

УДК 551.248.2 (470.1)/.25

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ЗОНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н.В. Макарова¹, В.И. Макеев², А.Л. Дорожко², Т.В. Суханова¹, И.В. Коробова²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

² Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва

Поступила в редакцию 11.10.16

Рассматриваются условия формирования новейших тектонических структур Восточно-Европейской платформы с позиции концепции глубинных геодинамических систем. Выделены геодинамические системы разных рангов, включающие активные области, или источники напряжений и сопряженные с ними территории платформы, на которые распространяется действие этих источников, отраженное в морфологии и рисунке новейших деформаций. Границами между системами являются зоны структурных несогласий, или геодинамически активные зоны, классифицированные по рангу, морфологии, геодинамическому типу, глубине заложения, возрасту и современной активности. Приведены характеристики некоторых геодинамически активных зон как ключевых для понимания их происхождения и геологических опасностей, с ними связанных.

Ключевые слова: платформа, напряжения, новейшие структуры, геодинамические системы, геодинамически активные зоны.

Makarova N.V., Makeev V.I., Dorozhko A.L., Sukhanova T.V., Korobova I.V. East European Craton geodynamic systems and geodynamic active zones. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series. 2016. Volume 91, part 4–5. P. 9–26.

The forming conditions of the East European Craton newest tectonic structures are considered from the position of the deep geodynamic systems. The geodynamic systems of different ranks were separated; they include active areas or sources of stresses and conjugated craton territories, where this sources effect is extended. This effect is reflected in newest deformations morphology. Structural disagreement zones are the boundaries between systems, named geodynamic active zones. They are classified by ranks, morphology, geodynamic types, location deep, age and modern activity. The characteristics of some geodynamic active zones are given.

Key words: craton, stresses, newest structures, geodynamic systems, geodynamic active zones.

Введение

В настоящее время практически всеми исследователями признается динамическое воздействие на платформы прилегающих к ним подвижных областей – коллизионных, субдукционных, спрединговых, рифтовых и др. О единстве геологического и тектонического развития Восточно-Европейской платформы (ВЕП) с окружающими геосинклинальными (горно-складчатыми) областями Урала и Кавказа писал А.П. Карпинский еще в конце XIX в. Затем эти представления были развиты и дополнены многими российскими исследователями – А.П. Павловым, Д.И. Мушкетовым, М.М. Тетяевым, А.Д. Архангельским, Е.В. Милановским, Н.С. Шатским, В.Е. Хаиным, Ю.М. Пушаровским и др. Среди иностранных исследователей следует отметить С.Н. Бубнова, Р. Штауба, Э. Аргана, К. Оллиера, П. Циглера. Позднее по отношению к ВЕП и ее неотектоническим структурам с учетом концепции тектонически и реологически расслоенной литосферы эти представления стали развивать Е.Е. Милановский, М.Л. Копп, Ю.Г. Леонов, Ю.К. Щукин, В.И. Макаров, Л.А. Сим и др. Из пе-

речисленных исследователей наиболее последовательно связь дислокаций ВЕП с коллизионными процессами в альпийском поясе отстаивает М.Л. Копп, придающий большое значение в их образовании латеральным напряжениям, передающимся со стороны удаленных источников сил и напряжений. Проблеме связи внутриплатформенного геодинамического режима с глобальными процессами, происходящими на границах плит, посвящено большое количество работ иностранных авторов (М.Н.Р. Bott, S. Cloetingh, G. Grünthal, D. Stromeyer, M.L. Zoback и др.). В большей части из них изучение напряженного состояния земной коры основано на геофизических, сейсмологических данных и результатах замеров трещин в породах, в том числе в горных выработках.

В середине 1990-х гг. на основе этих идей Ю.К. Щукиным (1996) и В.И. Макаровым (1994, 1996) разработана концепция **на новейших геодинамических систем** (ГС), направленная на изучение происхождения, механизмов и тенденций развития неотектонических структур. Этими исследователями в новейшие геодинамические системы включены активные источники тектонических сил и напряжений и со-

пряженные с ними территории, на которые распространяется воздействие этих источников (рис. 1). Геодинамические системы характеризуются особенностями распределения напряжений, выявляемых в основном по данным, указанным выше (трещиноватость пород, замеры в горных выработках, микроструктурные особенности пород, сейсмологи-

ческие и хронологические данные, компьютерное моделирование), и по рисунку неотектонических структур, их морфологии, ориентировке и совокупности других признаков. Закономерно формирующиеся ряды неотектонических структур позволяют связывать их образование с тем или иным источником напряжений.

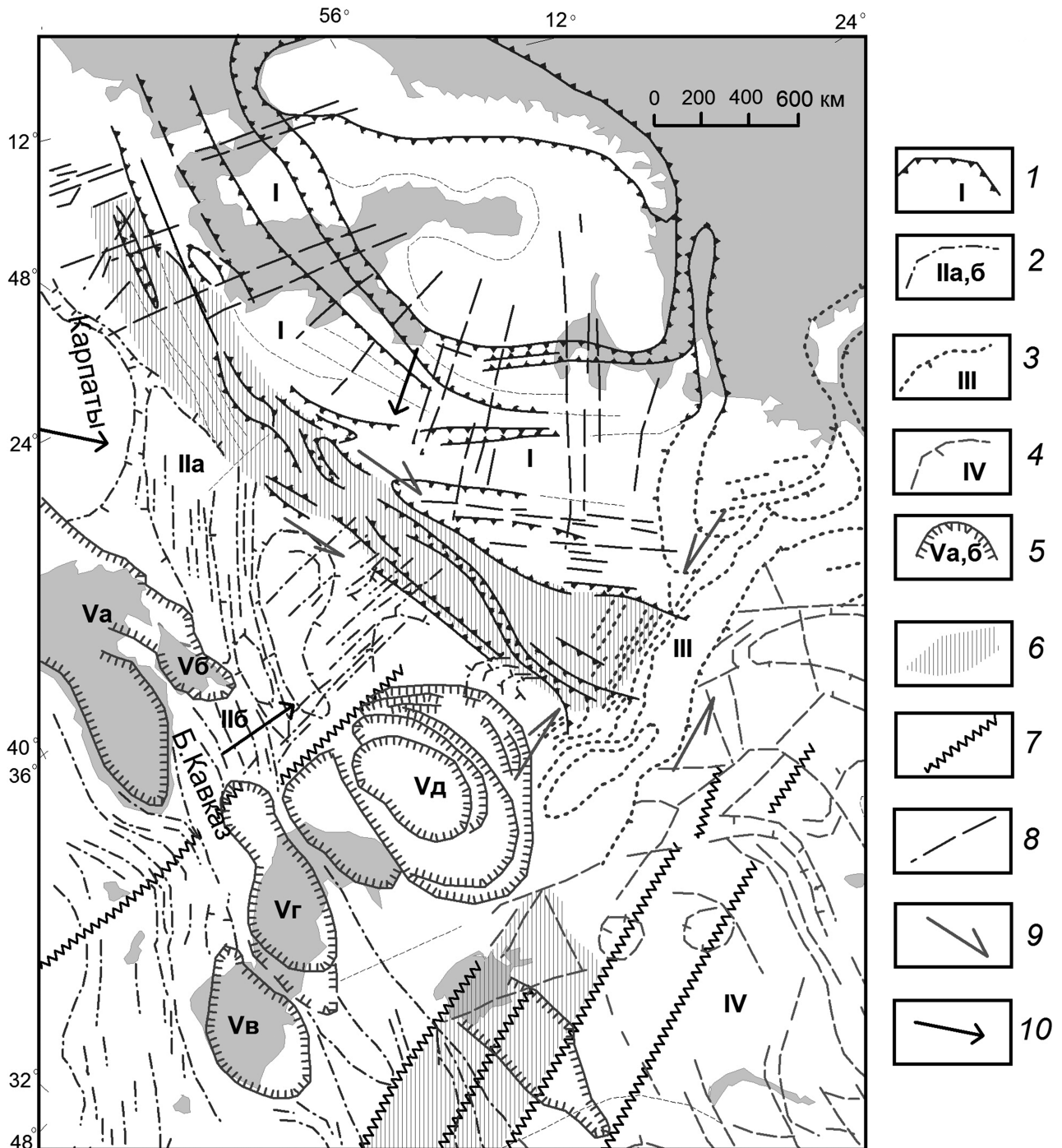


Рис. 1. Новейшие геодинамические системы центральной части северной Евразии (Макаров, 1996): 1–5 – геодинамические системы: 1 – Скандинавская (I); 2 – Альпийская (IIа – Карпатская, IIб – Кавказская); 3 – Уральская (III); 4 – Центрально-Азиатская (IV); 5 – Черноморско-Каспийская система наложенных прогибов: Черноморский (Va), Азово-Кубанский (Vб), Южно-Каспийский (Vв), Средне-Каспийский (Vг), Прикаспийский (Vд); 6 – зоны сопряжения и суперпозиции смежных геодинамических систем; 7 – осевые линии крупнейших транзитных зон поднятий, прогибаний и флексурно-разрывных нарушений; 8 – сплошные, прерывистые и точечные линии – обобщенные контуры эрозионно-тектонических и аккумулятивных впадин, поднятий, флексур (берг-штрихи обращены в сторону понижений), зоны трещиноватости, разломы, линеаменты; 9 – направления сдвиговых напряжений вдоль зон сопряжения смежных геодинамических систем; 10 – генеральные направления латерального давления на земную кору со стороны внешних источников тектонических сил

Ю.К. Шукин исследовал, главным образом, глубинные процессы, происходящие на разных глубинных уровнях земной коры и верхней мантии, и способы передачи сейсмической энергии от источников сил вглубь платформы. Он развивал концепцию глубинной сейсмотектоники, основанную на идее активного пространственно-временного взаимодействия объемов среды (коры и верхней мантии) с разными геодинамическими режимами – орогенным и платформенным (Шукин, 2001, 2002). Одновременно В.И. Макаров исследовал проявление глубинных процессов в приповерхностной части земной коры в виде неотектонических деформаций (Макаров, 1997; Новейшая..., 2006; Юдахин и др., 2003 и др.). Они представлены в виде поднятий и прогибов, закономерное распределение которых дает информацию об условиях их образования, источниках напряжений. Геодинамический подход в существенной степени дополняется независимыми данными, полученными другими методами. Авторы данной статьи развивают изучение новейших деформаций ВЕП, начатое под руководством В.И. Макарова, в направлении признания множественности источников деформаций.

Термин «геодинамическая система» применяется исследователями для обозначения тектонических и геологических структур разного ранга – от всей планеты Земля и до складчатых областей, кратонов, щитов, различных впадин и т.д. (Геологический атлас..., 1996; Латеральные..., 2013 и др.). Понятие о геодинамических системах разработано применительно к древним вещественно-структурным комплексам и структурам. В.И. Макаров и Ю.К. Шукин понятие о глубинных геодинамических системах распространили и на новейший этап эволюции земной коры. Новейшие ГС – это «геодинамически активные объемы земной коры и верхней мантии, вмещающие области с разным тектоническим режимом (платформы и орогены), но организованные в единые системы с близкими или едиными пространственно-временными изменениями геологических процессов» (Шукин, 2014, с. 15). В новейшую ГС вслед за указанными авторами мы включаем активную область или источник тектонических сил

и напряжений и прилежащую к ней территорию платформы, относительно «пассивную» в геодинамическом отношении, на которую воздействуют эти процессы. Геодинамические системы определяют направленность, интенсивность и тенденцию развития новейших деформаций, современных геологических процессов, включая сейсмичность и опасные экзогенные процессы.

Новейшие геодинамические системы (ГС)

Относительно неотектонических структур и направленности их развития в пределах ВЕП геодинамически активные области, или источники сил и напряжений, разделяются на *внеплатформенные* глобальные и *внутриплатформенные* региональные и локальные (рис. 2).

Внеплатформенные источники тектонических напряжений расположены по окраинам платформы и обусловлены геодинамическими процессами, происходящими на границах литосферных плит. Это Кавказский ороген на юге и Карпатский на юго-западе, являющиеся звеньями Альпийского коллизионного пояса, Скандинавская активная область на северо-западе ВЕП, связанная со спредингом в Северной Атлантике, ороген Урала на востоке. Таким образом, глобальные ГС следующие: Альпийская, Скандинавская и Уральская. Особыми геодинамически активными областями, относительно автономно развивающимися, являются впадины Черного и Каспийского морей. Их динамическое воздействие распространяется на значительные расстояния вглубь ВЕП. При этом они ослабляют или блокируют влияние на ВЕП Альпийской складчатой области и Урала (Макаров, 1996; Юдахин и др., 2003) (рис. 3).

Скандинавская ГС со сводовым поднятием Балтийского щита занимает почти всю северную половину ВЕП. Она представляет собой чередование зон поднятий и прогибов, дугообразно обрамляющих, особенно с юго-восточной стороны, устойчиво поднимающийся свод Балтийского щита. Неотектонические структуры формируются под влиянием растущего поднятия Балтийского щита

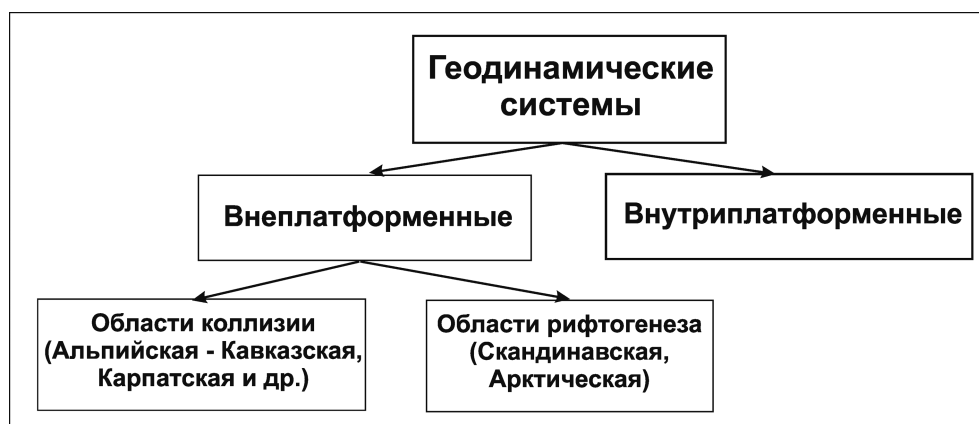


Рис. 2. Классификация новейших геодинамических систем

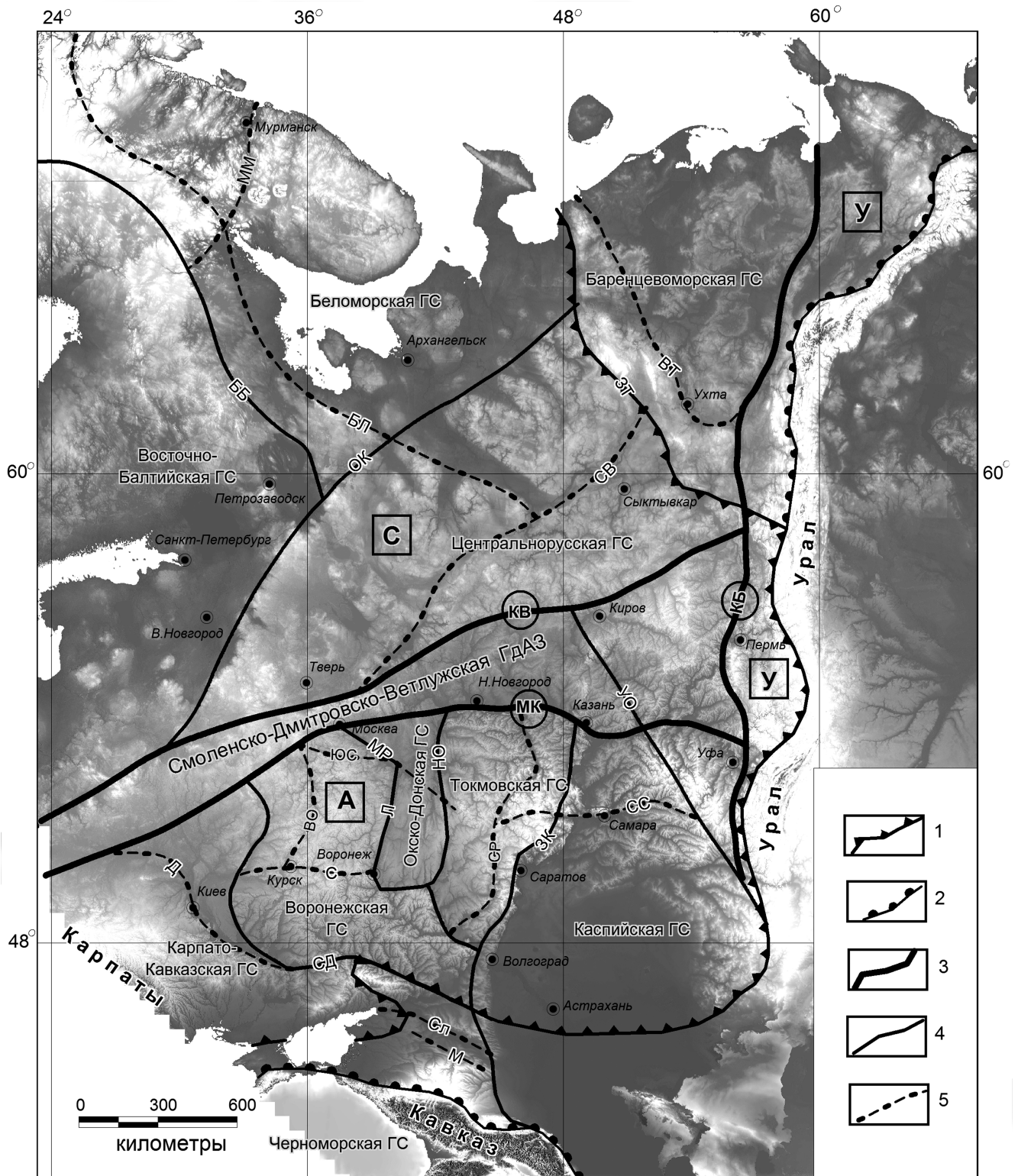


Рис. 3. Новейшие геодинамические системы и геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы (предварительная схема). Границы: 1 – Восточно-Европейской платформы; 2 – орогенов Урала и Кавказа; 3–5 – геодинамически активные зоны: 3 – первого ранга; 4 – второго ранга; 5 – более высокого ранга. Геодинамические системы (буквы в квадратах): А – Альпийская, С – Скандинавская, У – Уральская. Геодинамически активные зоны (буквы в кружках): КБ – Камско-Бельская, КВ – Клинско-Вятская, МК – Москворецко-Камская. Остальные зоны: ББ – Беломоро-Балтийская, БЛ – Беломорская, ВО – Верхнеокская, ВТ – Восточно-Тиманская, Д – Днепровская, ЗК – Западно-Каспийская, ЗТ – Западно-Тиманская, Л – Лосевская, М – Маньчжурская, ММ – Мурманская, МР – Москворецко-Рязанская, НО – Нижнеокская, ОК – Онежско-Карпогорская, С – Сеймская, СВ – Сухоно-Вычегдская, СД – Северско-Донецкая, СЛ – Сальская, СР – Сурская, СС – Сызрань-Самарская, УО – Уржум-Оренбургская, ЮС – Юхнов-Серпуховская

и латерального давления со стороны Северо-Атлантического сегмента глобального пояса рифтогенеза. Разноглубинные геодинамические процессы вызывают общее смещение платформы в юго-восточном направлении в сторону Северного и Среднего Урала (Юдахин и др., 2003). Дополнительным, возможно, усиливающим этот процесс феноменом является послеледниковое поднятие щита.

Кавказская и Карпатская ГС, входящие в Альпийскую ГС, различаются дальностью геодинамического воздействия на ВЕП. Кавказская ГС ограничена в своем влиянии на территории ВЕП вследствие ослабления или блокировки усилий активным устойчивым прогибанием Черноморской и Каспийской впадин. Северным динамическим фронтом развития напряжений и деформаций этой ГС являются Донецкая и Северо-Ергенинская зоны поднятий. Возможно, ее воздействие в северном направлении блокируется также Воронежским и Токмовским длительно и устойчиво развивающимися поднятиями. В противоположность этому М.Л. Копп (2004) распространяет динамическое влияние Кавказского сегмента альпийского орогенного пояса на тысячи километров к северу, вплоть до широтной долины Волги (на участке от Нижнего Новгорода до Казани).

Согласно геометрии и кинематике деформаций, напряжения со стороны Карпатского орогена распространяются вглубь платформы на значительное расстояние. В поле этого воздействия формируются структуры Вольно-Подольского поднятия и Полесско-Приднепровского прогиба. Возможно, влияние Карпат распространяется еще далее к северо-востоку до Сухиничского и Лаватского поднятий (по линии Черновцы – Калуга). Ю.К. Шукин (1996) с влиянием Карпат на платформу связывал существование глубокой сейсмоактивной зоны северо-восточного простирания, протягивая ее до Токмовского свода. Однако А.А. Никонов (2014), основываясь на распределении эпицентров землетрясений ВЕП, ограничил ее границами Воронежского свода. Не исключено, что на юго-западную часть ВЕП воздействуют напряжения, исходящие от развивающейся Черноморской впадины. Последнее подтверждается существованием в подошве литосферы по периметру Черноморской впадины поддвиговых (активных) и надвиговых (реактивных) усилий (Леонов и др., 2001). Это может указывать на развитие глубоких складок волочения со стороны прогибающейся Черноморской впадины в направлении ВЕП. Однако в настоящее время геодинамические процессы карпатского происхождения еще слабо изучены.

Уральский ороген как источник напряжений для Уральской ГС не проявляет далекого геодинамического влияния на ВЕП по сравнению со Скандинавской или Альпийской ГС. Возможной причиной этого является его своеобразная локализация и значительное удаление от тектонически активных поясов орогенеза. Уральский ороген формируется

в условиях косоугольного сближения Восточно-Европейской и Западно-Сибирской платформ. Это воздействие на ВЕП дополнительно ослабляется влиянием Каспийской ГС, вследствие чего на платформенной территории выделяется область суперпозиции неотектонических планов, в которой морфология новейших структур отражает влияние этих двух ГС.

Каспийская ГС включает активный Прикаспийский глубинный прогиб, правобережную полосу Волги шириной порядка 50 км или больше, практически всю территорию между Волгой и Уральской ГС, на севере доходящую до Камы и далее. Новейший структурный план этой системы неоднороден и зависит от особенностей развития глубинных процессов. Они рассматриваются как центробежные потоки подкорового вещества, распространяющиеся от центральной части прогибающейся впадины в разных направлениях (Гущенко и др., 2003). По периферии Каспийского прогиба линейные и дугообразные структуры конформны древней границе прогиба (бортовая зона) с Воронежской и Волго-Уральской антеклизмами. В северном направлении неотектонические структуры представлены куполами и мульдами радиально-концентрического строения. Исходя из известной истории развития Прикаспийского глубинного прогиба (очаг), охватывающей палеозой, мезозой и кайнозой, его можно считать независимой или, по крайней мере, автономной относительно латерального воздействия на платформу сначала со стороны Уральского покровно-складчатого сооружения, а затем со стороны Альпийского пояса устойчиво прогибающейся структурой.

Внеплатформенные ГС занимают громадные площади, границы которых еще предстоит определить, так как имеется еще недостаточно данных о строении неотектонических зон в их пределах. Эти ГС вмещают внутриплатформенные ГС меньшего ранга (рис. 3).

Внутриплатформенные источники тектонических сил и напряжений (геодинамически активные области) являются как самостоятельными, не зависящими от процессов, происходящих на границах литосферных плит, так и отчасти производными этих процессов. В них напряжения и деформации вызываются вещественно-структурными преобразованиями, происходящими на разных глубинных уровнях, а также силами гравитации. Активные области платформы классифицируются по рангу на крупные (региональные), к которым относятся длительно развивающиеся сводовые поднятия (Воронежское, Токмовское и др.) и прогибы (Окско-Донской, Днепровско-Донецкий и др.), и менее крупные. Внутриплатформенные тектонические процессы и внеплатформенные (коллизионные и спрединговые), по всей вероятности, могут действовать одновременно, что приводит к формированию неотектонических структур в условиях суперпозиции разнородных напряжений. Это выражается в строении и морфологии структур. Также не исключает-

ся, что на разных стадиях новейшего этапа интенсивность воздействия того или иного источника сил и напряжений на какой-либо участок платформы может меняться: сначала более активным является один источник, а затем другой.

Как далеко распространяется воздействие тектонических сил и напряжений от активных областей вглубь платформы и каков механизм их передачи? Этот вопрос пока не имеет определенного ответа. Р.Н. Валеев (1981) считал, что передача импульсов колебаний осуществляется относительно узким пучком из определенного центра возбуждения, располагающегося в области сочленения различных геосинклинальных поясов и планетарных рифтовых зон. Импульсы возбуждения распространяются вглубь платформы, огибая при этом жесткие массивы, щиты и своды, которые являются буферными зонами.

Ю.Г. Леонов (1995) приводил примеры далекого (до 500–1000 км) распространения напряжений сжатия от альпийского коллизионного пояса вглубь Западноевропейской плиты. В.И. Макаров (1996), основываясь на морфологии и строении новейших структур, распространял влияние коллизионных сил со стороны Памиро-Тяньшанской области далеко на север на территорию Западно-Сибирской платформы на расстояние почти 2000 км. По существующим представлениям, механизм передачи тектонических напряжений от источников сил и напряжений вглубь платформы связывается с глубинными конвективными потоками, достигающими подошвы литосферы, и с пластическим течением вещества в нижнем слое земной коры. Глубинные процессы этой природы вызывают подвижность верхних и нижних горизонтов земной коры (Латеральные..., 2013).

Границами ГС являются зоны структурных несогласий, или геодинамически активные зоны, в которых сочленяются и взаимодействуют разные по знаку, направлению развития и интенсивности движений неотектонические структуры (Макаров и др., 2003, 2007; Макаров, 2010; Макеев и др., 2014; Юдахин и др., 2003).

Геодинамически активные зоны.

Определение, содержание и методы изучения

Следуя определению, данному ранее (Макаров и др., 2007), геодинамически активные зоны (ГдАЗ) представляют собой пространственно локализованные линейные или изометричные объемы (участки) земной коры разного масштаба, в которых в силу различных причин имеются или могут возникать условия для концентрации и разрядки дополнительных тектонических напряжений и повышенных градиентов движений и деформированности горных пород. Практически это зоны структурных несогласий, которые разграничивают или в которых сопрягаются новейшие структуры, формирующиеся под воздействием различных источников напряже-

ний или сил. Как правило, это границы неоднородных геолого-геофизических сред между собой, характеризующиеся аномалиями тектонических напряжений, геохимическими аномалиями, часто сейсмичностью. При этом ГдАЗ не отождествляются с разломами и линеаментами, как это встречается в литературе, а представляют собой более сложные образования, в которых разрывные нарушения разных порядков и типов могут являться лишь одной из их составляющих (Макаров и др., 2007; Юдахин и др., 2003).

Для выявления и изучения ГдАЗ используется комплексный структурно-геодинамический подход, включающий структурно-геоморфологический метод с анализом деформаций новейших, в том числе четвертичных отложений и разновозрастных поверхностей выравнивания. Структурно-геодинамический подход позволяет выделить и охарактеризовать новейшие структурные формы разного ранга, развитые в различных частях ВЕП, определить их морфологию, амплитуды и скорости развития. Не менее важными являются традиционные методы исследований парагенеза структурных форм, тектонофизический анализ трещиноватости разновозрастных пород и линеаментов, применяемые для определения полей напряжения, направления возможных движений и геодинамических условий формирования структур. Эти методы исследований дополняются применением высокоточных повторных геодезических измерений на основе спутниковых технологий (GPS), что позволило впервые дать оценку внутриплатформенным современным деформациям (Макаров и др., 2010). Необходимыми являются независимые сведения о строении фундамента, глубинном строении земной коры и более глубоких горизонтов, геофизических и геохимических аномалиях, а также сейсмичности.

Классификация ГдАЗ

ГдАЗ классифицируются по рангу, морфологии, кинематике, возрасту и современной активности (Макаров, 2010; Макеев и др., 2014) (рис. 4).

Ранг ГдАЗ в общем случае соответствует рангу геодинамических систем (ГС), на границах которых они образуются. При сочленении глобальных ГС формируются ГдАЗ первого ранга, ГдАЗ второго ранга формируются при сочленении региональных геодинамических систем. ГдАЗ более высоких порядков образуются внутри однородных ГС. Однако деление на ранги является условным, так как на своем протяжении зона может разграничивать ГС глобального и регионального рангов.

В рельефе ГдАЗ выражены отрицательными формами – впадинами, эрозионно-тектоническими речными долинами, разломными зонами, а также положительными формами – валами и структурными уступами. В пределах последних в фундаменте и осадочном чехле формируются флексурно-

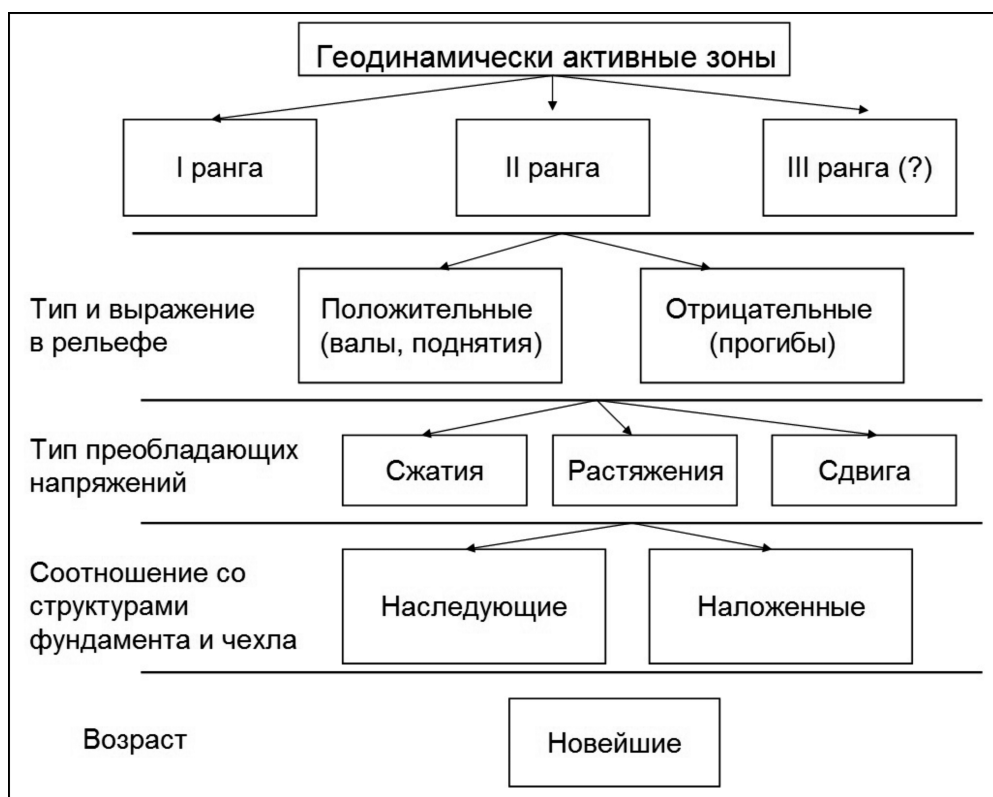


Рис. 4. Классификация геодинамически активных зон

разрывные зоны, на земной поверхности — зоны сгущения трещиноватости, дешифрируемые в виде линеаментов. Некоторые ГдАЗ имеют относительно простое, другие — более сложное строение.

Кинематический тип ГдАЗ различен. Он зависит от типа геодинамически активной области (источника напряжений) и позиции ГдАЗ относительно нее. ГдАЗ разделяют территории по геодинамическому принципу, и в них реализуются сжимающие или растягивающие напряжения, как правило, сопровождающиеся сдвиговыми напряжениями.

Соотношение со структурами фундамента и осадочного чехла оценивается с учетом глубины заложения, или объема геологической среды, вовлеченной в неотектонические деформации. ГдАЗ могут быть согласованными и несогласованными по форме, простиранию, знаку вертикального движения с различными древними глубинными структурами. Вследствие этого их можно рассматривать как унаследованные, длительно и устойчиво развивающиеся или новообразованные.

Возраст всех ГдАЗ — новейший, т.е. олигоцен-четвертичный и современный, как и геодинамических систем, с которыми они генетически связаны. Но некоторые зоны являются более древними, и возраст их может значительно превышать рамки новейшего этапа.

Современная активность ГдАЗ оценивается с разных позиций. Прежде всего, это морфологическая выраженность в рельефе, амплитуда деформаций и градиенты новейших движений. Особенно важна оценка голоценовых и современных движений с уче-

том разрывообразования и сейсмичности. Об активности зоны свидетельствует присутствие различных геологических и геоморфологических признаков современного проявления вертикальных и горизонтальных движений, концентраций напряжений и их отражения в современном рельефе, фациях отложений, геохимических аномалиях, горно-геологических явлениях (горные удары, выбросы угля и газа и проч.), активности экзогенных процессов (эрозия, оползание и обваливание, карстообразование и многие др.), повышенной проницаемости (трещиноватость) пород. Проявлением активности зон является их подвижность или смещение по латерали в течение новейшего этапа, иногда на большие расстояния и с высокими скоростями. Интенсивность движений зависит от активности геодинамических источников, от которых исходят напряжения (рост и расширение поднятий, агрессивность расширяющихся прогибов). Отчасти это подчеркивается миграцией речных русел или наступанием моря, «съедающими» прилегающие территории. При этом дополнительную роль в оценке активности играют и экзогенные факторы, и процессы, в частности силы Кориолиса или повышение уровня моря вследствие таяния ледников. Возможно, большая напряженность и активность присущи зонам, в которых происходит торцовое сочленение структур и в условиях несогласованности неотектонического структурного плана с более древними, особенно со структурами фундамента. Но главным, по всей вероятности, является близость (или уда-

ленность) территорий от источников напряжений и активность последних.

Границы ГдАЗ в рельефе определяются условно, поскольку, как отмечено выше, в их пределах отмечается миграция экзогенных форм в ту или другую сторону. Это существенный аргумент в пользу точки зрения о неразломном происхождении границ некоторых ГдАЗ.

Примеры некоторых геодинамически активных зон

В качестве примеров приведем описание некоторых ГдАЗ разного ранга, развитых преимущественно в центральной и восточной частях ВЕП, наиболее нами изученных.

Смоленско-Дмитровско-Ветлужская ГдАЗ первого ранга выделена В.И. Макаровым (1996) как субширотная граничная полоса (вал), разделяющая ВЕП на две существенно различные половины: северную, относящуюся к Скандинавской ГС, и южную, относимую к Альпийской ГС. В этой полосе происходит сопряжение этих систем, отраженное в различной ориентировке, морфологии и развитии неотектонических структур. В Скандинавской ГС латеральное давление, направленное с северо-запада на юго-восток, обуславливает северо-восточные простирания Угличско-Даниловского, Галичского, Унжинского и других поднятий. Они являются восточно-асимметричными, сочленяющимися с валом в обстановке левосдвиговых напряжений (рис. 5). С юга в Альпийской ГС структуры, примыкающие к валу, — Наро-Фоминское поднятие, Мещерский прогиб, структуры Окско-Донского прогиба и северного склона Токмовского свода и многие другие — имеют северо-западное, субширотное и субмеридиональное простирание. В зоне сопряжения этих структур и вала поле напряжений, наведенное с юго-запада и юга со стороны Карпатско-Кавказского фронта альпийского пояса, рассматривается так же, как левосдвиговое (Юдахин и др., 2003).

Смоленско-Дмитровско-Ветлужский вал протягивается в субширотном направлении более чем на 1000 км (рис. 1, 3). Он развивается в пределах южного крыла Московской синеклизы, сложенного преимущественно юрскими и меловыми отложениями. В рельефе вал выражен пологим поднятием с амплитудой 150–200 м, реже 250 м. С запада на восток он расширяется с 50 км в смоленской части до 100 км в центральной дмитровской части и до 200 км в восточной части.

Внутреннее строение центральной (Клинско-Владимирской) части вала представлено рядом продольных или согласных с его простиранием локальных поднятий и прогибов, нарушенных линейными и почти повсеместно перекрытых ледниковыми отложениями (Макарова и др., 2011). Восточнее меридионального Вятского вала в его строении отмечается перекрестно-структурный план, формирующийся в условиях интерференции разнородных сил и напряжений. Помимо напряжений, вызванных взаимодействием северной и южной геодинамических систем, эта часть вала находится под влиянием усилий со стороны Уральского орогена. Вал сопряжен с параллельными ему прогибами — с севера Клинско-Вятским, включающим Волжско-Шошинскую низину, понижения долин рек Нерль, Ветлуга и др., а с юга — Москворецко-Камским, включающим понижения верховий рек Днепра, Москвы, Клязьмы, нижней Оки, нижегородско-казанского участка Волги и нижней Камы. Прогибы имеют сложное строение, разделены на относительно поднятые и опущенные ячеи, на отдельных участках они приурочены к древним разломам фундамента (Владимирско-Казанскому и др.).

По отношению к структурам кристаллического фундамента и перекрывающим его палеозойско-мезозойским отложениям, имеющим северо-восточное простирание и общее падение на север, субширотные структуры вала несогласны. Лишь отдельные разломы фундамента северо-восточной ориентировки проявлены линейными. Это позволяет считать вал новейшим образованием. Время появления его в рельефе, судя по возрасту эрозионно-денудационных поверхностей, развитых на его своде и склонах, — миоцен (Макарова и др., 2011).

Уржум-Оренбургская зона, относимая к ГдАЗ второго ранга, протягивается с юго-востока от г. Оренбург на северо-запад до Вятских увалов на расстояние более чем 700 км при ширине около 50 км (рис. 3). Вдоль зоны несогласно сочленяются структуры Уральской и Каспийской ГС с различными структурными планами и геодинамическими условиями формирования. Для территории Каспийской ГС характерны сводовые радиально-кольцевые поднятия, зоны поднятий и прогибов субширотной ориентировки или образующие в плане дуговой рисунок. Структурам Уральской ГС присуща преимущественно субмеридиональная зональность.

В рельефе Уржум-Оренбургская зона проявлена эрозионно-тектоническими долинами рек Салмыш

Рис. 5. Геодинамически активные зоны, поднятия и прогибы центральной части Восточно-Европейской платформы, по (В.И. Макаров, 1997, с дополнением). Обобщенные контуры: 1 — поднятий Воронежского (В) и Токмовского (Т) сводов; 2 — зон поднятий (а) и прогибов (б); 3 — участки положительных ундуляций в прогибах (а) и antecedentные участки (б); 4 — линейные; 5 — геодинамически активные зоны (буквы в кружках): КВ — Клинско-Ветлужская, МК — Москворецко-Клязьминская, МР — Москворецко-Рязанская, НОК — Нижегородско-Оренбургская, ЮС — Южно-Саратовская; 6 — направления действующих напряжений. Названия структур: поднятия (СДВ — Смоленско-Дмитровско-Ветлужский вал, ВЛ — Валдайское, Г — Галичское, НФ — Наро-Фоминское, ОЦ — Окско-Цнинское, УВ — Унжа-Ветлужское, УГ — Угличско-Даниловское), прогибы (ВВ — Верхневолжский, КС — Кострома-Сухонский, М — Муромский, МЩ — Мещерский, ОД — Окско-Донской, У — Унжинский)

в юго-восточной части, Ик и Степной Зай в центральной, Вятка в северо-западной части. Юго-восточная часть зоны косо сечет древний Предуральский субмеридиональный прогиб. По обе стороны от этой части зоны развиты разные новейшие структуры: к северо-востоку простирается Зилаирское поднятие, относящееся к Южному Уралу, к юго-западу тянутся поднятия и прогибы Общего Сырта с южной асимметрией. ГдАЗ выражена абразионным уступом, образованным в плиоцене во время акчагыльской трансгрессии. Уступ срезает разновозрастные поверхности выравнивания, вплоть до позднемиоценовой. Повышенная активность этой части зоны связана в том числе с процессами галокинеза. В пределах долины р. Салмыш происходит поднятие пермских солей вследствие эрозионной литостатической разгрузки. Этот процесс вызывает деформации надсолевых отложений, включая четвертичные.

Центральная часть Уржум-Оренбургской ГдАЗ сечет крупные древние докембрийские структуры: Южно-Татарский (Альметьевский) свод с месторождениями нефти и Серноводско-Абдулинский авлакоген. Неотектонические структурные планы по обе стороны от этой зоны принципиально различны. К юго-западу от нее формируется свод Черемшанского поднятия, отчасти наследующего Альметьевский древний свод (Юдахин и др., 2003). К северо-востоку протягиваются структуры северо-восточного простирания, развивающиеся под влиянием Южно-Уральского поднятия. Эта часть зоны сейсмически активна (Ананьин, 1991). В ее пределах установлена сейсмичность платформенного типа, происхождение которой может быть связано в том числе и с разработкой нефтяных месторождений, в частности Ромашкинского. Для зоны характерна повышенная карстово-суффозионная и оползневая активность. Эти процессы развиты вдоль рек Ик и Степной Зай.

Северо-западная часть зоны, к которой приурочена долина Вятки, сечет Волго-Камский докембрийский разлом, Вятскую палеозойскую впадину и Северо-Татарский свод. К юго-западу от этой зоны формируются близкие к изометричным Кукморское и Арское линейные поднятия и сопряженные с ними прогибы, к северо-востоку – Сарапульское поднятие, Елабужский прогиб и другие неотектонические структуры субширотного простирания.

Уржум-Оренбургская ГдАЗ интерпретируется как правосторонняя зона трансгрессии-сжатия и праводвиговых напряжений. Она состоит из относительно коротких линеаментов северо-западного простирания, которые представляют, по-видимому, зоны сколовых трещин.

Западно-Каспийская ГдАЗ развивается на границе крупных новейших структур – Воронежского и Токмовского сводовых поднятий и Каспийского прогиба (рис. 3). Она протягивается субмеридионально вдоль правобережья Волги на расстояние более 1000 км, от устья Восточного Маныча на юге

до Казани на севере (рис. 6). Возможно, ее следует продолжить на юг вдоль западного побережья Каспия, где она будет представлять собой границу между Прикаспийским прогибом и орогеном Кавказа. На всем протяжении зона состоит из ряда вытянутых вдоль нее поднятий и прогибов, новейшая и в том числе четвертичная структура которых отражает формирование в условиях динамического влияния Прикаспийского прогиба. Наиболее активны центральная и северная части зоны.

Центральная часть зоны охватывает участок от Волгограда до Самары, в рельефе представляющий собой восточный склон Приволжской возвышенности. На всем протяжении развит уступ высотой от 100 до 200 м, образованный наступающей и мигрирующей к западу Волгой. На отрезке от Волгограда до пос. Октябрьское (несколько южнее г. Саратов) современная зона наследует бортовую зону Прикаспийского прогиба предшествующих стадий его развития, которая являлась границей крупных и длительно развивавшихся платформенных структур – Волго-Уральской и Воронежской антеклиз, с одной стороны, и Прикаспийской синеклизы – с другой. В этой зоне отмечаются глубокое (до $-10 \div -12$ км) ступенчатое погружение кристаллического основания платформы и соответствующие флексурно-разрывные дислокации осадочного чехла. Неоднородны и геофизические поля. Для западной части характерны интенсивные положительные значения силы тяжести и, в общем, северо-западное простирание мозаичного рисунка положительных и отрицательных магнитных аномалий. Для восточной левобережной части характерны интенсивные отрицательные значения силы тяжести и широтные простирания положительных крупных магнитных аномалий. Граница между полями приблизительно совпадает с Волгоградской гравитационной ступенью северо-северо-восточного простирания (Гилод и др., 1970).

К настоящему времени современный эрозионный уступ правобережья отступил от указанной выше древней границы к западу на расстояние от 20 до 50 км. Центральная часть Западно-Каспийской зоны включает поднятия Волжско-Иловленского и Волжско-Терешкинского междуречий, разделенные в районе Саратова Марксовской впадиной, а также параллельные поднятиям эрозионно-тектонические долины рек Иловли и Терешки. На всем протяжении уступа фиксируются признаки растяжения в виде ступенчатых сбросов, грабенов, трещин отседания, многочисленных оползней. Молодой Балыклейский грабен, описанный еще А.П. Павловым, Е.В. Милановским, А.Н. Мазаровичем и многими последующими исследователями, длительно развивается на восточном склоне Волжско-Иловленского междуречья южнее Камышина. Дислокациями затронуты отложения мела, олигоцен-миоцена, плиоцена и эоплейстоцена (скифские глины). Амплитуды смещений изменяются от 140–280 м по слоям мела и до 70–80 м по

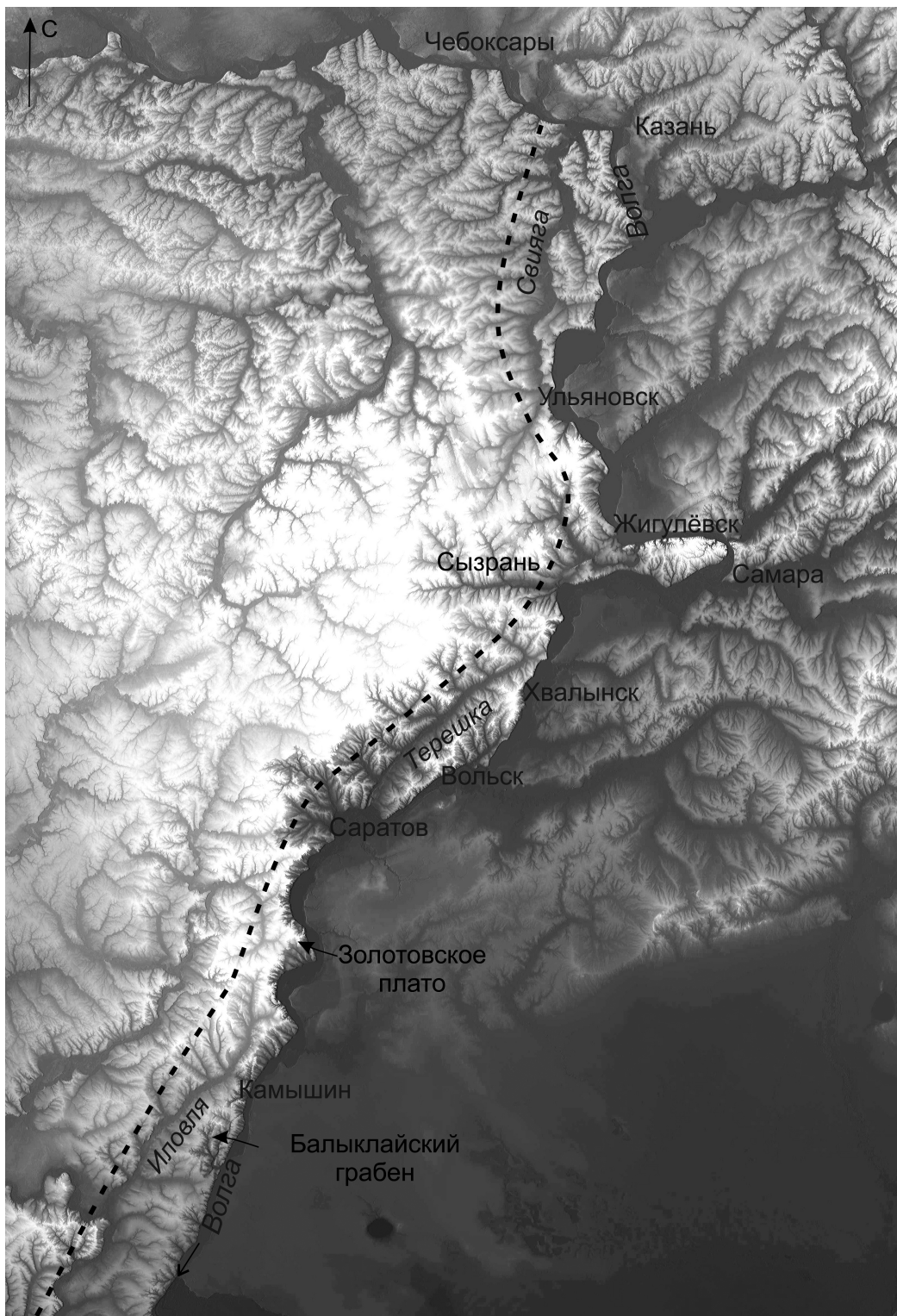


Рис. 6. Западно-Каспийская геодинамически активная зона. Цифровая модель рельефа. Пунктиром показана примерная западная граница зоны, восточная граница совпадает с современной долиной Волги

плиоцену. Все это свидетельствует о новейшей, в том числе четвертичной активности этих дислокаций (Новейшая..., 2006).

Севернее Камышина Волжско-Иловленское поднятие, по определению М.Л. Коппа (2004), является антитетическим сбросовым массивом. Он, в свою очередь, разбит на несколько локальных поднятий северо-восточного простирания, которые Волга пе-

ресекает, коленообразно преломляясь, сужая долину в их пределах. Поднятия и разделяющие их прогибы протягиваются и на левобережье Волги, где они принимают восток-северо-восточное простирание, образуя дугу. Помимо многочисленных оползней на прибрежных участках здесь выделяются более крупные массивы, испытывающие гравитационно-тектоническое отседание (растяжение

со сбросами) в сторону прогиба. Примером может служить Золотовское плато, представляющее собой высокую (120–135 м) плиоценовую (акчагыльскую) поверхность, на которой развита система эрозионно-тектонических зон растяжения и отседания (Новейшая..., 2006). Для этой части зоны характерны условия растяжения с левосдвиговой компонентой (Копп и др., 1999; Копп, 2004).

Севернее Саратова протягиваются Вольское и Хвалыинское поднятия, образующие Волжско-Терешкинское междуречье (рис. 6). Оба поднятия, абсолютная высота которых превышает 300–350 м, представляют собой асимметричные неотектонические горст-антиклинальные блоки, в пределах которых кровля альба и палеоценовые отложения залегают на 100 и 200 м выше, чем в сопряженных Терешкинском и Приволжском прогибах соответственно. Многочисленные продольные нарушения сбросового типа, образующие ступени, разделенные крутосклонными понижениями (грабенами), осложняют восточные более крутые склоны, обращенные к Волге, а у Вольского поднятия еще и западные склоны. Вследствие этого оно как бы разваливается. Крупные оползневые массивы, глубоко захватывающие склоны поднятий, формируются с плиоцена до настоящего времени включительно. Кроме меридиональных, для поднятий характерны многочисленные широтные линейменты-трещины, разрабатываемые глубокими оврагами. В горстовом массиве г. Маячной южнее Хвалыинского поднятия акчагыльские отложения залегают выше почти на 100 м по сравнению с соседними участками (Востряков, 1967).

Обстановка растяжения в районе Вольского и Хвалыинского поднятий подтверждается особенностями трещиноватости меловых и палеоценовых пород, определяющей сбросовое поле напряжений при всестороннем латеральном растяжении и вертикальном сжатии (Макарова, Суханова, 2010). Данные М.Л. Коппа (2004) определяют обстановку сбросового поля напряжений с субширотной ориентировкой оси максимального удлинения. К Хвалыинскому поднятию приурочена эпицентральной зона землетрясений, выраженная повышенной плотностью очаговых зон на единицу площади. Произошедшее в 2005 г. четырехбалльное землетрясение связано с этой зоной (Огаджанов, 2006).

Новейшие прогибы Иловли и Терешки, выполненные неогеновыми и четвертичными отложениями, по морфологии и результатам тектонофизического анализа трещиноватости отложений являются структурами растяжения и, возможно, будущими крупными трещинами отседания всего правобережья Волги в Прикаспийский прогиб. Его влияние предположительно может распространяться еще дальше на запад, захватывая долину р. Медведицы (Новейшая..., 2006).

Рассмотренные субмеридиональные структуры Центральной части Западно-Каспийской зоны переходят на левобережье Волги в пределы Низкого

Заволжья, Общего и Мелового Сырта, ограниченные на севере эрозионно-тектонической долиной р. Сакмара. Образуя протяженную пологую структурную дугу, выпуклую в сторону от прогиба, они представлены дугообразными и линейными поднятиями и эрозионно-тектоническими долинами, вписывающимися в систему северной и северо-восточной окраины Прикаспийского прогиба. Южная вергентность характерна для большей части поднятий, что позволяет связывать их образование с давлением со стороны Каспия. Сбросовые дислокации, происходящие в условиях поперечного (относительно контуров прогиба) растяжения, подтверждаются детальными исследованиями (Копп, 2004; Копп и др., 2014). По отношению к фундаменту краевая часть зоны параллельна простираению известной бортовой или Жадовской флексурно-разрывной зоны.

На юго-востоке неотектонические структуры восточной периферии Прикаспийского прогиба наложены на субмеридиональные зоны Южного Урала. Это отражает расширение прогиба в восточном направлении.

Северная часть Западно-Каспийской зоны охватывает правобережье Волги от Самары до Казани. Здесь структура широтного Жигулевского вала не согласна с субширотным растяжением, характерным для более южных участков зоны. По данным М.Л. Коппа и Т.Ю. Тверитиновой (1999), этот вал представляет собой односторонний горст с левосторонним движением, образовавшийся в новейшую эпоху под действием субмеридионального давления, исходящего от Кавказа. В.И. Макаров (Новейшая..., 2006; Юдахин и др., 2003) связывает образование вала с воздействием Каспийского прогиба, считая его частью системы Кинельских поднятий, формирующихся также в условиях субмеридионального сжатия, но наведенного со стороны Каспия.

Севернее Жигулевского вала Волго-Свияжское поднятие также имеет признаки субширотного растяжения, аналогичные описанным для центральной части зоны. Поднятие, являющееся в новейшей структуре продолжением Вятского вала (Юдахин и др., 2003), «съедается» наступающей Волгой, переместившейся за четвертичное время к западу от своей плиоценовой акчагыльской долины почти на 80 км (Дедков, Двинских, 1995).

Таким образом, рассмотренные молодые дислокации отдельных участков Западно-Каспийской ГдАЗ свидетельствуют об их развитии в геодинамическом поле Прикаспийского прогиба под влиянием тектоно-магматических процессов, происходящих в глубоких недрах земной коры и верхней мантии. Они обуславливают активность деформаций верхнекорового слоя по периферии прогиба с формированием сбросов и других форм латерального, поперечного к простираению зоны растяжения.

Северско-Донецкая ГдАЗ – одноименный новейший прогиб с приуроченной к нему широтной долиной Северского Донца. Зона разделяет структуры,

формирующиеся к северу от нее на южном крыле новейшего Воронежского свода, наследующего древнюю одноименную антеклизу ВЕП, а к югу – в пределах поднятия Восточного Донбасса или Донецкого кряжа, относящегося уже к Скифской плите. В северной области новейшие структуры развиваются на мезозойско-кайнозойском субстрате, лишь частично наследуя мезозойские складки. В плане они образуют сложный рисунок, в котором сочетаются поднятия и прогибы овально-концентрические Кантемировско-Южно-Калачской системы в западной части, а в восточной – восток-северо-восточного простирания Первомайско-Чирской ступени (рис. 7) (Новейшая..., 2006).

Новейшие структуры Донецкого кряжа резко отличаются по форме и простиранию от северных структур. Это линейные поднятия и прогибы, широкое простирание которых не согласно с юго-восточным простиранием и формой герцинских складок в каменноугольных отложениях. Структуры продолжаются на восток, в пределы погребенного под мезо-кайнозойским чехлом Донбасса или кряжа Карпинского. Отчетливо выраженная северная вергентность структур позволяет связывать их образование с давлением с юга со стороны Кавказского орогена. Это подтверждается полем тектонических напряжений, восстановленным по трещиноватости разновозрастных пород и линеаментам: региональное латеральное сжатие ориентировано в северо-восток–юго-западном направлении, а ось растяжения проходит в направлении северо-запад – юго-восток. В рассматриваемой зоне они образуют эшелонированную систему, указывающую на правсдвиговой характер новейших тектонических напряжений (Гущенко и др., 2003).

Северско-Донецкий прогиб наследует древнюю палеозойскую зону Донецко-Астраханского или Главного разлома (надвига), являющуюся тектонической границей между докембрийской ВЕП и герцинским складчатым сооружением Донбасса. Здесь фундамент резко опущен до 5–6 км по сравнению с северной областью, где он находится почти на поверхности. Прогибание происходило в течение последующего времени, когда существовал Преддонецкий прогиб, заполненный отложениями перми, триаса, верхнего мела, а позже палеогеновыми отложениями. В начале новейшего этапа в нем накопилась полтавская свита (Pg_3-N_1). Последовательное смещение прогиба к югу привело к тому, что в четвертичное время он мигрирует на склон Каменского поднятия Донбасса (Новейшая..., 2006). Этот процесс продолжается и в настоящее время.

Нижнеокская ГдАЗ разделяет области с разной ориентировкой и морфологией новейших структур – Окско-Цнинский вал и Токмовский свод (его западную часть) (Макаров, 1996; Макарова и др., 2012; Суханова, 2000;). В западной области главные структуры Окско-Цнинского вала субме-

ридиональны (рис. 5). Среди них отрицательные формы (прогибы) по морфологии и анализу трещиноватости пород являются структурами растяжения. На происхождение их и всего вала существует несколько точек зрения. Предполагается участие субмеридионального сжатия, исходящего с юга со стороны Кавказа (Копп, 2004; Суханова, 2000). О.И. Гущенко, основываясь на данных о трещиноватости пород, слагающих вал, считает, что оно могло исходить не с юга, а с севера, со стороны Смоленско-Дмитровско-Ветлужского вала. Однако отсутствие субширотных структур, которые могли бы быть связаны с субмеридиональным давлением, заставляет привлекать другие процессы для объяснения образования вала. По мнению В.И. Макарова (2001), в поднятии вала возможно участие подтока масс со стороны развивающегося Окско-Донского прогиба, с которым вал контактирует на западе.

В восточной области новейшие поднятия и прогибы имеют субширотную ориентировку (рис. 5) в соответствии с давлением, исходящим с юга, со стороны длительно развивающегося новейшего Токмовского свода, к северо-западному крылу которого они приурочены. Предполагается также участие в их образовании регионального движения пластичных толщ перми на север и северо-запад, со склона Токмовского свода в сторону Московской синеклизы (Макаров и др., 1998; Макарова и др., 2012). В северной приволжской части наблюдаются морфологические признаки субмеридионального растяжения вследствие влияния наступающего Марийского прогиба, подтвержденные данными тектонофизического анализа трещиноватости (Копп, 2011).

Торцовое сочленение субмеридиональных и субширотных структур западной и восточной областей происходит в пределах Нижнеокского прогиба. Последний является частью протяженного Окско-Мокшинского прогиба и в рельефе представляет собой обширное понижение, расширяющееся к северу и занятое аллювиальными равнинами позднелайстоценового и голоценового возраста. Прогиб развивается унаследованно на протяжении всей геологической истории, имея близкую к субмеридиональной или северо-восточную ориентировку. Он выражен в структуре фундамента, девонских, каменноугольных, пермских и частично в юрских и меловых горизонтах. Относительное прогибание со скоростью 2 мм/год продолжается и в настоящее время (Лиленберг, Сетунская, 1972). В морфологии его проявлены черты, присущие как западной, так и восточной областям: субмеридиональные линеаменты, параллельные зонам Окско-Цнинского вала, и молодые голоценовые поднятия северо-восточной ориентировки, причлениющиеся к поднятиям восточной области.

Субширотное сжатие с запада, со стороны расширяющегося Окско-Цнинского вала, вместе с дав-

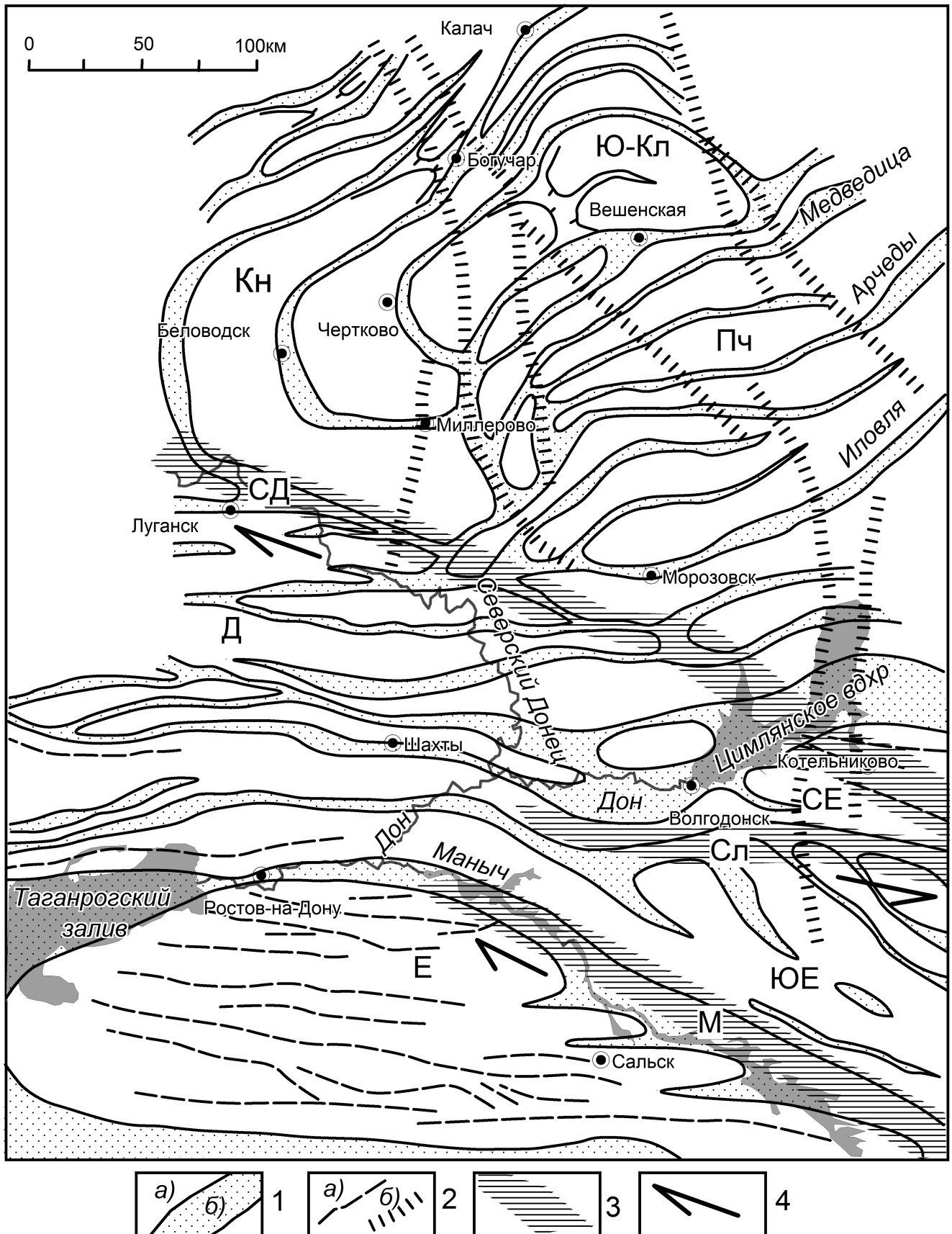


Рис. 7. Структурный план области сочленения южного склона Воронежского свода и поднятия Донбасса и основные геодинамически активные зоны: 1 – зоны: поднятий (а), относительных прогибаний (б); 2 – линеаменты (а), линеаментные зоны (б); 3 – геодинамически активные зоны (СД – Северско-Донецкая, Сл – Сальская, М – Манычская); 4 – направления действия напряжений. Названия поднятий: Е – Ейское, Д – Донецкое, Кн – Кантемировское, Ю-Кл – Южно-Калачское, Пч – Первомайско-Чирское, СЕ – Северо-Ергенинское, ЮЕ – Южно-Ергенинское

лением с юга, со стороны Токмовского свода, обуславливает развитие в Нижнеокском прогибе левосдвиговых напряжений. Они отражены в изменении морфологии широтных структур восточной области: их западные окончания слегка повернуты к югу. Современный наклон поверхности прогиба с запада на восток, несогласный с региональным северо-западным наклоном всех древних поверхностей, может вызывать дополнительные напряжения в его пределах.

В целом прогиб как отрицательная структура вырождается, будучи «зажатым» между крупными развивающимися положительными структурами — Окско-Цнинским валом и Токмовским сводом.

Москворецко-Рязанская ГдАЗ протягивается на юго-восток от Москвы до Рязани (Юдахин и др., 2003) и далее на юго-восток до долины р. Цна, где пересекает Нижнеокскую ГдАЗ, а возможно, и дальше. Она маркируется отчетливыми линеаменентами в виде прямолинейных отрезков долин рек Москва и Ока. Москворецкая зона разделяет внутриплатформенные Окско-Донскую и Воронежскую ГС (рис. 5) с разным типом и условиями формирования структур: в Мещерском прогибе, являющемся западной частью Окско-Донского прогиба, они имеют преимущественно меридиональное простирание, формируясь в процессе его растяжения (Макаров, 2001; Макарова и др., 2002). В пределах северного склона Воронежского поднятия Наро-Фоминское поднятие и сопряженный с ним Юхнов-Серпуховский прогиб (рис. 5) имеют субширотное простирание.

По отношению к структурам фундамента Москворецко-Рязанская зона соответствует в общих чертах северному разломному ограничению Пачелмского докембрийского авлакогена. По геофизическим данным (Глубинное..., 2010), сбросовые деформации фиксируются в верхней части земной коры, в том числе и в отложениях чехла по разрывам корреляций отражающих элементов. Современная активность зоны в виде деформаций растяжения с правосдвиговой компонентой была выявлена повторными GPS-измерениями, проведенными в 2005–2010 гг. по треугольнику Коломна–Зарайск–Белоомут (Макаров и др., 2010), пересекающему эту зону. Повышенная трещиноватость и проницаемость пород в Москворецко-Рязанской ГдАЗ обуславливают приуроченность к ней гидрогеологических окон — куполов растекания в водоносном горизонте мячковского горизонта среднего карбона (Дорожко, 2014).

Примерами ГдАЗ более высоких порядков могут служить Сальская и Манычская зоны, находящиеся в южной части Альпийской ГС (рис. 7). Это молодые, плиоцен-четвертичные прогибы, к которым приурочены широкие плоские долины рек Сал на севере и Маныч на юге. Частично эти прогибы, как и разделяемое ими Сальско-Манычское или Южно-Ергенинское поднятие, находятся в пределах

Азово-Кубанского прогиба, в котором активные тектонические движения, происходившие в течение всего новейшего этапа, привели к перестройке структурных планов. Вследствие этого поверхностный четвертичный структурный план не согласуется с погребенным олигоцен-миоценовым (Новейшая..., 2006). Это объясняется близостью территории к основному источнику напряжений — Кавказскому орогену. Для прогибов характерны активно растущие локальные поднятия («перемычки») и впадины, поперечные или диагональные, в которых меняется мощность четвертичных отложений и морфология долин.

Сальский прогиб — зона структурного несогласия между молодыми поднятиями. К северу от него они имеют субширотное простирание и развиваются в пределах Сальско-Донского поднятия. К югу от прогиба структуры северо-западного простирания развиваются в пределах Сальско-Манычского или Южно-Ергенинского поднятия. Последнее имеет сложную историю. На герцинском этапе это был кряж Карпинского. На ранней позднеолигоцен-миоценовой стадии новейшего этапа здесь образовалась система структур с субширотной ориентировкой. В четвертичное время в результате перестройки структурного плана возникла новая система складок северо-западного простирания. Это свидетельствует о последовательных изменениях геодинамических условий, особенно в четвертичное время.

Сальский прогиб в западной части наложен на сводовую часть докембрийского Ростовского выступа, а в восточной не согласен ни с древними структурами кряжа Карпинского, ни с новейшими. Современное поле напряжений, восстановленное для этого района по трещиноватости пород и линеаментам, характеризуется субмеридиональным сжатием с левосдвиговой компонентой вдоль Сальской зоны.

Сходное структурное положение с Сальской зоной несогласий имеет находящийся южнее Манычский прогиб. Он приурочен к глубинному одноименному разлому (древней шовной зоне), служащему границей между Ростовским выступом докембрийского фундамента ВЕП и молодой эпигерцинской Скифской плитой. В новейшей структуре он разделяет находящиеся к северо-востоку от него структуры северо-западной ориентировки Южно-Ергенинского поднятия от находящихся юго-западнее субширотных структур крупного Ейского поднятия. Восстановленное поле напряжений свидетельствует о правосдвиговых напряжениях в пределах прогиба, что согласуется с данными, полученными ранее (Костенко, Панина, 2001). Активность зоны на современном этапе подтверждается приуроченностью к ее северной границе, наследующей древний Манычский шов, слабых землетрясений, в частности имевших место в 2001 г. (Новейшая..., 2006).

Заключение

Изучение платформенных неотектонических структур, определение их форм, типов, современной активности всегда вызывает значительные трудности из-за малых амплитуд и градиентов тектонических движений. До недавнего времени основной задачей их изучения было определение связи со структурами фундамента, т.е. отдавалось предпочтение вертикальным движениям при их образовании. Большая часть структур и сейчас еще, по мнению многих исследователей, представляется в виде мозаики блоков, хотя разрывные нарушения в типичном их проявлении в виде смещения слоев осадочного чехла на платформе единичны. Развитие представлений о влиянии процессов, происходящих на границах литосферных плит, на внутриплатформенные (внутриплитные) напряжения и геодинамику позволяет по-новому рассматривать геодинамические условия формирования новейших структур в разных частях платформы. Наряду с глобальными источниками напряжений, существуют автономные внутриплатформенные источники, возникшие еще задолго до неотектонического этапа и продолжающие развитие в настоящее время. Возможно, их реализация не зависит в полной мере от влияния глобальных процессов или оно проявляется не так отчетливо, по крайней мере, на поверхности. Имеются в виду долго живущие антеклизы (Воронежская, Токмовская), превратившиеся в новейшие сводовые поднятия, или Каспийская синеклиза, в настоящее время являющаяся новейшим прогибом.

Большое значение, наряду с тектонофизическими методами изучения напряжений, имеет структурно-геоморфологический анализ, позволяющий детально изучать морфологию структур, которая отражает направления действия источников напряжений. Вместе эти методы дают представление о геодинамических условиях формирования структур.

По связи с активными областями территория платформы разделяется на геодинамические системы, включающие активные источники тектонических сил и напряжений разного ранга, находящиеся как вне платформы, так и в ее пределах. Многие новейшие структуры платформы формируются в результате совместного воздействия на ее кору тектонических сил разной природы и связанных с разными источниками – латерального взаимодействия литосферных плит и глубинных тектономагматических процессов регионального порядка. Возможно, действие этих источников может быть одновременным или разновременным.

Разделение платформенной территории на геодинамические системы предполагает наличие границ между ними. В качестве таковых выступают геодинамически активные зоны. Хотя эти зоны представлены существующими формами – прогибами, валами, уступами, они получили новое геодинамическое содержание. Это зоны структурных

несогласий, в которых сочленяются и взаимодействуют объемы земной коры, значительно различающиеся по своему строению. На поверхности им соответствуют новейшие структуры различных простираний, типов и амплитуд поднятий. В этих зонах могут возникать дополнительные напряжения, реализуемые в виде структур сжатия, растяжения и сдвига. Все это может вызывать негативные процессы, как эндогенные (разрывообразование, сейсмичность), так и экзогенные (обвалы, оползни и др.).

Геодинамические системы и активные зоны позволяют районировать платформенную территорию в структурно-геодинамическом отношении. Такое районирование, отнесение различных участков платформы к той или иной геодинамической системе, проявляющей различную активность на современном этапе, может быть основой для сейсмического районирования. В настоящее время изучение новейших структур ВЕП невозможно без учета влияния активных областей на их формирование.

Представленная выше схема районирования новейшей структуры платформы отражает лишь в первом приближении картину распределения тектонических напряжений, особенно в ее северной части, вследствие недостаточной изученности. Условными являются и названия выделенных зон. Это зависит от неравномерной детальности в изучении новейших структур. Детальное исследование структур проводится в основном на участках строительства различных инженерных объектов. Но оно чаще всего сводится к выделению разрывных нарушений и не затрагивает вопросы происхождения деформаций. Границы разноранговых систем в настоящее время недостаточно четко определены и, возможно, не всегда надежно обоснованы. Это связано с еще слабой изученностью новейших структурных форм во многих районах платформы.

Механизмы передачи напряжений от активных источников вглубь платформы пока еще недостаточно хорошо изучены, и их природа остается открытой.

Для многих геодинамически активных зон характерны повышенные трещиноватость пород, флюидо- и газопроницаемость, тепловой поток, концентрации различных газовых эманаций, иногда имеющих геопатогенную природу, а также проявления опасных экзогенных процессов, связь разнотектонических водоносных горизонтов и другие особенности или свойства инженерно-геологической среды. Известны и сейсмические события, связанные с такими зонами. Поэтому они имеют инженерно-геологическое и экологическое значение. Принимая во внимание широкое развитие таких зон в пределах платформы, их изучение следует считать необходимым при обеспечении геодинамической безопасности и оценке устойчивости территорий, предназначенных под проектирование и строительство особо ответственных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- Ананьин И.В.* Сейсмоактивные зоны Восточно-Европейской платформ и Урала // Комплексная оценка сейсмической опасности // *Вопр. инж. сейсмологии*. Вып. 32. М.: Наука, 1991. С. 106–125.
- Валеев Р.Н.* Тектоника и минерагения рифея и фанерозоя Восточно-Европейской платформы. М.: Недра, 1981. 215 с.
- Востряков А.В.* Неогеновые и четвертичные отложения, рельеф и неотектоника юго-востока Русской платформы. Саратов: Изд-во Саратовск. ун-та, 1967. 354 с.
- Геологический атлас России. М.; СПб.: ВСЕГЕИ, 1996. С. 121–125.
- Гилод Д.А., Востоков Е.Н., Дабижва А.И.* О некоторых особенностях строения фундамента юго-восточного склона Воронежской антеклизы (по геофизическим данным) // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол.* 1970. № 5. С. 115–119.
- Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и ТАТСЕЙС: В 2 т. М.: ГЕОКАРТ, ГЕОС, 2010. Т. 1. 407 с., Т. 2. 399 с.
- Гущенко О.И., Копп М.Л., Корчмагин В.А.* и др. Продольные волны дизъюнктивных деформаций юго-восточной части Русской плиты и ее горного обрамления // *Тектоника и геодинамика континентальной литосферы*. Матер. совещ. М.: ГЕОС, 2003. Т. 1. С. 173–176.
- Дедков А.П., Двинских А.П.* Структурно-литологический фактор в формировании рельефа на востоке Русской равнины // *Изв. вузов. Геол. и разведка*. 1995. № 1. С. 9–15.
- Дорошко А.Л.* Неотектоника, геодинамически активные зоны Москвы и их геоэкологическое значение // Автореф. дис... канд. геол.-минерал. наук. М.: ООО «Ай-клуб», 2014. 26 с.
- Копп М.Л.* Мобилисткая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы // *Тр. Геол. ин-та РАН*. Вып. 552. М.: Наука, 2004. 340 с.
- Копп М.Л.* Денудационные уступы как индикатор региональных неотектонических напряжений // *Геотектоника*. 2011. № 5. С. 71–90.
- Копп М.Л., Вержбицкий В.Е., Колесниченко А.А.* и др. Кайнозойские напряжения востока Русской плиты, Южного и Среднего Урала. Методические, теоретические и прикладные аспекты // *Тр. Геол. ин-та РАН*. Вып. 610. М.: ГЕОС, 2014. 88 с.
- Копп М.Л., Егоров Е.Ю., Зарицков А.А.* О происхождении Приволжско-Ергенинского уступа // *Изв. вузов. Геол. и разведка*. 1999. № 4. С. 21–37.
- Копп М.Л., Тверитинова Т.Ю.* Кинематика Жигулевского новейшего разлома // *Бюл. МОИП. Отд. геол.* 1999. Т. 74, вып. 5. С. 18–29.
- Костенко Н.П., Панина Л.В.* Позднеорогенная структура Предкавказья // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол.* 2001. № 4. С. 11–20.
- Латеральные тектонические потоки в литосфере Земли // *Тр. Геол. ин-та РАН*. Вып. 604. М.: ГЕОС, 2013. 318 с.
- Леонов Ю.Г.* Напряжения в литосфере и внутриплитная тектоника // *Геотектоника*. 1995. № 6. С. 3–21.
- Леонов Ю.Г., Гущенко О.И., Копп М.Л., Расцветав Л.М.* Взаимосвязь позднекайнозойских напряжений и деформаций в Кавказском секторе альпийского пояса и в его северном обрамлении // *Отеч. геол.* 2001. № 1. С. 36–59.
- Лиуенберг Д.А., Сетунская А.Е.* Морфоструктурный анализ современных вертикальных движений европейской части СССР // *Геоморфология*. 1972. № 1. С. 3–18.
- Макаров В.И.* Связь новейшей тектоники и современной геодинамики Восточно-Европейской и Западно-Сибирской платформ со смежными активными областями // *Всес. совещ. по изучен. четвертичного периода: Тез. докл.* М.: ГИН РАН, 1994. С. 150–151.
- Макаров В.И.* Региональные особенности новейшей геодинамики платформенных территорий в связи с оценкой их сейсмической активности // *Недра Поволжья и Прикаспия*. 1996. Вып. 13. Спец. С. 53–60.
- Макаров В.И.* Некоторые проблемы изучения новейшей тектоники платформенных территорий (на примере Русской плиты) // *Разведка и охрана недр*. 1997. № 1. С. 20–26.
- Макаров В.И.* О геодинамических условиях формирования Окско-Донского прогиба и Окско-Цнинского вала // *Изв. вузов. Геол. и разведка*. 2001. № 1. С. 43–51.
- Макаров В.И.* Новейшие геодинамически активные зоны платформенных территорий: концептуальные основы и методические принципы выделения и изучения // *Свойства, структура, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы*. Мат-лы XVI Межд. конф. Т. 2. Воронеж: Научная книга, 2010. С. 28–33.
- Макаров В.И., Бойков В.В., Булаева Е.А.* Опыт использования спутниковой геодезии (GPS) для изучения современных движений и деформаций земной коры платформенных территорий на примере Приокского района Русской плиты // *Структура, свойства, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы*. Мат-лы XVI Межд. конф. Т. 2. Воронеж: Научная книга, 2010. С. 33–39.
- Макаров В.И., Дорошко А.Л., Макарова Н.В., Макеев В.М.* Геодинамически активные зоны платформ // *Геоэкология. Инж. геология. Гидрогеология. Геокриология*. 2007. № 2. С. 99–110.
- Макаров В.И., Макарова Н.В.* Новейшие геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы // *Тектоника и геодинамика континентальной литосферы*. Мат-лы тектонич. совещ. Т. 2. М., 2003. С. 16–19.
- Макаров В.И., Макарова Н.В., Гантов Б.А., Балашова Т.А.* Структурно-геологические и геоморфологические условия развития карстово-суффозионных процессов в районе г. Дзержинска (Нижне-Окский район) // *Геоэкология*. 1998. № 2. С. 38–49.
- Макарова Н.В., Макаров В.И., Корчуганова Н.И.* и др. Окско-Донской прогиб – современная геодинамическая зона Восточно-Европейской платформы // *Изв. вузов. Геол. и разведка*. 2002. № 2. С. 3–13.
- Макарова Н.В., Макаров В.И., Суханова Т.В.* О новейшей структуре Клино-Владимирской части Смоленско-Дмитровско-Ветлужского вала // *Проблемы сейсмоструктуры*. Мат-лы XVII Всерос. конф. с междунар. участием. М.: ИФЗ РАН, 2011. С. 327–331.
- Макарова Н.В., Макеев В.М., Суханова Т.В.* и др. Новейшая тектоника и геодинамика Нижнеокского района (Русская плита) // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол.* 2012. № 4. С. 3–11.

Макарова Н.В., Суханова Т.В. Плиоцен-четвертичная тектоническая зональность северо-западной части Нижнего Поволжья // Свойства, структура, динамика и микротектоника Восточно-Европейской платформы. Мат-лы XVI Междунар. конф. Т. 2. Воронеж: Научная книга, 2010. С. 48–52.

Макеев В.М., Макарова Н.В., Дорошко А.Л. и др. Геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы – принципы выделения и классификации // Активные разломы и их значение для оценки сейсмической опасности: современное состояние проблемы. Мат-лы XIX научно-практич. конф. с междунар. участием. Воронеж: Научная книга, 2014. С. 225–229.

Никонов А.А. Геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы: развитие идей Ю.К. Шукина о воздействии окружающих подвижных поясов // Активные разломы и их значение для оценки сейсмической опасности: современное состояние проблемы. Мат-лы XIX научно-практич. конф. с междунар. участием. Воронеж: Научная книга, 2014. С. 269–274.

Новейшая тектоника и геодинамика. Область сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты. М.: Наука, 2006. 206 с.

Огаджанов А.В. О возможной природе зон разуплотнения в земной коре Саратовского участка Поволжья // Недр Поволжья и Прикаспия. 2006. Вып. 40. С. 59–61.

Суханова Т.В. Новейшая тектоника Окско-Цнинского вала: Автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. М.: Моск. ун-т, 2000. 26 с.

Шукин Ю.К. Глубинная сейсмоструктура Северной Евразии // Недр Поволжья и Прикаспия. Вып. 13. Спец. 1996. С. 6–11.

Шукин Ю.К. Глубинное строение и динамика земной коры Восточно-Европейской платформы в связи с проблемой сейсмичности // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. М.: ГЕОС, 2001. С. 143–150.

Шукин Ю.К. Вопросы платформенной сейсмоструктуры // Тектоника и геофизика литосферы. Мат-лы XXV Тектонич. совещ. Т. 2. М.: ГЕОС, 2002. С. 321–322.

Шукин Ю.К. Проблемы, вопросы, решения. Избр. труды. Воронеж: Научная книга, 2014. 504 с.

Юдахин Ф.Н., Шукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 300 с.

Сведения об авторах: *Макарова Наталья Валентиновна* – канд. геол.-минерал. наук, доцент каф. динамической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* makarovanat@yandex.ru; *Макеев Владимир Михайлович* – докт. геол.-минерал. наук, зав. лаб. эндогенной геодинамики и неотектоники Ин-та геоэкологии РАН, *e-mail:* vmakeev@mail.ru; *Дорошко Анастасия Леонидовна* – канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. лаб. эндогенной геодинамики и неотектоники Ин-та геоэкологии РАН, *e-mail:* a_dorozhko@mail.ru; *Суханова Татьяна Владимировна* – канд. геол.-минерал. наук, доцент каф. динамической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* tanikamgu@mail.ru; *Коробова Ирина Валерьевна* – мл. науч. сотр. лаб. эндогенной геодинамики и неотектоники Ин-та геоэкологии РАН, *e-mail:* irakorv@mail.ru