УДК 551.248.2 + 551.242.5

Н.В. Макарова[1], **Т.В. Суханова**[2]

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ НОВЕЙШИХ ПЛАТФОРМЕННЫХ СТРУКТУР (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ПРИЛЕЖАЩЕЙ ЧАСТИ СКИФСКОЙ ПЛИТЫ)

Рассмотрены актуальные проблемы, возникающие при изучении новейших тектонических структур Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты: широкое развитие покровных образований над неотектоническими структурами, затрудняющих оценку амплитуды тектонических движений; прерывистое распространение и недостаточная сохранность отложений, коррелятных новейшему этапу; преувеличенный денудационный срез с новейших поднятий; разный взгляд на тип структурных форм — блоковый или изгибный; характер и тип границ между структурными формами; значение погребенных долин для неотектоники; изменение структурных планов в течение новейшего этапа; геодинамические условия и источники тектонических напряжений при формировании новейших структур.

Ключевые слова: платформа, коррелятные отложения, структурно-геоморфологические реперы, поверхности выравнивания, новейшие структурные формы, поднятия, прогибы, линеаменты, разломы, структурный план, напряжения.

The actual problems of the study of recent tectonics of the East European Platform and the Scythian Plate: development of cover formations of neotectonic structures, discontinuous distribution and bad of safety of correlative deposits, different views on the type of structural forms — block or bending, the nature and type of boundaries between structural forms, a change in the structural plans for the latest phase, the conditions and sources of stress in the formation of new structures.

Key words: platform, correlative deposits, structural-geomorphologic markers, planed surfaces, the latest deformation, structural forms, lifting, warping, lineaments, faults, structural plan, stresses.

Введение. Восточно-Европейская платформа (ВЕП) относится к древним низким платформам. Абсолютные отметки рельефа на большей части ее территории составляют 200–250 м, и лишь высота отдельных возвышенностей — Приволжской, Бугульминской и некоторых других превышает 300 м. В северной части Скифской плиты, прилежащей к ВЕП, отметки свыше 300 м характерны для Донецкого кряжа.

Новейший тектонический этап на ВЕП и Скифской плите начался в конце олигоцена. Перед этим на юге и востоке произошла регрессия палеогеновых морей (закрытие океана Тетис). В центральных и северных областях ВЕП, начиная с раннего мела, в некоторых местах с позднего мела, на востоке с перми или триаса, а в Поволжье только со среднего палеогена, установились континентальные условия, в течение которых формировались поверхности выравнивания или эрозионно-денудационные равнины.

В новейшее время возникли платформенные поднятия и опускания или прогибы, именуемые структурными формами. Амплитуда новейших тектонических движений на большей части территории составляет всего 100–250 м, реже больше, а градиенты их изменений редко превышают несколько метров на километр расстояния. Вследствие этого многие структурные формы в современном рельефе выражены неотчетливо, в этом заключается одна из трудностей их выявления и изучения, особенно в условиях отсутствия или фрагментарного развития коррелятных новейшему этапу олигоцен-неогеновых отложений.

В настоящее время при изучении новейшей тектоники платформы используются новые материалы и методы: космические снимки высокого разрешения, в том числе радарные, а также тектонофизические и геохимические методы, космическая геодезия, геофизические данные, позволяющие изучать глубинное строение структурных форм; широко применяются ГИС-технологии и моделирование. Все это позволяет исследовать новейшую тектонику платформы с большей детальностью, чем это было прежде и, что наиболее важно, связывать геодинамические условия формирования структур с различными источниками тектонических напряжений. Однако не уменьшается значение структурно-геоморфологического

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, доцент, канд. геол.-минерал. н.; *e-mai:* makarovanat@yandex.ru

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, доцент, канд. геол.-минерал. н.; *e-mai:* tanikamgu@mail.ru

анализа рельефа, используемого совместно с данными о строении всего осадочного покрова и фундамента. Это позволяет, наряду с характеристикой структурных форм — морфологией, возрастом, стадийностью, амплитудой и скоростью развития, определять степень наследования ими более древних структур. Именно морфология структур часто главенствует при определении геодинамических условий их образования.

Вместе с тем при изучении новейшей тектоники платформенной территории существует ряд проблем, по-разному решаемых исследователями; к ним относятся: 1) развитие покровных отложений на неотектонических структурах; 2) основные реперы, используемые при выделении и характеристике структурных форм (коррелятные отложения и геоморфологические уровни); 3) оценка величины денудационного среза платформенных структур; 4) типизация новейших структурных форм платформ; 5) погребенные долины; 6) степень наследования новейшими структурами древних и изменение структурных планов в течение новейшего этапа; 7) геодинамические условия формирования платформенных структур.

Развитие покровных отложений над структурными формами. При структурной интерпретации рельефа необходимо учитывать факторы, влияющие на оценку амплитуды движений и активность структур в настоящее время. К таким факторам относятся широко развитые в пределах платформы покровные отложения — ледниковые и водно-ледниковые в северной половине рассматриваемой территории и лёссово-почвенные в южной. Они маскируют форму структур, увеличивают абсолютную высоту рельефа, что может вызвать завышенную оценку амплитуды тектонических движений. На большей части территории ВЕП, особенно в ее центральной части, ледниковые покровы состоят в основном из двух средненеоплейстоценовых морен (днепровской и московской). Нижненеоплейстоценовая (окская) морена часто сохраняется только в глубоких эрозионных врезах. В северной и западной частях ВЕП к ним присоединяются две верхненеоплейстоценовые морены — калининская и осташковская. Таким образом, общая мощность морен достигает многих десятков метров, причем наибольшая (100–150 м) у стадиальных и конечных морен, и иногда превышает амплитуду новейших тектонических движений. Мощность морен часто увеличивается на поднятиях, тормозивших продвижение льда, как, например, на Смоленско-Дмитровской гряде или во впадинах, где скапливался лед. В последнем случае над погребенным новейшим прогибом современные гипсометрические отметки рельефа могут быть больше, чем на соседних поднятиях, или равны им (рис. 1), это следует принимать во внимание, характеризуя амплитуду движений.

В южной части ВЕП и на Скифской плите покровные образования состоят из эоплейстоценовых скифских глин и перекрывающих их четвертичных лёссово-почвенных комплексов. Общая мощность этих отложений местами (в частности, в Сальско-Манычском прогибе) достигает 100 м (рис. 2). Их подошва уходит на 10–20 м ниже уреза рек. Такая мощность покровных образований объясняется опусканием прогиба, происходившим до среднего неоплейстоцена. Амплитуда последующих поднятий в несколько раз меньше мощности покровных образований. Если не учитывать их мощность, то можно получить завышенную оценку амплитуды тектонических движений. В этих условиях необходимо использовать данные бурения и не учитывать мощность покровов при определении амплитуды движений.

Основные реперы при определении и характеристике структурных форм на ВЕП и Скифской плите. К ним в первую очередь относятся отложения позднеолигоцен-четвертичного возраста, коррелятные новейшему этапу и образующиеся на

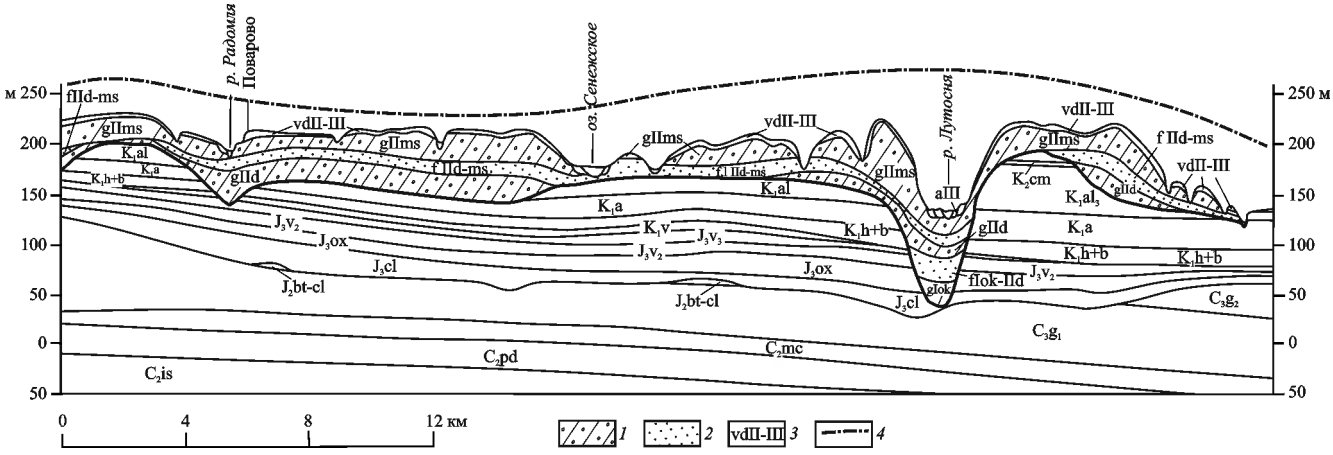

Рис. 1. Покровы ледниковых отложений, сглаживающие различия в гипсометрии поднятий и прогибов, Центральная часть Восточно-Европейской платформы, Клинско-Дмитровская гряда: *1* — морены окского (gIok), днепровского (gIId) и московского (gIIm) оледенений; *2* — флювиогляциальные и озерные отложения днепровского и московского оледенений (f,l IId-m); *3* — эолово-делювиальные отложения; *4* — условная линия поднятия и прогибания (этот разрез и все следующие взяты с геологических карт масштаба 1: 200 000)

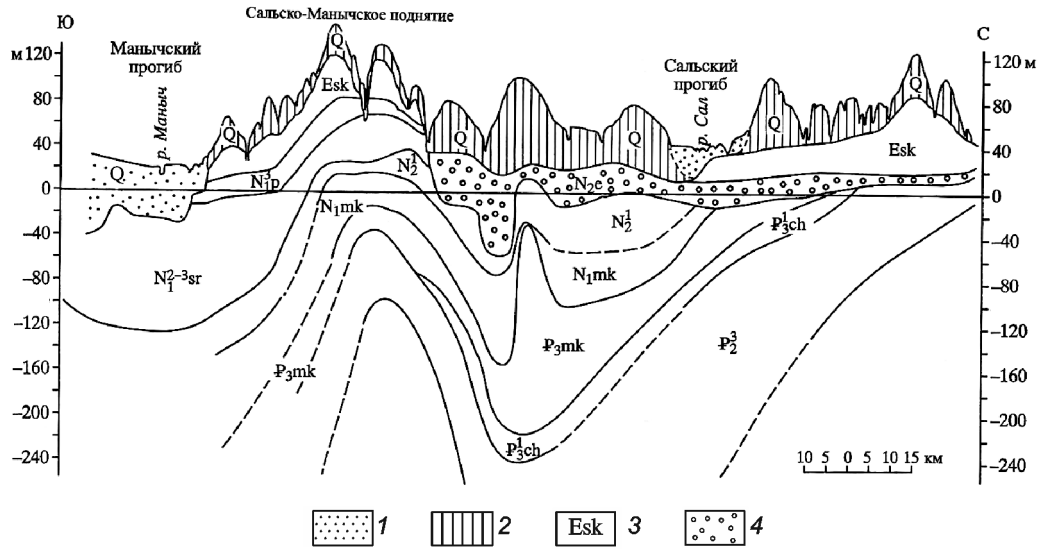

Рис. 2. Развитие покровных отложений на Сальско-Манычском междуречье (Южно-Ергенинское поднятие) и в Сальском прогибе (северная часть Скифской плиты): *1* — аллювий; *2* — четвертичный лёссово-почвенный комплекс (Q); *3* — эоплейстоценовые скифские глины (Esk); *4* — плиоценовые отложения (N_2). Остальные индексы — свиты палеогена и неогена

всем его протяжении. Новейшая тектоника в существенной мере предопределила особенности их пространственного развития и строения. Поэтому мощность, фациальный состав и современное положение в рельефе олигоцен-четвертичных отложений служат показателями проявления движений разного знака.

Дочетвертичные коррелятные отложения на исследуемой территории представлены морскими, аллювиально-морскими (дельтовыми) и аллювиальными отложениями. Наиболее широко они распространены и сохранились на юге и востоке ВЕП и на Скифской плите. К ним относятся майкопская и полтавская серии позднеолигоцен-раннемиоценового возраста, образовавшиеся на начальной стадии развития структурных форм, а также миоценовые (сарматские и понтические) и плиоценовые (ергенинские, акчагыльские, хапровские) отложения более поздних стадий. Разная мощность этих серий и свит характеризует поднятия и впадины, а абсолютные отметки их подошвы в современном или погребенном рельефе позволяют определять амплитуду новейших движений за весь неотектонический этап и за его отдельные стадии. Число последних обычно соответствует числу свит новейших отложений, развитых во впадинах. На востоке ВЕП к отложениям, коррелятным различным стадиям новейшего этапа, относятся миоценовая шешминская свита, плиоценовые челнинская, сокольская, чистопольская (акчагыльская) и эоплейстоценовая свиты. Положение в современном рельефе акчагыльской свиты, сложенной морскими осадками Каспийского моря, наилучшим образом отражает четвертичные движения. Во впадинах и долинах рек эта свита погребена и находится более чем на 200 м ниже нулевой отметки, а на склонах и в осевых частях поднятий — на высоте 150–250 м. Таким образом, амплитуда движений превышает 350–400 м.

На большей части центральной и западной частей ВЕП использование коррелятных олигоцен-плиоценовых отложений затруднено из-за их фрагментарного развития. Они сохранились в древних речных долинах, разрозненная сеть которых либо погребена и выявлена бурением во впадинах на разной глубине, либо приподнята до 200 м на склонах крупных поднятий, и по ним определяются амплитуды поднятий в разное время. В Окско-Донском прогибе сформировались миоценовые лиманно-морские ламкинская и горелкинская свиты и плиоценовые аллювиальные усманская и кривоборская свиты [Миоцен..., 1977], залегающие на глубине до 100 м ниже современных русел рек. На южных склонах Воронежского поднятия и других крупных поднятий соответствующие им аллювиальные отложения слагают террасы высотой 160–200 м над руслами рек.

Среди *четвертичных* отложений к основным показателям развития структурных форм относятся морские осадки и аллювий, слагающие террасы. От их возраста, фаций и мощности зависят количественные характеристики многих структурных форм. Однако в связи с неоднократным изменением стратиграфических схем четвертичных отложений, вызванным передатировкой ледниковых отложений в центре Русской равнины, меняется и возраст аллювия, что затрудняет однозначную оценку амплитуды и скорости движений в четвертичный период.

Большое значение в изучении новейших движений и созданных ими структурных форм также имеют *геоморфологические уровни* в виде различного типа поверхностей выравнивания, образованных в доновейшее и новейшее время. Некоторые из них коррелятны свитам, указанным выше, и датируются по возрасту этих свит. Это отражает единство эрозионно-денудационных и аккумулятивных процессов, происходящих под влиянием тектонических и климатических изменений. Поверхности выравнивания определяют фактически все основные характеристики и особенности развития структурных форм. Использование их особенно

эффективно для поднятий, лишенных покрова новейших отложений.

Среди поверхностей выравнивания на ВЕП и Скифской плите можно выделить несколько типов. Наиболее древние из них представлены фрагментами мезозойского (допалеогенового) *пенеплена,* которые сохранились, на Воронежском и Донецком поднятиях, Украинском и Балтийском щитах, Токмовском, Южно-Татарском сводах и др. Практически везде они занимают самое высокое положение в рельефе — 250–350 м и более, по ним определяется общая амплитуда поднятий. Местами на них сохранились остатки красноцветной коры выветривания, датируемой поздним олигоценом–ранним миоценом.

Шире развиты *педименты*, представляющие собой поверхности, формирующиеся в течение новейшего этапа при непрерывно-прерывистых тектонических движениях, что проявляется в ритмичном чередовании периодов активизации движений и их прекращения или ослабления. В активный период поднятия рельеф расчленяется, формируются врез и коррелятные отложения, сносимые во впадину или речную долину. В период замедления или прекращения поднятия в основании вреза, представленного склоном, вырабатывается эрозионно-денудационная поверхность выравнивания (педимент), сочленяющаяся с аккумулятивной поверхностью во впадине. Педименты образуют разновысотные и разновозрастные (от миоцена до голоцена включительно) ступени на склонах поднятий и характерны для орогенных и платформенных областей. Впервые они были выделены В. Пенком в начале XIX в. Альпах как предгорные поверхности выравнивания, отражающие стадийность развития структурных форм и неравномерное проявление движений.

Несмотря на небольшую амплитуду новейших платформенных деформаций, стадийность их развития выражена отчетливо. При этом число стадий, определяемых по числу педиментов, и их возраст в большинстве случаев соответствуют стадиям, выделяемым в орогенах Урала, Кавказа, Тянь-Шаня и др. Эти стадии датированы по возрасту коррелятных отложений как позднеолигоцен-раннемиоценовая (P_3–N_1^1), средне-позднемиоценовая (N_1^{2-3}), плиоценовая (N_2), эоплейстоценовая (E), неоплейстоценовые (Q_1–Q_3) и голоценовая (Q_4) [Новейшая..., 2006]. Это свидетельствует об общих причинах формирования стадийности развития структурных форм как в орогенах, так и на платформах. В основе стадийности лежит, как указывалось выше, непрерывно-прерывистый процесс развития неотектонических движений, а также планетарные циклические изменения климата. Педименты отчетливо выражены на склонах наиболее крупных упомянутых выше платформенных поднятий, лишенных четвертичного покрова, или с его незначительной мощностью. Здесь ступенчатость рельефа формируется с начала новейшего этапа, т.е. с позднего олигоцена–раннего миоцена, причем в некоторых местах, как указывалось выше, сохраняются фрагменты исходного мезозойского (доновейшего) пенеплена. Менее крупные поднятия проявились в рельефе позже, в плиоцене или четвертичном периоде, соответственно, число ступеней на их склонах меньше. Там, где мощность четвертичного покрова меньше глубины врезов, отделяющих ступени, последние выражены в рельефе и под покровом, хотя и в сглаженном виде (рис. 3). В условиях развития мощного покрова ступенчатость часто полностью скрыта (рис. 1).

Педименты используются для определения морфологии структур и скорости поднятия в от-

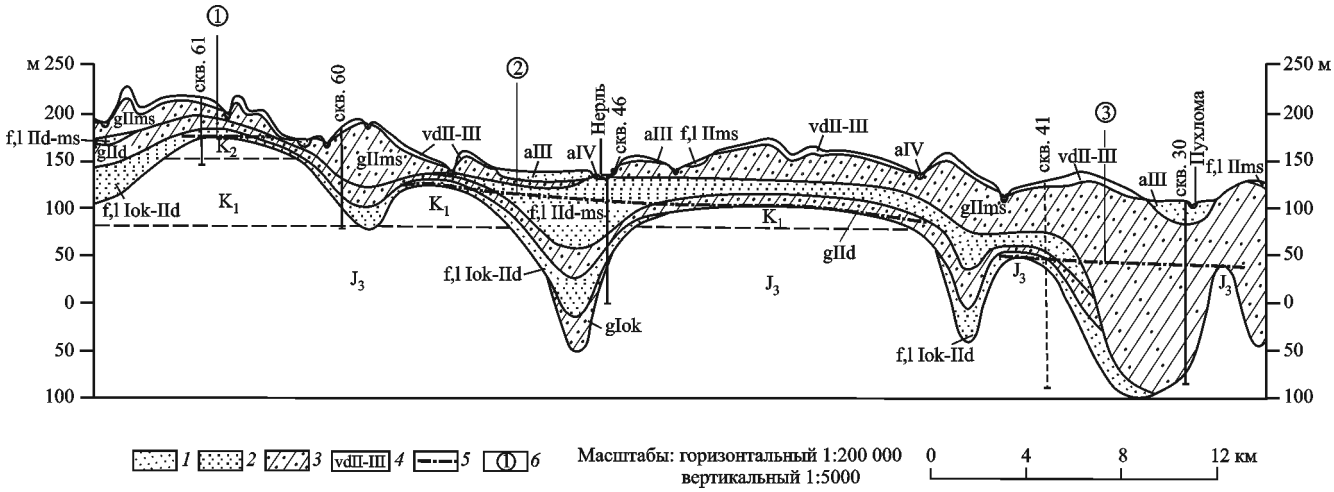

Рис. 3. Ступени рельефа, перекрытые четвертичными отложениями, центральная часть Восточно-Европейской платформы, южный склон Клинско-Дмитровской гряды: *1* — аллювий; *2* — флювиогляциальные и озерные отложения окско-днепровского (f,l Iok-IId) и днепровско-московского (f,l IId-m) горизонтов; *3* — морены окского (gIok), днепровского (gIId), московского (gIIms) оледенений; *4* — покровные эолово-делювиальные отложения; *5* — разновозрастные ступени рельефа (педименты); *6* — номера ступеней рельефа (цифры в кружках)

дельные стадии. Превышения их друг над другом или глубина врезов прямо пропорциональны амплитуде поднятий. Зная возраст педиментов, можно определить скорость поднятия в отдельные стадии. Особенно важны значения скорости голоценовых и современных движений при оценке устойчивости территорий под строительство инженерных объектов. Однако это трудоемкий процесс, требующий анализа топографических карт, построения сложных сетей геолого-геоморфологических профилей, данных бурения и др. Поэтому, возможно, данные о амплитуде и скорости движений в отдельные стадии для платформенных структур пока единичны.

В отличие от орогенных областей, где при интенсивной денудации педименты представлены узкими водоразделами, в платформенных условиях они иногда занимают обширные пространства. В этом случае их можно считать *педипленами* — другим типом поверхностей выравнивания, развитых на ВЕП [Дедков, 1972]. На Средневолжском поднятии к началу новейшего этапа в конце палеогена образовались *абразионные* поверхности, выработанные на морских меловых и нижнепалеогеновых отложениях.

Несмотря на разный генезис поверхностей и их разновозрастность, их можно использовать при анализе неотектонических движений, определении морфологии и возраста структур, амплитуды и скорости их развития.

Оценка величины денудационного среза при использовании различных поверхностей выравнивания для определения амплитуды движений — принципиальный вопрос. Он рассматривается в связи с большой величиной денудационного среза, местами превышающей 600–700 м, принятой для новейших поднятий Среднего и Нижнего Поволжья [Дедков, 1972; Карта..., 1981]. Этот срез должен относиться к неогеновому времени, когда из-под уровня моря только что вышли поверхности, сложенные морскими осадочными отложениями нижнепалеогеновых сызранской и саратовской свит. Такая величина среза увеличивает амплитуду поднятия почти до километра. В донеотектонический этап при образовании пенепленов денудационный срез мог быть достаточно большим, особенно на постоянно поднимающихся щитах, например Балтийском, или на Донецком поднятии. Однако в новейшее время срез не мог быть большим, что доказывает местами сохранившаяся на мезозойском пенеплене кора выветривания. Небольшой срез объясняется тем, что основное разрушение рельефа и структур происходит преимущественно в латеральном направлении от речных долин к водоразделам в процессе образования педиментов. Вертикальное снижение водоразделов происходит медленно, и оно незначительно. В эоплейстоцене и неоплейстоцене поверхности разного типа были перекрыты скифскими глинами, лёссами, ледниковыми отложениями, еще более предохранившими их от денудации. Поэтому денудационный срез за новейший этап на платформенных поднятиях вряд ли мог достигать таких размеров.

Новейшие структурные формы платформ. Первые карты новейшей тектоники ВЕП и Скифской плиты были мелкомасштабными. Они отражали амплитуду новейших движений, на них в обобщенном виде выделялись лишь крупные структуры, имеющие в целом незначительную (до 200–250 м) амплитуду. Более детальные карты (1:500 000) были составлены для отдельных регионов (не считая территории Украины и Белоруссии, а также морей) — Среднего и Нижнего Поволжья, Татарстана, Ростовской области, Воронежского поднятия, а также для менее крупных территорий. Большая часть структур, отраженных на этих картах, имела близкие к изометричным контуры, а разломы были единичны.

В настоящее время существует два взгляда на тип новейших структурных форм платформы — блоковый и изгибный, местами складчатый. Большая часть исследователей считают новейшие деформации разновысотными *блоками* разного ранга, отражающими блоковое строение и движения фундамента по разломам [Бабак, Николаев, 1983; Трегуб, 2002 и др.]. Число выделяемых блоков разной конфигурации и размеров на небольших площадях иногда столь велико, что вызывает сомнение. Так, на территории Москвы было выделено 116 блоков разного размера [Москва..., 1997]. Границы между блоками — линеаменты или зоны трещиноватости, называемые «слабыми зонами», «структурными линиями», «блокоразделами», отвечают, по мнению указанных авторов, глубоким разломам фундамента. Но если есть блоки, отличающиеся разной высотой рельефа, следовательно, были движения, которые их переместили, т.е. должны быть выявлены смещения не только поверхности (с разными абсолютными отметками), но и пород, которыми сложены эти блоки. Однако горизонтальное залегание осадочного покрова на обширных территориях, что отмечено как ранней, так и более поздней геологической съемкой, не нарушено разрывами. Г.Н. Иванченко считает, что «это не блоки в тектоническом смысле, когда каждый блок характеризуется определенной самостоятельностью движений, а как бы начальная стадия этого процесса...» [Динамические..., 2005, с. 132]. А.И. Трегуб [2002] границами блоков разного ранга в структуре Воронежского массива считает не собственно разломы фундамента, а зоны их динамического влияния. Последние представлены прогибами, валами, смыкающими крыльями пологих флексур, или комбинациями этих типов. Несмотря, на казалось бы, неразломный характер этих структур, важнейшими элементами их внутреннего строения указанный автор считает разрывные нарушения.

Глубоко погребенные разломы фундамента, широко используемые при выделении и выявлении строения новейших блоковых структур, выделены предположительно и в основном по геофизическим данным, в интерпретации разных авторов они представлены по-разному и не совпадают по местоположению, ориентировке, а иногда и по типу. Кроме того, в структурах чехла бóльшая их часть не проявлена, что можно видеть на геофизических и буровых разрезах, в частности, для хорошо изученного Воронежского поднятия. Их интерпретация в качестве разрывов на поверхности основана преимущественно на геоморфологических признаках. Подтвержденные геологической съемкой разломы единичны. В.И. Макаров [1997, 2008] неоднократно отмечал, что крайне малые градиенты неотектонических деформаций, отнесенные к большим расстояниям, характерным для платформенных структур, а также к интервалам времени в сотни тысяч лет, делают практически невозможным образование разломов с разрывом сплошности пород и заметным смещением крыльев. Даже если разломы фундамента активизированы в новейшее время, их небольшая амплитуда (несколько десятков метров), за исключением разломов, ограничивающих авлакогены, в отложениях покрова при его достаточно большой мощности (до 1 км и более) должна рассеиваться, и ореол рассеяния тем шире, чем больше толщина покрова. Иногда разломы, проявляющиеся в фундаменте и нижних горизонтах чехла, затухают вверх по разрезу, замещаясь флексурами, или же им соответствуют зоны повышенной трещиноватости. Поэтому использование разломов фундамента в качестве границ новейших структурных форм в виде блоков требует обоснования. Необходимы факты реального смещения слоев геологического субстрата в разных крыльях разломов.

Нам представляется, что блоками исследователи считают разновысотные и разновозрастные поверхности выравнивания, развитые на склонах поднятий и прогибов и формирующиеся в разные стадии новейшего этапа (рис. 3). В новейшей структуре платформы блоки существуют там, где разломы фундамента имеют значительную амплитуду, нарушают чехол, и где по ним зафиксированы перемещения слоев. Такие примеры пока единичны.

Согласно другой точке зрения [Макаров, 1997, 2008; Макарова и др., 2012; Корчуганова и др., 2012] новейшие структуры платформы представляют собой изгибные деформации основания и чехла малой кривизны (здесь не имеются в виду мелкие складки в новейших отложениях), выраженные очень пологими (малоградиентными) поднятиями и опусканиями. Это отражено на ряде схем как всей территории ВЕП [Корчуганова и др., 2012], так и ее отдельных районов — Донбасса, северной части Скифской плиты [Новейшая..., 2006], Окско-Донского прогиба, северного склона Токмовского и южного склона Воронежского поднятий [Макарова и др., 2002, 2012, 2015], Поволжья и северных областей платформы [Юдахин и др., 2003] и др. Изгибный характер структур выявляется по деформациям подошвы отложений, коррелятных новейшему этапу, геоморфологических уровней, в том числе дочетвертичной поверхности (рис. 4). В целом это пологие положительные и отрицательные формы разного порядка и глубины заложения. К первым относятся как отдельные крупные поднятия, своды, валы, так и незначительные по размерам локальные поднятия, купола. Отрицательные формы, разделяющие поднятия и служащие границами, представляют собой опускания, прогибы, впадины, мульды, реже грабены. Обычно к ним приурочены речные долины, прорезающие их, вследствие чего структуры являются эрозионно-тектоническими.

В дополнение к сказанному считаем, что использовать для новейших структур названия «синеклиза» и «антеклиза» не совсем верно. Возникшие еще в палеозое или раньше, они в новейшее время существенно переработаны движениями и практически перестали существовать в тех границах, которые отражены на тектонических картах. Так, на месте Московской синеклизы возникли многочисленные поднятия и прогибы разных рангов — валы, своды, блоки; Воронежская ан-

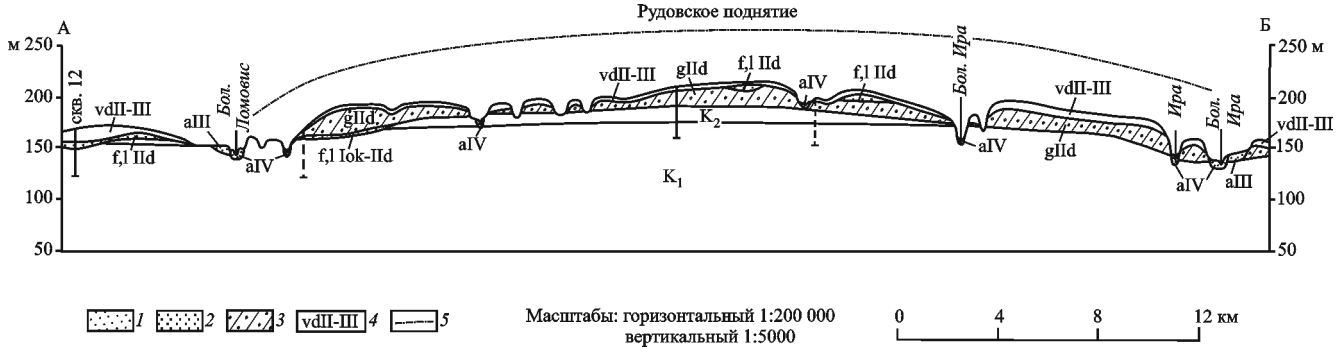

Рис. 4. Сводовый характер Рудовского поднятия (юго-восточная часть Восточно-Европейской платформы, Тамбовская область): *1* — аллювий голоценовый (aIV) и поздненеоплейстоценовый (aIII); *2* — флювиогляциальные и озерные отложения окско-днепровского (f,l Iok-IId) и днепровского (f,l IId) горизонтов; *3* — морена днепровского оледенения (gIId); *4* — эолово-делювиальные отложения; *5* — условная линия поднятия

теклиза распалась на Воронежское сводовое и Приволжское линейное поднятия, разделенные протяженным меридиональным Окско-Донским прогибом. Возможно, лишь Прикаспийская синеклиза сохранилась как область прогибания, но и она «проросла» положительными структурами, в частности, соляными.

Погребенные долины. Их изучение имеет значение для неотектонических построений. Несовпадение современной эрозионной сети с древней объясняется различными причинами, в том числе неотектоникой. В пределах платформы выделяется сеть погребенных долин олигоцен-четвертичного возраста. Особенно глубокий врез (до 200–300 м) характерен для плиоценовых долин в связи со значительным общим тектоническим подъемом территории платформы в это время и опусканием морских базисов эрозии. В раннем неоплейстоцене врез был менее значительным, но иногда превышающим миоценовый, средне- и позднеоплейстоценовые. Многие долины, служившие ложбинами стока во время таяния ледниковых покровов, отмерли или перекрыты более молодыми отложениями. Русла современных рек часто смещены от погребенных русел на десятки и даже на сотни километров вправо или наследуют их только на отдельных участках. Правосторонняя асимметрия, характерная для 90% речных долин ВЕП, в большинстве случаев объясняется действием сил Кориолиса или законом Бэра–Бабине, хотя известно влияние и неравномерно развивающихся поднятий. В результате крупные реки в течение новейшего этапа, особенно в четвертичном периоде, мигрируют на склоны растущих поднятий, уходя из прогибов. Так, Волга из Прикаспийского, а Дон из Окско-Донского прогибов мигрируют на склоны Приволжского и Воронежского поднятий соответственно. Днепр смещается из Днепровско-Донецкого прогиба на склон поднятия Украинского щита и др.

Помимо сил Кориолиса, имеет значение и бóльшая скорость боковой эрозии (до 5–10 мм/год) по сравнению со скоростью поднятия, которая составляет доли мм/год [Макаров, 2008]. В связи с постоянными и направленными перемещениями современных русел рек приуроченность их к разломам, в чем уверены многие исследователи, вряд ли возможна, иначе придется признать и латеральную миграцию разломов. Кроме того, ширина многих речных долин, измеренная по их голоценовым контурам, составляет от нескольких сотен метров до десятков километров (поймы Волги, Дона, Днепра и др.). Разрывные нарушения такого порядка в платформенных условиях неизвестны. Скорее всего, прямолинейность речных русел на некоторых участках отражает планетарную и тектоническую трещиноватость.

Степень наследования новейшими платформенными деформациями древних структур различна. Ряд крупных структур развивается унаследованно в течение длительного времени. Например, с протерозоя с некоторыми перерывами развиваются поднятия Токмовского и Воронежского сводов, Украинского и Балтийского щитов, Прикаспийский прогиб и многие другие. Структуры менее крупного ранга (Окско-Цнинский вал, Нижнеокский прогиб и др.) так же в целом наследуют палеозойские деформации, развиваясь с некоторыми перерывами. При этом границы структур, как правило, не остаются постоянными на разных возрастных уровнях, они мигрируют в ту или другую сторону. Но существуют и наложенные структуры, образовавшиеся в новейшее время. Например, Смоленско-Дмитровско-Ветлужский вал не соответствует структурам фундамента, палеозойского и мезозойского этажей. Другие примеры — Усть-Двинский прогиб на севере ВЕП, заложившийся на месте Архангельского выступа фундамента; Манычский прогиб, частично развивающийся над Ростовским выступом фундамента на южной границе ВЕП, и др. Даже там, где фундамент находится практически на поверхности или близко к ней, проявления новейших деформаций не всегда согласны с его структурами. Например, протерозойские структуры на южном склоне Воронежского поднятия имеют преимущественно северо-западную ориентировку (район долины р. Сейм), а новейшие — широтную [Макарова и др., 2015]. Это еще раз доказывает, что новейшие структурные формы не являются прямым отражением структур фундамента, в их образовании участвуют и другие факторы.

Несоответствие новейших и древних структур во многих районах ВЕП свидетельствует об эволюции структурных планов и геодинамических условий, происходивших на протяжении новейшего этапа, особенно в четвертичный период. Самые молодые четвертичные положительные и отрицательные деформации, выраженные в рельефе, не всегда повторяют или продолжают суммарные неотектонические деформации как по знаку, так и по простиранию. Это видно в южных районах ВЕП и на Скифской плите, относительно близко расположенных к источнику напряжений — Кавказскому орогену. Здесь по подошве погребенной майкопской серии позднеолигоцен-раннемиоценового возраста выделены поднятия и впадины северо-западного и близкого к широтному простирания, образовавшиеся в начале новейшего этапа [Новейшая..., 2006]. Структуры, возникшие в четвертичное время, имеют север–северо-западное простирание и в некоторых местах полностью не согласуются с ними по знаку движений.

Другой пример, где происходила значительная перестройка на протяжении новейшего этапа, — Окско-Донской прогиб. В позднеолигоцен-раннемиоценовое время здесь еще существовал прогиб с морским заливом [Миоцен..., 1977]. Затем

в связи с вовлечением его восточной части в развивавшееся Приволжское поднятие на протяжении позднего миоцена и плиоцена зона прогибания смещалась на запад, и в четвертичное время на месте прогиба возникли молодые поднятия, сложенные палеоген-неогеновыми и перекрывающими их четвертичными ледниковыми отложениями (рис. 5). Многие прогибы в разных частях ВЕП активно сокращаются за счет роста четвертичных положительных структур.

Таким образом, в течение новейшего этапа на территории ВЕП происходила неоднократная перестройка структурных планов. Она была вызвана изменяющейся во времени геодинамической обстановкой вследствие постоянного перераспределения тектонических сил, воздействующих на неоднородную по строению в разных районах земную кору. Поэтому современный структурный план какого-либо района лучше всего отражен на структурно-геоморфологических картах, а знание суммарной амплитуды движений за весь неотектонический этап необходимо при построении неотектонических карт.

Геодинамические условия формирования новейших структур ВЕП и Скифской плиты. Эта сложная тема рассмотрена в самых общих чертах, так как ее лишь в последние годы стали активно обсуждать и пока недостаточно фактических материалов для обоснованных построений и выводов. ВЕП и Скифская плита имеют сложную геодинамическую структуру, обусловленную влиянием разномасштабных активных источников тектонических напряжений. К ним относятся глобальные, находящиеся вне платформы альпийские орогены Карпат, Кавказа и Урала, области спрединга и рифтогенеза северо-западной Атлантики, и региональные, находящиеся в недрах самой платформы (тектоно-магматические процессы преобразования и течения вещества в мантии и земной коре) [Леонов, 1995; Макаров, 1996; Щукин, 1996; Копп, 2004; Новейшая..., 2006; Макарова и др., 2015, 2016 и др.].

Морфология, закономерности пространственного положения и ориентировка новейших структурных форм ВЕП и Скифской плиты, дополненные тектонофизическим анализом трещиноватости пород и линеаментов, позволяют связать их формирование с каким-либо из указанных выше источников, а иногда с несколькими. Таким образом, определяется территория, на которую распространяется влияние того или иного источника напряжения, названная *геодинамической системой* [Макаров, 1996; Щукин, 1996].

Так, северо-восточная ориентировка чередующихся зон поднятий и прогибов в северной половине ВЕП, начиная с юго-восточного окончания свода Балтийского щита и практически до Урала, относится к Скандинавской геодинамической системе. Структуры южной половины ВЕП и Скифской плиты отражают латеральное давление со стороны Кавказа, т.е. входят в Альпийскую геодинамическую систему. Структуры в восточной части ВЕП отражают влияние Уральского орогена. Внутриплатформенные тектонические напряжения, инициируемые глубинными процессами преобразования и течения мантийного вещества, отражены в длительно развивающихся Воронежском и Токмовском сводах, Прикаспийском, Днепровско-Донецком и Окско-Донском прогибах и многих других структурах. Влияние их прослеживается в морфологии и строении прилежащих к ним поднятий и прогибов менее крупных рангов. Сложное взаимодействие различных источников напряжения определяется при тщательном изучении структурных форм, что требует множества данных полевых и камеральных исследований.

Помимо латеральных и вертикальных напряжений в формировании новейших платформенных структур участвует гравитационное движение — сползание комплексов отложений по

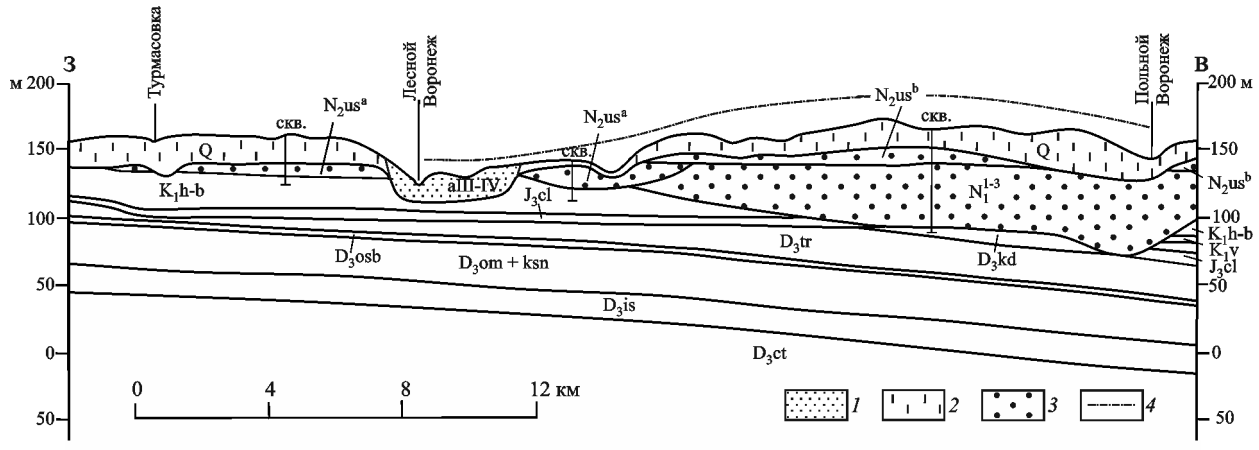

Рис. 5. Новейшее поднятие, сложенное миоценовыми, плиоценовыми и четвертичными отложениями, которое возникло на месте прогиба (центральная часть Окско-Донского прогиба, Тамбовская область): *1* — аллювий позднеоплейстоцен-голоценовый (aIII-IV); *2* — лёссово-почвенный покровный комплекс (Q); *3* — миоценовые и плиоценовые отложения разных свит; *4* — условная линия поднятия

подстилающим эвапоритам, гипсам, глинам или жесткому докембрийскому основанию. Участие этого процесса предполагается для структур северного склона Токмовского свода, южного склона Воронежского свода и др. При изучении северных областей ВЕП необходимо учитывать дислокации гляциоизостатической природы, специфичные для четвертичной геодинамики территорий, покрывавшихся льдом.

Особыми структурами, разделяющими территории влияния различных источников напряжений или геодинамические системы, являются *геодинамически активные зоны* (ГдАЗ), или зоны структурных несогласий [Юдахин и др., 2003; Макаров и др., 2007]. В них реализуются напряжения сжатия или растяжения, исходящие от разных источников сил и, как правило, сопровождающиеся сдвиговыми напряжениями. Они классифицированы нами [Макеев и др., 2014; Макарова и др. 2015] по рангу, типу, возрасту, морфологии, активности. К ГдАЗ первого (или глобального) ранга относится Клинско-Дмитровско-Ветлужский вал, разделяющий Скандинавскую и Альпийскую системы. ГдАЗ менее крупного ранга — Московско-Рязанский, Нижнеокский, Северско-Донецкий, Сеймский прогибы и др. Эти структуры были известны и ранее, но теперь они получили новое геодинамическое содержание.

Основные новейшие геодинамические системы и разделяющие их геодинамически активные зоны показаны нами на предварительной схематичной и мелкомасштабной карте [Макарова и др., 2016].

Заключение. Таким образом, новейшие тектонические структуры платформы исследованы неравномерно по территории и без учета некоторых перечисленных проблем. Детальное изучение структур с применением современных геофизических, геодезических и геохимических методов, а также бурения проводится лишь на площадках строительства особо важных объектов, в районах разработки месторождений полезных ископаемых. При этом основное внимание уделяется разрывным нарушениям, выраженным главным образом линеаментами, в то время как новейшие структурные формы (поднятия и прогибы) остаются пока малоизученными. Но именно последние дают информацию об условиях их образования и тенденциях современного развития. Строение и морфология структурных форм, дополненные данными, полученными тектонофизическими методами, позволяют связать их образование с глобальными и региональными источниками напряжений.

Современные геодинамические условия формирования структур определяют устойчивость территорий строительства инженерных объектов, влияют на состояние образованных в доновейшее время осадочных, в частности соляных и нефтегазовых, месторождений, на развитие различных опасных процессов. Некоторые геодинамически активные зоны могут быть зонами возможных очагов землетрясений. Поэтому комплексное изучение новейших структур с учетом данных о глубинных процессах и геодинамике позволит районировать территорию Восточно-Европейской платформы на геодинамические системы разного ранга, что может быть использовано в практических целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабак В.И., Николаев Н.И. Пояснительная записка к карте геоморфолого-неотектонического районирования Нечерноземной зоны РСФСР. Масштаб 1: 1 500 000. М.: ВИЭМС, 1983. 46 с.

Дедков А.П. О денудационных срезах и древних поверхностях выравнивания в Среднем Поволжье // Экзогенные процессы в Среднем Поволжье. Казань, 1972. С. 3–20.

Иванченко Г.Н. Оценка неотектонической активности Приокского участка Нелидово-Рязанской шовной зоны по геоморфологическим признакам // Динамические процессы в системе внутренних и внешних взаимодействующих геосфер. М.: ГЕОС, 2005. С. 126–134.

Карта новейшей тектоники Среднего и Нижнего Поволжья (Пензенская, Куйбышевская, Саратовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР). Масштаб 1: 500 000 / Гл. ред. Ф.И. Ковальский; ред. А.В. Востряков. Саратов: Изд-во СГУ, 1981.

Копп М.Л. Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы. М.: Наука, 2004. 340 с.

Корчуганова Н.И., Загубный Д.Г., Соколов С.А. Неотектоническое районирование Русской плиты // Разведка и охрана недр. 2012. № 2. С. 13–20.

Леонов Ю.Г. Напряжения в литосфере и внутриплитная тектоника // Геотектоника. 1995. № 6. С. 3–21.

Макаров В.И. Региональные особенности новейшей геодинамики платформенных территорий в связи с оценкой их тектонической активности. // Недра Поволжья и Прикаспия. Спец. вып. № 13. Саратов: Изд-во СГУ, 1996. С. 49–60.

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. Четвертичная тектоника и геодинамика платформенных территорий: актуальные проблемы изучения // Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. 2008. № 68. С. 10–25.

Макаров В.И., Дорожко А.Л., Макарова Н.В., Макеев В.М. Геодинамически активные зоны платформ // Геоэкология. 2007. № 2. С. 99–110.

Макарова Н.В., Макеев В.М., Дорожко А.Л. и др. Геодинамические системы и геодинамически активные зоны в новейшей структуре Восточно-Европейской платформы // Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты: Мат-лы XLVII Тектон. совещ. М.: ГЕОС, 2015. Т. 1.

Макарова Н.В., Макеев В.М., Дорожко А.Л. и др. Новейшие геодинамические системы и геодинамически

активные зоны Восточно-Европейской платформы // Бюлл. МОИП. 2016. Вып. 3. С. 9–26.

Макеев В.М., Макарова Н.В., Дорожко 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 научн.-практ. конф. с международным участием. М.: ГЕОС, 2014. С. 225–229.

Миоцен Окско-Донской равнины. М.: Недра, 1977. 248 с.

Москва: геология и город / Гл. ред. В.И. Осипов, О.П. Медведев. М.: АО Московские учебники и картолитография, 1997. 400 с.

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

Трегуб А.И. Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. 220 с.

Щукин Ю.К. Глубинная сейсмотектоника Северной Евразии // Недра Поволжья и Прикаспия. Спец. вып. № 13. Саратов: Изд-во СГУ, 1996. С. 6–11.

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

Поступила в редакцию
21.03.2017