

УДК 551.24 (47)

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

© 2002 г. Н. А. Божко, А. В. Постников, А. А. Щипанский

Представлено академиком Д.В. Рундквистом 08.04.2002 г.

Поступило 17.04.2002 г.

Фундамент Восточно-Европейской платформы (ВЕП) был сформирован в конце раннего протерозоя. В его дорифейской структуре присутствуют разнородные мегаблоки. В последние годы были выделены три главных составляющих его сегмента: 1) Фенноскандийский, 2) Волго-Уральский, 3) Сарматский [1]. Предлагаемая модель также основана на аккреционной тектонике, но отражает несколько иной план геодинамической эволюции процессов корообразования, приведших к становлению фундамента ВЕП.

Наиболее ранние события формирования континентальной коры ВЕП происходили в террейнах Сарматского сегмента, где известны датировки цирконов с возрастом около 3.6 млрд. лет [2]. Его составные части, включающие Волюно-Подольский, Севско-Ингулецкий (Кировоградский), Сумско-Приднепровский, Оскольско-Приазовский макротеррейны, а также Днестрово-Бугский и Брянско-Одесский гранулитовые пояса, объединялись в крупный блок континентальной коры (микроконтинент) в течение среднего–позднего архея, между 3 и 2.6 млрд. лет назад [3] (рис. 1). В Карело-Кольском сегменте наиболее древние датировки относятся к возрасту 3.2–3.1 млрд. лет. Они представлены на Балтийском щите в Водлозерском блоке, небольших массивах Северной и Центральной Финляндии и в Западной Карелии [4]. В породах Волго-Уральского сегмента известны отдельные датировки протолитовых цирконов аналогичного возраста, что указывает на возможное присутствие аналогичных блоков в его пределах. Возможно, их широкое распространение здесь затушевано последующей переработкой. Указанные блоки, по-видимому, являются фрагментами древнего позднеархейского суперконтинента. К рубежу между археем и палеопротерозоем завершилась амальгамация террейнов Карельского и Кольского доменов, представленных в виде гранит-зеленокаменных и гранулитогнейсовых областей различного строения, а также разделяющего их Беломорского мобильного пояса [5]. Последний развивался в особом, до конца не выясненном режиме. Его архейская эволюция закончилась коллизией, сопровождавшейся покровно-надвиговыми деформациями, значительным утолщением коры и высокотемпературным метаморфизмом. В результате был собран Карельско-Кольский домен, южная и юго-восточная части которого в настоящее время скрыты под фанерозойским чехлом. В его состав условно включен также Вычегодский (Сысольский) блок.

Тектоническая природа Волго-Уральского сегмента не вполне ясна. Он представляет собой уникальную в своем роде структуру широкого (ареального) развития преимущественно архейских пород гранулитового метаморфизма. При этом в строении домена принимают участие супракратальные образования, что противоречит их интерпретации в качестве ареальных выходов нижней коры. Возможно, что он представляет собой композитный сегмент, сложенный близко одновременными архейскими гранулитовыми поясами, претерпевшими тектонотермальную переработку в конце архея. Об этом свидетельствуют датировки гранитоидов и метаморфизма метапелитов (2.74–2.71 млрд. лет) и последующий площадной диафорез амфиболитовой фации (2.71–2.60 млрд. лет.). В конце архея, по-видимому, произошло слияние Карело-Кольского и Волго-Уральского доменов в состав крупного сегмента континентальной коры, названного нами Восточно-Русским, который, в свою очередь, являлся частью эпипалеозойского суперконтинента.

Начало распада этого суперконтинента, вероятно, было связано с глобальным суперплюмовым событием, фиксирующимся на уровне 2.45–2.40 млрд. лет назад [6]. Он выразился разноплановым рифтогенезом, охватившим значительную часть как Восточно-Русского кратона, так и Северо-Американских кратонов Сьюпириор и Вайоминг [7]. На рассматриваемой территории

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

Государственная академия нефти и газа, Москва

Геологический институт

Российской Академии наук, Москва

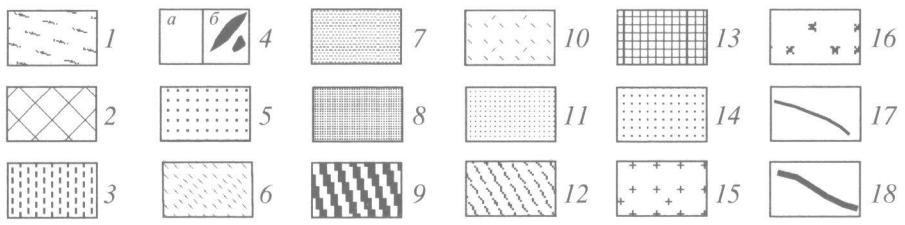
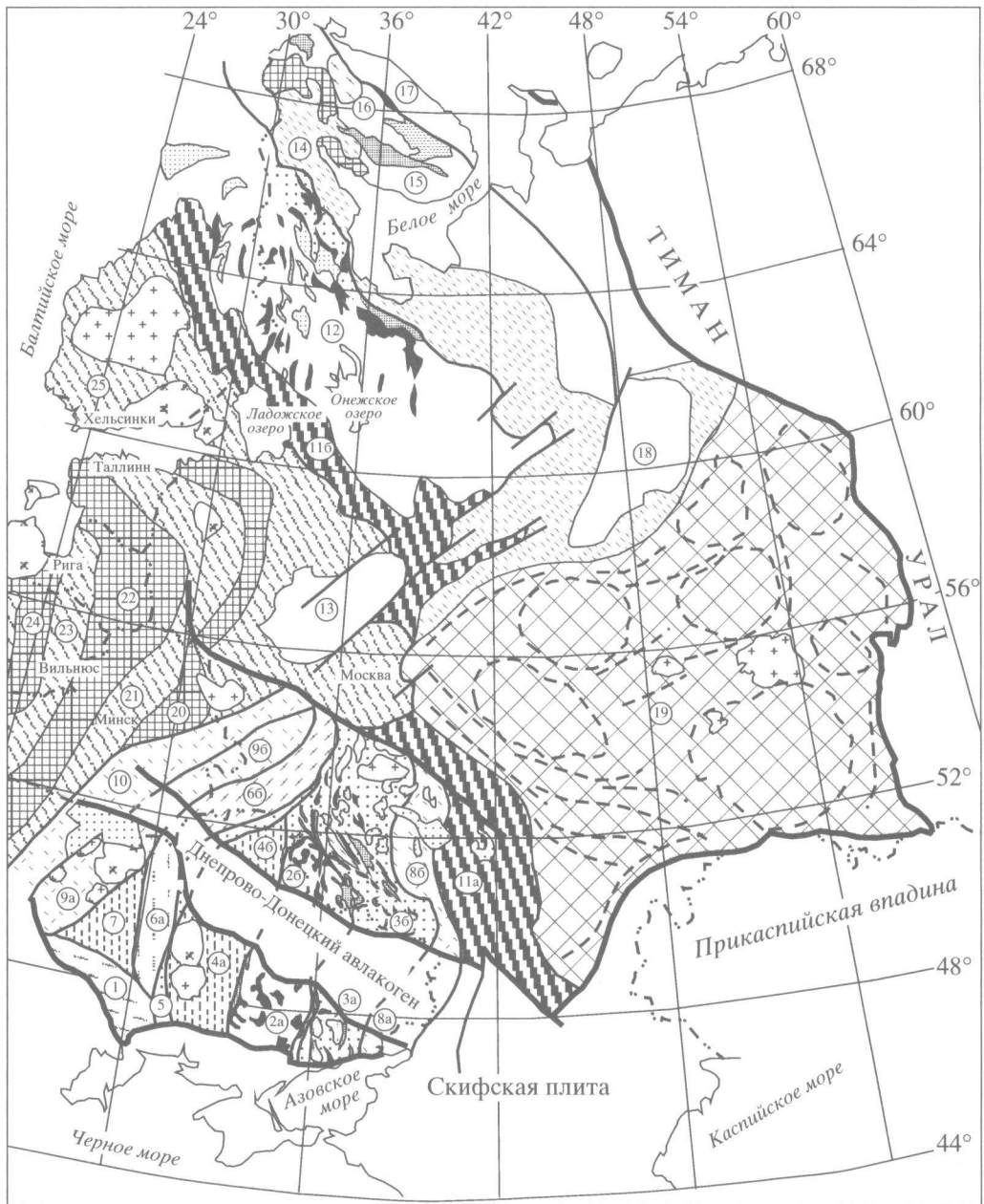


Рис. 1. Тектоническая карта фундамента Восточно-Европейской платформы. Составили авторы с использованием данных [12, 13, 15]. 1–7 – архей: 1 – гранулитовые пояса, 2 – “ареальные” гранулиты Волго-Уральского домена (штриховыми линиями изображены внутренние особенности структур домена), 3 – гранулитовые области, переработанные в неоархее и палеопротерозое, 4 – гранит-зеленокаменные области (а – тоналит-грандиомитовые комплексы, б – зеленокаменные пояса), 5 – то же, переработанные в неоархее и палеопротерозое, 6 – высокометаморфизованные комплексы Беломорского мобильного пояса, 7 – метаморфизованные осадочные комплексы позднего архея (Кейвский блок); 8–14 – палеопротерозой: 8 – вулканогенно-осадочные комплексы раннего палеопротерозоя (2.5–2.3 млрд. лет), 9 – флишеидные комплексы пассивной окраины Восточно-Русского кратона (воронцовская и ладожская серии, калевий), 10 – вулканогенно-осадочные комплексы активной окраины Сарматского сегмента (лосевская и осницко-микашевичская серии, бердичевские граниты), 11 – вулканогенно-осадочные комплексы позднего палеопротерозоя (2.1–1.9 млрд. лет), 12, 13 – комплексы сфекофеннского возраста (12 – преимущественно островодужного генезиса, 13 – коллизионных гранулитов), 14 – постсфекофеннские неметаморфизованные осадочные и вулканические комплексы; 15 – палеопротерозойские граниты; 16 – граниты-рапакиви; 17 – докембрийские разломы; 18 – крупные сбросы, ограничивающие границу платформы. Цифры в кружках – наименование блоков (террейнов, поясов): 1–10 – блоки Сарматии: 1 – Днестрово-Бугский, 2а – Средне-Приднепровский, 2б – Сумский, 3а – Приазовский, 3б – Оскольский, 4а – Ингуло-Ингулецкий (Кировоградский), 4б – Севский, 5 – Росинско-Тикичский, 6а – Белоцерковско-Одесский, 6б – Брянский, 7 – Вольно-Подольский, 8а – Западно-Приазовский, 8б – Лосевский, 9а – Бердичевский, 9б – Смоленский, 10 – Осницко-Микашевичский; 11 – комплексы палеопротерозойской пассивной окраины Восточно-Русского кратона: 11а – воронцовский, 11б – ладожский, калевий; 12–18 – блоки Карело-Кольского сегмента: 12 – Карельский, 13 – Тверской, 14 – Беломорский, 15 – Терский, 16 – Аллареченский, 17 – Мурманский, 18 – Вычегодский; 19 – Волго-Уральский сегмент; 20–25 – блоки Свекофеннского орогена: 20 – Витебский, 21 – Центрально-Белорусский, 22 – Белорусско-Балтийский, 23 – Латвийско-Восточно-Литовский, 24 – Западно-Литовский, 25 – Свекофеннский.

рифтогенез проявлялся преимущественно вдоль шовных зон сочленения архейских блоков и сопровождался становлением расслоенных широко известных на Балтийском щите интрузий и дайковых комплексов этого (сумийского) возраста. На севере Беломорского пояса произошло новое раскрытие ограниченного масштаба вдоль Лапландско-Колвицкой зоны. В пределах фрагментов коры, избежавших деструкции, происходило накопление ятулийского платформенного чехла.

Однако наиболее грандиозная деструкция архейской коры проявилась на западе, где она, по-видимому, претерпела раскол приблизительно по линии С. Ботний–С. Приладожье–Рыбинск, далее между Тверью и Ярославлем, затем между Москвой и Рязанью, Восточнее Липецка и западнее Ростова-на-Дону. К юго-западу от этой линии раскола возник новообразованный океанический бассейн, а к северо-востоку обособился Восточно-Русский эпиплатформенный кратон, крупный фрагмент более обширного сегмента континентальной коры этого возраста. На окраине этого кратона, вдоль вышеуказанной линии заложилась протяженная перикратонная зона, в пределах которой шло накопление терригенных флишеидных толщ. Таким образом, данная зона представляла собой в палеопротерозое пассивную окраину, окаймлявшую древний континент. Фрагменты этой некогда единой пассивной окраины обнажены на севере в виде однотипных флишеидных толщ калевия (2.0–1.9 млрд. лет) и ладожской серии, которые прослеживаются по геофизическим данным и материалам глубинного бурения до района Рыбинска. Далее к юго-востоку четкие очертания рассматриваемой зоны теряются, становятся расплывчатыми, особенно при пересечении Средне-Русского авлакогена. По-видимому, это связано со сложными деформациями, в том

числе надвигового и сдвигового характера, имевшими место во время коллизии в конце палеопротерозоя, однако есть геофизические основания для выделения аналогичных сланцевых толщ под чехлом восточнее района Москвы и в полосе, протягивающейся вдоль северного края Воронежского массива. На востоке этого массива рассматриваемые отложения вновь выходят на поверхность в виде флишеидных толщ воронцовской серии. Палеотектонически этот комплекс связан с Волго-Уральским доменом, на краю которого происходило их накопление. Это по данным бурения подтверждается их несогласным залеганием на архейских гранулитах. В пользу такой трактовки говорит отсутствие обломков железорудных образований в составе терригенных отложений воронцовской серии, столь типичных для Воронежского массива, но практически отсутствующих в Волго-Уральском докембрии. К тому же воронцовская серия имеет явно выраженный тектонический контакт (по Лосевско-Мамонскому разлому) с развитыми к западу вулканитами лосевского пояса, имеющими другую геодинамическую природу. Вместе с тем отметим, что в современной структуре платформы отложения воронцовской серии традиционно рассматриваются в качестве восточной части Воронежского массива.

Включение разновозрастных образований ладожской и воронцовской серий в состав единой пассивной палеопротерозойской окраины является ключевым положением предлагаемой геодинамической модели (рис. 2).

В северной части палеопротерозойского океана (территории Швеции, Прибалтики и Белоруссии) формирование коры происходило за счет аккреции энзиматических островных дуг, в обстановке отсутствия значительных фрагментов

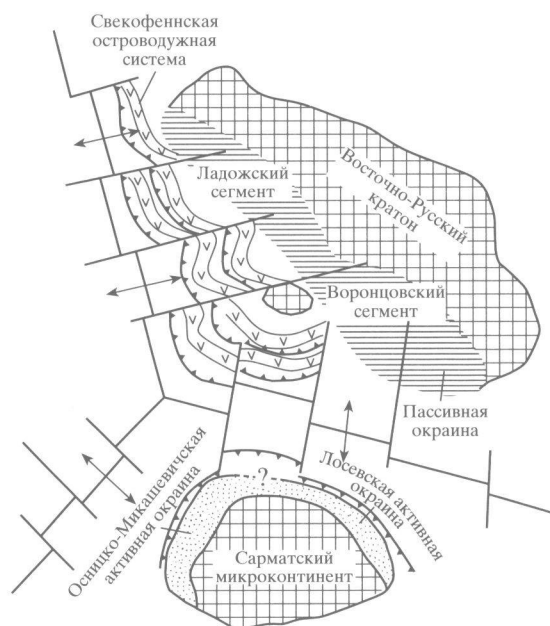


Рис. 2. Геодинамическая модель развития фундамента Восточно-Европейской платформы в позднем палеопротерозое.

древней континентальной коры [8, 9]. Наиболее крупным из таковых является Тверской террейн, который выделяется по геофизическим данным и редким скважинам к югу от Карело-Кольского домена. В палеотектоническом плане рассматриваемая территория представляла собой восточный край крупного протерозойского океана (Готского?), протягивавшегося от южного края кратона Сьюпириор и блока Вайоминг Северной Америки и Гренландии. Одновременно аналогичные аккреционные процессы развивались в это же время в западной части этого океана, что привело к образованию Мазатцальской, Явапайской провинций, поясов Чейни, Пенокийского и других в пределах Канады и США.

Океаническая плита, включающая Сарматский микроконтинент, по-видимому, развивалась автономно, на что указывают имеющиеся палеомагнитные данные [10]. Его коллизия с Восточно-Русским кратоном произошла на уровне 1.8–1.75 млрд. лет назад, что маркируется широким развитием коллизионных гранитов бобровского комплекса. Доколлизийная палеопротерозойская его история вначале была связана с энсиалическим рифтогенезом (2.5 – 2.3 млрд. лет) и накоплением железо-кремнистых формаций Кривого Рога и Курской магнитной аномалии. Затем, начиная с 2.1 млрд. лет, появляются изотопно-геохронологические и формационные свидетельства развития обрамляющих его активных кон-

тинентальных окраин. На западе формировался Осницко-Микашевский вулcano-плутонический пояс и расположенный западнее его плутонический эквивалент – Бердичевский пояс гранитов [11]. Последний по данным бурения прослеживается на северо-восток до Смоленска. На востоке Сарматского микроконтинента развивалась Лосевская континентальная активная окраина.

Свекофенский орогенез в районе Швеции, Финляндии, Ладожской зоны и ее продолжения выразился в коллизии островная дуга–кратон и включал два главных периода деформаций и метаморфизма, в основном соответствующих фазам внедрения гранитоидов. Раннесвекофенский плутонизм происходил в интервале 1.9–1.87 млрд. лет, позднесвекофенский – 1.83–1.77 млрд. лет [12, 13]. Вдоль Ботнийско-Ладожской зоны, превращенной из пассивной окраины в активную, процессы магматизма и деформации контролировались правосторонними сдвигами. Это свидетельствует о косом характере поглощения океанической плиты в развивавшихся здесь зонах конвергенции плит. Крупные зоны разломов сопровождалась метаморфизмом, достигавшим гранулитовой фации либо за счет утолщения коры, либо за счет высокого теплового потока в зонах повышенной проницаемости коры [8]. Во время второй стадии коллизии имело место развитие инвертивной метаморфической зональности [14]. С этим же временем связываются коллизионные процессы и гранулитовый метаморфизм Лапландско-Колвицкого пояса.

В конце палеопротерозоя–начале мезопротерозоя произошла общая кратонизация ВЕП. В пределах аккреционной области она была отмечена становлением интрузий гранитов-рапакиви. Окончание формирования фундамента ВЕП отражает образование очередного (мезо-протерозойского) суперконтинента, фрагментом которого он является.

Таким образом, в тектонической эволюции фундамента ВЕП выделяются следующие главные этапы:

1. Аккреция ранне- и среднеархейских террейнов и образование позднеархейского суперконтинента – 2.7–2.65 млрд. лет.
2. Деструкция сегмента архейской коры, обособление Восточно-Русского кратона, рифтинг в его пределах, заложение пассивной окраины океанического бассейна к западу от него – 2.45 млрд. лет.
3. Аккреция террейнов в пределах океанического бассейна, приращение островных дуг, микроконтинентов и Сарматского композитного микроконтинента к архейскому Восточно-Русскому кратону – 2–1.75 млрд. лет.
4. Общая кратонизация и становление гранитов-рапакиви – 1.7–1.6 млрд. лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gorbatshev R., Bogdanova S.V.* // *Precambr. Res.* 1993. V. 64. P. 3–22.
2. *Щербак Н.П., Каляев Г.И.* В сб.: *Тектоника и вопросы металлогении раннего докембрия.* М.: Наука, 1986. С. 17–27.
3. *Shchipansky A.A., Bogdanova S.V.* // *Tectonophysics.* 1996. V. 268. P. 109–125.
4. *Лобач-Жученко С.Б., Чекулаев В.П., Арестова Н.А. и др.* // *Геотектоника.* 2000. № 6. С. 26–42.
5. *Mertanen S., Halls H.C., Vuollo J.I. et al.* // *Precambr. Res.* 1999. V. 98. P. 197–221.
6. *Condie K.C.* // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 1998. V. 163. P. 97–108.
7. *Heaman L.M.* // *Geology.* 1997. V. 25. P. 299–302.
8. *Gaál G., Gorbatshev R.* // *Precambr. Res.* 1987. V. 35. P. 15–52.
9. *Claesson S., Bibikova E.V., Bogdanova S.V., Gorbatshev R.* // *Tectonophysics.* 2001. V. 339. P. 1–18.
10. *Iosifidi A.G., Bogdanova S.V., Khramov A.N., Bylund G.* // *Geophys. J. Inter.* 1999. V. 137. P. 723–731.
11. *Claesson S., Bibikova E.V., Bogdanova S.V., Gorbatshev R.* // *EUROPROBE Symp. "Archaean and Proterozoic Plate Tectonics: Geological and Geophysical Records"*, 2001. Abstrs. St. Petersburg. 2001. VSEGEI. P. 13–14.
12. *Gorbatshev R., Gaál G.* In: *Proterozoic Lithospheric Evolution. Geodynamic Ser. Volume Wash. (D. C.): AGU,* 1987. V. 17. P. 149–159.
13. *Bogdanova S.V., Page L.M., Skridlaite G., Taran L.* // *Tectonophysics.* 2001. V. 339. P. 39–66.
14. *Глебовицкий В.А., Балтыбаев Ш.К., Левченко О.А. и др.* // *ДАН.* 2001. Т. 377. № 5. С. 667–671.
15. *Международная тектоническая карта Европы и сопредельных областей масштаба 1: 5 000 000 / Под ред. В.Е. Хаина, Ю.Г. Леонова. CGMW/IUGS, СПб.: ВСЕГЕИ, 1996.*