

УДК 550.347

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И ДИНАМИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ЕЕ СЕЙСМИЧНОСТИ

Ю.К. Щукин

Интерес к проблеме внутриплитной, в том числе и внутриплатформенной, сейсмичности не ослабевает. Землетрясения платформенного типа свидетельствуют о том что "уснувшие" платформы еще не сказали своего последнего слова. Это должно насторожить исследователей – геологов, геофизиков, сейсмологов. Данная работа подготовлена специально для сейсмологического сборника для того, чтобы, во-первых, показать результаты нашего обобщения данных глубинных сейсмических исследований, необходимых для сейсмологических построений, во-вторых, попытаться приблизиться к пониманию глубинных причин внутриплатформенной сейсмичности на основе представлений о глубинной динамике земной коры платформы и ее складчатого обрамления. Статья носит собирательный смысл. В ней содержатся результаты совместных и авторских исследований, не широко известных из-за публикации в специальных изданиях [1-4].

Строение земной коры Восточно-Европейской платформы

Восточно-Европейская платформа является главной тектонической структурой Европейской России. Это древнее докембрийское сооружение имеет сложное гетерогенное строение. В ее составе выделяется весь ряд геологических структур – от кристаллических щитов до глубоких осадочных бассейнов (рис. 1). Это свидетельствует об интенсивных эволюционных процессах, которые здесь происходили в геологическом прошлом и, как увидим ниже, происходят в настоящее время (современные тектонические процессы обуславливают сейсмическую активность региона).

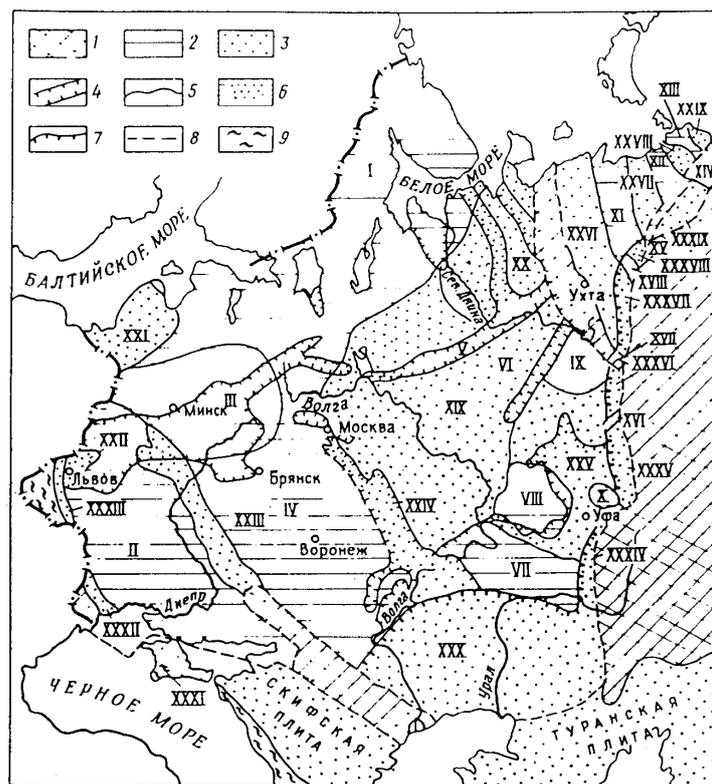


Рис. 1. Современные крупные тектонические элементы Восточно-Европейской платформы и Печерской эпибайкальской плиты (составил Н.В. Неволин, см. в [5]).

1 – области разновозрастной складчатости с локальным развитием маломощного осадочного чехла; 2,3 – тектонические элементы, положительные и отрицательные, соответственно; 4,5,6 – границы рифейских авлакогенов, тектонических элементов плитного чехла, поперечных поднятий Предуральского краевого прогиба, соответственно; 7 – флексуры; 8 – разломы; 9 – области альпийской складчатости.

Тектонические блоки: I – Балтийский щит, II – Украинский щит, III – Белорусская антеклиза, IV – Воронежская антеклиза, V – Сухонская зона поднятий, VI – Вятская зона поднятий, VII – Жигулевско-Пугачевский свод, VIII – Татарский свод, IX – Коми-Пермяцкий свод, X – Башкирский свод, XI – поднятия Печоро-Колвинского авлакогена, XII – поднятия Варандей-Адзвинского авлакогена, XIII – поднятие Пай-Хоя, XIV – поднятие Чернова, XV – поднятие Чернышева, XVI-XVIII – Пермское, Полодовское, Среднепечерское поднятия Предуральского краевого прогиба, соответственно, XIX – Московская синеклиза, XX – Мезенская синеклиза, XXI – Балтийская впадина, XXII – Львовская впадина, XXIII – Днепровско-Донецкая впадина, XXIV – Рязано-Саратовский прогиб, XXV – Верхнекамская впадина, XXVI – Ижма-Печорская впадина, XXVII – Хорейверская впадина, XXVIII – Коротайхинская впадина, XXIX – Карская впадина, XXX – Прикаспийская впадина, XXXI – Северо-Крымский прогиб, XXXII – Предобдурдинский прогиб, XXXIII – Предкарпатский прогиб, XXXIV-XXXIX – Бельская, Юрюзано-Сылвенская, Соликамская, Верхнепечерская, Большесынинская, Косью-Роговская впадины Предуральского прогиба, соответственно.

Объемная сейсмическая модель Восточно-Европейской платформы представлена тремя срезами коры (верхним, промежуточным и нижним), рельефом границы М и изменением скоростей (средней коровой и граничной, ниже М). В целях практического использования полученных результатов о глубинной структуре Восточно-Европейской платформы составлены карты делимости коры и ее подошвы на блоки, с оценкой упругих свойств каждого блока (обобщающих и аномальных). Эти схемы составляют количественную и качественную основу объемной модели земной коры Восточно-Европейской платформы, а также позволяют перейти к оценке правдоподобности модели и ее геологической интерпретации.

Строение земной коры. Анализ представленного материала дает возможность оценить особенности строения каждого из выделенных трех слоев земной коры и всей коры в целом и выявить их региональные свойства. Сначала о делимости верхнего слоя коры (рис. 2).

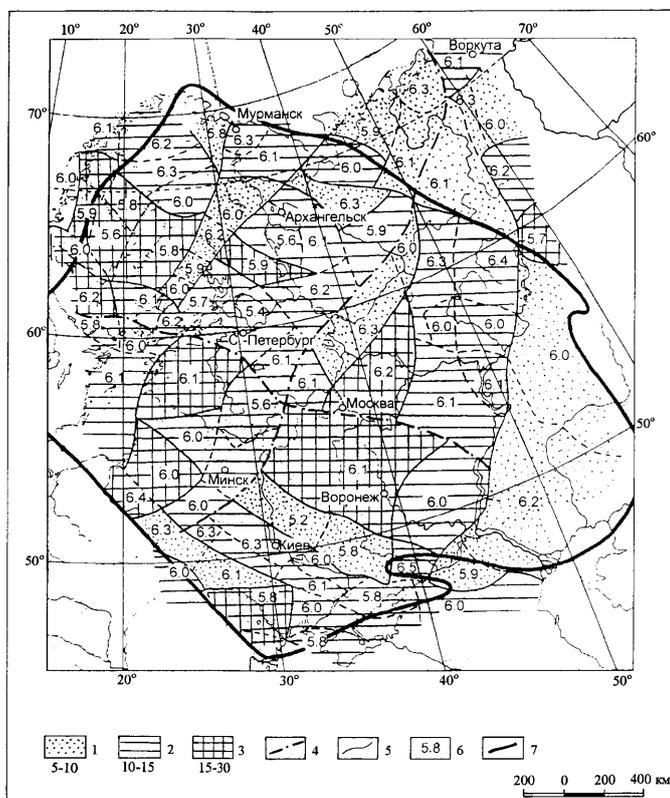


Рис. 2. Делимость и упругие свойства верхнего слоя консолидированной земной коры

1-3 – мощность верхнего слоя земной коры 5-10, 10-15, 15-30 км, соответственно; 4,5 – контакт скоростных неоднородностей I-го и II-го порядка, соответственно; 6 – среднее значение скорости сейсмических волн, км/с; 7 – граница Восточно-Европейской платформы.

1. Прежде всего, можно отметить сильнейшую раздробленность слоя, которая позволила установить блоковую структуру платформы. Блоки весьма заметно отличаются друг от друга по обобщенным упругим признакам. Они выделены на карте. Особенно "раздробленными" оказались щиты – Украинский и Балтийский.

2. Блоки имеют различный размер и конфигурацию, они различаются наличием в них локальных сейсмических аномалий.

3. Среди аномалий следует отметить резкое увеличение или уменьшение мощности или скорости в слое, наличие локальных внедрений (чаще всего с повышенными скоростями).

4. Особенно интересны с точки зрения поисков полезных ископаемых участки "сочленения" нескольких отдельных блоков, которые можно связывать с зонами повышенной трещиноватости и, следовательно, повышенной проницаемости. Эти зоны распространены в основном в северо-западных, северных и северо-восточных областях рассматриваемого региона.

5. Не менее интересны несколько зон верхнего слоя с предельно малыми значениями скоростей ($v=5.4$ км/с). Две такие зоны расположены в Западных Карпатах и на Северном Урале, еще одна – на северном побережье Финского залива. Такие зоны также, вероятно, связаны с местами повышенной проницаемости и перспективны для поисков полезных ископаемых.

6. Распространенность локальных высокоскоростных внедрений выше на севере и северо-востоке региона. Относительно низкоскоростные локальные неоднородности характерны для южных районов платформы и южных участков Балтийского щита.

7. Блоковую делимость верхнего слоя подчеркивает сеть контактных зон. Картина расположения контактов весьма сложная. Длина и простирание этих зон очень разные. Существует одна протяженная ("магистральная") зона, которая прошла через всю платформу от Западно-Карпатского низкоскоростного "источника" в северо-восточном направлении до Тимано-Печорской провинции, где заканчивается в аномальной зоне повышенной трещиноватости. Этот контакт отделяет северо-западную область платформы, где преобладают северо-восточные простирания контактов. Юго-западная область платформы характеризуется северо-западным простиранием контактов. В центральных районах платформы направление контактных зон близко к субмеридиональному.

8. Свойства контактных зон не остаются одинаковыми на своем протяжении. На отдельных участках контактной зоны существует резкий перепад по параметру мощности слоя, на других – по параметру скорости; на большей части длины контакта перепад изученных сейсмических параметров не столь резок.

9. Контактные зоны имеют ширину примерно 20-50 км.

10. Помимо рассмотренных неоднородностей верхнего слоя существуют также непротяженные участки ("трещины") внутри блока, заполненные, вероятно, породами с пониженными или повышенными значениями скоростей относительно их средних оценок в слое.

11. Представленная структура верхнего слоя свидетельствует о преобладании вертикальной делимости этого слоя и отсутствии региональной горизонтальной слоистости верхней коры. Отдельные близгоризонтальные границы, устанавливаемые при работах КМПВ, ГСЗ или ОГТ, связаны, вероятно, с наличием в каком-либо блоке аномального включения по скорости, от сторон которого, в силу существования на них резких скоростных контрастов, образуются сейсмические волны, обычно отраженные или дифрагированные.

12. Выделенные вертикальные контакты прослежены на всю мощность верхнего слоя. Положение большей части из них близко к вертикальному. Однако построенные по многим профилям ГСЗ временные разрезы в аномалиях времен первых коровых Р-волн позволяют установить их строение более детально и получить картину весьма сложной их геометрии.

Таким образом, настоящая карта иллюстрирует региональные сейсмические свойства верхнего слоя, непосредственно подстилающего осадочный чехол земной коры, с которым, вероятно, имеется сильная взаимосвязь. Верхний слой имеет большое значение в геологической и комплексной интерпретации геолого-геофизических данных, он вскрыт бурением во многих районах Восточно-Европейской платформы. Поэтому анализу его сейсмических параметров уделено наибольшее внимание. Выявленные аномальные скоростные свойства могут оказаться прогностическими при оценке "перспективности" отдельных районов на землетрясения, другие опасные явления, а также при выяснении природы геофизических полей. Такая карта в практике обобщения данных ГСЗ составлена впервые. Были также составлены сходные карты строения промежуточного и нижнего слоев коры Восточно-Европейской платформы. Совместный анализ свойств трех уровней земной коры платформы позволили создать вариант объемной модели земной коры этой платформы.

Из рассмотрения этих материалов можно сделать следующие выводы:

1. Блоковая структура коры сохраняется на всех ее уровнях и в коре в целом. Количество блоков по обобщенным параметрам несколько меньше и размеры их соответственно больше, чем в отдельных слоях.

2. Конфигурация блоков внутри слоев также несколько различна, но на многих участках платформы отмечается совпадение границ блоков или по всем уровням, или по каким-то двум из них.

3. Контрастность сейсмических параметров на контактах различна на разных уровнях.

4. Простирающиеся контактные зоны в коре в целом и в верхнем слое в отдельности имеет преимущественно три направления: с юго-запада на северо-восток в районе Балтики, с юго-востока на северо-запад в южных областях и субмеридиональные направления, которые проявились более уверенно в центральных районах платформы (рис. 3).

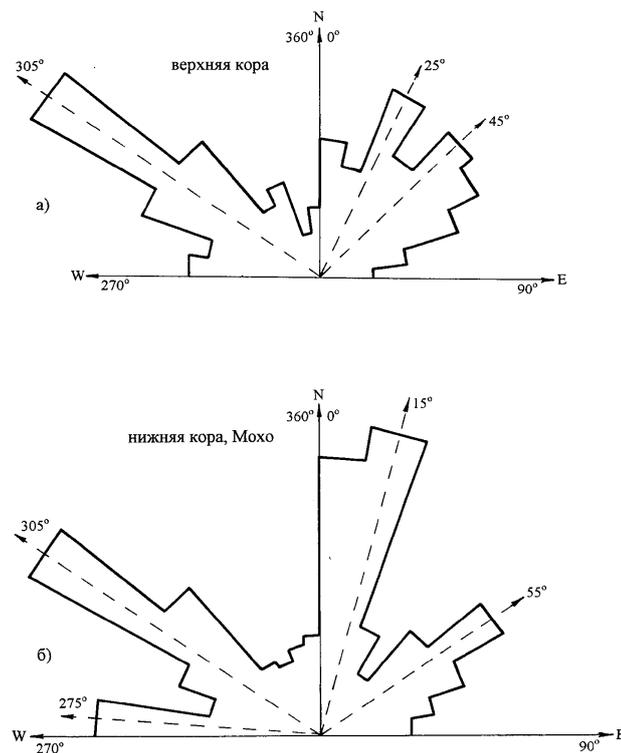


Рис. 3. Характерные (преобладающие) направления делимости консолидированной земной коры Восточно-Европейской платформы по ее упругим свойствам

а – верхняя кора, б – нижняя кора и поверхность Моховичича.

5. Надежно на всех уровнях по комплексным упругим параметрам отразилась контактная зона, обрамляющая Прикаспийскую впадину.

6. Практически полностью отсутствуют субширотные простирающиеся контактные зоны, а также "магистральные" контакты.

7. Для коры в целом отмечается весьма изменчивая вертикальная скоростная структура.

8. Широкое распространение внутри коры имеют слои с пониженными скоростями (волноводы), которых больше в северных районах платформы (Балтийский щит, Тимано-Печорская провинция). В

южных и восточных районах они распространены локально. Наибольшее количество волноводов в промежуточном слое. К востоку волноводы проявились в большей степени в нижнем слое.

9. Не меньшую распространенность в коре имеют "внедрения" с повышенными сейсмическими скоростями ($v > 7.2$ км/с). Эти слои распространены в нижней части консолидированной коры, часто непосредственно над границей М.

10. Достаточно высокоскоростные слои (до $v = 6.7-6.8$ км/с) имеют место в нижней части коры, что противоречит общепринятому мнению о развитии волноводов в средней коре.

11. В поле представленного материала границы Восточно-Европейской платформы выражены слабо, положение границ платформы определяется в основном по структуре кровли консолидированной коры (поверхности фундамента).

Таким образом, приведенная объемная сейсмическая модель консолидированной коры Восточно-Европейской платформы является, по сути, первой версией таких построений для столь обширного региона. Она сосредоточила в себе основные количественные параметры трех слоев коры и ее обобщенные свойства, а также выявила наиболее четкие аномальные объекты, которые, безусловно, имеют важное практическое значение, поскольку именно эти аномалии являются индикаторами процессов, происходивших или происходящих в коре того или иного района изучаемой платформы. Карта (рис. 2) дает основу дальнейшего анализа для решения разнородных геологических задач.

Строение подошвы земной коры – границы Мохоровичича.

Важнейшим разделом в консолидированной толще земной коры является ее подошва – граница Мохоровичича (граница М). Сейсмический материал позволяет достаточно детально изучить свойства этого уровня коры и построить схемы рельефа границы М. Параметр средней скорости v сейсмических волн в земной коре также рассматривается как свойство границы М, поскольку он определяет общую "скоростную" нагрузку вышележащей толщи на кровлю мантии. Анализ перечисленных параметров границы М позволяет составить для Восточно-Европейской платформы схему районирования подошвы коры (рис. 4).

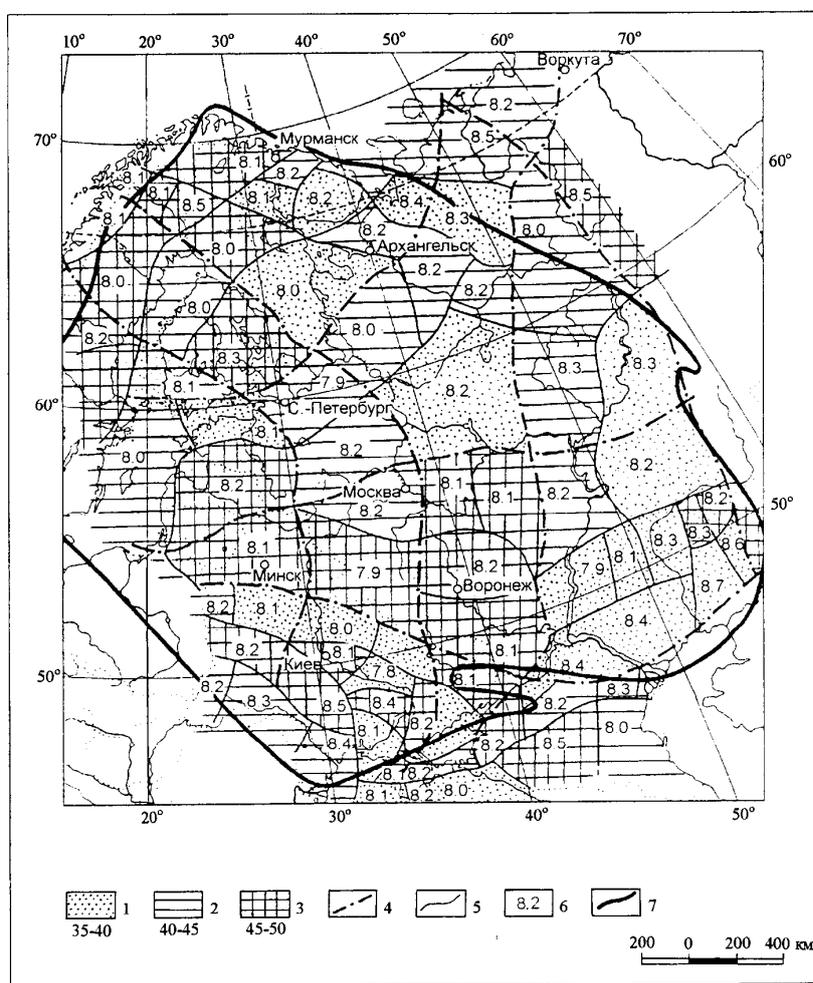


Рис. 4. Делимость консолидированной коры и упругие свойства границы Мохоровичича

1-3 – мощность консолидированной земной коры 35-40, 40-45, 45-50 км, соответственно; 4,5 – контакт (граница) неоднородностей I-го и II-го порядка, соответственно; 6 – значения граничной скорости на границе Мохоровичича в пределах неоднородностей, км/с; 7 – граница Восточно-Европейской платформы.

Рассмотрение схемы дает возможность установить ряд особенностей структуры границы М.

1. В первую очередь следует отметить, что подошва коры имеет, как и коровые слои и вся консолидированная толща, отчетливое блоковое строение. "Раздробленность" границы М высокая – в пределах Восточно-Европейской платформы выделено около 70 неоднородностей разного размера, конфигурации и упругих свойств, разделенные контактными зонами.

2. Ряд контактов объединяются в единые протяженные ("магистральные") зоны субмеридионального и субширотного простираения, разделяющие изученную платформу на 14 крупных блоков.

3. Наиболее "раздробленными" представляются районы Балтийского щита и южные области платформы, включая Прикаспийскую впадину: здесь выделено несколько "центров" повышенной трещиноватости (районов сочленения нескольких блоков).

4. Так же, как и на коровых контактах, свойства мантийных контактов изменяются по простиранию: выделяются зоны резкого изменения глубины залегания границы М или ее скоростных характеристик. Такие участки, как представляется, находятся, скорее всего, в напряженном состоянии; наоборот, участки с заметным изменением сейсмических свойств на границе М могут отвечать "ослабленным" зонам.

5. Латеральная изменчивость сейсмических свойств на подошве коры очень значительна – чередование блоков с различными, нередко контрастными свойствами, оказывается произвольным. Вероятно, именно эта "произвольность" формирует поле напряжений, контролирующее те процессы, которые происходили или происходят в коре.

6. Изменчивость глубины границы М имеет, как известно, закономерную обратную связь с положением поверхности консолидированной коры. Это свойство практически повсеместно выполняется на территории изученной платформы за исключением некоторых локальных участков, например, в пределах профиля ГСЗ Черное море–Полярный Урал (геотраверс Ш) на участке Тимано-Печорской провинции, где отмечается согласное положение поверхности фундамента и границы М.

7. Введенный в интерпретацию параметр "резкости" (K_m) – отношение пластовой скорости в консолидированной коре к скорости на границе М (по Г.В. Краснопевцевой в [6]), определяет, по-видимому, современное геодинамическое состояние среды на подошве коры. Значения $K_m=0.9$ означают "активное" состояние в данной зоне, а значения $K_m=0.8$ – "пассивное". Увеличение значений K_m , связанное или с уменьшением скорости ниже М, или с увеличением скорости в слое над границей М, однозначно свидетельствует об активизации процессов в данном блоке. Наоборот низкие значения K_m получаются при условии резкого скачка скорости на подошве коры, что, скорее всего, создает здесь более "прочные" условия. Наибольшее количество участков с "активной" мантией расположено в пределах Балтийского щита, Воронежского массива и в южных районах платформы. На всей остальной площади такие участки имеют локальное распространение.

Таким образом, детальный анализ сейсмических параметров подошвы коры показывает, что на данном уровне располагается очень активная область, которая, безусловно, оказывает сильное влияние на свойства консолидированной коры. Тем не менее, выявить характер взаимосвязи между корой и верхней частью мантии не представляется легкой задачей. Многие свойства коровой и мантийной частей литосферы не совпадают: различное строение контактных зон. Для мантии характерны протяженные ("магистральные") контакты, трещиноватость коровых слоев более мелкая и хаотичная, только часть мантийных контактов, да и то на отдельных участках, совпадает с коровыми контактами. Различны простирания контактных зон. Для мантии характерны субмеридиональные и субширотные простирания контактных зон. В коре выделены три разных простирания: юго-запад–северо-восток в Балтии, северо-запад–юго-восток – на юге, субмеридиональные – в центре и на востоке. Так, например, четкий блок Прикаспийской впадины, оконтуренный по свойствам коры, в мантийных параметрах не проявился. В то же время, например, сильная "раздробленность" южной части Восточно-Европейской платформы (в частности, Украинского щита) проявилась на всех уровнях коры и ее подошвы (рис. 2).

Можно также отметить, что вблизи зон сочленения нескольких коровых блоков располагаются участки "активной" мантии, а в среднем слое в прилегающих блоках широко развит волновод. Все эти примеры безусловно свидетельствуют о влиянии свойств границы М на особенности строения консолидированной коры.

Ниже будут показаны возможные причины возникновения аномальных свойств коры, в том числе, в зонах переходных (транзитных) от орогенов к платформам или в зонах динамического взаимодействия крупных тектонических областей с разными эндогенными режимами.

Глубинные динамические (сейсмотектонические) системы Восточно-Европейской платформы, как глубинная основа изучения слабосейсмичных областей

Предлагается новая концепция активной глубинной сейсмотектоники, основанная на идее тектонического взаимодействия орогена и платформы, как единой динамической системы, развивающейся в пространстве и во времени.

Если обосновывать эти представления только данными геофизики, то, скорее всего, можно говорить о современных динамических системах литосферы (для задач сейсмотектоники этого было бы достаточно). Однако, анализ геологических данных показал длительность развития динамических систем, по меньшей мере, в течение фанерозоя.

По геолого-геофизическим данным, включающим характеристики геофизических полей, особенности строения земной коры и верхней мантии, сейсмичности, тектоники, современных движений и др. в пределах Северной Евразии выделены следующие *глубинные динамические (сейсмотектонические) системы*: Средиземноморско-Европейская (с двумя подсистемами – Карпатской и Кавказско-Копетдагской), Скандинавская, Центральнo-Азиатская, Байкальская, Курило-Камчатская, Верхоянско-Колымская, Арктическая. Они представляют собой ансамбль неоднородностей с четко выраженными проявлениями нелинейности глубинных тектонических процессов.

Протяженность систем достигает тысяч километров, а глубина – сотен километров. Выделяемые динамические системы, а по существу, активные объемы земной коры и верхней мантии (коро-мантийные неоднородности), определяют с геологического прошлого до настоящего времени масштаб, интенсивность и специфику проявления тектонических процессов, а также направленность и энергию современных геодинамических проявлений, включающих сейсмичность. Согласно [7], структурная самоорганизация динамических систем после переработок в результате предшествующих тектонических процессов происходила по индивидуальным направлениям, которые можно назвать "перекрестными" геодинамическими обстановками (путями).

Глубинные источники энергии этих систем расположены в пределах активных орогенов. Здесь же расположены очаги сильнейших очагов излучателей упругих волн. Бесспорно поэтому, что центр тяжести в доказательной части существования динамических систем приходится на орогены. Привлечение сведений по новейшей тектонике, исторической геологии и геодинамике позволяет расширить описание систем и проследить изменение их границ в течение геологического времени.

В 1983-1988 гг. [6,8] удалось дать комплексное количественное описание типов сейсмогенных сред, совпадающих с типами орогенов, известных из геологии. Были описаны индивидуальные признаки их проявления. Поиски адекватных орогенам типов сред в пределах прилежащих платформ привели к неизбежности построения карт динамического влияния орогенов на платформы. Эти построения и стали комплексной геофизической основой выделения, а вместе с геологическими данными, также и построения карты расположения динамических систем Северной Евразии. Привлечение дополнительных сведений по новейшей тектонике, исторической геологии и геодинамике позволило уточнить терминологию, дать более точное описание этих систем, проследить изменение их границ в течение геологического развития. Постараемся охарактеризовать одну из систем, а именно Средиземноморско-Европейскую, включающую Восточно-Европейскую платформу и окружающие ее горно-складчатые области.

Восточно-Европейская платформа в течение фанерозоя находилась под непрерывным сильным динамическим воздействием окружающих ее орогенов (рис. 5). Каледонский деформационный фронт был обращен с северо-запада на юго-восток, герцинский фронт – с запада на восток (Урал), альпийские деформации – с юга на север (Кавказ) и с юго-запада на северо-восток (Карпаты) [1]. Восток платформы стал местом интерференции двух эпох тектонической активности – герцинской и альпийской [9], каждая из которых оставила в геологической памяти осадочного чехла, консолидированной коры и верхней мантии заметные следы.

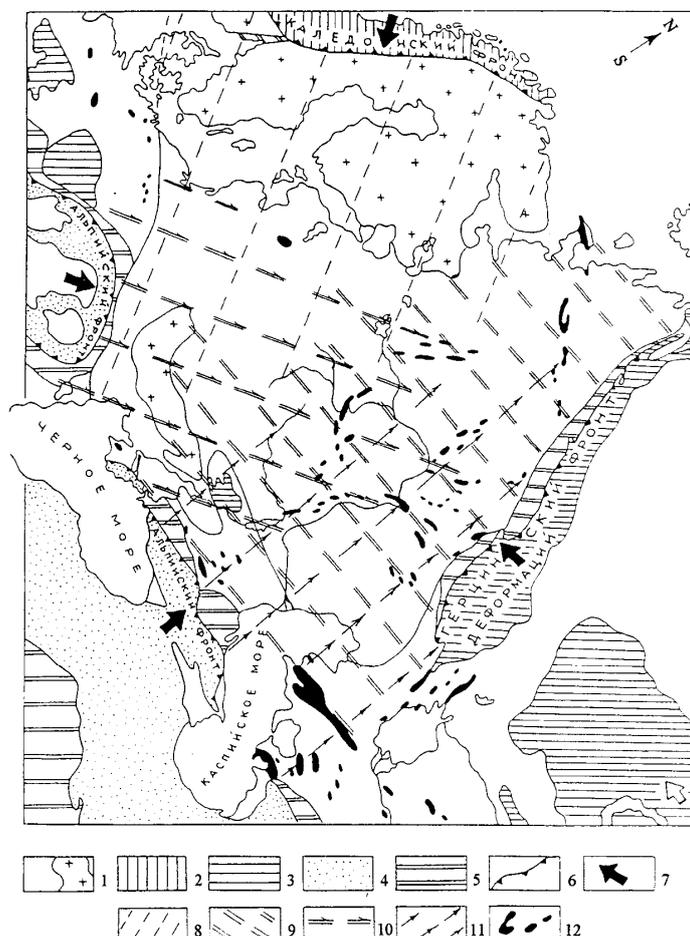


Рис. 5. Динамическое влияние орогенов и деформации сжатия форлантов

1 – области докембрийской складчатости и выходы ее на дневную поверхность (Балтийский и Украинский щиты); 2-4 – области складчатости каледонской, герцинской и альпийской, соответственно; 5 – предгорные прогибы; 6 – фронт деформации сжатия форланда; 7 – преобладающие направления фронта тангенциальных деформаций; 8 – область каледонских синорогенных движений и деформаций; 9 – область динамического влияния герцинских орогенов (Урал); 10,11 – области динамического влияния Карпатского и Кавказского, соответственно; 12 – районы развития синорогенных и соскладчатых инверсионных структур сжатия в осадочном чехле (платформенная складчатость). Использована тектоническая основа Н.С. Шатского.

Геологическим откликом (памятью) платформы на динамическое воздействие орогенов (складчатых областей) следует считать:

- пространственно-временные колебательные и волновые тектонические движения, синхронные в орогенах и платформах, сопровождаемые при этом также накоплением и деформацией разновозрастных осадков;
- скорость, мощность, тип осадконакопления на платформе, соответственно фазам развития геосинклинали;
- отчетливую смену ориентации морских осадочных бассейнов по отношению к активной складчатой области;
- тектонические дислоцированные зоны, переходные от орогенов (складчатых областей) к платформе;
- интенсивную идиоморфную (прерывистую) платформенную складчатость (куполовидные поднятия, валы, плакантиклиналы, инверсионные структуры осадочного чехла вдали от фронта деформаций активных складчатых областей);
- глубокие дислокации, охватывающие платформы и складчатые области;
- глубинные структурные связи и разломные дислокации платформ, синхронные эпохам тектонической активности соседних складчатых областей (орогенов);
- синорогенный платформенный магнетизм и минерагенические проявления.

Геофизическими признаками динамического взаимодействия платформы и смежных орогенов можно считать:

- крупномасштабные аномалии поля силы тяжести (единые для разнородных тектонических элементов), отождествляемые с плотностными неоднородностями верхней мантии на глубине около 100-150 км;
- единые для орогена и платформы протяженные скоростные неоднородности, определяющие структуру аномальной мантии на глубинах до 100 километров;

- единый или близкий структурный план мантийных неоднородностей (нормальная мантия);
- сквозные для орогенов и платформ линейные протяженные сейсмогенные структуры литосферы;
- синхронный энергетический отклик платформы на сильные землетрясения в орогенах;
- уникальное дальное действие (ощутимость) глубоких мантийных землетрясений района Вранча (Восточные Карпаты), определяемое положением неоднородностей геофизической среды.

Некоторые сейсмологические следствия

- Предлагаемый подход позволяет по новому рассмотреть некоторые научные, практические вопросы и:
- принципиально изменяет наши представления о степени активности и сейсмической опасности слабоактивных регионов и приближает к решению проблемы внутриплитной сейсмичности;
 - позволяет объяснить условия и механизмы, а также направленность передачи энергии тектонических процессов на огромные расстояния;
 - объясняет причины региональной индивидуальности, выраженной азимутальности и дальности действия прогностических признаков землетрясений;
 - снимает противоречия в вопросе использования модели разломной или блоковой природы землетрясений;
 - объясняет известную разнотипность глубинных условий возникновения и механизма формирования очагов землетрясений в условиях разнотипных орогенных зон с разными режимами развития;
 - дает возможность создать динамическую (глубинную сеймотектоническую) основу для оптимального размещения локальных, региональных и глобальных сетей сейсмических станций и геофизических обсерваторий слежения за естественными (землетрясениями) и искусственными (взрывами) – источниками возбуждения упругих волн, а также мониторинга окружающей среды;
 - позволяет по-новому объяснить причины и обозначить контуры областей региональной геоэкологической и техногенной опасности, а также масштабы и причины аномалий флюидного режима.

Намечаемое решение позволяет упорядочить разрозненные факты и явления (геологические, геодинамические, сейсмические и др.) в единую систему взглядов.

Естественно, что придется пересмотреть некоторые предложения и требования к проведению комплексных геолого-геофизических исследований и обработке полученных материалов. Это равным образом относится к высокосейсмичным (горно-складчатым) и слабосейсмичным (но опасным) платформенным регионам. Может измениться научный и методический подход к региональному сейсмическому районированию. Однако, для доказательства нового предположения требуются значительные исследовательские работы.

Анализ геолого-геофизической информации о глубинном строении земной коры, потенциальных геофизических полях, математическая обработка данных (программа ПОЙСК [8]) позволили описать структурно-вещественное и динамическое состояние среды, вмещающей очаги слабых землетрясений на платформе [6,8]. Возможность получения информации о ближайших к эталонному объекту точках позволила выделить собственные области эталонов. В первом приближении – это некоторый объем среды, каждая частица которого одинаково реагирует на возмущение от события, характеризующийся более или менее сходными значениями физических полей и однородностью геологического строения. Группы собственных областей очагов землетрясений образуют девять квазисобственных областей, характеризующихся определенным глубинным строением и отвечающих за возникновение землетрясений определенного типа (рис. 6).

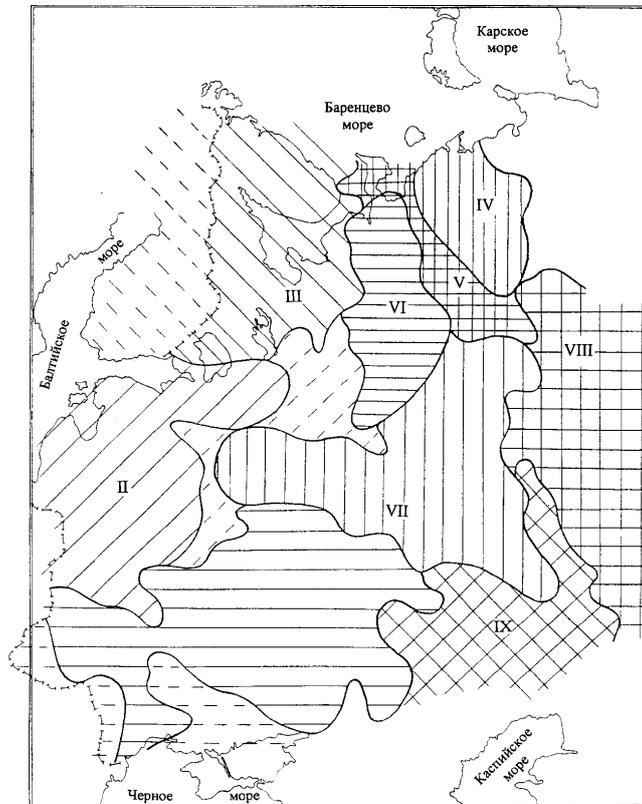


Рис. 6. Глубинная сеймотектоническая делимость (организация) Восточно-Европейской платформы на девять квазисобственных областей

I – Воронежская (Сарматская), II – Белорусско-Прибалтийская, III – Кольско-Карельская (Скандинавская), IV – Мезеньская, V – Тиманская, VI – Печорская, VII – Средне-Русская, VIII – Уральская, IX – Прикаспийская.

Полученные результаты кластерного анализа оказались неожиданными в том смысле, что на фоне сравнительно однородной по строению и активности территории платформы удалось выделить элементы среды с индивидуальными признаками их проявления. И хотя выделенные элементы совпадают с главными тектоническими единицами платформы (здесь вроде бы нет ничего удивительного), однако то, что эти элементы среды четко выражены в показателях геофизических и структурных глубинных аномалиях, интересно и заманчиво для задач глубинной сейсмотектоники. Поэтому схема на рис. 6 была названа "сейсмотектоническая организация" (делимость) Восточно-Европейской платформы. Полученный результат может служить частью легенды карты сейсмогенных структур платформы, касающейся внутриплатформенной локальной сейсмичности, связанной с процессами в земной коре региона. Однако разгадка сейсмичности лежит в сложном взаимодействии автономной (собственно платформенной) и наведенной (орогенной) сейсмичности. Использование только одного из двух названных явлений может привести к неправильным (заниженным) оценкам сейсмической опасности Восточно-Европейской платформы.

Заключение

Итак, сделана попытка описать лишь некоторые признаки структурно-тектонического и напряженно-деформированного состояния среды в пределах Восточно-Европейской платформы. Это позволяет приблизиться к правильному истолкованию региональных геолого-геофизических и сейсмологических данных, обратить внимание на нелинейные геофизические и геологические процессы в земной коре и верхней мантии, на возможность использования нетрадиционных подходов к прогнозу опасных природных явлений.

Еще нужен углубленный анализ всей имеющейся информации, доказательство сильных структурно-динамических связей разновозрастных и разноранговых неоднородностей литосферы.

В новой проблеме сейсмичности слабоактивных регионов Восточно-Европейской и других платформ возникли новые задачи:

- выявление активно развивающихся платформенных тектонических структур и определение источников локальной сейсмичности;
- определение степени динамического влияния активных орогенов на подвижность и сейсмичность зон, переходных от платформ к орогену (периорогены);
- изучение и мониторинг техногенной сейсмичности в зонах интенсивной разработки и добычи полезных ископаемых (нефть, газ, рудные, уголь и др.);

Впервые ясно определились взаимозависимые цели и задачи изучения современных геодинамических процессов, сейсмичности, геоэкологии и техногенеза в плане изучения как региональных, так и локальных объектов. Важность и трудность этой проблемы нельзя недооценивать. Обозначились новые конкретные темы для совместных экспериментальных решений при исследовании платформ:

- сейсмичность и активность, механизм формирования малых структурных форм;
- наведенная сейсмичность, методы исследования и оценки опасности;
- динамические геологические и геофизические поля в зонах разломов и активных контактов;
- региональные и локальные поля тектонических напряжений в зонах взаимодействующих активных неоднородностей;
- сейсмичность как индикатор скрытых минерагенических проявлений.

Главная трудность при решении этих задач состоит в том, что все перечисленные природные явления приходится изучать на уровне геодинамического фона (шума), для регистрации которого необходимо создавать новое поколение аппаратуры и оригинальные разноуровневые системы комплексных наблюдений. Стратегию таких измерений диктует геологический объект во всем многообразии его проявления – трехмерный в пространстве и развивающийся во времени. Сказанное в полной мере относится не только к Восточно-Европейской платформе, глубинная геолого-геофизическая основа и современное геодинамическое состояние которой были описаны выше, но ко всем структурам литосферы Северной Евразии сходного тектонического развития.

Л и т е р а т у р а

1. **Щукин Ю.К. 1996.** Глубинная сейсмоструктура Северной Евразии // Недра Поволжья и Каспия. №13. С. 39-66.
2. **Краснопевцева Г.В., Щукин Ю.К. 1996.** Тектоническая делимость земной коры Восточно-Европейской платформы // Геофизика. №4. С. 19-24.
3. **Краснопевцева Г.В., Щукин Ю.К. 2000.** Объемная глубинная модель земной коры Восточно-Европейской платформы по данным региональных сейсмических исследований // Региональная геология и металлогения. №10. С. 73-84.
4. **Щукин Ю.К. 2001.** Региональные исследования и актуальные проблемы глубинной геологии // Геофизика. №1. С. 19-30.
5. **Геофизическая характеристика и тектоника нефтегазоносных провинций Средней Азии и Европейской части СССР. 1988.** М.: Изд-во Недр. 189 с.
6. **Глубинное строение слабосейсмичных регионов СССР. 1987.** М.: Наука. 238 с.
7. **Пушаровский Ю.М. 1995.** Парадигмы в геологии // Природа. №1. С. 33-42.
8. **Долговременное прогнозирование сейсмической опасности по комплексу геолого-геофизических данных. 1988.** М.: Наука. 108 с.
9. **Ханн В.Е. 1954.** Геотектонические основы поисков нефти. Баку: Азнефтеиздат. 692 с.