Gorelov, T.Karamysheva, T.Korokina, D.Lilienberg, V.Matzkova, I.Meschersky, A.Nikonov, S.Pobedonostzev, L.Rozanov, L.Serebryanny, L.Setunskaya, V.Filkin, A.Shabanova, I.Entin; CSSR — P.Vysochil



Народная Республика Болгария — Б. Врыблянский, И. Тотоманов; Венгерская Народная Республика — И. Йоо, Т. Лукач, Ф. Немет, М. Фюри, Д. Чаткаи; Германская Демократическая Республика — П. Банквиз, А. Ланг, Х. Монтэг, Х. Турм; Польшая Народная Республика — Т. Выржиковски, З. Дзядзюшко, В. Ковальски, Е. Лишковски; Союз Советских Социалистических Республик — Н. Благоволитин, Л. Былинская, С. Горелов, Т. Карамышева, Т. Корокина, Д. Лилиенберг, В. Матцова, И. Мещерский, А. Никонов, С. Пободоносцев, Л. Розанов, Л. Серебрянный, Л. Сетунская, В. Филькин, А. Шабанова, И. Энтин; Чехословацкая Социалистическая Республика — П. Выхочил

Maps of national territories have been compiled by

Bulgaria — B. Vrablianski, I. Totomanov; Hungary — I. Joó, T. Lukács, F. Nemeth, M. Fűry, D. Csatai; GDR — P. Bankwitz, A. Lang, H. Montag, H. Thurm; Poland — T. Wyrzykowski, L. Dziadziuszko, W. Kowalski, E. Liszkowski; USSR — N. Blagovolin, L. Bylinskaya, S. Gorelov, T. Karamysheva, T. Korokina, D. Lillenberg, V. Matzkova, I. Meshchersky, A. Nikonov, S. Pobedonostzev, L. Rozanov, L. Serebryanny, L. Setunskaya, V. Filkin, A. Shabanova, I. Entin; CSSR — P. Vyskocil





ние. Они разбиты на большое количество более мелких блоков, часть которых имеет тенденции к значительным опусканиям (до $-1 \div -4$ мм/год). Еще более четко могут быть прослежены поперечные подзоны преимущественно северо-восточного простираения, среди которых особенно контрастно выделяются Ижорско-Ошмянская ($+2 \div +4,5$ мм/год), Ильмень-Брестская ($0 \div -3$ мм/год), Вяземско-Волынская ($+1 \div +4$ мм/год), Винницко-Деснинская ($-2 \div +1$ мм/год), Среднерусско-Криворожская ($+2 \div +8$ мм/год), Воронежско-Сивашская ($-4 \div +2$ мм/год), Калачевско-Приазовская ($+2 \div +3$ мм/год), Медведицко-Ростовская ($+2 \div +5$ мм/год) и др.

На фоне общих морфоструктурных закономерностей проявляются более частные и региональные особенности. В Белорусско-Прибалтийской части наблюдается значительная активизация дифференцированных вертикальных движений, которая свидетельствует об отсутствии проявления здесь гляциоизостатического фактора на современном этапе. Интенсивные поднятия (до $+2 \div +4,5$ мм/год) испытывают Ижорская, Лужская, Южно-Видземская, Хаанья, Латгальская, Жмудская возвышенности. В то же время смежные районы Балтийской синеклизы (Нижне-Нямунасская равнина $-1 \div -2$ мм/год и западной части Московской синеклизы (Полоцкий прогиб $-1 \div -3$ мм/год) испытывают значительные опускания.

Воронежский кристаллический массив выражен общим современным поднятием. Однако рядом поперечных разломов он разбит на отдельные блоки. В его погруженной северо-западной части выделяется поднятие Смоленско-Вяземской возвышенности ($+2 \div +4$ мм/год). Интенсивно поднимаются центральные части Среднерусской возвышенности ($+2 \div +4$ мм/год). В полосе контрастного сочленения массива с Пачелмским авлакогеном, как отмечалось выше, наблюдается резкая поперечная перестройка морфоструктуры с наложением на северный склон узких прогибов: Воронежского (-1 мм/год) и Нижне-Хоперского ($-2 \div -2,5$ мм/год). Наложение разнонаправленных контрастных движений (опусканий на поднятия) вызывает повышенную современную активность этого участка, с чем связано проявление здесь (в платформенных условиях) землетрясений силой до V—VI баллов.

Украинский кристаллический массив вместе с Вольно-Подольской возвышенностью и Донецким краем входит в обширную полосу современных поднятий на юге Русской равнины. Поперечными разломами он также разбит на серию субмеридиональных блоков: Волынская возвышенность ($+2 \div +5$ мм/год), Винницко-Киевское понижение ($0 \div -2$ мм/год), Криворожская возвышенность ($+8 \div +9,5$ мм/год), Приазовская возвышенность (2 мм/год). В отличие от Балтийского Украинский щит как продольная морфоструктура выражен не единым современным поднятием, а выступает в качестве района дифференцированных движений, что соответствует блоковой мозаичности его тектонического строения.

Припятско-Днепровско-Донецкий прогиб выражен местами нечетко в виде слабого относительного опускания между Воронежским и Украинским массивами. Он также разбит на поперечные блоки с разными знаками или величинами современных движений.

Скифская плита с наложенными на нее Причерноморским, Азово-Предкавказским и Прикаспийским прогибами испытывает в целом относительные опускания. Однако абсолютные опускания ($0 \div -2,5$ мм/год) характерны лишь для Причерноморской впадины, захватывающей и южную окраину докембрийской Русской платформы. Подобный характер движений унаследован от неотектонического этапа и, по-видимому, обусловлен продолжающимся процессом расширения и углубления впадины Черного моря. К востоку же по мере приближения к активизированной области Прикаспия начинают преобладать слабые поднятия

($0 \div +1,5$ мм/год), на фоне которых выделяются интенсивные локальные поднятия Ростовской и Прикумской морфоструктур ($+2 \div +4$ мм/год).

В западной части Прикаспийской впадины современные движения отражают в общем плане не только новейшие, но и погребенные древние морфоструктуры.

Орогенные сооружения

Горные (орогенные) области, обрамляющие Русскую равнину, отличаются наибольшей активностью и контрастностью современных движений. Однако величины скоростей этих движений не так резко отличаются от аналогичных показателей смежных платформенных областей, как это можно было предполагать. Главное отличие состоит в *бóльших градиентах скоростей, дробной дифференциации движений и их контрастности*. В отличие от Русской равнины градиенты движений в молодых горных областях (типа Кавказа) оказываются на порядок выше, достигая $10-50$ мм/год на 100 км (рис. 3, в), а в отдельных случаях на коротких отрезках могут даже превышать 100 мм/год на 100 км (Куринская впадина).

Активность молодых и древних горных сооружений также сильно различается. Максимальные скорости характеризуют молодые горные системы.

1. **Древние горы Урала** соответствуют эпигерцинским сооружениям. На современном этапе они оказываются втянутыми в абсолютные общие опускания и выражаются в основном в виде относительных поднятий. Это закономерность, по-видимому, более крупного порядка, поскольку аналогичные тенденции свойственны также эпигерцинским сооружениям Средне-Германских гор и горному обрамлению Чешского массива.

Для современных движений Урала характерны такие главные особенности, как *нарастание относительных поднятий в сторону активизированных областей и четкая поперечная дифференциация*.

Наименьшими относительными поднятиями отличается Средний и Северный Урал. На широте Свердловска горы Урала характеризуются скоростями порядка $-6 \div -6,5$ мм/год, испытывая слабые поднятия по отношению к Предуральскому прогибу ($-7 \div -7,5$ мм/год). По мере приближения к Новоземельской активизированной области Арктики скорости в горной части увеличиваются до $-5 \div -6$ (Полярный Урал) и $-4 \div -5$ мм/год (Пай-Хой), поднятия по отношению к прилегающим Предуральскому ($-6 \div -10$ мм/год) и Зауральскому прогибам ($-6 \div -9$ мм/год) становятся выраженными более резко.

Особенно контрастным является сочленение Среднего и Южного Урала, разделенных флексурообразным поперечным перегибом. В пределах Южного Урала скорости нарастают к югу от $0 \div -2$ до $+4 \div +5$ мм/год по мере приближения к активизированной Арало-Каспийской области. Точно так же контрастность поднятий увеличивается и по отношению к южной части Предуральского прогиба ($-2 \div 0$ мм/год). На юге Урал обрамлен Орской поперечной полосой поднятий ($+3 \div +5,5$ мм/год), а в Мугуджарах интенсивность поднятий составляет $+3$ мм/год³.

Горные сооружения Урала на современном этапе оказались втянутыми в движения «платформенного типа» не только по абсолютным и относительным величинам скоростей, но и по градиентам движений (Сетун-

³ Интересно отметить, что такой же четкой поперечной дифференциацией современных вертикальных движений отличаются и эпигерцинские сооружения Аппалачских гор в Северной Америке: их северо-восточная часть (Кэтскилл, Зеленые и Белые горы) испытывает интенсивные опускания ($-2 \div -6$ мм/год), центральная часть (Аллеганские горы) — слабые поднятия ($0 \div +2$ мм/год); и только самая юго-западная часть, прилегающая к активизированной области низовьев Миссисипи и Мексиканского залива, испытывает интенсивные поднятия ($+2 \div +7$ мм/год).

ская, 1961). Если на поперечнике по широте Свердловска (рис. 3, б) градиенты скоростей движений составляют $2,3\text{--}2,5\text{ мм/год}$ на 100 км , то в смежных районах Русской равнины (Вятская, Сухоно-Солигаличская зоны поднятий) они достигают $2,5\text{--}2,7\text{ мм/год}$ на 100 км .

2. Молодые горы Карпат, Крыма, Кавказа, соответствующие позднеальпийским сооружениям юга Европейской части СССР, отличаются максимальной активностью. Одной из важных закономерностей для них является *нарастание интенсивности и контрастности движений с запада на восток*, по мере приближения к активизированным наложенным впадинам, особенно Каспийского типа (Lilienberg, 1969). Если горные сооружения Восточных Карпат ($+2\text{ мм/год}$ и более) и Крыма (от $+2$ до $+4\div +6\text{ мм/год}$) испытывают умеренные поднятия, то интенсивность современных поднятий к востоку резко возрастает — до $+10\text{--}+13,5\text{ мм/год}$ в Западном Кавказе, достигая максимальных величин в осевой части Центрального и Восточного Кавказа. Сходная тенденция прослеживается также как для предгорных прогибов — Предкарпатского ($+0,5\div +1\text{ мм/год}$), Азово-Кубанского ($-2\div +1\text{ мм/год}$), Терско-Кумского ($0\div -3\text{ мм/год}$), так и для межгорных — Закарпатского ($0\div -2\text{ мм/год}$), Рионского ($-6,5\div +1,5\text{ мм/год}$), Нижне-Куринского ($-5,5\div 0\text{ мм/год}$).

Характерно возрастание не только абсолютных скоростей горных поднятий, но и их относительных движений. Если Восточные Карпаты поднимаются по отношению к сопряженным с ними прогибам со скоростями $1,5\text{--}2,5\text{ мм/год}$, то для Горного Крыма относительные поднятия составляют $4\text{--}6\text{ мм/год}$, а для Западного Кавказа — $12\text{--}20\text{ мм/год}$.

Современные движения позднеальпийских горных сооружений отчетливо отражают дифференциацию продольных и поперечных морфоструктур разного порядка. Наиболее детально эти закономерности проанализированы для Кавказа (Лилиенберг, Матцкова и др., 1969). В пределах Большого Кавказа выделяются поперечные блоки Северо-Западного ($0\div +2\text{ мм/год}$), Западного ($+4\div +13,5\text{ мм/год}$), Центрального и Восточного Кавказа (более $+13,5\text{ мм/год}$). Особенной дробностью отличаются движения Закавказской межгорной депрессии: Колхидская равнина ($-6,5\div 0\text{ мм/год}$), Имеретинские предгорья ($0\div +2,5\text{ мм/год}$), Сурамский срединный массив ($+4\div +5\text{ мм/год}$), Карталинские предгорья Западно-Куринской впадины ($0\div +4\text{ мм/год}$), низкогорья Средне-Куринской впадины ($+2\div +8\text{ мм/год}$), Нижне-Куринская равнина ($0\div -5,5\text{ мм/год}$). Наиболее активизированные районы приурочены к зонам инверсионной складчатости межгорных прогибов, где зафиксированы максимальные скорости локальных поднятий — до 30 мм/год в Аджиноурских предгорьях (Лилиенберг, Матцкова и др., 1969). Границы между поперечными морфоструктурами приурочены к разломам и носят контрастный характер. Градиенты скоростей движений вдоль них составляют от $0,1\text{--}0,2$ до $0,5\text{ мм/год}$ на 1 км , достигая в центральных активизированных частях Куринской впадины рекордных величин порядка $1,0\text{--}3,0\text{ мм/год}$ на 1 км .

Весьма своеобразными являются современные вертикальные движения в Закавказском нагорье. Если для Аджаро-Триалетской горной системы они сохраняют прямые соотношения ($+2\div +4\text{ мм/год}$), то для гор Малого Кавказа отмечается общая инверсия движений ($0\div -4\text{ мм/год}$), которой соответствует в целом отрицательная изостатическая аномалия. Природа подобных *инверсий для молодых горных поднятий* не совсем ясна, однако она не представляет исключительного явления и наблюдается в ряде других альпийских регионов (Западные Карпаты, Западные Балканы, Восточные Динариды, Северный Тянь-Шань и др.). На фоне общей инверсии движений прослеживается частная инверсия морфоструктур низших порядков: максимальные опускания приурочены к осевой высокогорной зоне Малого Кавказа (-4 мм/год и более), в средне-

горной зоне они уменьшаются до $0 \div -2$ мм/год, а в предгорьях сменяются слабыми поднятиями ($+0,5 \div +1,5$ мм/год). Весьма характерна дробная поперечная дифференциация каскада Севано-Памбакских впадин.

В отличие от древних горных систем и платформенных равнин медленные вертикальные движения в молодых горных областях выделяются мелкоблоковым характером. Если в пределах Русской равнины размеры блоков обычно измеряются сотнями километров, то в орогенных сооружениях фиксируются блоки размерами в километры и десятки километров. Движения вдоль их линейных границ отличаются повышенной контрастностью и сопряжены со смещениями вдоль живущих разломов или флексур. В связи с этим наложение движений продольных и поперечных морфоструктур создает в горных условиях узлы повышенной тектонической активности, к которым приурочены основные очаги землетрясений (Lilienberg, 1969). Наиболее сейсмоактивные зоны связаны с границами сочленения морфоструктур с разнонаправленными движениями (например, горных поднятий и межгорных прогибов, новообразованных впадин в сводовых частях горных сооружений и т. п.).

Некоторые выводы

1. Как показывает произведенный анализ, современные вертикальные движения в целом хорошо согласуются с морфоструктурами разного порядка. Поэтому морфоструктурный принцип обоснования проведения изолиний вертикальных движений при составлении карт современной тектоники на крупные территории является достаточно надежным и объективным. Создание подобных карт — сложная комплексная проблема, объединяющая различные науки о Земле и базирующаяся на сочетании геодезических, океанографических и геолого-геоморфологических данных.

2. Современные тектонические движения охватывают не только земную кору, но и верхнюю мантию Земли. Их дифференциация отражает блоковое строение земной коры и обнаруживает различные формы связи с глубинным строением, структурами фундамента и осадочного чехла, новейшими, плейстоценовыми и голоценовыми движениями, а также с геофизическими полями и сейсмичностью.

3. В корреляции с морфоструктурами преобладают прямые, реже смещенные или обращенные соотношения. В ряде случаев наблюдается современная перестройка древнего структурного плана с изменением знака или общей ориентации движений, отражающая волновой характер современной тектоники.

4. Изменения интенсивности медленных вертикальных, горизонтальных и быстрых (сейсмических) движений отражают различия современного напряженного состояния отдельных участков земной коры.

5. Высокие скорости современных вертикальных и горизонтальных тектонических движений в целом соизмеримы с аналогичными «повышенными» скоростями современных экзогенных процессов и интенсивностью осадконакопления на морском дне. Однако они свойственны лишь коротким отрезкам времени, измеряемым десятками и сотнями лет. Поскольку современные движения имеют колебательный характер, то в методологическом отношении неправомерно механически распространять величины их скоростей на более длительные отрезки времени (например, четвертичный, новейший, альпийский и другие этапы).

6. В связи с тем, что высокая интенсивность, дифференциация и разнонаправленность современных вертикальных движений в различных районах земного шара являются установленным фактом, при уравнивании данных повторного нивелирования и расчетах уровня Мирового океана, внутренних морей и озер необходимо обязательное введение соответствующих поправок. При планировании государственного нивелирования на крупные территории целесообразно предусматривать про-

ведение измерений в пределах единых морфоструктурных регионов в «одну эпоху», резко повысив требования к устойчивости знаков.

7. Составление карт современных вертикальных движений имеет важное значение при решении крупных народнохозяйственных задач: проектировании внутриконтинентальных перебросок речных вод, крупном гидротехническом, городском и промышленном строительстве, возведении портовых сооружений, эксплуатации полезных ископаемых (нефть, газ, уголь) и т. п.

ЛИТЕРАТУРА

- Ананьин И. В. Связь сейсмичности Русской платформы с современными тектоническими движениями.— В сб.: Современные движения земной коры, вып. 3. М., Изд. АН СССР, 1968.
- Буланже Ю. Д., Выжиковски Т., Выходил П., Деймлик Ф., Зотин М., Йоо И., Кашин Л., Лилиенберг Д., Сетунская Л., Христов В., Энтин И. Сводная карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы (1 : 2 500 000).— Докл. XV Ген. ассамблеи МГТС (30 июля — 14 августа 1971 г.). М., 1971.
- Желнин Г. А., Ковалевский М. И., Лесис И. П. Развитие работ по изучению современных движений в Прибалтике.— В сб.: Проблемы современных движений земной коры. М., 1969.
- Лилиенберг Д. А., Матцкова В. А., Горелов С. К., Думитрашко Н. В., Муратов В. М. Карта современных вертикальных движений и морфоструктуры Кавказа.— В сб.: Проблемы современных движений земной коры. М., 1969.
- Лозовский В. Р., Строк Н. И., Гордасников В. Н. Мезозойская структура центральной и западной частей Московской синеклизы.— Материалы по геол. и полезным ископаемым центр. районов Европейской части СССР, вып. 6. М., «Недра», 1970.
- Матцкова В. А. Уточненная карта скорости современных вертикальных движений земной коры на западе Европейской части СССР и некоторые соображения о периоде этих движений.— В сб.: Современные движения земной коры, вып. 1. 1963. М., Изд. АН СССР.
- Мещеряков Ю. А. Структурная геоморфология равнинных стран. М., «Наука», 1965.
- Мещеряков Ю. А. Сотрудничество ученых социалистических стран Восточной Европы в разработке проблемы современных движений земной коры. В сб.: Современные движения земной коры, вып. 3. М., Изд-во АН СССР, 1968.
- Николаев Н. И. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР. М., «Недра», 1962.
- Никонов А. А. Молодые и современные тектонические движения земной коры на Кольском полуострове и в смежных районах.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., № 6, 1965.
- Сетунская Л. Е. Особенности современных тектонических движений Русской платформы и Урала (по профилю Лиеная-Свердловск).— В сб.: Современные тектонические движения земной коры и методы их изучения. М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Современные вертикальные движения земной коры на территории западной половины Европейской части СССР.— Тр. Центр. н.-и. ин-та геодезии, аэрофотосъемки и картографии, вып. 123, 1958.
- Соколовский И. Л., Волков Н. Г. Методика поэтапного изучения неотектоники. Киев, «Наукова думка», 1965.
- Сомов В. И. Сводная карта современных вертикальных движений земной коры Карпат.— Геоэзия, картография и аэрофотосъемка, № 2, Львов, 1968.
- Фотиади Э. Э. Геологическое строение Русской платформы по данным региональных геофизических исследований и опорного бурения.— Тр. ВНИИГеофизики, вып. 4, 1958.
- Kukkamäki T. J. Report on the work of the Fennoscandian subcommission.— Problems of recent crustal movements of the Earth (Third International Symposium, Leningrad, 1968). Moscow, 1969.
- Lilienberg D. A. The recent tectonic movements and morphostructural features of mountain regions of South-East Europe.— VIII Congrès INQUA. Résumés des Communications. Paris, 1969.
- Lilienberg D. A., Setunskaya L. E. Methods and some results of geological-geomorphological inspection of signs of repeated levelling.— Problems of recent crustal movements of the Earth (Third International Symposium, Leningrad, 1968). Moscow, 1969.
- Lilienberg D., Sétounskaja L., Blagovoline N., Bylinskaja L., Gorélov S., Nikonov A., Rozanov L., Sérébrianny L., Filkine V. L'analyse morphostructurale des mouvements verticaux actuels de la partie européenne de l'URSS.— L'analyse morphostructurale des mouvements actuels tectoniques. Les Exposés à la XV Assemblée Générale de L'UIGG. Moscou, 1971.
- Mescherikov Yu. A. The map of recent crustal movements of Eastern Europe.— Pro-

blems of recent crustal movements of the Earth (Third International Symposium, Leningrad, 1968). Moscow, 1969.

Vyskochil P. A comparison of preliminary maps of annual velocities of vertical crustal movements on the territory of the German Democratic Republic, of the Polish Peoples' Republic and of the Czechoslovak Socialist Republic.—Problems of recent crustal movements of the Earth (Third International Symposium, Leningrad, 1968). Moscow, 1969.

Wyzykowski T. Geodetic problems by planning of the test lines of precise levelling for research concerning the recent crustal movements of the area of Poland.—Proceedings of the Second International Symposium on recent crustal movements (Aulanko, Finland, August 3—7, 1965). Helsinki, 1966.

Институт географии АН СССР
Институт физики Земли
им. О. Ю. Шмидта

Поступила в редакцию
8.VI.1971

MORPHOSTRUCTURAL ANALYSIS OF RECENT VERTICAL MOVEMENTS OF THE EUROPEAN PART OF THE USSR

**D. A. LILIENBERG, L. E. SETUNSKAYA, N. S. BLAGOVOLIN, S. K. GORELOV,
A. A. NIKONOV, L. L. ROZANOV, L. R. SEREBRYANNY, V. A. FIL'KIN**

Summary

The main peculiarities of recent vertical movements of the earth's crust and their relations with morphostructures of different orders are considered as seen in a new map of recent movements of the European part of the USSR. This map is a part of the International Map of Recent Movements of Eastern Europe (1:2 500 000). The scientific contents of the map is based on a multiple combination of geodetic, oceanographic and geological geomorphological data. Recent vertical movements are characterized by difference in direction, differentiation and general conformity to morphostructures of various orders, to the block structure of the earth's crust and its upper mantle, as well as to the peculiarities of basement structure, Late Cenozoic tectonic movements, geophysical fields and seismicity. Recent movements rearrange very often the ancient structural plan, and sometimes there are reversed or displaced relations with geophysical fields and morphostructures.
