

УДК 551.470.324+477

ПРИЗНАКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ВОРОНЕЖСКОГО ВЫСТУПА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА НА НЕОТЕКТЕНИЧЕСКОМ ЭТАПЕ

Д.С. Зыков, А.В. Полещук

Геологический институт РАН, Москва

Поступила в редакцию 03.02.15

На обрамлении Воронежского выступа Восточно-Европейской платформы (ВЕП) в породах фундамента и чехла выделяются морфоструктуры, отвечающие областям сжатия, растяжения и сдвига. Морфоструктуры логически объединяются в единый парагенетический ансамбль, свидетельствующий об общей горизонтальной подвижности всего выступа на неотектоническом этапе. Проведенные кинематические реконструкции показывают, что выступ двигался в юго-восточном направлении, при этом перед его фронтом образовывалась область сжатия, в тылу — растяжения, у бортов — сдвига. Движения, вероятно, были связаны с деформацией всей ВЕП и сторонним воздействием на нее и носили сложный, неоднородный характер.

Ключевые слова: Воронежский выступ, Восточно-Европейская платформа, горизонтальные движения, неотектонический этап.

Особенности неотектонического развития Воронежского выступа фундамента Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и его ближайшего обрамления изучаются с позапрошлого века и особенно подробно проинтерпретированы с позиций проявления вертикальных движений (Раскатов, 1969; Трегуб, 2002 и др.). В частности, установлено, что массив имеет блоковое строение; также описан дифференцированный характер развития отдельных его частей. Подобная информация собрана и для сопредельных территорий, окружающих массив (Карта новейшей..., 1997).

В последние десятилетия начато изучение горизонтальной подвижности Воронежского выступа. Например, А.И. Трегуб (2002) приводит многочисленные примеры локальных деформаций с горизонтальной компонентой, имеющих характерное выражение в рельефе. М.Л. Копп (2004) на основании анализа морфоструктурного рисунка Доно-Медведицких дислокаций обосновал их происхождение вследствие локальных горизонтальных движений в фундаменте юго-восточной окраины Воронежского выступа. В работе одного из авторов этой статьи (Зыков, 2004) обсуждается возможность горизонтальной подвижности Россошанского блока фундамента на основании его морфоструктурной выраженности и т.п.

Однако в настоящее время степень изученности движений с горизонтальной компонентой еще невысока, что оставляет широкое поле для исследований. В частности, остается открытым вопрос о возможной подвижности всего Воронежского выступа в целом в новейшее время. Решение этого вопроса позволит прояснить ситуацию о характере и источниках новейших деформаций для всей ВЕП. Для решения этой задачи представляется необходимым проведение анализа существующих

отражающих морфоструктуру района исследований и ее структурно-кинематическую интерпретацию с учетом дополнительной генерализации в связи с масштабными задачами исследования.

В своих исследованиях авторы в значительной мере опираются на работы предшественников, в частности М.Л. Коппа (Копп, 2004; Копп и др., 2010), как на источники, наиболее способствующие решению поставленных задач. Общей фундаментальной базой исследований в этой области являются представления о механизмах масштабных деформаций в кристаллическом фундаменте платформ, реализующихся в том числе на новейшем тектоническом этапе (Леонов и др., 1998).

Методический подход

Для выявления горизонтальной компоненты новейших движений Воронежского массива проводилось сопоставление структурных и морфоструктурных особенностей его обрамления, известных из литературных источников, а также учитывались их структурно-кинематические интерпретации. Закономерное сочетание разнотипных зон деформации по периметру выступа позволило прийти к заключению о его общей горизонтальной подвижности.

Выделение основных элементов рельефа проводилось с помощью значительной генерализации его контуров, что позволило в значительной степени убрать денудационную составляющую в рельефообразовании и подчеркнуть тектоническую, накапливавшуюся в течение всего новейшего этапа развития земной коры. Интерпретации характера новейшего развития крупных областей территории проводились на основании этих генерализаций с использованием цифровых карт рельефа А.И. Иоффе (2013).

Общие геолого-неотектонические особенности района

Воронежский выступ земной коры расположен в южной части ВЕП. Он представляет собой пологое поднятие погребенного фундамента под покровом почти нацело перекрывающих его чехольных отложений палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста. Выступ имеет в целом прямоугольную форму и линейные размеры порядка 800×400 км, при этом длинная ось выступа ориентирована в северо-западном направлении (рис. 1, а). Превышение между подножием склона выступа и его возвышенной частью составляет около 500–800 м. Сложен выступ дислоцирован-

ными архейскими и палеопротерозойскими комплексами, разделенными разрывными нарушениями на блоки.

Выступ на протяжении значительной части плитной истории своего развития после обособления в девонское время развивался как положительная морфоструктура, о чем свидетельствуют изменения в мощностях и фациях перекрывающих его отложений. Дислокации фундамента и чехла в пределах выступа образуют структуру, известную в геологической литературе под названием «Воронежская антеклиз».

Неотектоническая структура Воронежского выступа представляет собой чередование поднятых и опущенных блоков земной коры, которым в совре-

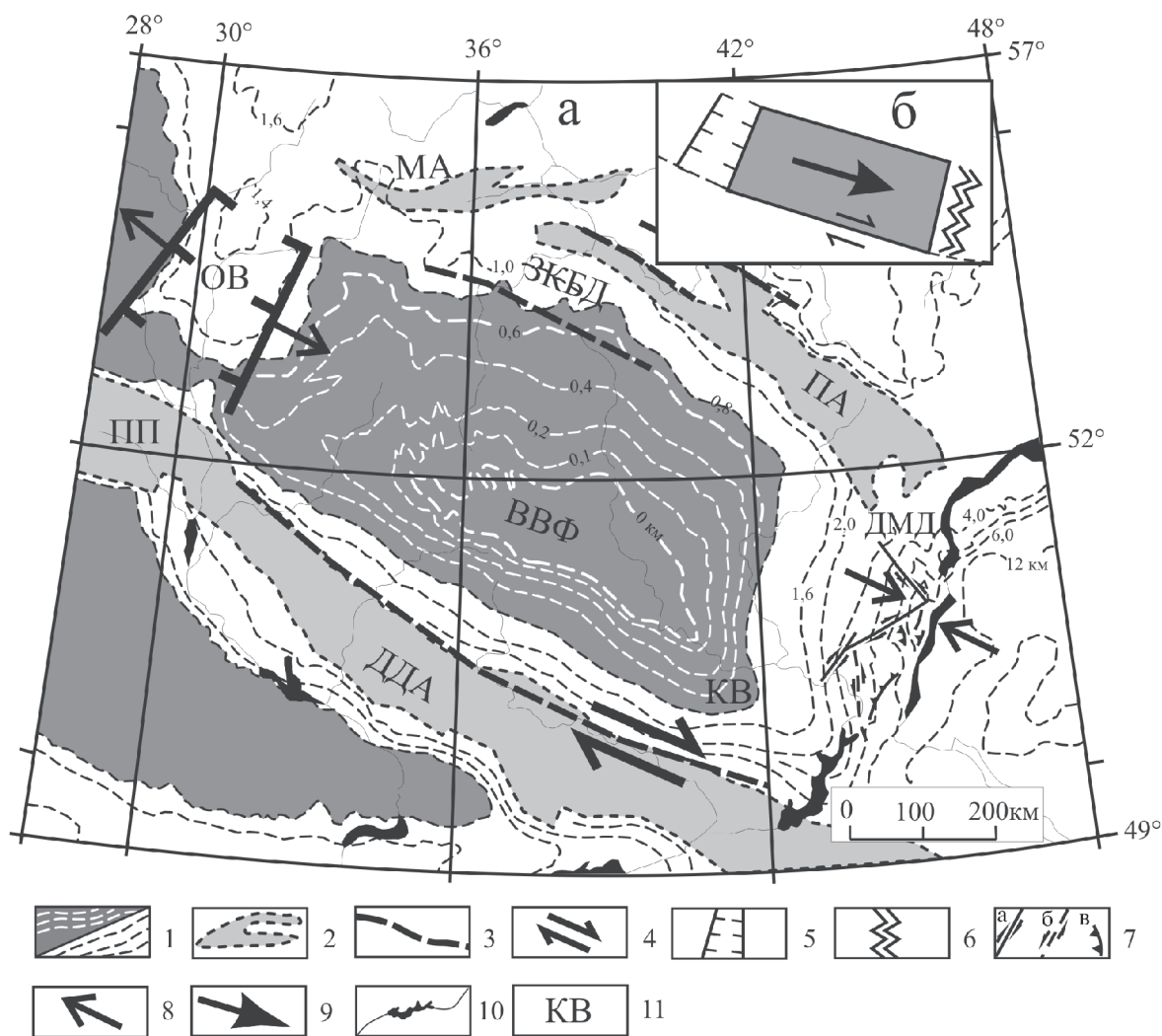


Рис. 1. Новейшее развитие Воронежского выступа: а — основные морфоструктуры, отражающие тектоническое развитие Воронежского выступа; б — модель его общей горизонтальной подвижности. 1 — изолинии глубины поверхности фундамента, затонированные по изолинии 0,8 км в районе Воронежского выступа; 2 — авлакогены фундамента; 3 — основные разрывные зоны на границах Воронежского выступа; 4–6 — морфоструктуры, отражающие подвижность Воронежского выступа: 4 — сдвиговые зоны, 5 — области растяжения, 6 — области дислокаций сжатия на юго-восточной границе выступа (см. врезку); 7 — Доно-Медведицкие дислокации (по данным (Копп, 2004), упрощено): 7а — сдвиговые зоны установленные, 7б — сдвиговые зоны предполагаемые, 7в — флексуры, треугольники направлены в сторону надвинутного крыла; 8 — направление сжимающих и растягивающих сил; 9 — направление общего новейшего перемещения Воронежского выступа (на модели); 10 — реки и водохранилища; 11 — названия основных структур и морфоструктур земной коры: ВВФ — Воронежский выступ фундамента; ДДА — Днепровско-Донецкий авлакоген; ДМД — Доно-Медведицкие дислокации; ЗКБД — зона Калужско-Бельских дислокаций; КВ — Кантемировский локальный выступ; МА — Московский авлакоген; ОВ — Оршанская впадина; ПА — Пачелмский авлакоген; ПП — Припятский прогиб

менном рельефе соответствуют возвышенности и депрессии (Раскатов, 1969; Трегуб, 2002 и др.). Наибольшую площадь в его пределах занимает Среднерусская возвышенность, охватывающая центральную и северную части выступа и продолжающаяся к северу и северо-западу за его пределы (рис. 2, 3). Максимальные высоты в ее наиболее возвышенной (северной) части составляют около 290 м. На дневной поверхности ей соответствует полого-волнистая равнина, расчлененная овражно-балочной сетью, несущая в своих наиболее приподнятых частях фрагменты эоцен-олигоценовых (напротив, в менее приподнятых частях — неоген-четвертичных) поверхностей выравнивания (Раскатов, 1969; Трегуб, 2002 и др.). В юго-западном и северо-восточном направлениях склоны возвышенности полого понижаются, прослеживаясь за пределы выступа.

С восточной и юго-восточной сторон возвышенность обрывается эрозионными уступами к Ок-

ско-Донской низменности, которая, по мнению большинства исследователей, маркирует крупную одноименную Окско-Донскую неотектоническую депрессию, относящуюся к типу наложенных депрессий (Копп, 2004; Макаров, 2001; Макарова и др., 2002; Раскатов, 1969; Трегуб, 2002 и др.) (рис. 2, 3). В настоящее время эта структура располагается над восточной частью выступа и имеет изогнутые, неровные в плане очертания, ее размер около 750×150 км. В большей своей части она подчеркивается широкой долиной р. Дон, которая вырабатывалась с миоцена. В основании депрессии отмечается незначительное уменьшение абсолютных отметок залегания пород чехла, а под ее западным, наиболее хорошо выраженным в рельефе бортом, по геофизическим данным, выявляются разрывы в фундаменте (Копп, 2004; Макаров, 2001; Макарова и др., 2002; Раскатов, 1969; Трегуб, 2002 и др.). Однако в рельефе фундамента депрессия выражена слабо, что позволяет оценивать влияние (несом-

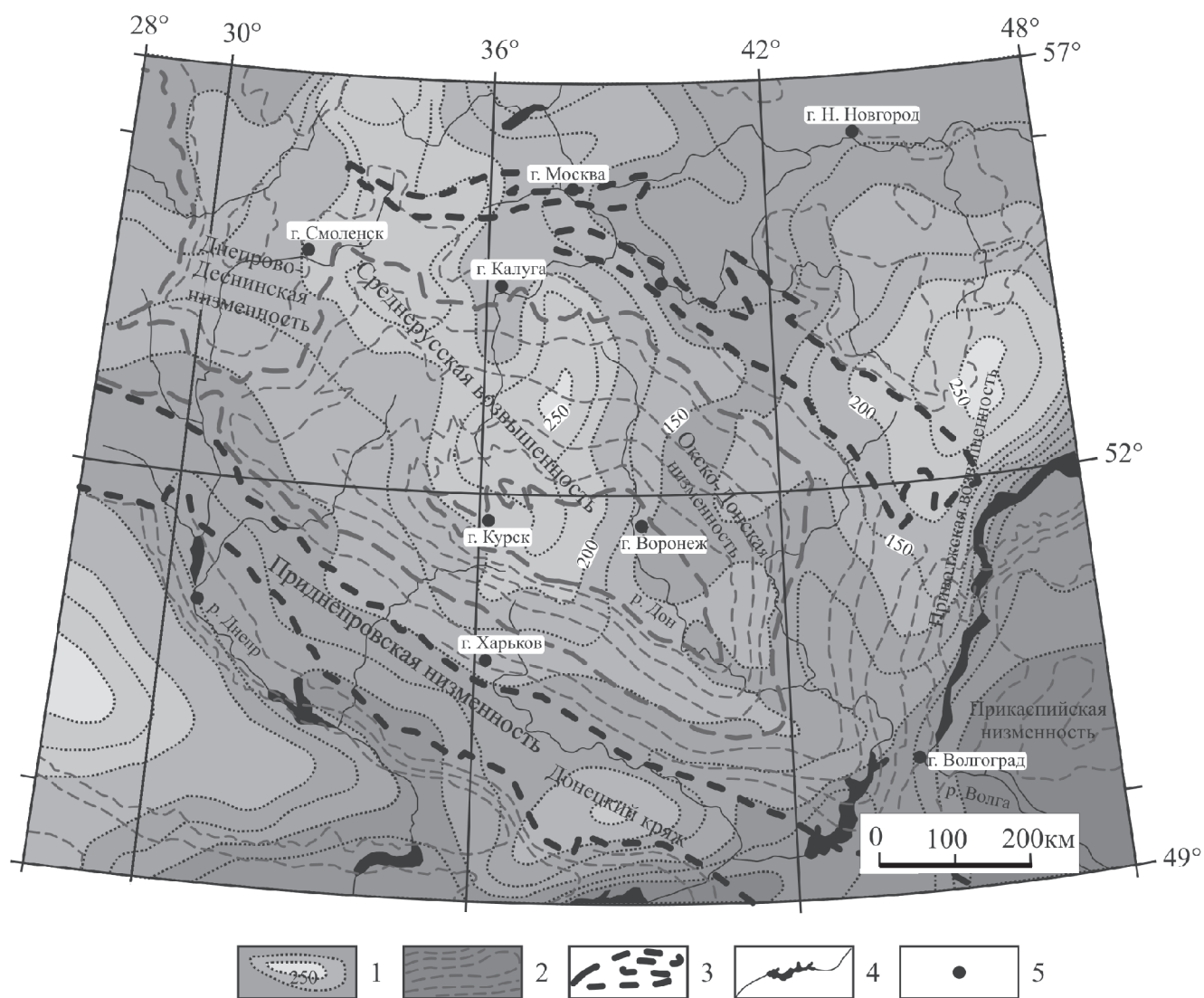


Рис. 2. Осредненный рельеф юга России, генерализованно отражающий тенденции неотектонического развития земной коры (по Карта осредненного..., 1986, с упрощениями), в сопоставлении с рельефом поверхности фундамента (по Карта рельефа..., 1986, с упрощениями): 1 — изолинии осредненного рельефа; 2 — изолинии рельефа кристаллического фундамента; 3 — границы авлакогенов фундамента; 4 — реки и водохранилища; 5 — города

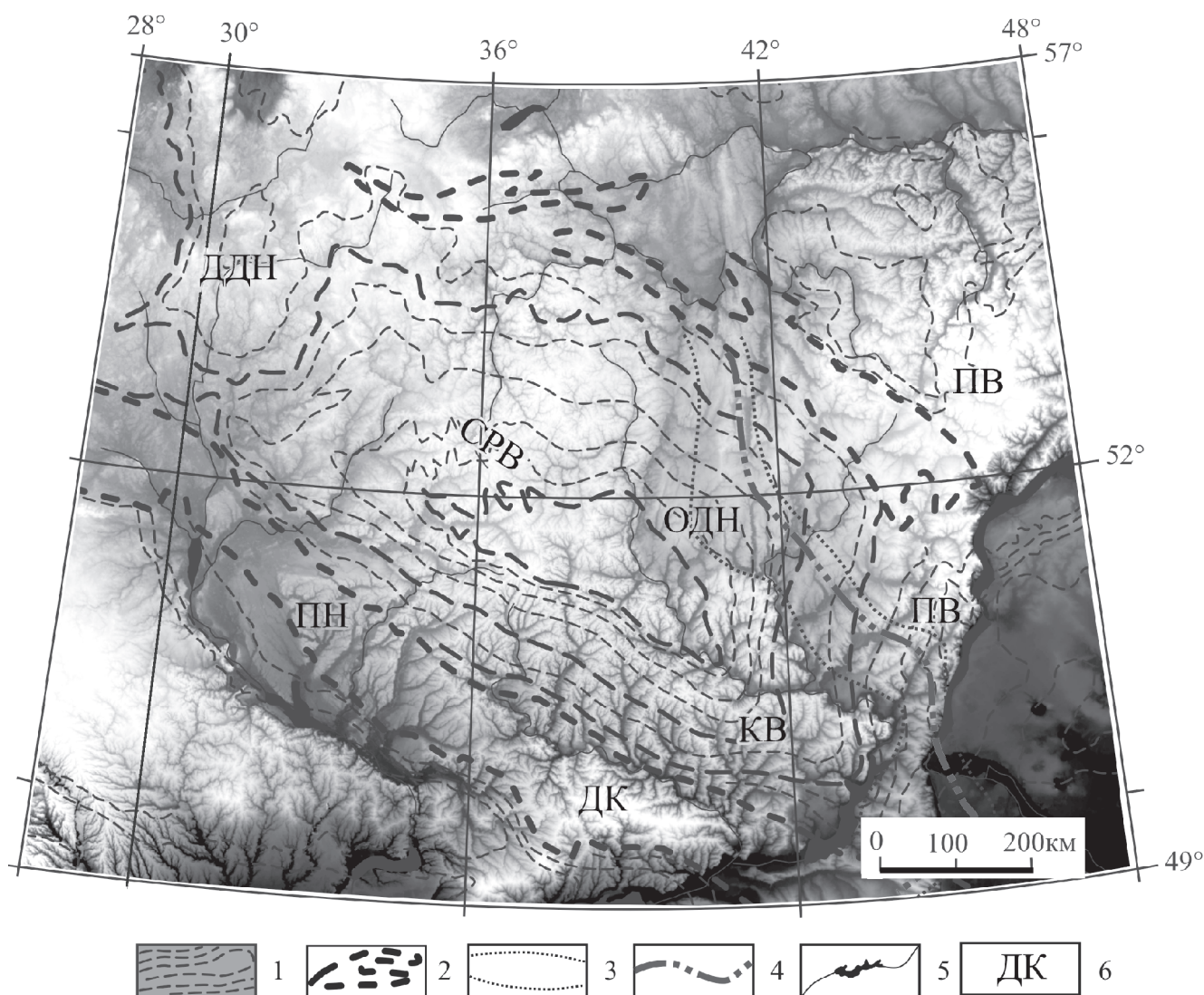


Рис. 3. Цифровой рельеф юга России в сопоставлении с рельефом поверхности фундамента:

1 — изолинии поверхности фундамента; 2 — границы авлакогенов фундамента; 3 — границы неогеновой долины Палео-Дона (по Атлас литолого-палеогеографических..., 1961, с упрощениями); 4 — реконструированное первичное положение Палео-Дона; 5 — реки и водохранилища; 6 — названия крупных элементов рельефа: ДДН — Днепровско-Донецкая низменность; ДК — Донецкий кряж; КВ — Кантемировский локальный выступ; ОДН — Окско-Донская низменность; ПВ — Приволжская возвышенность; ПН — Приднепровская низменность; СРВ — Среднерусская возвышенность

ненно, присутствующего) неотектонического фактора на ее образование как весьма ограниченное.

На происхождение этой депрессии существуют разные взгляды. Одни исследователи связывают ее образование с процессами рифтогенеза, проявляющимися за счет горизонтального давления, идущего со стороны Аравийского индентора (Копп, 2004), другие рассматривают ее в качестве трансрегиональной структуры, формирование которой связано с глубинными мантийными процессами (Макаров, 2001; Макарова и др., 2002).

Не отрицая вероятного унаследованного развития депрессии в неотектоническое время, можно высказать предположение, что исходно она была значительно более узкой и располагалась в окрестностях русла р. Палео-Дон, в нескольких десятках километров (до 100 км) дальше к востоку (рис. 3), в то время как остальная территория депрессии входила в состав восточного склона пра-Русской

возвышенности. По-видимому, кроме неотектонических процессов в расширении Окско-Донской депрессии большую роль сыграла миграция р. Палео-Дон в западном направлении, связанная с воздействием сил Кориолиса.

На крайней юго-восточной окраине Воронежского выступа, над его склоном в сторону Прикаспийской низменности наиболее ярко выраженной положительной морфоструктурой является вытянутая вдоль р. Волги восточная часть Приволжской возвышенности, сложенной моноклинально залегающими породами чехла. Высотные отметки в пределах ее вершинной поверхности достигают значений 300 м, при этом длина ее составляет около 100 км. Основная же западная часть Приволжской возвышенности расположена преимущественно за пределами выступа, напротив его восточного окончания.

В пределах Воронежского выступа выделяются также более мелкие возвышенности и депрессии (Смоленская, Калачская, Днепровско-Деснинская и др.), которые при генерализации рельефа (рис. 2) в рамках проводимого исследования можно отнести к подчиненным структурам, осложняющим основную морфоструктуру Среднерусской возвышенности.

Вдоль всей юго-западной границы Воронежского выступа в фундаменте ВЕП расположен Днепровско-Донецкий авлакоген, имеющий в целом северо-западное простирание. Структурно он представляет собой ступенчатый грабен шириной около 100 км, днище которого опущено от первых километров на западе до первых десятков (около 15 км) километров на востоке. Разрывы, обрамляющие грабен с северо-востока, являются пограничными также и для Воронежского выступа. Формирование авлакогена началось с палеопротерозоя, в то время как основное развитие его пришлось на палеозой, так как выполнен он преимущественно палеозойскими толщами (Валеев, 1978). Чехольные комплексы, залегающие над авлакогеном, имеют общее падение к наиболее погруженной, центральной его части, образуя структуру Украинской синеклизы. Наибольшие деформации заполняющих авлакоген и перекрывающих толщ наблюдаются в его западной части, в районе Донецкого складчатого сооружения и связаны главным образом с герцинским (там же) и в меньшей мере с мезо-кайнозойским и новейшим этапами тектогенеза (Валеев, 1978; Копп и др., 2010).

В структуре новейшего этапа Днепровско-Донецкий авлакоген не имеет однородного выражения. Максимальные поднятия поверхности наблюдаются в районе складчатого сооружения Донбасса, где выделяется Донецкий неотектонический свод (возвышенность Донецкий кряж), отделенный от окраин Среднерусской возвышенности долиной р. Северский Донец. Расположенная к северо-востоку часть авлакогена выражена Приднепровской низменностью, которая маркирует область относительного прогибания, или отставания в поднятии. Абсолютные отметки высот рельефа этой низменности плавно возрастают в сторону южного склона Среднерусской возвышенности, в сторону центральной части Воронежского массива (Морфоструктурный анализ..., 1979; Трегуб, 2002 и др.).

С северо-запада Воронежский выступ фундамента граничит с Оршанской впадиной, которая представляет собой крупную отрицательную структуру фундамента с неровным рельефом дна (Айзберг и др., 1985). Она вытянута в субмеридиональном направлении и имеет размеры около 250×150 км (рис. 1–4). К северу на ее продолжении расположены отделенные от нее перемычками структуры Среднерусского авлакогена, имеющего иное, северо-восточное простирание, при этом с юга она отделена от Припятского прогиба седловиной. Склон впадины, сочленяющийся с Воронежским выступом, пологий и осложнен локальными де-

прессиями и выступами, которые подробно описаны в геологической литературе (Раскатов, 1969; Трегуб, 2002). Дно Оршанской впадины полого понижается с юга на север на 900 м, от отметок 0,8 до –1,7 км.

Развитие Оршанской впадины как самостоятельной структуры охватывает период со среднего рифея до начала позднего венда. В дальнейшем она развивалась главным образом как сопряженная часть окружающих ее структур — Московской синеклизы, Белорусского выступа и пр. (Айзберг и др., 1985; Палеотектоника..., 1983), однако на отдельных этапах девонского, мелового, палеогенового и неогенового периодов Оршанскую впадину охватывала избирательная активизация, связанная с развитием локальных прогибов, которые раскрывались уже в общем южном направлении (Коженев, 1979; Палеотектоника..., 1983) на фоне окружающих территорий.

В новейшее время начиная с позднего олигоцена в районе впадины и окружающих территорий происходило малоактивное воздымание, дифференцированное по площади (Айзберг и др., 1985; Коженев, 1979), что привело к образованию области с неровным рельефом, называемой Днепровско-Деснинской низменностью.

Основными структурами фундамента, определяющими северо-восточное ограничение Воронежского выступа, являются Пачелмский и Московский авлакогены. Пачелмский авлакоген имеет северо-западное простирание, сходное с простиранием Днепровско-Донецкого авлакогена, длину около 700 км при ширине 60–100 км. Глубина его составляет 3–5 км. Выполнен авлакоген рифейскими и нижневендовскими отложениями. Активизация авлакогена происходила в позднем венде, девоне и в мелу, вследствие чего над ним возникали прогибы, а позже он развивался уже как часть более крупных структур ВЕП.

В неотектонической структуре северное и северо-восточное ограничение Воронежского выступа явно не выражено. Пачелмский авлакоген на большей своей части пересекает разнородные морфоструктуры. Он простирается под юго-западным склоном Приволжской возвышенности, северной частью Окско-Донской депрессии и затухает примерно в 200 км к северо-западу от края последней. Здесь граница Среднерусской возвышенности имеет прямолинейные очертания, обусловленные расположением прямолинейных участков крутого правого берега долины р. Оки, которые по своему выражению в плане подчеркивают простирание авлакогена и, видимо, связаны с активизацией разрывов фундамента (Копп, 2004).

Северное ограничение Воронежского выступа выражено не столь явно, как остальные. Это плавный переход от склона выступа к погружающемуся в северо-восточном направлении основанию фундамента Московской синеклизы. Склон в этих местах осложнен рядом локальных выступов и де-

прессий, а основной пограничной структурой фундамента является Московский авлакоген, который состоит из нескольких сегментов, имеющих общее субширотное простирание. Заложение этой структуры произошло одновременно с другими более крупными аналогичными структурами, однако этот авлакоген имеет в сравнении с ними значительно меньшие размеры и глубину (Валеев, 1978).

В рельефе и в новейшей структуре северное ограничение выступа также не имеет отчетливого выражения. На этом участке Среднерусская возвышенность, маркирующая соответствующее поднятие, представляет собой проекцию на земную поверхность большей части склона Воронежского выступа и Московского авлакогена.

Расположение Среднерусской возвышенности как над областью Воронежского выступа, так и за его пределами, а также мозаичная картина поднятий и депрессий над самим выступом позволяют заключить, что в новейшее время выступ либо не развивается самостоятельно как единое целое, а является частью некоторой более крупной новейшей структуры, либо он эволюционирует в составе широкой области хаотического расположения поднятий и опусканий, выходящих за его пределы. Однако существуют аргументы и против всех этих заключений.

Генерализация рельефа в районе Воронежского выступа показывает, что отдельные мелкие положительные и отрицательные формы рельефа сглаживаются, а роль южной части Среднерусского поднятия как определяющей морфоструктуры существенно возрастает (рис. 3). Особенно ярко это проявляется, если, учитывая наложенный характер Окско-Донского прогиба и палеогеографические реконструкции для миоцена (Атлас литолого-палеогеографических..., 1961), уменьшить ширину прогиба, вернув основную его часть в исходное положение долины р. Палео-Дон. Ширина Среднерусского поднятия при этом возрастает, а рисунок поднятия становится конформным очертаниям выступа, что, по-видимому, является прямым свидетельством продолжающегося развития выступа в качестве целостной структуры фундамента.

Правомочность таких построений подтверждают и полевые наблюдения над обрывами крутого правого берега р. Дон. Во многих местах вдоль них наблюдается активный и масштабный процесс деструкции, приводящей к отступанию склона — отчленению крупных блоков коренных пород, оползней, обвалов. Очевидно, что в ближайшем, по меркам геологического времени, будущем река продолжит размывать берег, что приведет к расширению Окско-Донской депрессии, край которой переместится в область, где сейчас находятся выровненные поверхности Среднерусской возвышенности.

Относительно продолжения Среднерусской возвышенности в северном направлении можно сделать несколько замечаний. Существование этой

возвышенности, как и ряда других, давно рассматривалось в контексте отражения в рельефе моноклиальной структуры закругленного в плане края Московской синеклизы. При этом высказывалось мнение не только о пассивном влиянии структуры чехла на рельеф, но и об активном участии в процессах рельефообразования неотектонической составляющей, связанной с воздыманием края синеклизы (Спиридонов, 1978).

В контексте этих идей можно уверенно предположить, что неявное выражение в рельефе северной части Воронежского выступа связано с ретушированием, вызванным сочетанием двух факторов — наложения на его северо-восточный склон окраинной моноклинали Московской синеклизы и избирательного характера поднятия выступа. Такая гетерогенность поднятия Среднерусской возвышенности давно обсуждается в литературе (Мещеряков, 1965; Спиридонов, 1978 и др.). На обособленный характер развития Воронежского выступа в пределах Среднерусской возвышенности, вероятно, указывает проступание контуров выступа сквозь моноклиаль чехла. При этом наибольшие значения абсолютных отметок рельефа возвышенности расположены над прикрытым чехольными комплексами северо-восточным склоном выступа.

На юго-востоке склон Воронежского выступа переходит в склон Прикаспийской впадины. В пограничной зоне рельеф фундамента неровный, структурно обусловленный, связан с активизацией разрывов расположенной в этих местах системой Доно-Медведицких авлакогенов фундамента. Авлакогены активно развивались в протерозое и в девонское время, а связанные с ними разрывы активизировались вплоть до кайнозоя (Валеев, 1978).

В рельефе поверхности юго-восточного склона Воронежского выступа выделяются два участка с разным морфологическим обликом (рис. 2, 3). Первый, сравнительно пологий и прямолинейный, расположен на северо-востоке склона и вытянут в северо-восточном направлении, второй, охватывающий весь юго-восточный угол Воронежского выступа (Кантемировский локальный выступ), имеет своеобразную «утюгообразную» форму.

В рельефе поверхности и новейшем структурном плане район склона выражен неоднородно. Над его северо-восточной частью расположена южная часть Окско-Донской впадины, пересекающей его, а также западное окончание Приволжской возвышенности, основная часть которой находится за пределами Воронежского выступа.

В то же время существуют морфоструктуры, которые подчеркивают форму склона, что, возможно, указывает на их генетическую связь. Одна из них представляет собой узкое южное ответвление Приволжской возвышенности, которая является новейшим поднятием и расположена конформно очертаниям погребенного рельефа склона. Другой морфоструктурой является Кантемировский свод на юго-восточном окончании Среднерусской воз-

вышенности (Копп, 2010), который в виде поднятия рельефа располагается непосредственно над «носом утюга» погребенной угловой юго-восточной части Воронежского выступа, что свидетельствует о его активизации в новейшее время. Огибание долиной р. Дон выступа в районе Цимлянского водохранилища также указывает на новейшее поднятие на этом участке.

Обобщая изложенный материал, можно констатировать, что Воронежский выступ хорошо выражен в погребенном рельефе поверхности кристаллического фундамента ВЕП. В структуре поверхности он также в целом выражен поднятием, что свидетельствует о его определенной цельности как морфоструктуры фундамента, в том числе и на неотектоническом этапе развития.

Особенности морфоструктурного строения на границах Воронежского выступа, свидетельствующие о его горизонтальных движениях

Над юго-восточным склоном Воронежского выступа в породах чехла известен комплекс Доно-Медведицких дислокаций (Копп, 2004; Мещеряков, 1981; Павлов, 1896 и др.). Они образуют зону общей длиной около 200 км при ширине около 100 км, вытянутую вдоль правого берега р. Волга от широты г. Волгограда до района окрестностей г. Камышина. Дислокации представляют собой осложненные разрывами и флексурами вытянутые вдоль простираания всей зоны в северо-восточном направлении коробчатые складки. Складчатые структуры асимметричны в поперечном разрезе: их западные крылья крутые (падение до 40°), восточные — пологие (падение 2–3°). Дислокации имеют максимальные амплитуды в верхней части разреза и выполаживаются с глубиной вплоть до полного исчезновения на уровне девонских отложений (Циганков, 1971). Структуры выражены в рельефе и пространственно ассоциируются с валлообразным поднятием, вытянутым вдоль основной части Приволжской возвышенности. Возраст складок определяется как новейший (Горелов, 1957; Циганков, 1971 и др.).

М.Л. Копп на основе анализа морфоструктуры зоны дислокаций и полевых мезотектонических наблюдений пришел к выводу, что наблюдаемый структурно-кинематический парагенез отражает условия формирования этой морфоструктуры в обстановках горизонтальных движений при поперечном (юго-юго-восточном) сжатии (т.е. направлении, которое М.Л. Копп считает определяющим) или при растяжении, которые, возможно, дополняли друг друга.

Поскольку дислокации приурочены к области поднятия, обстановка сжатия представляется нам наиболее вероятной. Возникновение деформаций связывается М.Л. Коппом с локальными приразрывными движениями юго-восточной окраины

Воронежского выступа, имеющими в своем составе горизонтальную компоненту и обусловившими смятие чехла над погребенными неровностями поверхности фундамента. При этом в региональном плане эти движения имеют отношение к коллизионным процессам в Кавказском подвижном поясе, которые, в свою очередь, связаны с придвиганием Аравийского индентора к окраинам ВЕП (Копп, 2004).

Конформное расположение зоны дислокаций относительно юго-восточного торца Воронежского выступа также указывает на ее образование вследствие горизонтальных движений фундамента. Необходимо особенно подчеркнуть, что в плане зона располагается параллельно сравнительно ровной, северо-восточной части склона Воронежского выступа (что, несомненно, свидетельствует об их связи) и исчезает у погребенного Кантемировского выступа, который ориентирован поперек общему простираанию этой структуры. Иными словами, ориентировка и пространственное положение дислокаций отражают форму склона выступа, расположенного на удалении, причем происходит это опосредованно, через чехольные комплексы. Такая ситуация имеет логичное объяснение, если принять концепцию подвижности Воронежского выступа (в целом или отдельных его частей) в горизонтальном (юго-восточном) направлении, которая сопровождалась активизацией разрывов и послонных дислокаций. Ровный в плане край выступа-индентора создает параллельные своему краю дислокации над неровностями фундамента, которые напротив погребенного угла Воронежского выступа исчезают вследствие изменения формы индентора и, следовательно, режима деформирования.

На противоположном, северо-западном окончании Воронежского выступа, в районе Оршанской впадины также можно выделить особенности рельефа, свидетельствующие о проявлении тектонической активности в новейшее время. Например, общее поднятие территории в районе впадины происходит на фоне опережающего по амплитуде воздымания расположенных по его сторонам Белорусского и Средне-Русского поднятий и, таким образом, относительно смежных поднятий является прогибанием. Как известно, реки являются чувствительным индикатором характера тектонических движений (Мещеряков, 1981; Философов, 1975 и др.). В нашем случае долина р. Днепр, одна из самых крупных в районе, после своего поворота из склона Воронежского выступа и до поворота над Днепро-Донецким авлакогеном на протяжении более 200 км следует вдоль длинной оси южной части Оршанской впадины (рис. 4). Это является ярким свидетельством отражения руслом реки погребенной под чехлом морфоструктуры поверхности фундамента и указывает на возобновление процессов активизации относительного прогибания в этом районе на неотектоническом этапе. Не меняет картину и миграция русла Днепра

за неотектонический этап (Атлас литолого-палео-географических..., 1961).

Анализ рельефа окружающих территорий Днепровско-Деснинской низменности и склонов Среднерусского поднятия показывает, что в этих областях развит мозаичный тип рельефа, обусловленный развитием локальных поднятий и расчленением территории притоками р. Днепр. Использование метода генерализации рельефа позволило выявить и в общих чертах очертить форму новейшего относительного прогиба, расположенного над Оршанской впадиной (рис. 4). Можно отметить, что неотектонический прогиб распространяется над южной частью впадины на поверхности фундамента, однако, расширяясь, имеет уклон не к северу, а к югу, в сторону Днепровско-Донецкого авлакогена и Приднепровской низменности. Ориентировка осей морфоструктур поверхности и структур фундамента совпадает с общим субмеридиональным простираем. Подобные случаи унаследованного развития неотектонических структур от протерозойских широко известны на территории Балтийского щита, где Онежская, Ладожская и другие современные депрессии располагаются на месте рифейских прогибов фундамента (Лукашов, 1975).

Анализ расположения Оршанского прогиба относительно Воронежского выступа позволяет заключить, что на северо-западной окраине выступа в новейшее время проявляются условия относительного растяжения, которое достигает наибольших значений в районе его западного «угла».

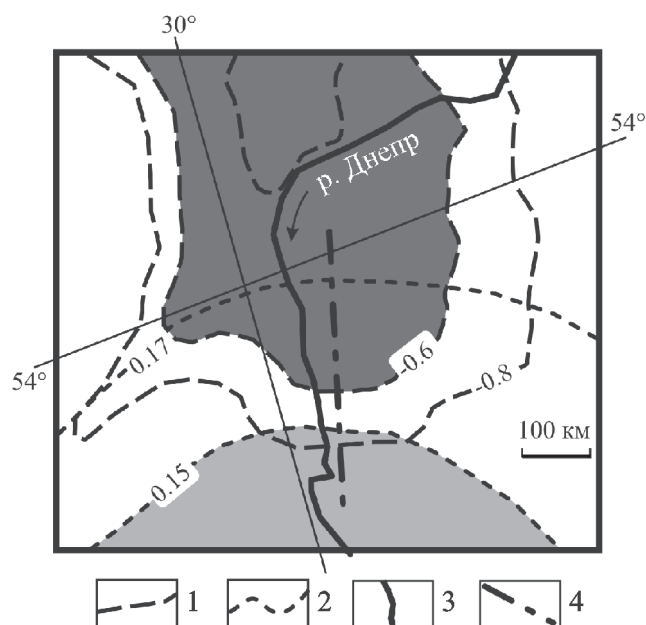


Рис. 4. Сопоставление рельефа фундамента и генерализованного рельефа поверхности в районе южной части Оршанской впадины: 1 — изогипсы погребенного рельефа фундамента в районе Оршанской впадины (затонировано по изогипсе $-0,6$ км) (по Карта рельефа..., 1986, с упрощениями); 2 — изогипсы осредненного рельефа (затонировано по изогипсе $0,15$ км) поверхности (по Карта осредненного..., 1986, с упрощениями); 3 — р. Днепр; 4 — общая ось прогиба фундамента и новейшей депрессии

Особенности неотектонического развития юго-западного обрамления Воронежского выступа с мобилистических позиций в последнее время подробно изучены М.Л. Коппом с соавторами (2010). Ими был проведен большой комплекс полевых структурно-кинематических и камеральных исследований, которые позволили сделать выводы относительно новейшей кинематики разрывов, ограничивающих Днепровско-Донецкий авлакоген с севера в районе Донецкого кряжа (или неотектонического вала), расположенного над Донецким складчатым сооружением. Было установлено, что кроме известной надвиговой составляющей по мезозойским комплексам они имеют новейшую правосдвиговую компоненту, выражающуюся как непосредственно в бороздах скольжения, так и в общем распределении областей сжатия и растяжения вдоль разрывов. Также этими авторами было показано, что сигмоидальная форма Донецко-Приазовского новейшего мегавала, протягивающегося от Донецкого кряжа на юг на Украинский щит, возникла, вероятно, за счет новейших правосторонних деформаций в структуре авлакогена в целом. Эти движения также увязываются с воздействием коллизионных процессов в Кавказском подвижном поясе и с придвиганием Аравийского индентора к окраинам ВЕП (Копп и др., 2010).

Ранее возможность правосторонних движений в пределах Днепровско-Донецкого авлакогена устанавливалась по кулискому расположению осложняющих палеозойские толщи складок, которые возникли в палеозое и обновлялись вплоть до кайнозойского времени (Попов, Лапкин, 1953).

В районе северо-восточного склона Воронежского выступа кроме фрагментарно проявленных в новейшем плане структур Пачелмского авлакогена можно выделить и другие структурные неоднородности, демонстрировавшие свою активность на неотектоническом этапе. Наиболее крупной из них является Калужско-Бельская структурная зона дислокаций, расположенная вдоль края выступа, имеющая северо-западное простираем и протянувшаяся с учетом надстраивающих ее линейных тектонических зон на расстояние примерно 500 км (Петров, 1971).

Наиболее хорошо изучен участок зоны в районе Калуги, Вязьмы, Юхнова. В этих местах по материалам бурения и геофизическим данным выявлены разрывы, по которым не только блоки фундамента смещены по вертикали с амплитудой до 300 м, но также, хотя и с меньшей амплитудой, смещены и деформированы в складки породы всего чехольного комплекса, представленного здесь главным образом толщами каменноугольной системы. Эти деформации доступны для изучения в карьерах, приуроченных к области моноклинального разнонаправленного залегания каменноугольных известняков с углами падения $5-10^\circ$.

Анализ деформаций в плане позволил выделить вдоль Калужско-Бельской зоны грабеновидные

понижения на поверхности фундамента, а также несколько структур (Калужская, Дугнинская и др.), выраженных на поверхности фундамента в форме разделенных разрывными нарушениями мульдообразных структур, которые интерпретируются в литературе в качестве вулкано-тектонических (Петров, 1969).

На дневной поверхности этим мульдообразным структурам соответствуют положительные формы рельефа, которые подчеркиваются центробежным характером гидросети. Линейные же участки зоны выражены на дневной поверхности менее явно: местами к ним приурочены сравнительно прямолинейные долины рек, местами, как отмечалось ранее, им свойственна смена характера гидросети в плане (Петров, 1969, 1971). Эти факты свидетельствуют по меньшей мере о вертикальных неотектонических движениях в районе Калужско-Бельской зоны.

Явных признаков сдвиговых смещений в новейшее время вдоль зоны не выявлено, однако теоретически возможность обнаружения их в будущем сохраняется, поскольку упомянутые выше структуры являются ослабленными зонами в консолидированном фундаменте. Кроме того, мульдообразные структуры как изометричные узлы дислокаций, расположенные вдоль зоны, могут быть в первом приближении интерпретированы как области концентрации напряжений, которые обычно возникают в местах изгиба разрывных нарушений сдвиговой кинематики. Этот вопрос требует дополнительного анализа.

Обсуждение материалов

Воронежский выступ кристаллического фундамента ВЕП является хорошо выраженной в рельефе морфоструктурой фундамента, в значительной мере ограниченной разрывами. В плане его форма напоминает прямоугольник или трапецию с длинной осью, вытянутой в северо-западном направлении (рис. 1а). В неотектоническом выражении, в менее явной форме, он также представлен поднятием, приблизительно конформным погребенному выступу. Это свидетельствует в целом о сохранности и определенной целостности этой структуры фундамента, несмотря на наложенные осложняющие морфоструктуры. Наиболее крупной из таких осложняющих его морфоструктур является наложенная на восточный угол выступа в неогене разломная дислокация, которая маркируется расположением русла р. Палео-Дон.

С юго-восточной стороны (торца) выступа в чехле расположена зона Доно-Медведицких складчато-разрывных дислокаций, которые затрагивают только верхние горизонты чехольного комплекса и по времени своего развития являются новейшими. Зона дислокаций вытянута вдоль торцевой части выступа и в целом опосредованно, сквозь чехол,

отражает его форму. При этом она расположена только напротив ровного склона и исчезает у локального Кантемировского локального выступа. Зона дислокаций пространственно ассоциируется с поднятиями рельефа, расположенными вдоль левого берега р. Волга. Возникновение этой зоны дислокаций, согласуясь с М.Л. Коппом, можно увязать с горизонтальным сжатием, ось которого имеет юго-восточное направление соответственно длинной оси Воронежского выступа (Копп, 2004).

Противоположный, северо-западный склон Воронежского выступа ограничен Оршанской погребенной впадиной поверхности фундамента, которая наиболее активно развивалась в протерозое и отчасти активизировалась как отрицательная структура в отдельные отрезки времени плитного этапа развития ВЕП. В новейшее время впадина также испытала активизацию как отрицательная морфоструктура, на что указывают генерализованный рельеф поверхности и приуроченная к ее оси долина р. Днепр (рис. 4). Важно отметить, что в новейшей структуре, в отличие от протерозойского структурного плана, впадина расширяется в юго-западном направлении. Появление этой области новейшего прогибания можно увязать с условиями растяжения у северо-западного края Воронежского выступа на неотектоническом этапе.

Юго-западный склон Воронежского выступа обрывается структурами погребенного Днепровско-Донецкого авлакогена, который в новейшее время развивается как область дифференцированных поднятий и опусканий. В районе Донецкого кряжа, у разрывов, разделяющих Воронежский выступ и Донецкое складчатое сооружение, структурно-кинематическими методами установлены признаки новейшего правого сдвига. Такая же кинематика сдвига предполагается для всей этой части Днепровско-Донецкого авлакогена на основании сигмовидной формы Донецко-Приазовской возвышенности (Копп и др., 2010) и кулисного расположения складок в чехле (Попов, Лапкин, 1953). Представляется возможным связать это сдвигание с общей подвижностью вдоль юго-западной границы авлакогена.

В районе северо-восточного склона Воронежского выступа подобных ярких сдвиговых проявлений не наблюдается, однако линейные морфоструктуры, пригодные для их реализации, существуют. Прежде всего, это участок Пачелмского авлакогена, над которым развиваются спрямленные обрывы р. Оки, и Калужско-Бельская зона дислокаций, которая осложняет склон выступа у его основания, пересекает и деформирует весь чехол и выражена в рельефе, что свидетельствует о ее новейшей активизации. В ее пределах выделяются мульдообразные изометричные узлы дислокаций, которые при более детальном рассмотрении, возможно, могут иметь отношение к присдвиговым дислокациям.

Заклучение

Таким образом, Воронежский выступ как морфоструктура фундамента сохраняет определенную целостность в новейшее время. На его обрамлении наблюдается ряд морфоструктур: с юго-востока — структуры сжатия, на противоположном конце, с северо-запада — растяжения. С юго-востока в новейшее время развиваются обстановки правового сдвига. С северо-востока таковые не выявлены, но морфоструктуры, которые предположительно могут быть с ним связаны, существуют. Все морфоструктуры могут быть логически объединены в парагенез, связанный с горизонтальной подвижностью Воронежского выступа в новейшее время (рис. 1, б). Общий характер движений представляется следующим образом: на неотектоническом этапе Воронежский выступ как относительно единое целое двигался в юго-восточном направлении, при этом перед его фронтом образовалась область сжатия, за ним — область растяжения. У его бортов реализуются сдвиговые напряжения, с юго-запада — установленного, с северо-востока — предполагаемого.

Причины такой горизонтальной подвижности, возможно, лежат в области деформации более крупного массива пород, такого, например, как фундамент ВЕП. В частности, обращает на себя внимание реконструируемый непрямолинейный характер траектории движения выступа, которая подчеркивается трапециевидной формой новейшей депрессии у его северо-западного ограничения (район Оршанской впадины), раскрывающейся к юго-

ровско-Донецкого грабена). Подобная траектория объяснима при допущении вращательного характера движения всего Воронежского выступа в направлении против часовой стрелки. Далее это наводит на мысль о возможном участии этого выступа во вращательных движениях всей ВЕП, которое проявляется в закономерном движении отдельных блоков по шовным зонам внутри нее (Зыков, 2014).

Необходимо остановиться на некоторых вопросах, решение которых пока неоднозначно. Так, происхождение Доно-Медведицких дислокаций именно в результате горизонтального сжатия подвергается некоторому сомнению (Копп, 2004). Возможно, в этих местах проявлялось и растяжение. Также как неясность можно отметить и слабое прогибание на месте Оршанской впадины, которое выявляется только при генерализации рельефа и анализе расположения р. Днепр. Причина этих особенностей, по-видимому, связана с наложением тектонических процессов, имеющих разные источники (Копп, 2004; Копп и др., 2010; Макаров, 2001; Макарова и др., 2002 и др.). За счет периодического воздействия разных тектонических факторов однонаправленное движение Воронежского выступа могло нарушаться, что, несомненно, сказалось на общей незначительной амплитуде смещения и нечетко выраженной результирующей картине дислокаций.

Авторы выражают глубокую благодарность А.И. Иоффе за большую помощь в создании цифровой карты рельефа. Работа выполнена при поддержке программы ОНЗ РАН № 10 и РФФИ (проекты № 13-05-00298 и № 14-0500149).

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас литолого-палеогеографических карт Русской платформы и ее геосинклинального обрамления. Ч. 2. Мезозой и кайнозой. Масштаб 1: 5 000 000. Лист. 83. Среднемиоценовое время / Ред. Г.И. Молявко, В.Е. Хаин. М.: Л.: Госгеолтехиздат, 1961. 95 листов.
- Айзберг Р.Е., Гарецкий Р.Г., Климович И.В. Тектоника Оршанской впадины. Минск: Наука и техника, 1985. 112 с.
- Валеев Р.Н. Авлакогены Восточно-Европейской платформы. М.: Недра, 1978. 152 с.
- Горелов С.К. Геоморфология и новейшая тектоника правобережья Нижней Волги. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 139 с.
- Зыков Д.С. Структурно-кинематическая модель неотектонических деформаций юга Восточно-Европейской платформы // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2004. Т. 79, вып. 4. С. 11–17.
- Зыков Д.С. Признаки вращения Восточно-Европейской платформы на поздних этапах ее развития // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2014. Т. 89, вып. 2. С. 27–37.
- Иоффе А.И. Метод оценки неоднородности рельефа выделенной области // Исследование Земли из космоса. 2013. № 3. С. 91.
- Карта новейшей тектоники Северной Евразии. Масштаб 1: 5 000 000 / Под ред. А.Ф. Грачева. М.: МПР РФ, РАН, 1997.
- Карта осредненного рельефа земной поверхности Восточно-Европейской платформы (радиус осреднения 50 км). Масштаб 1:5 000 000. М.: ПГО «Центргеология», 1986.
- Карта рельефа дорифейского фундамента Восточно-Европейской платформы. Масштаб 1:5 000 000. М.: ПГО «Центргеология», 1986.
- Коженов В.Я. Белорусская антеклиз (строение, развитие, новейшая тектоника). Минск: Наука и техника, 1979. 134 с.
- Копп М.Л. Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы // Тр. Геол. ин-та РАН. Вып. 552. М.: Наука, 2004. 340 с.
- Копп М.Л., Корчемагин В.А., Колесниченко А.А. Альпийские деформации Донбасса: периодичность, характер напряжений и их вероятные источники // Геотектоника. 2010. № 5. С. 41–60.
- Леонов М.Г., Зыков Д.С., Колодяжный С.Ю. О признаках течения горных масс фундамента в послеледниковое время (Северокарельская зона Балтийского щита) // Геотектоника. 1998. № 3. С. 71–79.
- Лукашов А.Д. Новейшая тектоника Карелии. Л.: Наука, 1975. 109 с.
- Макаров В.И. О геодинамических условиях формирования Окско-Донецкого прогиба и Окско-Цнинского вала (Русская плита) // Изв. вузов. Геол. и разведка. 2001. № 1. С. 43–55.
- Макарова Н.В., Макаров В.И., Корчуганова Н.И., Соколовский А.К., Суханова Т.В. и др. Донской прогиб —

неотектоническая альтернативная зона Восточно-Европейской платформы // Изв. вузов. Геол. и разведка. 2002. № 2. С. 3–13.

Мещеряков Ю.А. Структурная геоморфология равнинных стран М.: Наука, 1965. 390 с.

Мещеряков Ю.А. Рельеф и современная геодинамика. Избр. труды. М.: Наука, 1981. 277 с.

Морфоструктурный анализ речной сети СССР / Под ред. И.П. Герасимова, С.С. Коржуева. М.: Наука, 1979. 304 с.

Павлов А.П. О новом выходе каменноугольного известняка в Саратовской губернии и о дислокациях правого побережья Волги // Бюл. МОИП. Нов. сер. 1896. Т. 10, № 4. С. 57–63.

Палеотектоника Белоруссии / Под ред. Р.Г. Гарецкого. Минск: Наука и техника, 1983. 182 с.

Петров В.Г. Особенности строения Калужской структуры // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1969. Т. 44, вып. 6. С. 36–42.

Петров В.Г. О выделении Калужско-Бельской структурной зоны // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1971. Т. 46, вып. 3. С. 47–56.

Попов В.С., Лапкин И.Ю. Основные черты геологического строения северной окраины Донецкого бассейна // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1953. Т. 28, вып. 3. С. 3–27.

Раскатов Г.С. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1969. 164 с.

Спиридонов А.И. Геоморфология Европейской части СССР. М.: Высшая школа, 1978. 335 с.

Трегуб А.И. Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива // Тр. Научно-исслед. ин-та ВГУ. Вып. 9. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2002. 220 с.

Философов В.И. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Саратовский ун-т, 1975. 232 с.

Циганков А.В. Методика изучения неотектоники и морфоструктур Нижнего Поволжья (в связи с нефтегазоносностью). Волгоград: Нижне-Волжское книжное изд-во, 1971. 256 с.

SIGNS OF HORIZONTAL MOVEMENTS OF VORONEZH MASSIVE OF CRYSTALLINE BASEMENT AT NEOTECTONIC STAGE

D.S. Zykov, A.V. Poleshchuk

On the frame of the Voronezh Massive of the East European Platform (EEP) in the basement rocks and cover morphostructures corresponding areas of compression, tension and shear are allocated. Morphostructures logically combined into a single paragenetic ensemble shows a general horizontal mobility of whole massive at the neotectonic stage. Conducted kinematic reconstructions show that the projection was moving in a southwest direction, and his front formed compressional area in the rear — stretching, along the boards — shift. Movements are likely to have been associated with the deformation of the entire EEP and third-party influence on the platform, and were complicated, not unidirectional.

Key words: Voronezh Massive, East European Platform, horizontal movements, neotectonic stage.

Сведения об авторах: **Зыков Дмитрий Сергеевич** — канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. ГИН РАН; e-mail: zykov58@yandex.ru; **Полещук Антон Владимирович** — канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. ГИН РАН; e-mail: anton302@mail.ru