

## СЕРПЕНТИНИТОВЫЕ ПРОТРУЗИИ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ДОФАНЕРОЗОЙСКОГО ПАЛЕОРЕЛЬЕФА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

С.В. Бондаренко

*Воронежский государственный университет, Россия*

*Поступила в редакцию 9 января 2009 г.*

**Аннотация:** В статье рассматривается генетическая природа локального Шукавского поднятия в пределах кристаллического основания Воронежской антеклизы. Поднятие сложено породами одноименного комплекса, который по своим структурно-текстурным и вещественным признакам принадлежит к серпентинитовому меланжу. Формирование Шукавского поднятия объясняется продолжением диапиризма серпентинитов на стадии становления осадочного чехла Воронежской антеклизы. Локальные поднятия такого типа формируются за счет внутренней неоднородности земной коры.

**Ключевые слова:** Воронежский кристаллический массив, протрузия, микстит, серпентинитовый меланж, офиолитовый шов.

**Abstract:** The article deals with the genetic nature of the local Shukavskoye uplift within the crystalline base of the Voronezh anteclise. Uplift is composed of rocks of the Shukavskoye complex, which according to its structural, textural and substantial characteristics belongs to serpentinite melange. Formation of the Shukavskoye uplift is the reason for ongoing serpentinites diapirism in the early days of the sedimentary cover of the Voronezh anteclise. Local uplifts of this type are formed due to internal heterogeneity of the crust.

**Key words:** the Voronezh crystalline massif, protrusion, mikstite, serpentinite melange, ophiolite suture.

Палеогеографические условия денудации структурно-вещественных комплексов (СВК), слагающих структуру карелид – древнего кристаллического основания Воронежской антеклизы, – в значительной степени определяют рудный, главным образом россыпной потенциал ее осадочного чехла. Для восстановления условий денудации важно установить генетическую природу СВК, формирующих крупные выступы палеорельефа. Наиболее изученными в этом отношении являются гранитоиды павловского комплекса, слагающие значительную часть одноименного выступа, природа которого определяется реидной тектоникой [3, 10, 11]. Реидная тектоника, проявлена на относительно обширных территориях часто, как отражение изостазии, и влиять на формирование локальных поднятий напрямую не может. В этой связи представляется важным определить генетическую природу подобных локальных структур, ярким представителем которых является Шукавское поднятие. Оно достаточно четко выделяется на фоне относительно пологого рельефа в поле распространения воронежской свиты, развитой в пре-

делах Лосевской шовной зоны кристаллического основания Воронежской антеклизы.

В целом рельеф кристаллического фундамента (рис. 1) характеризуется куполовидной формой с погружением на юго-запад и северо-восток с перепадами высот в среднем от (+0 м)–(+50 м) (присводовая часть Воронежской антеклизы с азимутом простирания СЗ 310° (Павловский выступ)) до - 8000 м (юго-восток Воронежской антеклизы), - 3000 м (северо-восток), - 1000 м (юго-запад и северо-запад). В юго-западном и юго-восточном направлении изогипсы рельефа кристаллического основания более сближены. На юго-востоке рельеф кристаллического основания осложнен развитием совокупности локальных впадин. Поверхность фундамента в пределах северо-восточной части погружается в целом от 0 до -3000 м в направлении СВ 15° с уклоном 2,7 м/км. В интервале высот от -1,6 до -8 км в северо-восточной части выделяется несколько крупных уступов юго-восточного простирания с уклоном около 35 м/км [7]. В районе г. Воронеж рельеф кристаллического основания осложнен субмеридиональными округлыми морфоформами, контуры которых вероятнее всего ограничены разрывными нарушениями, к

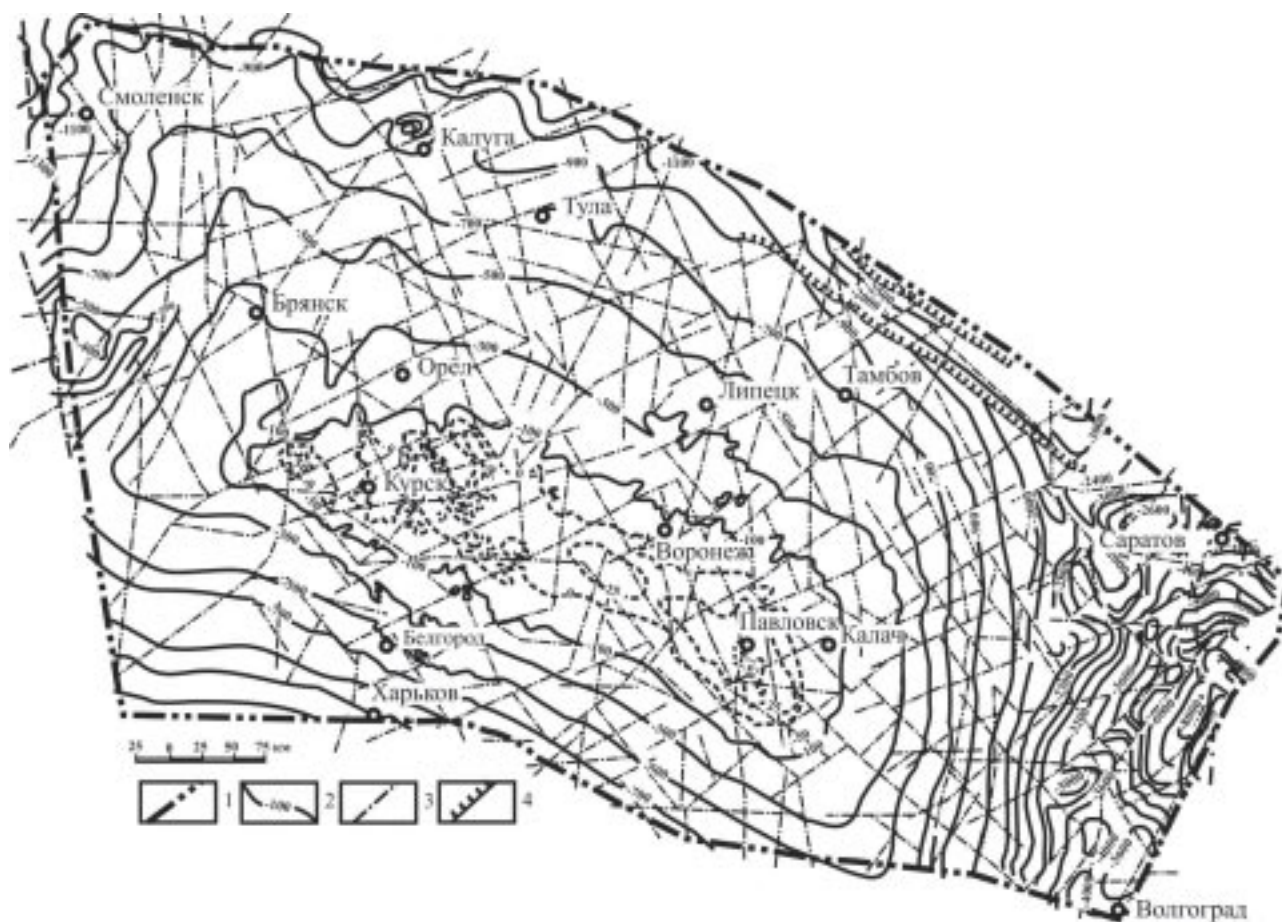


Рис. 1. Схематическая карта рельефа поверхности докембрийского фундамента Воронежской антеклизы [7]:  
 1 – граница Воронежского кристаллического массива, 2 – изогипсы поверхности кристаллического основания и их абсолютные отметки, 3 – разрывные нарушения, 4 – уступы в фундаменте

которым относятся Байгоровская вулканоплутоническая структура и Шукавское поднятие (рис. 2).

Ареал распространения воронежской свиты по геофизическим данным пространственно приурочен к центральной части Лосевской шовной зоны и ограничен широтами г. Воронежа и г. Липецка. Воронежская свита пространственно занимает несколько разобщенных ареалов, ограниченных разрывными нарушениями. Наиболее крупные из ареалов – тектонические блоки, расположенные на границе Липецко-Усманского и Лосевско-Воронежского блоков II порядка. Первый ареал распространения имеет протяженность около 160 км, по ширине он невыдержанный (от 5-15 км до 60 км), его площадь составляет порядка 3800 км<sup>2</sup>. Ареал простирается в северо-западном направлении и ограничен широтами п. Перелешино и г. Елец, слагающая грабенообразную структуру. На северо-западе (в районе г. Задонск) ареал представляет собой вытянутый (70 км x (5-25) км) прямоугольный сектор. Большая по площади часть отложений воронежской серии приходится на юго-восток струк-

туры (район г. Усмань), где она имеет грубо ромбовидную форму размером 60 км x 60 км. В целом для данного ареала характерна мозаичная структура, сформированная за счет пересечения разнонаправленных разрывных нарушений.

На севере распространение воронежской свиты ограничено прямолинейным разрывным нарушением северо-западного простирания, резко изменяющим свое направление на юго-запад в районе г. Липецк (широта п. Сырский), а на широте п. Хворостянка приобретающим вновь первоначальное направление. Южная граница проводится по дугообразному Еланско-Задонскому разлому. Восточная граница распространения воронежской свиты ограничивается зоной Лосевско-Мамонского глубинного разлома, западная – по прямолинейным и дугообразным линиям Мценско-Ливенского разрывного нарушения 2-го порядка общего северо-восточного простирания (г. Елец – г. Лебедянь). От Рябиновско-Шукавско-Ольховского блока образования воронежской свиты распространены вдоль Лосевско-Мамонского разлома

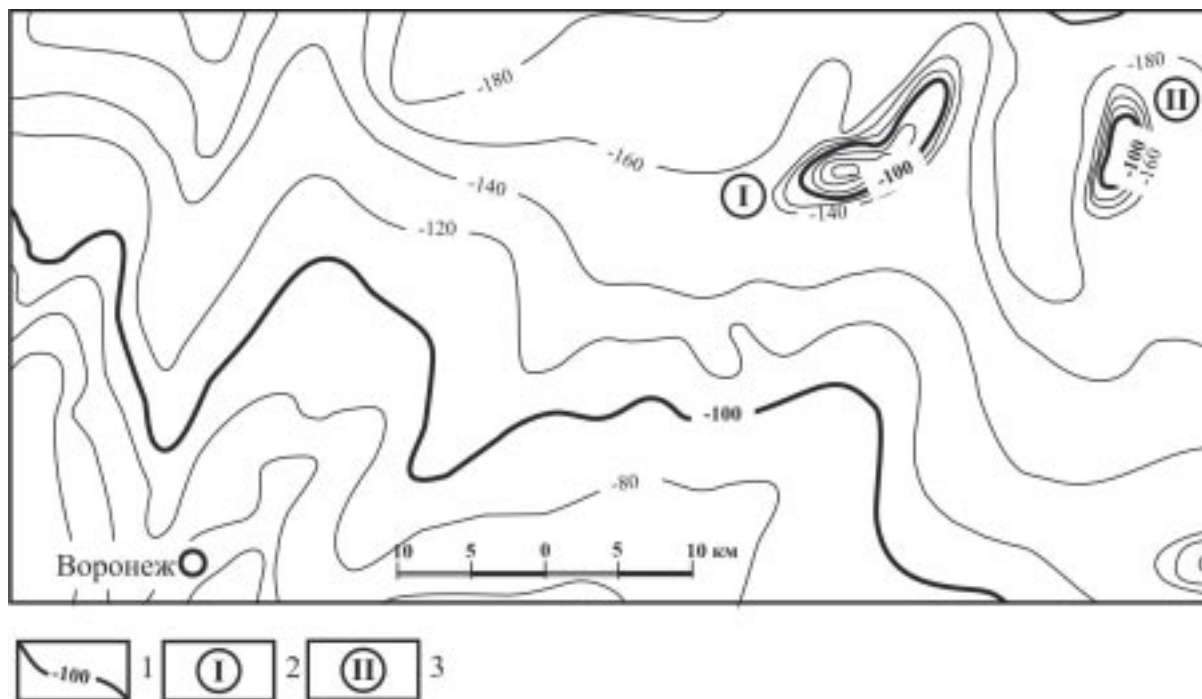


Рис. 2. Фрагмент рельефа поверхности докембрийского фундамента Воронежской антеклизы [7]:

1 – изогипсы поверхности кристаллического основания и их абсолютные отметки, 2 – Байгоровское локальное поднятие, 3 – Шукавское локальное поднятие

в полосе шириной от 1 до 5 км (до широты п.г.т. Кантемировка). Незначительные по площади ареалы распространения образований воронежской свиты приурочены к районам г. Воронежа и с. Хлевное. В районе г. Воронеж, они имеют общее северное-северо-восточное простирание и ограничены широтами г. Воронеж и п.г.т. Рамонь (площадь около 270 км<sup>2</sup>). В районе с. Хлевное в плане ареал распространения имеет неправильную форму, вытянутую в северо-восточном направлении и площадь порядка 15 км<sup>2</sup>.

В целом воронежская свита приурочена к наиболее пологим участкам рельефа кристаллического основания. Минимальная абсолютная отметка (-300 м) расположена на северо-западе площади распространения отложений. Максимальные (-40 м и -20 м) приурочены к Байгоровской вулканоплутонической структуре и Шукавскому поднятию, где и проявлены наиболее крутые склоны порядка 60°-70°.

Если природа Байгоровского поднятия достаточно очевидна и связана с древним вулканом (древняя вулканическая постройка в свое время была выявлена в районе с. Верхняя Байгора, по хорошо выделяющейся кольцевой положительной магнитной аномалии на слабомагнитном фоне осадочных отложений воронежской свиты), то природа Шукавского поднятия до настоящего време-

ни однозначно не установлена, так как сложено оно породами офиолитового комплекса более древними, чем отложения воронежской свиты и к тому же – интрузивными глубинными фациями, что противоречит ее гипсометрически более высокому залеганию. Площадь распространения пород шукавского комплекса приурочена к одному из блоков в восточной части грабенообразной структуры, выполненной отложениями воронежской свиты. Блок ограничен разрывными нарушениями северо-восточного, северо-западного, западного простирания. На северо-западе он контактирует с блоками, ограничивающими Байгоровскую вулканоплутоническую структуру и блоки пород ольховского плутона. В плане тело Шукавского массива имеет удлиненную подковообразную форму общего северо-западного простирания (СВ 340°). Его протяженность 14-15 км (ограничено широтами с. Волово и п.г.т. Краснолесный) при ширине 1,5-2,5 км. Массив возвышается над вмещающими породами на 90 м. По геофизическим данным тело располагается на пересечении двух глубинных разломов и имеет крутое падение (80-85°) с юго-восточным и северо-восточным склонением (рис. 3) [8]. В процессе изучения шукавского комплекса по материалам бурения, многими исследователями отмечалось отсутствие интрузивных «горячих» контактов с вмещающими породами, а

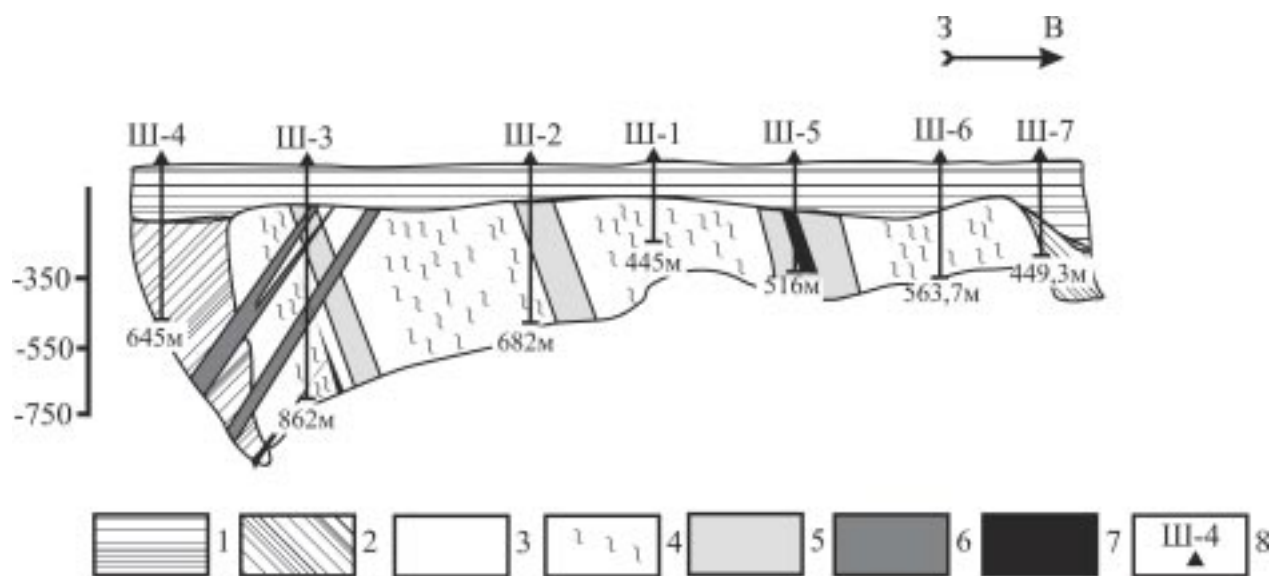


Рис. 3. Схематический разрез локального Шукавского поднятия [8]:

1 – осадочный чехол, 2 – вмещающие породы воронежской свиты, 3–6 – шукавский комплекс (3 – апосерпентинитовые тальк-карбонатные породы, 4 – серпентиниты и серпентинизированные перидотиты, 5 – габбро, 6 – диабазы и плагиопорфиры, 7 – пироксениты), 8 – скважина

также сложное взаимоотношение пород ультрамафитовой и мафитовой ассоциаций. В работе В.Я. Элевича и М.П. Воляровича (1973) впервые было показано, что породы Шукавского массива несут отчетливые признаки динамометаморфизма, свидетельствующие об их внедрении в слабометаморфизованные породы воронежской свиты в холодном состоянии в условиях сжатия, соответствующих давлению порядка 10 тыс. атм.

Механизм внедрения серпентинитов в холодном состоянии (протрузии) изучен в настоящее время достаточно хорошо для фанерозойских складчатых поясов как в России, так и за рубежом [1, 2, 12, 13 и др.]. Как правило, это относится к так называемым альпинотипным гипербазитам, слагающим офиолитовые швы (сутуры) и к сопровождающим сутуры аллохтонам покровов, сложенных фрагментами коры океанического типа. Важнейшими признаками таких гипербазитов является их практически полная серпентинизация (обычно по гарцбургитам), милонитизация и катаклиз, проявляющиеся как на микро- так и макроуровнях и выраженных в комплексе менее значимых, но важных структурно-текстурных признаков, описываемых термином «меланж» [1, 5, 6]. Признаками меланжирования серпентинитов являются интенсивная раздробленность, обломочное и брекчиевидное строение, при этом сами серпентиниты интенсивно перетерты, превращены в порошкообразную массу, характерно появление вторичных листоватых текстур и текстур течения. Разно-

образные по форме обломки более плотных разновидностей серпентинитов перемешаны и «сцементированы» перетертой тонкочешуйчатой серпентинитовой массой. Кроме того, в матрице, представленном тектонитом по высокопластичным серпентинитам, содержатся многочисленные глыбы – включения различного состава и возраста, с размерами от первых десятков сантиметров до нескольких метров. Мелкие обломки более крепких пород выжимаются из тектонизированного пластичного матрикса, и часто превращаются в шары или рулетообразные будины (обдавыши). Их хаотическое, иногда кулисообразное распределение друг относительно друга, округлая форма и другие текстуры тектонического перемещения являются результатом дифференцированного разнонаправленного пластического течения материала. Наиболее крупные по размерам блоки могут иметь более сложную конфигурацию с многочисленными заливами и выступами. Для глыб характерны тектонические рубашки, которые могут отсутствовать, а характер перехода в матрикс в этом случае носит постепенный характер. Внутренняя структура их часто характеризуется напряженной складчатостью и несколькими системами кливажа. Чаще всего, включения инородных пород в серпентинитах распределены неравномерно, отдельными участками или хаотически разбросаны по всему объему развития серпентинитов, нередко образуя нагромождения экзотических глыб. Подобное соотношение серпентинитов с другими породами час-

то создает ложное представление о магматическом контакте между ними.

Процесс серпентинизации ультрабазитов идет с увеличением объема до 2-х раз и уменьшением плотности горных пород. Менее плотные серпентиниты по разломам протрудируют в верхние горизонты коры, при этом они захватывают блоки пород «рамы», что и приводит к формированию всего комплекса серпентинитового меланжа, который по своей структуре напоминает «кашу». Важное свойство серпентинитового меланжа заключается в том, что его образование не ограничено каким-то одним интервалом геологического времени, характерного для серий осадочных пород. Формирование серпентинитового меланжа импульсивно и связано с этапами тектонических сжатий, во время которых серпентинитовый меланж вновь приходит в движение, усложняет свою внутреннюю структуру и, захватывая новые тектонические отторженцы, изменяет свой внутренний состав [1, 5, 6].

В составе шукавского комплекса, отнесенного к габбро-верлитовой формации, выделены [8]: 1) ультрамафитовая ассоциация сингенетических пород (серпентиниты аподунитовые, апооливинитовые, апоперидотитовые, апосерпентинитовые тальк-карбонатные и тальковые породы); 2) мафитовая ассоциация (метаморфизованные габбро, габбро-прироксениты и плагиопироксениты); 3) дайковые образования диабазов и плагиопорфиритов; 4) широко развитые средние и кислые породы.

Ультрамафиты повсеместно серпентинизированы с проявлением стадийного развития минеральных видов серпентина: лизардит (хризолит) → антигорит. Данное преобразование имеет место при низкой температуре и протекает настолько медленно, что лишь каталитическое воздействие бокового давления (стресса) доводит его действие до наблюдаемых масштабов [13]. По антигоритовым серпентинитам развиты тальк-карбонатные и тальковые породы, образующие крутопадающие зоны различной мощности. Зоны сопровождаются участками расланцевания и дробления.

Взаимоотношение серпентинитов и клинопироксенитов проявляется в наличии отторженцев серпентинитов в клинопироксенитах и наоборот, появление маломощных тел последних в аподунитовых серпентинитах с резкими контактами между ними. Породы второй ассоциации – метаморфизованные габбро, габбро-прироксениты и плагиопироксениты – образуют как самостоятельные, так и пространственно совмещенные тела, сопро-

вождающиеся расланцеванием и дроблением на контакте с серпентинитами. Породы в целом мелкозернистые с гипидиоморфной и габбровой структурой. Переходы между габбро и пироксенитами постепенные.

Серпентиниты несут отчетливые признаки динамометаморфизма, выражающегося в широком развитии текстур пластического течения, явлениях перекристаллизации. В тесной ассоциации с антигоритовыми серпентинитами находятся цоизитизированные и амфиболизированные породы второй ассоциации. Установлен принудительный характер проникновения цоизитовой массы по трещинам и в промежутки между зернами амфибола. Для пироксеновых и амфиболовых зерен свойственны пластические деформации, возникшие за счет напряженного состояния [13].

Породы третьей ассоциации – плагиопорфириты и диабазы – более молодые образования, которые в виде фрагментов различной мощности заключены в ультрамафиты и мафиты Шукавского массива. Некоторые из них характеризуются реакционным воздействием на вмещающие породы [8].

Породы четвертой ассоциации представлены более кислыми разностями, что противоречит их принадлежности к мафит-ультрамафитовой формации и можно объяснить захватом пород рамы, что характерно для серпентинитового полимиктового меланжа [1].

Тектонические деформации серпентинитов, отсутствие интрузивных контактов серпентинитов как с вмещающими породами, так и «телами», находящимися внутри них, расланцевание и дробление на контактах, пластические деформации зерен пироксена и амфибола, а также ряд минералогических и петрохимических признаков свидетельствуют о принадлежности пород шукавского комплекса к обширному классу микститов – полимиктовому серпентинитовому меланжу.

Формирование шукавского микститового комплекса органично вписывается в геодинамическую модель развития Воронежского кристаллического массива, предложенную ранее [4, 9].

Эволюция тектонических процессов в результате которых он сформировался, предопределила закономерную смену тектонических обстановок и истории развития основания Воронежской антеклизы. Выделяются стадии деструкции архейского блока Сарматии (мегаблок КМА кристаллического основания), последовательного развития континентального рифта в межконтинентальный, затем субдукционная, сменяющаяся коллизионной.

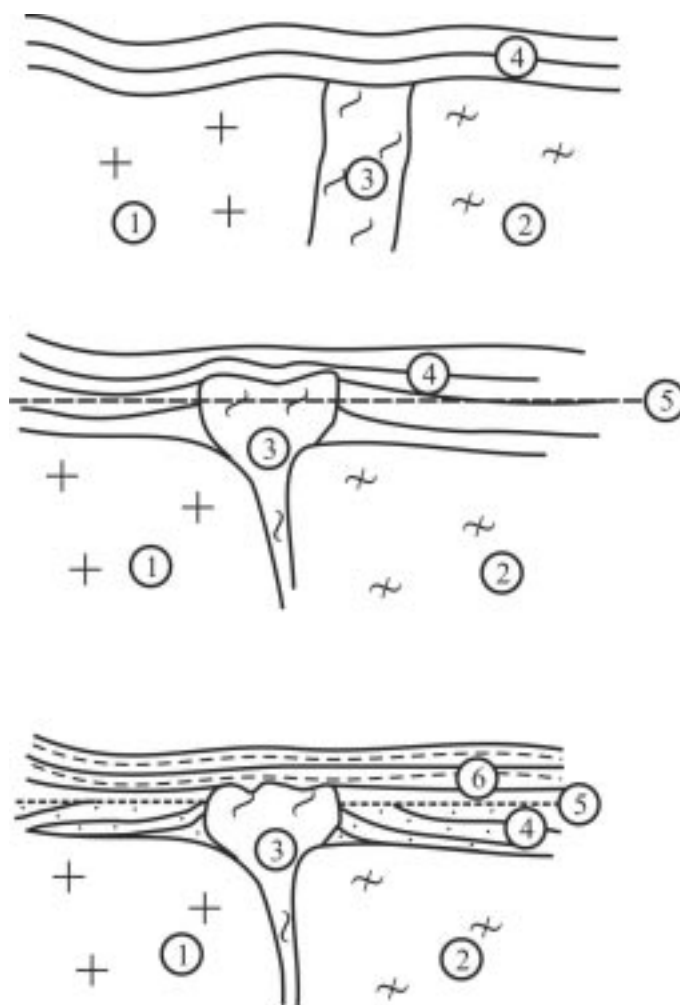


Рис. 4. Схема формирования Шукавского поднятия на поверхности кристаллического основания Воронежской антеклизы:

1 – мегаблок КМА, 2 – Хоперский мегаблок, 3 – шукавский комплекс в пределах Лосевской шовной зоны, 4 – образования воронежской свиты, 5 – уровень эрозионного среза, 6 – осадочный чехол

На первой стадии за счет плюмового воздействия на континентальную структуру произошла деструкция континента и откол континентального блока, дальнейшая эволюция которого неизвестна. В процессе континентального, а затем межконтинентального рифтинга сформировалась бимодальная серия вулканитов, за счет магмогенерации в результате возбуждения очагов плавления как в коровых, так и в мантийных условиях.

На второй стадии континентальный рифт перешел в межконтинентальный с заложением достаточно широкого океанического пространства, свидетельством чего является шукавский меланж, маркирующий более позднюю сутуру и законсервированный осадками воронежской свиты.

На третьей стадии условия растяжения и спрединга сменились субдукционными условиями с заложением островной дуги.

На коллизионной стадии, после закрытия океанической структуры за счет разрушения островодужного комплекса на фоне режима затухания очагов мантийной магмогенерации сформировались отложения воронежской свиты, которые перекрыли и законсервировали офиолиты сутурной зоны, а затем послужили «рамой» для серпентинитового шукавского меланжа.

К концу раннего протерозоя интенсивность тектонических процессов заметно снизилась, и Воронежский кристаллический массив вступил в фазу платформенного развития и формирования структуры осадочного чехла.

Таким образом, современное состояние рельефа поверхности основания Воронежской антеклизы связано с процессами денудации, протекающими на стадии формирования осадочного чехла (рис. 4), а формирование Шукавского поднятия

объясняется продолжением диапиризма (выдавливания) серпентинитов, в силу чего образуются положительные формы рельефа. Локальные поднятия такого типа связаны не с дифференцированными движениями земной коры, а формируются за счет её внутренней неоднородности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологическое картирование хаотических комплексов / под ред. Н.В. Межеловского. – М.: Роскомнедра, Геокарт, 1992. – 230 с.
2. Изучение офиолитовых комплексов при геологическом картировании / Л.Н. Абакумова [и др.]. – М.: Роскомнедра, Геокарт, МАНПО, 1994. – 254 с.
3. Колодяжный С.Ю. Структурные парагенезисы Павловского выступа Воронежской антеклизы / С.Ю. Колодяжный // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 2003. – Т. 78, вып.4. – С. 23-34.
4. Минерагенические исследования территорий с двухъярусным строением на примере Воронежского кристаллического массива / В.М. Ненахов [и др.]. – М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2007. – 283 с.
5. Ненахов В.М. Микститы Туркестано-Алтая / В.М. Ненахов // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. – 1996. – Вып. 1. – С. 43-46.
6. Ротараш И.А. История формирования и строение серпентинитового меланжа Зайсанской складчатой

области / И.А. Ротараш, Е.А. Гредюшко // Геотектоника. – 1974. – №4. – С. 73-80.

7. Трегуб А.И. Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива / А.И. Трегуб. – Воронеж, 2002. – 220 с. – (Тр. науч.-исслед. ин-та геологии Воронеж. гос. ун-та; Вып. 9).

8. Чернышов Н.М. Габбро-верлитовая ассоциация докембрия Воронежского массива / Н.М. Чернышов, С.М. Фролов, В.Л. Бочаров // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1977. – №6. – С. 51-59.

9. Модель геодинамического развития Воронежского массива в раннем докембрии / Н.М. Чернышов [и др.] // Геотектоника. – 1997. – №3. – С. 21-31.

10. Шевырев Л.Т. Геологическое развитие Воронежской антеклизы: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук / Л.Т. Шевырев. – М., 1989. – 30 с.

11. Шевырев Л.Т. О современном рельефе поверхности кристаллического фундамента Воронежской антеклизы / Л.Т. Шевырев // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1985. – №11. – С. 12-19.

12. Шейнманн Ю.М. Естественные группы ультрабазитов; их значение для тектонического анализа / Ю.М. Шейнманн, Б.Г. Лутц // Геотектоника. – 1974. – №4. – С. 3-19.

13. Элевич В.Я. К вопросу о петрологической природе серпентинизации / В.Я. Элевич, М.П. Воларович // Геохимия. – 1973. – №12. – С. 1801-1811.

Бондаренко Светлана Владимировна  
аспирант, преподаватель геологического факультета Воронежского государственного университета, г. Воронеж,  
тел. 8(4732)208-926, e-mail: sw\_bondarenko@hotmail.com

Bondarenko Svetlana Vladimirovna  
Post-graduate student, lecturer of the geological faculty of the Voronezh State University, Voronezh,  
tel. 8(4732)20-89-26, e-mail: sw\_bondarenko@hotmail.com