

УДК 551.24:551.72(470.1/.6+510)

**Л.И. Филатова****ГЛАВНЫЕ ЧЕРТЫ И ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПРОТЕРОЗОЙСКИХ РИФТОГЕННЫХ СТРУКТУР ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ И КИТАЙСКИХ ДРЕВНИХ ПЛАТФОРМ (протоавлакогены и авлакогены).  
СТАТЬЯ 3. К СТРОЕНИЮ ПОЗДНЕПРОТЕРОЗОЙСКИХ  
АВЛАКОГЕНОВ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ**

В продолжение анализа структур протерозойско-го континентального рифтогенеза — протоавлакогенов раннего протерозоя Восточно-Европейской и китайских платформ и позднепротерозойских авлакогенов территории Китая [58] — в статье приводится обзор некоторых данных о позднепротерозойских авлакогенах Восточно-Европейской платформы (ВЕП).

Позднепротерозойские авлакогены в пределах ВЕП многочисленны, как правило, они погребены под мощным плитным чехлом венд-палеозойских и мезозойско-кайнозойских отложений на глубину до 1,5—2,5 км в центральной части и до 3—4 км на востоке. Распространение и строение этих авлакогенов известно по данным бурения и геофизических работ в связи с исследованиями нефтегазоносности платформ. Данные обширны, в последние годы предпринимались попытки палеогеографического и геодинамического анализа [15, 26, 36, 41, 61—63] и др. Автор рассматривает структуру ряда позднепротерозойских авлакогенов ВЕП, а также особенности состава и строения выполняющих их геологических образований.

**О размещении и структурных чертах позднепротерозойских авлакогенов ВЕП.** Позднепротерозойские авлакогены Восточно-Европейской платформы образуют сложные разнонаправленные системы (рис. 1). С 70-х гг. прошлого века для них указывалось трехлучевое сочленение (левая врезка на рис. 1), разделяющее фундамент на Балтийский щит, Воронежский массив вместе с Украинским щитом и Волго-Уральскую область (А.А. Клевцова, М.И. Островский и др.). С 1991 г. С.В. Богданова [67] описывала их как Фенноскандию, Сарматию и Волго-Уралию соответственно (для последней области предлагалась название Волго-Бельская и др. [29]). При этом от Предтима́нья до западной окраины Украинского щита отмечалась протяженная северо-восточная система авлакогенов: Котласский, Среднерусский (Рослятинский и Солигаличский), Крестцовский, Валдайский, с продолжением далее на юго-запад к Оршанскому и Волыньскому авлакогенам. Юго-восточнее Крестцовского авлакогена находятся менее длинные кулисообразно расположенные Московский (Павлово-Посадский) и Гжатский авлакогены, ориентировка которых от северо-восточной сменяется к востоку на широтную. Иногда их группируют с расположенным юго-восточнее Пачелмским (Рязано-Саратовским) авлакогеном, кото-

рый от центра ВЕП протягивается до Прикаспийской синеклизы (его крайнюю юго-восточную часть нередко выделяют как Пугачевский авлакоген). Эта ветвь авлакогенов под Прикаспийской синеклизой, возможно, далее отвернута к Уралу [9]. Ряд авлакогенов северо-западной ориентировки приурочен к обрамлению Балтийского щита: Ладожский, а также более северные Кандалакшский, Керещко-Пинежский, Лешуконский и Мезенский, которые в последнее время иногда выделяют в Беломорскую (или Мезенскую) систему [5, 25]. На востоке ВЕП находится субмеридиональный Кировский авлакоген, южнее — Камско-Бельский и Сергиевско-Абдулинский, последовательно приобретающие субширотную ориентировку и откручивающиеся к востоку.

В конце 90-х гг. Т.В. Владимирова с соавторами [13] предложила иную трактовку систем авлакогенов ВЕП (рис. 1, правая врезка). Полагают, что их северо-восточная ветвь с главным Среднерусским авлакогеном завершается на западе Крестцовским авлакогеном. Валдайский же авлакоген, который ранее считали частью последнего (нередко его отождествляли с Крестцовским), признается самостоятельным. Его вместе с Оршанским и Волыньским авлакогенами на юге, а также с Ладожским авлакогеном на севере включают в единую субмеридиональную Полесско-Ладожскую систему. Это представляется справедливым по резкой смене простирания авлакогенов от собственно Крестцовского к Валдайскому с субширотного на меридиональное (рис. 2), а также по стратиграфо-литологическим и историко-геологическим связям Ладожского авлакогена с южными авлакогенами, на что указывалось еще в ранней работе Е.П. Брунс [47, с. 28]. Определенную общность в развитии Ладожской и запада Валдайской (Крестцовской) структур признают ряд исследователей [20, 39, рис. 1, 2 и др.]. Крестцовский и Валдайский авлакогены практически обособлены и в новой стратиграфической сводке по рифейским отложениям центра и юга ВЕП, представленной Ю.Т. Кузьменко и С.М. Шиком [26, рис. 1], но эти авторы оставляют за ними название Крестцовский авлакоген. Кроме уточнения систем авлакогенов Т.В. Владимирова и др. [13] выявили новые авлакогены — Тверской, а также Галичский (Костромской) и Владимирский, отходящие

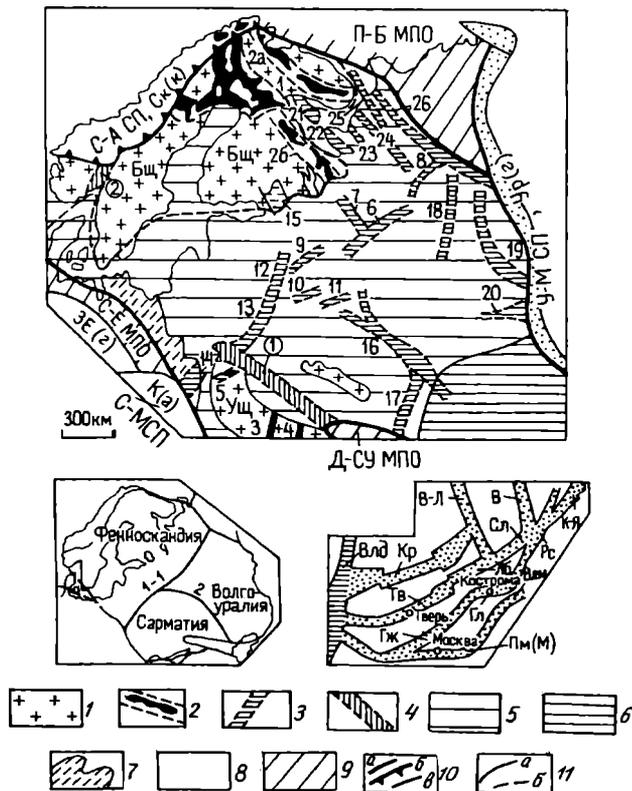


Рис. 1. Схема распространения позднепротерозойских (рифейских) авлакогенов и раннепротерозойских протоавлакогенов на Восточно-Европейской платформе (ВЕП), с использованием сводки Е.Е. Милановского [35, рис. 2], уточнение сорасположения центральных и юго-западных авлакогенов сделано по Т.В. Владимировой и др. [13], с выборочным указанием протоавлакогенов по В.С. Куликову (1988—1989) и В.А. Мележику (1997) (более поздние структуры обобщены)

1 — шиты: Балтийский (Бш), Украинский (Уш); 2 — раннепротерозойские протоавлакогены: 1 — Печенга-Имандра-Варзуга, 2а — Северокарельско-Лапландский, 2б — Лехта-Ветреный Пояс (Бш); 3 — Криворожский, 4 — Орехово-Павлоградский, 5 — Белокоровичский вместе с рифейским Овручским (Уш); 3 — позднепротерозойские (рифейские) авлакогены (в акватории Балтийского моря опущены): 6—11 — Центрально-Русская система: 6 — Среднерусский (Солигаличский и Рослятинский), 7 — Воже-Лачский, 8 — Котласский, 9 — Крестцовский, 10 — Московский (Павлово-Посадский), 11 — Гжатский; 12—15 — Полесско-Ладужская система: 12 — Валдайский, 13 — Оршанский, 14 — Волынский, 15 — Ладужский; 16—17 — юго-восток ВЕП: 16 — Пачелмский (Рязано-Саратовский), 17 — Доно-Медведицкий; 18—20 — Приуралье: 18 — Кировский, 19 — Камско-Бельский, 20 — Абдулинский; 21—26 — северо-восток ВЕП: 21 — Кандалакшский, 22 — Онежский, 23 — Керещко-Пинежский, 24 — Лешуконский, 25 — Нижнемезенский, 26 — Предтиманский; 4 — палеозойские авлакогены на ВЕП, часть в основе, возможно, рифейские (номера в кружках): 1 — Днепровско-Донецкий, 2 — Осло (грабен); 5 — фанерозойский плитный чехол; 6 — то же в наиболее погруженной Прикаспийской синеклизе; 7 — наложенные мезозойские впадины (выборочно на юго-западе с погруженным под них рифейским авлакогеном); 8—9 — мегаструктуры, обрамляющие древние платформы: 8 — подвижные (эпигеосинклинальные складчатые) пояса и выборочно их складчатые системы (наименования и возраст см. в подписях на схемах); складчатые пояса (СП): С—А — Северо-Атлантический, У—М — Урало-Монгольский, С—М — Средиземноморский; складчатые системы: Ск(к) — скандинавские каледониды, З—Е(з) и Ур(з) — западноевропейские и уральские герциниды; точками показан Предуральский краевой прогиб, К(а) — карпатские альпиды; 9 — метаплатформенные области (МПО): П—Б — Печоро-Баренцево-морская, С—Е — Среднеевропейская, Д—СУ — Донецко-Северо-устуртская; 10 — границы платформ: а — глубинные разломы, б — надвиги (выделены частично), в — некоторые осложняющие разломы; 11 — границы главнейших структур фундамента древних платформ: а — прослеженные, б — условные.

На врезках схемы группировки рифейских авлакогенов: левая — по С.В. Богдановой [67]: 1—1 — Среднерусская и 2 — Пачелмская системы; правая — по Т.В. Владимировой и др. [13]: точки и горизонтальная штриховка — Центрально-Русская (Среднерусская) и Полесско-Ладужская системы соответственно. Индексы отвечают авлакогенам: Кр — Крестцовский, С-Р — Среднерусский с ячеями (грабенами): Лб — Любимская, Сл — Солигаличская и Рс — Рослятинская; В-Л — Воже-Лачский, К-Я — Котласско-Яренский, Гл — Галичский (Костромской), Влм — Владимирский, Тв — Тверской, Влд — Валдайский

Структуру авлакогенов ВЕП сформировали в обстановке корового растяжения продольные им глубинные разломы или система параллельных разломов, определившая ступенчатое строение бортов авлакогенов, нередко асимметричных. Разломы субвертикальные, выполаживающиеся на глубине. В последние годы для позднепротерозойских авлакогенов (как и внутриконтинентальных рифтов в целом) все более утверждается мнение, что они образовались при растяжении посредством пологих внутрикоровых срывов сдвигового характера, частью достигающих кровли мантии [28, 57, 65, 66 и др.]. Авлакогены осложнены как продольными, так и поперечными поднятиями. Поперечные поднятия частично поздние и, как пра-

от Солигаличского и Рослятинского авлакогенов соответственно, что получило признание [10, 68] и др.

Среди других построений соотношения систем позднепротерозойских авлакогенов ВЕП отметим схемы Е.Е. Милановского и др. [36] и А.М. Никишина и др. [41], которые принимаются для разновременных уровней с указанием прерывающих рифтогенез эпох сжатия на рубежах раннего—среднего и среднего—позднего рифея. Сложный момент в этих построениях — признание среднерифейского перерыва в развитии приуральских авлакогенов при полном совпадении структурного плана авлакогенов раннего и позднего рифея, на что обращают внимание и сами авторы работы [36]. Но эти представления вызывают возражение уральских исследователей (см. далее). В единой зоне с авлакогенами Приуралья и Предтиманья С.Л. Костюченко и др. предложили рассматривать авлакогены Беломорья — Мезенской рифтовой провинции [25]. Центрально-Русская система, которая замыкается в этом построении Крестцовским авлакогеном (у авторов он именуется Валдайским), а также Кировский авлакоген считаются ее ответвлениями.

Е.Е. Милановский [33—35], развивая представления А.А. Богданова [7] о строении авлакогенов ВЕП, различает среди них внутренние и окраинные. Последние часто приурочены к входящим углам древних платформ или обращены к смежным мобильным поясам, оформившимся позднее, но заложившимся в рифее. Считается, что в окраинном положении в Приуралье и на юго-западе платформы они переходят в перикратонные впадины.

вило, малоамплитудные, но нередко они связаны с разломами, синхронными с главными разломами, и имеют значительную амплитуду. Структуроформирующая природа главных прибортовых разломов, как и синхронных им поперечных, подтверждается изменением литологического состава и мощности толщ, выполняющих авлакогены. Глубинные разломы, обрамляющие позднепротерозойские авлакогены ВЕП, отражены в фундаменте платформы [9, 34, рис. 3 и др.]. При этом авлакогены часто наследуют древнейшие линейные зоны фундамента, на что впервые в 70-х гг. обратил внимание К.О. Кратц. Нередко отмечается некоторое смещение во времени оси и общего плана палеоструктуры авлакогенов. Для Среднерусского авлакогена это выявлено Е.В. Васиной

[10] и В.Б. Пийп и др. [68], а ранее Р.Н. Валеевым [9], что нами показано на примере Сергиевско-Абдулинского авлакогена Приуралья (рис. 3).

Глубина палеоструктуры позднепротерозойских авлакогенов ВЕП, судя по мощности выполняющих их толщ и геофизическим данным, колеблется от нескольких километров до 5–7 км. Большая глубина отмечена в Центрально-Русской системе, особенно в отдельных ячейках на востоке Среднерусского авлакогена и в авлакогенах Приуралья, где достигает предельных значений. В Полесско-Ладожской системе южные структуры выполаживаются до впадин. Рифейские авлакогены ВЕП выполнены главным образом осадочными, преимущественно терригенными толщами с преобладанием песчаников и алевропесчаников, кварцевых, аркозовых, реже полимиктовых, от красноцветных до сероцветных, которые дополняются карбонатными породами и ограниченно вулканами основного, реже кислого состава. Литологический состав несколько меняется в авлакогенах разных систем, а также вдоль их простирания в зависимости от степени погруженности структур и в связи с синхронными поперечными поднятиями. Толщи имеют практически горизонтальное залегание, с некоторым увеличением угла наклона к прибортовым частям авлакогена, особенно вблизи разломов, иногда с образованием флексур, это отмечено в работах [9, 14, 25] и Е.В. Лозиным в [54] и др.

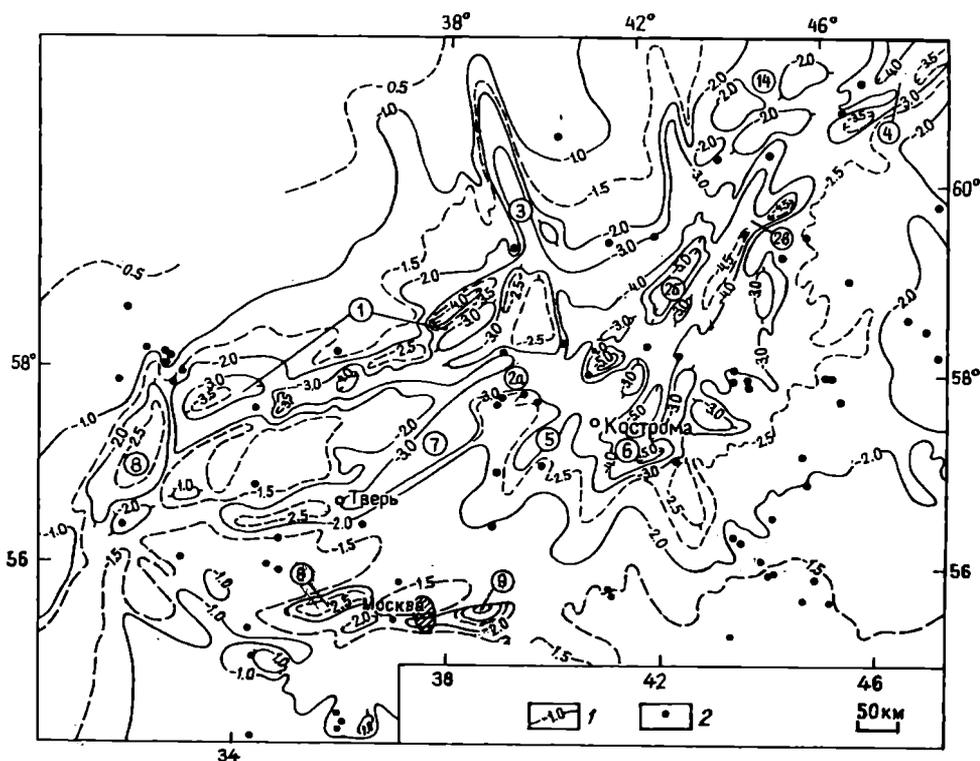


Рис. 2. Гипсометрическая схема поверхности кристаллического фундамента, по Т.В. Владимировой и др. [13], упрощенно

1 — изогипсы поверхности кристаллического фундамента, км; 2 — скважины, достигшие пород кристаллического фундамента. Цифры в кружках — авлакогены (грабены): 1 — Крестцовский, 2 — Среднерусский: 2а — Любимский, 2б — Солигаличский, 2в — Рослятинский, 3 — Воже-Лачский, 4 — Котласский, 5 — Галичский (Костромской), 6 — Владимирский, 7 — Тверской, 8 — Валдайский. Общую схему систем авлакогенов см. на правой врезке на рис. 1

В днище Среднерусского авлакогена при просмотре сейсмических данных В.Б. Пийп и др. [10, 68] выделили под осадочным разрезом комплекс высокоскоростных образований мощностью от 500 до 2000 м. Считается, что он состоит из неоднократно тектонически фрагментированных (часто по пологим разломам и надвигам) мегалинзовидно-глыбовых архейских и нижнепротерозойских метаморфических образований фундамента, местами с блоками самых ранних осадочных толщ (рис. 4). В блоках, сложенных архейско-нижнепротерозойскими образованиями, скорость продольных волн составляет 5,7–6,4 км/с, нижнепротерозойскими — 5,4–5,7 и 5,4–5,0 км/с (в фундаменте до 7 км/с, а в перекрывающих осадочных толщах рифея и венда — 5,0–4,8 и 4,8–4,6 км/с соответственно). Эти представления поддержаны А.С. Демченко с соавторами [15]. Подобное же допускается в авлакогенах Беломорья, а также в Пачелмском авлакогене и более условно в Крестцовском [25, 57 и др.].

Такой интерпретации тектонически фрагментированных высокоскоростных геологических образований, выявленных в авлакогенах выше фундамента под собственно осадочным разрезом, противопоставляется другое мнение. Их считают стратифицированным комплексом в виде доавлакогенного протоплитного чехла с возрастными аналогами и вне авлакогенов, что отражено в работах В.Г. Николаева [42] и Т.Н. Херасковой с соавторами [61–63], которые относят эти

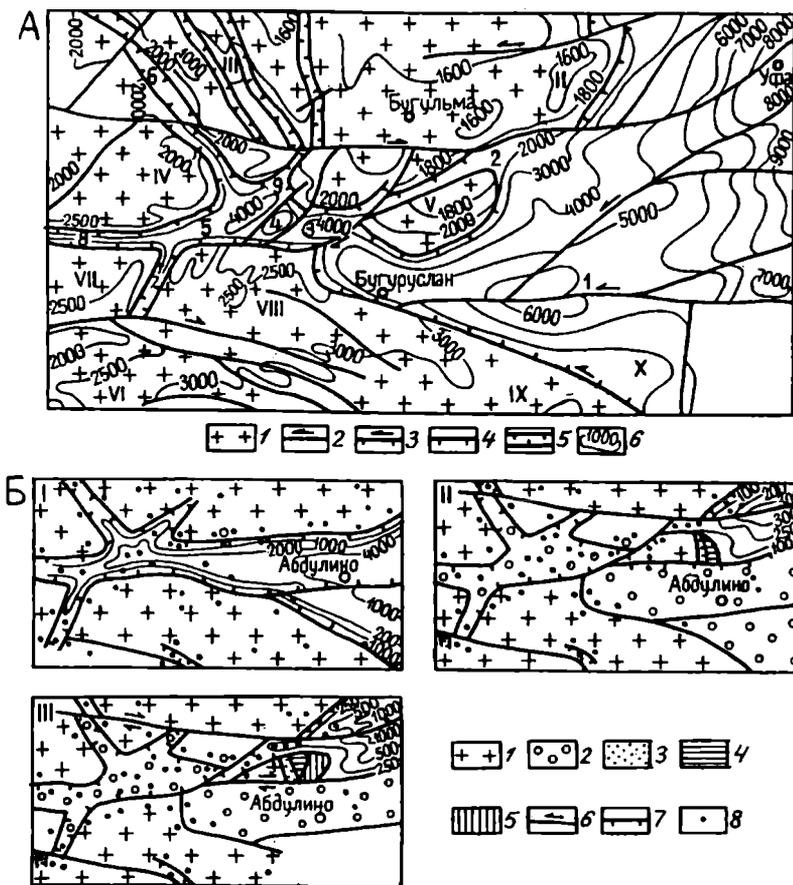


Рис. 3. Карта рельефа кристаллического фундамента (А) и схема развития (Б) Сергиевско-Абдулинского авлакогена на востоке Восточно-Европейской платформы (Приуралье), по [9], с частичным изменением условных обозначений  
 А: 1 — своды и выступы фундамента; 2 — предполагаемые сдвиги; 3 — сбросо-сдвиги; 4 — сбросы; 5 — границы авлакогена; 6 — изогипсы поверхности фундамента по геофизическим и буровым данным; Б: палеотектонические схемы I, II и III для раннего, среднего и позднего рифея соответственно: 1 — выступы архейско-нижнепротерозойского фундамента; 2–5 — авлакогенный комплекс, свиты боровская, троцкая, мизгиревская, серафимовская соответственно; 6 — сдвиги; 7 — глубинные разломы, сбросы; 8 — глубокие скважины

образования к раннему—среднему рифею или позднему этапу раннего протерозоя—раннему рифею соответственно.

В.Г. Николаев считает промежуточный комплекс осадочно-магматической (с вулканитами и интрузивными телами) толщей, выделяет ее в Среднерусском авлакогене, а также к северо-востоку от него до Великого Устюга и юго-западнее до Оршанского и Волынского авлакогенов (впадин), южнее этой системы авлакогенов в Московском авлакогене и севернее в Приладожье (салминская и др. свиты Ладожского авлакогена), в Прионежье (вепсий), в районе Коноша и др. Высокоскоростной характер и хаотичность рисунка сейсмограмм для образований промежуточного комплекса в Среднерусском авлакогене В.Г. Николаев связывает с телами габбро-диабазов. При обосновании тектонической природы этой толщи допускается ее корреляция с крестцовской свитой среднего рифея, имеющей нарушенный рисунок сейсмограмм, в соответствии с данными по скважине Сев. Молоко-

во, содержащей наряду с терригенными и магматические породы.

Но, как показывает проведенная В.В. Костылевой с соавторами [24] детализация литологического состава толщ, вскрытых этой скважиной, крестцовская свита одноименного авлакогена в основе имеет типичный для осадочного разреза авлакогенов аркозовый, кварцево-аркозовый состав. В Среднерусском авлакогене подобные образования находятся выше высокоскоростного комплекса фрагментированного фундамента (в понимании В.Б. Пийп и др. [68]). Соответственно утверждение, что нижние части сейсмических профилей через Среднерусский и Крестцовский авлакогены геологически равнозначны, вряд ли правомочно. Трудно согласиться и с представлением о среднерифейском верхнем возрастном пределе “осадочно-магматической толщи”, принимаемом по аналогии с крестцовской свитой. Для утверждения раннерифейского возрастного предела этих образований В.Г. Николаев использует также К—Аг-датировки (1400—1570 млн лет для метаморфических сланцев и до 1500—1600 млн лет для габбро-диабазов). Однако, учитывая интрузивный характер датированных магматических тел и ограничения применявшегося геохронологического метода для метаморфических пород (из-за возможного “омоложения” возраста), вероятнее предположить для этой “толщи” дорифейский нижний возрастной предел, по крайней мере конец раннего протерозоя. На это указывает и включение В.Г. Николаевым в эту ассоциацию вепсия, для которого возраст даже прорывающих габбро определен в  $1770 \pm 12$  млн лет [6]. В

пользу дораннерифейского возраста, кроме того, косвенно свидетельствует метаморфизм части коррелируемых образований, отсутствующий в собственно нижнерифейских толщах ВЕП и в стратотипическом разрезе рифея Башкирского антиклинория.

В последние годы В.Г. Николаев и М.А. Нагорный [40] предложили расчленять квазиplatformенный чехол на “синкратонный” дорифейский и “посткратонный” рифейский (разделенные внедрением посттектонических гранитоидов рапакиви), но проблема их сборности остается.

Близкие объем, распространение на площади ВЕП и тектоническую природу комплекса, промежуточного между фундаментом и собственно осадочными толщами авлакогенов, принимает Т.Н. Хераскова [61—64]. Доводом в пользу протоплитного характера этих образований служит их корреляция с нижней толщей кварцевых песчаников и кварцито-песчаников Московского (Павлово-Посадского) авлакогена. Эту толщу В.В. Костылева и др. [24] по признаку

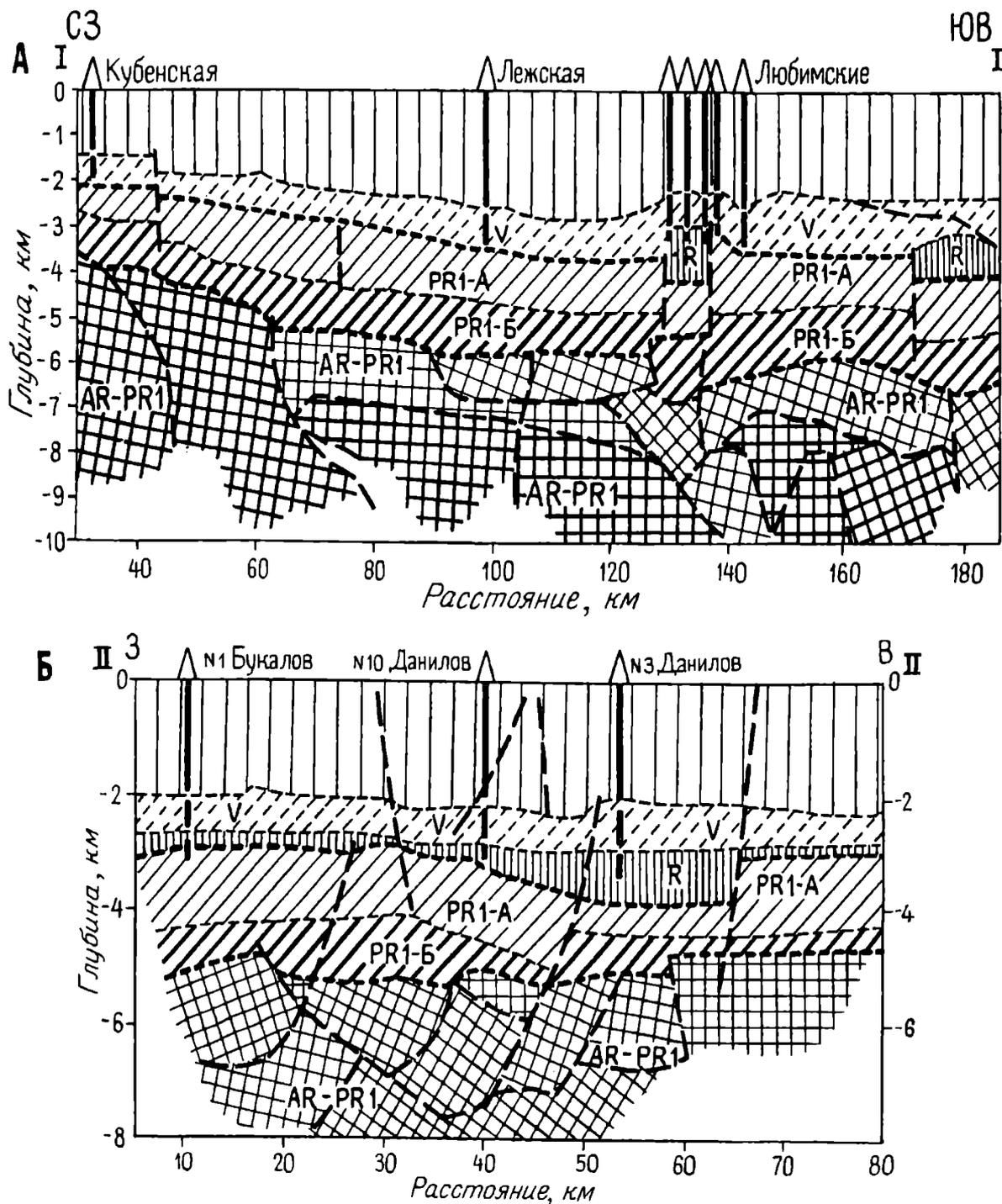


Рис. 4. Строение Среднерусского авлакогена (на основе переинтерпретации данных КМПВ 60–70 гг.), по В.Б. Пийп и др. [68], с частичной корректировкой при консультации В.Б. Пийп

А, Б — сейсмические разрезы: поперечный по линии I—I — Кубенское—Кузнецово и продольный западный по линии II—II — Букалов—Данилов соответственно (с геологической интерпретацией, частично подтвержденной данными бурения); 1 — практически ненарушенная часть фундамента авлакогенов (более 6,4 км/с), 2–4 — комплексы нарушенного фундамента авлакогенов: 2 — архейско-раннепротерозойский (AR—PR<sub>1</sub>, 5,7–6,4 км/с), 3–4 — раннепротерозойский, нижняя и верхняя части (PR<sub>1</sub> — А и Б, 5,7–5,4 и 5,4–5,0 км/с), 5 — рифейский комплекс авлакогенов (5,0–4,8 км/с), 6–7 — комплексы плитного чехла: 6 — вендский (4,8–4,6 км/с), 7 — палеозойско-мезозойский; δ — разрывные нарушения; 9 — скважины (соотношение горизонтального и вертикального масштаба 1:6 и 1:5 соответственно)

высокой зрелости обломочного материала считают доавлакогенным образованием — фрагментом раннего плитного чехла и противопоставляют ее вышележащим кварцево-аркозовым и аркозовым толщам собственно авлакогенного разреза. Однако и в этом постро-

ении метаморфизованные образования, относимые в числе других к проточехлу, трудно представить в единой историко-геологической и тектонической категории с неметаморфизованной терригенной высоkozрелой существенно кварцевой толщей Московского ав-

лакогена. Указание же Т.Н. Херасковой на присутствие бластомилонитов среди доавлакогенных пород позволяет допустить (по крайней мере для их части) астратиграфичность и родственность комплексу фрагментированного фундамента в понимании В.Б. Пийп с соавторами [68]. Заметим, что в поздних работах Т.Н. Хераскова [61, 64] при ссылках на данные этих авторов, а также А.С. Демченко и др. [15] определеннее характеризуют промежуточный комплекс в основании авлакогенных разрезов как близкий к тектоническому меланжу. Очевидно, в дальнейшем возможно уточнение его положения по отношению к пока воссоединяемым с ним исходно осадочным образованиям, особенно находящимся вне авлакогенов.

По нашему мнению, высокоскоростной мегаolistостромовый комплекс в основании осадочного разреза авлакогенов принадлежит начальной рифейской стадии заложения палеоструктуры авлакогенов. Учитывая значительную предвендскую и предпалеозойскую эродированность авлакогенов, по-видимому, возможно обнаружение подобных образований в фундаменте ВЕП вне известной сети рифейских авлакогенов, что как будто подтверждается геофизическими данными (устное сообщение В.Б. Пийп, 2006) и в дальнейшем может расширить понимание изначального распространения этих структур. Этому следует противопоставлять как собственно авлакогенные толщи вулканогенно-терригенного состава, которые сторонники признания доавлакогенного протоплатформенного чехла ("осадочно-магматической толщи") ВЕП рассматривают в его составе (Приладожье, центр и запад ВЕП), что принимают и другие исследователи [39] и др.

В отношении выявления протоплитного чехла по признаку высокой зрелости (существенно кварцевый состав), в противоположность вышележащим кварцево-аркозовым и аркозовым толщам как собственно авлакогенным, отметим, что высокая зрелость пород, по нашему мнению, не исключает их принадлежности авлакогенному разрезу (см. далее). Вместе с тем существование на ВЕП доавлакогенного протоплатформенного чехла вполне допустимо, однако его обоснование, особенно как раннерифейского (с рубежа в 1650 млн лет), требует доказательств.

Время заложения авлакогенов на ВЕП определяется неоднозначно. С начала раннего рифея (1650 млн лет) формировались авлакогены Приуралья — Камско-Бельский и Сергиевско-Абдулинский, остальные чаще считаются возникшими со среднего рифея (1350 млн лет). Однако в 1960—80-х гг. многие исследователи (И.Е. Постникова, А.А. Клевцова, В.В. Кирсанов, Р.Н. Валеев, А.С. Махнач и др.) допускали развитие авлакогенов центральной и западной частей платформы с раннего рифея, в последние годы это мнение отчасти сохраняется и подтверждается геохронологически [8, 21, 31 и др.]. Установление времени начала проявления авлакогенеза на ВЕП, особенно для Центрально-Русской системы авлакогенов, по-

видимому, осложняет рассмотренное выше допущение о принадлежности раннерифейских образований в их разрезе фрагментам доавлакогенного протоплатформенного (квазиплатформенного) чехла.

Что касается времени завершения развития позднепротерозойских авлакогенов на ВЕП, то отметим, что их верхние толщи обычно принадлежат верхнему рифею (1000—650 млн лет), но местами они включают также венд. При этом для верхневендских толщ очевиден самостоятельный структурный план, принадлежность к нижней части плитного чехла. Нижневендские толщи, которые имеют значительно меньшую площадь распространения, многие исследователи признают структурно связанными с рифеем авлакогенов, хотя нередко без существенного изменения литологического состава они продолжают из авлакогенов на смежные поднятия, что известно для разных районов платформы, особенно в Приуралье [9, рис. 6; 23] и др. Структурная и палеогеографическая обособленность нижневендских образований на ВЕП от рифейских утверждалась с начала выделения венда, т.е. еще в 50-х гг., автором этого подразделения Б.С. Соколовым, что поддерживают ведущие исследователи верхнепротерозойских образований ВЕП [11, 51 и др.]. На наш взгляд, вхождение нижнего венда в авлакогены является частным случаем наследования предшествующего структурного плана, но при его самостоятельности по отношению к рифею, соответственно авлакогены ВЕП связаны с рифейским этапом ее развития.

Указанному представлению о природе рифейских авлакогенов ВЕП иногда противопоставляется мнение о вторичности их тектонического ограничения, исходно расширенном мелководно-бассейновом характере палеоструктуры. При этом утверждается неправомочность установления времени заложения и этапности развития авлакогенов по возрасту выполняющих их толщ [24, 61—64]. Крайняя точка зрения практически отрицает позднепротерозойский рифтогенез на ВЕП [49], с чем трудно согласиться, имея в виду изложенные выше положения. Вместе с тем в Приуралье в последние годы наряду с признанием рифтогенной природы авлакогенов утверждается исходная принадлежность толщ рифея внутриконтинентальным бассейнам [29, 30]. Однако прерывистость распространения здесь рифейских отложений оставляет определенное сомнение в этих построениях, особенно для западных частей структур, хотя они заслуживают внимания для характеристики восточных площадей, где авлакогены переходят в зоны перикратонного опускания.

**Особенности строения толщ рифейских авлакогенов ВЕП.** В ранних исследованиях авлакогенов ВЕП большее внимание было сосредоточено на Пачелмском авлакогене, погружающемся в юго-восточном направлении и отделяющем Воронежский массив от Волго-Уральской области. Но в последние 10—15 лет значительно продвинулось исследование авлакогенов

других районов ВЕП. Ниже рассмотрены особенности состава и строения толщ, выполняющих рифейские авлакогены Центрально-Русской системы; более западные мы вслед за Т.В. Владимировой с соавторами считаем в составе субмеридиональной Полесско-Ладожской системы, а также в авлакогенах Приуралья.

В *Центрально-Русской системе* наиболее изучены Среднерусский и Крестцовский авлакогены (рис. 1, № 6, 9). Они имеют общую протяженность около 1000 км и ширину обычно в 25—30 км, с увеличением до 50—70 км на северо-востоке и до 125 км на юго-западе. Западный Крестцовский авлакоген смещен к северо-западу на 70 км Рыбинским диагональным разломом. Выше предположительно *нижнерифейского мегаолистостромового комплекса — тектонически фрагментированного архей-раннепротерозойского фундамента* мощностью 500—2000 м, присутствующего в Среднерусском и, возможно, в Крестцовском авлакогене, залегают осадочные, преимущественно *терригенные толщи*. Как отмечалось, чаще их относят к среднему—верхнему рифею, но некоторые исследователи предполагают в разрезе этих структур также *нижнерифейские образования*. Имеются разночтения и в привязке толщ к среднему или верхнему рифею или даже в разделении верхнего рифея и нижнего венда [27, 53, 65 и др.], что связано с пока слабой разработанностью их геохронологии и палеонтологии. Прием же сравнительного литостратиграфического анализа затрудняется неполнотой вскрытия толщ (лишь часть скважин достигла фундамента), а также фациальной изменчивостью, что связано с разной активностью развития авлакогенов по простиранию и осложнением их поднятиями. Мы даем главным образом принципиальную оценку литостратиграфии рифейских толщ авлакогенов, полагая, что для более детального анализа требуется их дальнейшее изучение собственно стратиграфическими методами.

В *Среднерусском авлакогене* в разрезе скважины Солигалич-2, вскрывшей рифейские отложения в интервале 2156—3863 м под валдайской серией верхнего венда, установлен трехчленный разрез красноцветных терригенных толщ [15, 44]. Нижнюю часть до уровня 2925 м (*чухломская свита*) слагают гравелиты и грубозернистые песчаники аркозового состава с плохо сортированным и неокатанным обломочным материалом мощностью около 940 м. Разные авторы принимают возраст свиты от ранне- до среднерифейского, иногда до начала позднего рифея [53]. Несмотря на отсутствие естественной подошвы, в толще имеются признаки образования ее в начальную стадию развития авлакогена с близко расположенными областями сноса. Следующие 600 м сложены мелкозернистыми кварц-полевошпатовыми песчаниками с прослоями красно-

коричневых и зеленовато-серых аргиллитов внизу и светло-серых разнозернистых песчаников вверх (*костромская свита*). Завершает разрез отделенная несогласием толща мощностью около 160 м мелко- и среднезернистых более высокочерных полевошпат-кварцевых песчаников, в нижней части с прослоями аргиллитов (*обнорская свита*, верх верхнего рифея). Общая мощность рифейских толщ в скважине Солигалич-2 составляет около 1700 м, их разрез имеет трансгрессивную, с элементами регрессии направленность изменения во времени<sup>1</sup>.

На востоке Среднерусского авлакогена в скважине Рослятино рифейские толщи известны в интервале 2039—4552 м как *вологодская серия* среднего рифея [16, 19], или в верхней части среднего—низах верхнего рифея [62, 63]. При общей большей мощности (неполные 2500 м) эти толщи отличаются от толщ солигаличского разреза также преобладанием аргиллитов и алевролитов, подчинением красноцветной окраски пород сероцветной. Здесь развитие авлакогена, по-видимому, было более активным, а глубинность осадконакопления несколько большей. Т.Н. Хераскова указывает дополнение средней части разреза туфами и туффитами среднего—кислого состава (хотя это отрицается в [24 и др.]), а выше — примерно равное с терригенными породами проявление мелкозернистых туффитов и туфопелитов.

Контрастность строения рифейских толщ в скважинах Солигалич и Рослятино отмечали и первые их исследователи [16]. Указанную направленность изменения литологии рифейских толщ распространяют от района Рослятино на следующий к северо-востоку Котласский авлакоген (допуская расширение палеоструктуры [62, рис. 3]), а нередко и до Предтиманья [21, 25]. Между тем на востоке палеоструктура Центрально-Русской системы авлакогенов могла испытывать воздымание, синхронное осадконакоплению. Здесь происходит некоторое огрубление терригенного материала и более чем втрое уменьшается мощность толщ по отношению к вологодской серии, хотя не исключен предвендский размыв их верхней части [13].

В *Крестцовском авлакогене* Центрально-Русской системы по данным скважины Сев. Молоково разрез рифея, коррелируемый Т.Н. Херасковой с разрезом скважины Рослятино, имеет мощность 1425 м и двухчленное строение. Состав толщ оценивается также неоднозначно: аркозовый, в нижней половине аргиллит-алевролит-песчаниковый, сероцветный, в верхней — красноцветный песчаниковый [24, 65] или со значительным дополнением в нижнем подразделении туффитами и туфопелитами, а в основании — туфами среднего—кислого состава [62, 63]. По данным В.В. Костылевой с соавторами [24], для этих толщ

<sup>1</sup> Мы преимущественно обращаемся к конкретным описаниям разрезов, подразделения которых отражены в стратиграфическом словаре по верхнему докембрию [53], хотя имеется уточненная региональная стратиграфическая схема, разработанная с учетом ритмостратиграфического анализа и принятая МСК [27]. Однако отсутствие детального освещения новых стратиграфических подразделений не позволило нам использовать эту схему.

устанавливаются два цикла осадконакопления, отвечающие двум этапам проявления авлакогенеза: сначала трансгрессивно-регрессивный в морской обстановке, а затем континентальный, слабо трансгрессирующий. От Среднерусского авлакогена к Крестцовскому происходит огрубление терригенных толщ и нарастание их регрессивности одновременно с сокращением мощности, что усиливается также к западу и в пределах Крестцовского авлакогена (скважина Бологое [63]).

Глубина залегания нижней границы осадочных толщ Крестцовского авлакогена изменяется с востока на запад от 3170 до 2829 м. По рассмотренным разрезам скважин Рослятино, Молоково, Бологое воздымание Центрально-Русской системы авлакогенов к западу составляет более 1700 м (в современном положении, которое, как нам представляется, учитывая фациальные особенности толщ, в определенной мере отражает исходное).

Толщи, вскрытые в более западных скважинах (Крестцовские, Валдайская), принадлежат *Валдайско-му авлакогену Полесско-Ладужской системы* субмеридиональной ориентировки (рис. 1, № 12), перпендикулярной по отношению к Центрально-Русской системе авлакогенов [13]. Их сочленение изучено еще недостаточно. В Валдайском авлакогене, судя по сводкам Т.Н. Херасковой и др. и более ранней работе И.Е. Постниковой [45] (эти авторы считают его структурно сопряженным с собственно Среднерусским авлакогеном), разрез отличается преобладанием красноцветных терригенных пород — песчаников с отдельными прослоями конгломератов, дополненных кислыми вулканитами, а в основании — базальтами и диабазами (интервалы мощностью 100—200 м). Присутствие основных вулканитов здесь отмечал еще в 50-х гг. прошлого века А.Н. Гейслер (крестецкая свита, выделенная им и др. [47]). Общая мощность рифейских толщ составляет около 1000 м, разрез трижды нарушен перерывами. Преобладающие преимущественно кислые вулканиты принадлежат местным извержениям, частично наземным, что отличает толщи Валдайского авлакогена от таковых в авлакогенах Центрально-Русской системы, где вулканический материал главным образом телепирокластический и накапливался в явно подводной обстановке. Эта особенность состава и строения рифейских толщ сохраняется для Полесско-Ладужской системы, исключая ее крайний юг, где если и проявлена, то лишь рассеянная пирокластическая примесь в терригенных породах [1].

Для северного *Ладужского (Ладужско-Пашского) авлакогена* этой системы (рис. 1, № 15) характерны вулканогенно-терригенные толщи. В его юго-восточной части они подстилаются гранитами рапакиви, измененными в глубокой коре выветривания, и ладожской серией свекофенния, а южнее и западнее — гнейсами архея. Толщи рифея местами несогласно перекрыты валдайской серией верхнего венда или не-

посредственно кайнозойскими ледниково-озерными отложениями мощностью несколько десятков или сотен метров, но изредка они выходят на поверхность.

В юго-восточном Приладожье, юго-восточнее г. Питкяранта в районе сел. Салми, разрез толщ авлакогена представлен двухчленной *салминской свитой*, охарактеризованной Р.А. Хазовым [14], С.И. Рыбаковым [48], а также в [17, 18, 48 и др.]. Нижнесалминская подсвита (37 м) сложена красноцветными и пестроокрашенными аркозовыми и полевошпат-кварцевыми разнозернистыми песчаниками, гравелитами, реже мелкогалечными конгломератами, иногда косо-слоистыми, с продуктами перемыва пород нижнего докембрия. Известны глинистые сланцы, выклинивающиеся к бортам авлакогена. Верхнесалминская подсвита (до 300 м), существенно вулканогенная в виде калиевой трахибазальтовой формации, состоит из ряда покровов лав, имеющих зоны закалки (наземный характер извержений), покровы лав перемежаются подчиненными горизонтами туфов. Вулканиты местами разделены туфогенно-терригенной пачкой, иногда с корой выветривания в основании. По данным Р.А. Хазова [48], а также [50, 60], состав вулканитов вверх по разрезу меняется до андезитобазальтов, часто краснокаменных; широко проявлены комагматичные субвулканические тела и дайки.

Салминскую свиту подстилает или частично замещает ее нижнюю часть распространенная в Юго-Западном Приладожье *приозерская свита* красноцветных терригенных пород, конгломерато-брекчиевая в основании (до 389 м) [17, 47, 50, 53]. Выше по разрезу иногда выделяется красноцветная гравелито-песчаниково-глинистая *пашская свита* (154 м), залегающая с корой выветривания на вулканитах салминской свиты и перекрытая верхним вендом. Состав толщ Приладожья, особенности их фациальных замещений и характер вулканитов свидетельствуют о несомненной рифтогенной (авлакогенной) природе выполняемой ими палеоструктуры с преобладающим континентальным осадконакоплением, хотя до настоящего времени сохраняется мнение о вхождении этих толщ в доавлакогенный протоплатформенный чехол [64 и др.]. Возраст толщ Ладужского авлакогена, долго считавшийся не древнее среднего рифея, в последние годы принят как раннерифейский (датировки базальтов салминской свиты  $1459 \pm 3$  и  $1457 \pm 2$  млн лет [8]).

Более южные *Орианский и Вольнский авлакогены* (рис. 1, № 13, 14, рис. 5) имеют субмеридиональную ориентировку, расположены в Белоруссии и на Украине (северный из них заходит в пределы России), общая протяженность 800 км и ширина до 300 км. Их формирование также связывают с разрывной тектоникой, но краевые разломы нечеткие, чем, по-видимому, обусловлена выположенность этих авлакогенов с переходом во впадины. Структуры смыкаются по узкому поперечному конседиментационному поднятию, рассечены разнонаправленными разломами. Кристаллический фундамент находится на глубине до

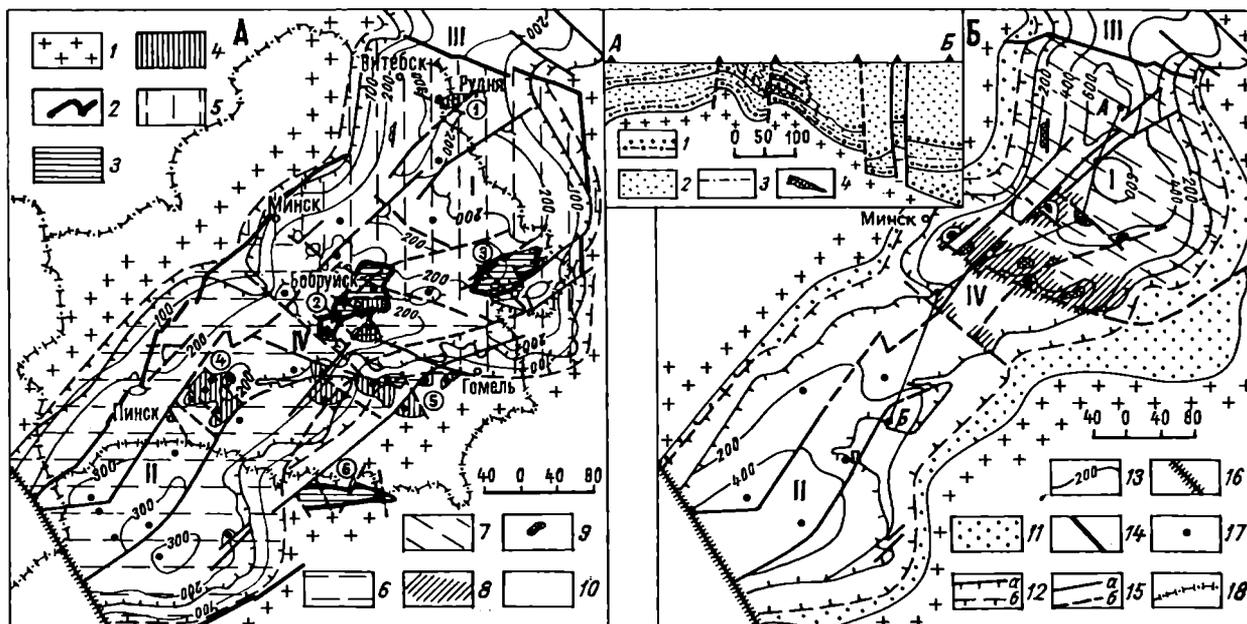


Рис. 5. Палеотектонические схемы Оршанского и Волынского авлакогенов (впадин), по М.А. Нагорному [38] с дополнением по [43]

1 — фундамент платформы на поверхности; 2—4 — нижний рифей, 2—3 — бобруйская (овручская) континентальная серия (2 — лучковская (збраньковская) свита кварцевых порфиров и др. вулканитов и кварцито-песчаников, 3 — мышковичская (толкачевская) свита кварцито-песчаников, 4 — шеровичская красноцветная терригенная континентальная серия (нижняя граувакко-аркозовая гатынская и верхняя кварцево-песчаниковая рутаветская свиты) и их аналоги; 5—10 — средний рифей, белорусская (полесская) красноцветная морская серия: на схеме А — 5—6 — нижняя часть, руднянская (луцкая) глинисто-песчаниковая свита, толщи с песчаниками (5 — существенно кварцевыми, 6 — олигомиктовыми); на схеме Б — 7—10 — верхняя часть, оршанская (гороховская) свита, 7—9 — оршанская свита, толщ: 7 — кварцево-песчаниковая, 8 — гравелито-аргиллитно-песчаниковая, 9 — органогенно-доломито-терригенная, 10 — алевролитно-глинисто-песчаниковая; 11 — области, ранее перекрытые рифеом; к схемам А и Б — 12 — границы распространения среднего рифея: а — современные, б — реставрированные; 13 — изопахиты; 14 — разломы, формирующие палеоструктуру; 15 — прочие разломы: а — достоверные, б — предполагаемые; 16 — краевой шов платформы; 17 — местоположения скважин; 18 — государственные границы Белоруссии с Украиной, Россией, прибалтийскими государствами и Польшей.

На карте римские цифры: I—II — авлакогены (впадины) (I — Оршанский, II — Волынский), III—IV — седловины (III — Велижская, IV — Полесская). Зоны поднятий в пограничных районах авлакогенов: 1 — Бобовнянско-Калиновская, 2 — Рогачевско-Бобруйская. Цифры в кружках — структуры раннего (со знаком 3 — раннего—среднего?) рифея: 1 — Руднянская, 2 — Бобруйская, 3 — Климовичская, 4 — северо-восточнее Пинска, 5 — западнее Гомеля, 6 — Овручская. Линия А—Б на схеме Б отвечает положению палеогеологического разреза (врезка, скважины с юго-запада на северо-восток: Столин, Слуцк-7, Осиповичи-21, Вильчицы-11, Орша-22, Рудня-1).

Породы на разрезе: 1 — гравелиты и конгломераты; 2 — песчаники и алевролиты; 3 — глины, глинистые алевролиты; 4 — органогенные доломиты. Снизу вверх по разрезу: 1 — шеровичская серия нижнего рифея, нижняя и верхняя части белорусской (полесской) серии среднего рифея

1,7—1,9 км, в поперечном поднятии — на 1,2 км [38 и др.]. Мощность толщи составляет более 1000 м в северной Оршанской и около 800 м в южной Волынской структурах, в них имеется ряд перерывов.

Согласно [12, 31, 32, 38—40, 44, 52 и др.], низ разреза представлен в Оршанском авлакогене. На юге — это нижняя бобруйская серия кварцевых порфиров, перекрытых кварцитовидными песчаниками (мощность от нескольких десятков метров до 160 м) континентального происхождения. Серия выделена в двух структурах восток-северо-восточной ориентировки, в районе Бобруйска и более условно, по геофизическим данным, в 100 км восточнее в районе Климовичей. Протяженность структур составляет 100—120 км (рис. 5, А). Бобруйская серия по корреляции с овручской серией (порфиры которой входят в состав базальт-трахиандезит-липаритовой формации и датированы в 1450—1550 млн лет, в том числе U—Pb-методом [52]) относится к нижнему рифею (наши датировки K—Ar-методом составляют 1265—1450±20 млн лет). Стратиграфически более высокая красноцветная гравелит-песчаниковая шеровичская серия континентальной

природы выявлена также фрагментарно, но более широко, в типовом разрезе на севере в районе Рудня (Смоленская область) и южнее Бобруйска между Пинском и Гомелем. Она имеет граувакко-аркозовый в нижней части разреза (гатынская свита, 95 м) и существенно кварцевый в верхней (рутаветская свита, до 255 м). Иногда толщи считаются среднерифейскими.

Структуры, сложенные этими толщами рифея, считают то самостоятельными, то фрагментами более крупной депрессии. Соизмеримость их с широтным Овручским авлакогеном, расположенным примерно на 200 км южнее на северо-западе Украинского щита (рис. 5, А), учитывая сходную стратиграфию, позволяет склониться к мнению об их изначальной самостоятельности при ограничении также вследствие рифтогенеза.

Следующая часть разреза выделяется как терригенная белорусская серия, или полесская (в Белоруссии и на Украине соответственно), принадлежит среднему рифею, но, возможно, и части верхнего рифея. Она включает красноцветные кварцевые, реже аркозово-кварцевые песчаники, интродуцированные габбро-диа-

базами с возрастом 1040—1175 млн лет. Рифейский разрез в Оршанской впадине завершает толща кварцево-полевошпатовых песчаников, алевролитов и алевритистых глин с прослоями доломитов мощностью до 80 м, по микрофитолитам отнесенная к верхам верхнего рифея, она выделяется в *лапичскую свиту*, залегающую выше белорусской серии, или включается в верхнюю часть последней [30, 53 и др.]. В отличие от нижних континентальных толщ белорусская (полеская) серия считается мелководно-морской, сформировавшейся в замкнутом внутриконтинентальном (или полуоткрытом) бассейне. На разделяющей Оршанскую и Волынскую структуры системе поднятий мощность верхних толщ резко сокращается, терригенные породы внизу становятся более грубообломочными, а вверху отчасти замещаются доломитами (рис. 5, Б и врезка). К среднему (середине позднего) рифею — времени полного оформления Оршанского и Волынского авлакогенов (тектонических впадин) — субширотно-северо-восточная ориентировка структур раннего рифея (когда они, по-видимому, являлись западными ветвями Припятского прогиба) сменилась на субмеридиональную.

Режим формирования авлакогенов Ладожско-Полесской системы в раннем рифее был более активным на севере, в Ладожском авлакогене, о чем свидетельствует большее проявление в нем вулканизма со значительной ролью извержений основного состава, но повсеместно с повышенной калиевой щелочностью. Дальнейшее развитие Оршанского и Волынского авлакогенов происходило при малой контрастности восходящих—нисходящих тектонических движений с формированием мелководных впадин в обрамлении пенепленизированных областей суши, геологические образования которых были глубоко изменены в коре выветривания, с чем связывают преобладание высокозрелого терригенного осадконакопления [38]. Полесско-Ладожская система авлакогенов, по-видимому, отличалась от Центрально-Русской системы более мелким заложением, что обусловило в ней значительное проявление континентальных образований в раннем рифее, а в среднем (среднем—позднем?) рифее ей был свойствен ослабленный рифтогенез.

**Авлакогены Приуралья.** На востоке платформы в Приуралье рассмотрены *Камско-Бельский и Сергиевско-Абдулинский авлакогены* (рис. 1, № 19, 20). Согласно обобщению Р.Н. Валеева [9], первый авлакоген имеет протяженность около 900 км, в северной слепо заканчивающейся трети простирается меридионально при ширине до 30—40 км, а южнее расширяется до 250 км и поворачивает к юго-востоку, где погружается под толщу Предуральского герцинского краевого прогиба. Более южный Сергиевско-Абдулинский авлакоген имеет широтную ориентировку и прослеживается на 500 км. Как и Камско-Бельский авлакоген, он расширяется от 50 км на западном окончании (где далее распадается на ряд затухающих узких грабенов) до 200 км на востоке, сближаясь, а затем сливаясь с

Камско-Бельским авлакогеном и образуя перикратонную впадину. Глубина залегания фундамента в авлакогенах к востоку увеличивается от 1500 до 10000 м и более.

Толщи, выполняющие как Камско-Бельский, так и Сергиевско-Абдулинский авлакогены, несмотря на многочисленность вскрывших их скважин, сложны для общей стратиграфической оценки в связи с фациальными изменениями, размывами и нарушенностью разнонаправленными, особенно поперечными разрывами с амплитудой до 500—800 м [9], а также из-за разночтений в их возрастной привязке. Это обусловило значительные вариации местных стратиграфических схем даже в пределах каждого из авлакогенов, хотя отмечается ряд корреляционных уровней, общих в разрезах разных скважин, а также в стратотипическом разрезе рифея Западного Урала.

Дискуссионным является вопрос о стратиграфической полноте рифейского разреза. И.Е.Постникова [45], Ю.В. Андреев, Т.В. Иванова, Б.М. Келлер и др. [4], а также многие исследователи в поздних публикациях — В.И. Козлов и др., Е.В. Лозин, В.Н. Пучков [54], А.А. Клевцова и Н.В. Милетенко [55] и другие исследователи считают, что он отвечает всему рифею. В соответствии со стратотипическим разрезом Башкирского мегантиклинория на Западном Урале здесь выделяют нижний (1650—1350 млн лет), средний (1350—1000 млн лет) и верхний рифей (1000—670 млн лет). Но имеется также мнение, что здесь отсутствуют среднерифейские образования (толщи, включаемые в него, Е.М. Аксенов [54], а также авторы работ [2, 3, 54 и др.] относят к верхнему рифею), что дало повод признать в тектоническом развитии приуральских авлакогенов перерыв в интервале 1350—1000 млн лет [34, 41 и др.].

Нам представляется более убедительным выделение здесь всех подразделений рифея, хотя это опирается в основном на литостратиграфическую корреляцию с толщами стратотипического разреза рифея Башкирского мегантиклинория и на сходство этапности их осадконакопления при признании связей бассейновой обстановки [36, 45 и др.]). Последнее осложняется мнением о позднем — палеозойском — тектоническом сближении этих площадей, высказанным В.И. Козловым с соавторами [54], что, однако, не меняет представления о историко-геологической общности их рифейских толщ.

В попытке создания единой стратиграфии рифея обоих авлакогенов важны построения Е.М. Аксенова [2, 54] и В.И. Козлова [22, 23 и др.]. В первом за типовые принимаются разрезы Камско-Бельского авлакогена, во втором — Сергиевско-Абдулинского. В соответствии с нашим пониманием полного объема рифея в этих авлакогенах (включая средний рифей), мы в основном придерживаемся стратиграфических построений В.И. Козлова с соавторами. В разночтении возрастной привязки толщ при этом предпочтение отдано геохронологическим данным, для нижнего

и верхнего подразделений их подтверждают органические остатки в виде пока еще слабо изученных микрофоссилий, микрофитоцитов, реже строматолитов. Снизу вверх по разрезу следуют *кырпинская, серафимовская и абдулинская серии*, аналоги бурзяния (нижний рифей), юрматиния (средний рифей), и каратавия (верхний рифей) соответственно стратотипического разреза Западного Урала, с посвитной их детализацией, частью также вполне коррелируемой со стратотипом. Эти серии отвечают главным этапам становления Камско-Бельского и Сергиевско-Абдулинского авлакогенов, разделены несогласиями или размывами, иногда уровнями коры выветривания. Указывается, что общая мощность рифейских толщ составляет от 4800 до 15200 м, причем больше в Камско-Бельском авлакогене, но в обоих авлакогенах она возрастает к востоку. В характеристике главных черт состава и строения толщ использованы работы Б.М. Келлера, А.А. Клевцовой, Р.Н. Валеева, Е.М. Аксенова, И.Е. Постниковой, М.А. Семихатова, В.Н. Пучкова, А.В. Маслова, а также данные работ [53, 56 и др.].

*Нижний рифей* в Камско-Бельском и Сергиевско-Абдулинском авлакогенах заметно различается. В первом типовой разрез представлен кырпинской серией трехчленного строения, терригенной в нижней и верхней частях и доломитовой в средней толще. Нижние терригенные толщи сложены песчаниками, в значительной мере красноцветными, аркозово-кварцевыми, часто разнозернистыми, в прибортовых частях авлакогенов с прослоями конгломератов, иногда брекчий. В ранних работах эти толщи были известны как базальная тюрюшевская свита с неполной мощностью около 650 м. Признавалось ее резкое сокращение к западу с выходом на кристаллический фундамент, чем подчеркивалось нижнее положение в разрезе [3], а с другой стороны, — прибортовое ограничение авлакогена. Однако этот контакт с фундаментом В.И. Козлов с соавторами [54] утверждает тектоническим по надвигу, а мощность толщ в западной части структуры наращивается вниз более чем на 1000 м, что не позволяет считать ее в прибортовом положении. В юго-восточной погруженной части Камско-Бельского авлакогена мощность нижнего терригенного комплекса достигает 5000 м, причем мощность его отдельных интервалов увеличивается в четыре раза.

По В.Н. Пучкову [46], на северо-восточном крыле Камско-Бельского авлакогена вблизи границы с Красноуфимским блоком, приближенным к Западному Уралу, в качестве базальной для нижнего рифея можно рассматривать навышенскую толщу щелочных основных вулканитов, конгломератов и песчаников мощностью несколько сотен метров, включаемую в стратотипический разрез Западного Урала [56] и имеющую явно рифтогенный характер. Вкрест простирается авлакогена к его осевой части допускается выклинивание вулканитов и уменьшение размерности терригенного материала. В юго-западной прибортовой части авлакогена среди песчаных толщ выявля-

ны миндалекаменные базальты. Вышележащая *калтасинская свита* доломитов мощностью от 1230 до 3600 м, коррелируемая с саткинской свитой уральского стратотипа, в нижней и средней частях на воздымании авлакогена содержит терригенные прослои, частично красноцветные. Завершают нижний рифей толщи аргиллитов, алевролитов, реже песчаников и гравелитов, изредка дополненные мергелями и доломитами, пестроцветные, иногда углеродистые, мощностью до нескольких сотен метров. Общая мощность нижнего рифея в Камско-Бельском авлакогене — от 4100 до 9200 м.

В Сергиевско-Абдулинском авлакогене устойчива базальная терригенная толща нижнего рифея (*боровская*). Она красноцветная, преимущественно песчанниковая, с конгломератами вблизи бортов, особенно в системе грабенных на западном окончании структуры, а в восточной погруженной части — пестроцветная, с мелкозернистыми песчаниками и алевролитами. Мощность составляет 5—503 м и 1500—2000 м соответственно. В восточной части северного борта авлакогена на кристаллическом основании залегает толща, не имеющая прямого контакта с предыдущей, сложенная красноцветными терригенными и карбонатными породами. Ее общий состав близок кырпинской серии Камско-Бельского авлакогена, но мощность значительно меньше — до 300 м. Есть мнение, что она приурочена к осложняющему авлакогену [9]. Принимаемая Е.М. Аксеновым и др. корреляция с кырпинской серией Камско-Бельского авлакогена — полная или частичная [2, 54] — свидетельствует о фациальных изменениях как в этом авлакогене, так и по отношению к Камско-Бельскому авлакогену при значительном уменьшении мощности.

*Средний рифей* — *серафимовская серия*, отвечающая юрматинию в стратотипическом разрезе Башкирского мегантиклинория Западного Урала, в обоих авлакогенах Пруралья существенно терригенная с трехчленным разрезом. Нижняя и верхняя толщи песчанниковые, существенно кварцевая и аркозовая соответственно, с усиливающейся вверх по разрезу красноцветностью. В осложняющих ритмах сверху их дополняют алевролиты того же состава и аргиллиты, которые в средней части серии образуют самостоятельную толщу с подчиненными прослоями мергелей и глинистых доломитов. На погружении авлакогенов роль алевролитов-аргиллитовых пород, как и дополняющих карбонатных, возрастает, причем больше в Камско-Бельском авлакогене. Общая мощность среднего рифея составляет от 140 до 1880 м, увеличивается от прибортовых частей авлакогенов к внутренним в 3—4 раза, в большей мере в Камско-Бельском авлакогене [3, рис. 34; 9, рис. 5-III, 13-III; 37]. Залегает серафимовская свита несогласно на разных уровнях размытых нижнерифейских толщ, а отчасти на кристаллическом фундаменте.

Среднерифейский возраст серафимовской серии обоснован (вопреки тому, что некоторые исследова-

тели считают позднерифейской, это отмечено выше), К—Аг датировками глауконита (1252 и 1297 млн лет) и серицита (1232 и 1252 млн лет) из терригенных пород нижней свиты, а также прорывающих габбро-диабазов (1051, 1148 млн лет и др.) [23]. Цифры возраста по глаукониту в 820—921 млн лет, используемые сторонниками верхнерифейской принадлежности серафимовской серии (именуемой ими чишмалинской, Е.М. Аксенов, В.В. Баранов, А.Н. Диденко и др. [54]), согласно данным В.И. Козлова, относятся к более высокой надсерафимовской части разреза, которая действительно входит в верхний рифей (аналоги леонидовской свиты, см. схему корреляции в [3, рис. 36]).

*Верхний рифей* — *абдулинская серия* также трехчленная. Ее нижняя *леонидовская свита* мощностью 112—1350 м сложена красноцветными кварцевыми песчаниками, налегает на толщи среднего рифея с разрывом или связана постепенным переходом. В двух последующих подразделениях преобладают алевро-аргиллитовые толщи зеленовато-серой, красновато-коричневой окраски, дополненные песчаниками и глинистыми доломитами, которые сменяются пестроцветной карбонатной толщей с подчиненными аргиллитами. Мощность 87—671 и 172—363 м.

Рифейские толщи подвержены размыву в связи с предвендским поднятием и перерывом в осадконакоплении, что ограничивает возможность их палеогеографической оценки. Для лучше сохранившихся толщ нижнего рифея намечается субмеридиональная зональность осадконакопления — смена с запада на восток континентальной обстановки на преимущественно мелководно-морскую при сходной трансгрессивно-регрессивной направленности [29]. Близкий характер эволюции имеют среднерифейские толщи, но они остаются существенно терригенными в трансгрессивной фазе. Изменения разреза верхнерифейских толщ имеют четкую трансгрессивную направленность.

Для оценки палеоструктуры Камско-Бельского и Сергиевско-Абдулинского авлакогенов, по-видимому, сохранили принципиальное значение построения Р.Н. Валева [9], в которых отмечены вариации структурного плана. В частности, для времени окончания раннего рифея (при регрессии, см. выше) допускается распадение Камско-Бельского авлакогена на ряд узких грабенов. В качестве более существенной структурной перестройки отмечается смещение к началу среднего рифея положения осевой зоны Камско-Бельского авлакогена в восточном направлении, а к позднему рифею — к юго-востоку. Для Сергиевско-Абдулинского авлакогена смещение указывается по простиранию к востоку с отклонением к северо-востоку (рис. 3). В.А. Романов и М.В. Ишерская [49] придают еще большее значение изменению структурного плана в позднем рифее для Камско-Бельского авлакогена, считая, что его развитие завершилось образованием в крайнем Восточном Приуралье нового Кушкульского прогиба. Смещение Сергиевско-Абду-

линского авлакогена к востоку после раннего рифея указанные исследователи и ряд других [46] принимают за начало его формирования в качестве самостоятельной структуры.

Уточнение строения Абдулинского авлакогена недавно провели А.В. Овчаренко с соавторами, они подчеркнули его асимметрию — смещение осевой зоны к югу и выраженность здесь ограничивающего ее глубинного разлома, сопровождающегося системой листрических сбросов [43]. При этом уточнена общая мощность рифейских отложений, подтверждено ее увеличение с запада на восток от 4000 до 8000 м и выклинивание части разреза к бортам авлакогена одновременно с огрублением обломочного материала. Полностью отказавшись от возрастного расчленения толщ, эти авторы выделяют этапность формирования авлакогена по результатам сейсмических исследований с привлечением литостратиграфических сведений. Этапы выделяются как смена синеклизных образований рифтовыми, первые — по высокозрелому существенно кварцевому составу терригенных пород.

Для рифея смена этих стадий указывается дважды с перекрытием третьей синеклизной стадией (другие авторы обращают внимание главным образом на нижнюю часть разреза как расширенно-бассейновую [46] и др.). Заметим, что эти представления развивают построения В.В. Костылевой [24], выделяющей протоплатформенную стадию в предверии развития Московского (Павлово-Посадского) авлакогена, а еще больше — представления Т.Н. Херасковой [62, 63 и др.], которая в толщах Среднерусского авлакогена относит существенно кварцевые интервалы к палеолитному чехлу (см. выше).

Как отмечалось нами ранее, вполне возможно, что доавлакогенный протоплатформенный чехол существовал, но данных для его доказательства пока недостаточно. Что касается признания плитных (прото-, палео-) обстановок и тем более выделения синеклизных стадий (в противоположность рифтовым) по признаку существенно кварцевого состава терригенных толщ, то автору это представляется (см. выше описание Оршанского и Волынского авлакогенов и др.) связанным с замедлением в ходе рифтогенеза нисходящих-восходящих движений, усиливающих пенеппенизацию смежных областей поднятия и развития на них кор выветривания. Представление о расширенной (значительно) площади накопления кварцевых толщ обычно следует из допущения их реликтового проявления в авлакогенах и размыве на смежных территориях, что требует доказательства, но на Восточно-Европейской платформе пока невозможно в связи с погруженностью большинства авлакогенов под палеозойские толщи. Вместе с тем в хорошо обнаженном тектонотипическом Яньшаньском авлакогене на Северокитайско-Корейской платформе (принимаемом таковым многими исследователями) по данным анализа гранулометрии терригенных пород и их разнообразных текстурных признаков базальные существ-

венно кварцевые толщи мощностью 850 м (чанчен, 1800—1400 млн лет, нижняя часть) выделяются как образования палеоречной системы, строго ограниченной разломами, структуроформирующими авлакоген [69]. Очевидно, это необходимо учитывать (или не исключать) при палеогеографических построениях для рифея и на Восточно-Европейской платформе.

Обычно считают, что заложение и развитие авлакогенов Приуралья происходило от края в глубь платформы, как это предложил Н.С. Шатский. Однако недавно Т.В. Владимирова с соавторами [13] на примере Среднерусского авлакогена высказалась в поддержку мнения М.В. Муратова о противоположной направленности этого процесса. Для Полесско-Ладожской системы авлакогенов нам эта направленность развития авлакогенов представляется также более вероятной, поскольку активность развития (включая вулканизм) больше в ее истоках на севере и уменьшается к южному краю платформы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзберг Р.Е., Ажгиревич Л.Ф., Старчик Т.А. Формации платформенного чехла Беларуси. Ст. 2. Сульфатно-хлоридные и магматические формации. Формационное картирование // Литасфера. 2002. № 1(16). С. 5—17.

2. Аксенов Е.М., Баранов В.В., Диденко А.Н. и др. Стратиграфия и основные этапы развития верхнепротерозойских палеобассейнов Волго-Уральской провинции // Стратиграфия, палеонтология и перспективы нефтегазоносности рифея и венда восточной части Восточно-Европейской платформы. Ч. 1. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999. С. 3—12.

3. Аксенов Е.М., Морозов С.Г., Солонцов Л.Ф., Казак А.П. Верхний докембрий Волго-Уральской области // Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 377). М.: Наука, 1983. С. 107—124.

4. Андреев Ю.В., Иванова Т.В., Келлер Б.М. и др. Стратиграфия верхнего протерозоя восточной окраины Русской плиты и западного склона Урала // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. № 10. С. 57—67.

5. Балуев А.С., Моралев В.М., Глуховский М.З. и др. Тектоническая эволюция и магматизм Беломорской рифтовой системы // Геотектоника. 2000. № 5. С. 30—43.

6. Бибилова Е.В., Кирилова Т.И., Лазарев Ю.И. и др. U-Pb-изотопный возраст вепся Карелии // Докл. АН СССР. 1990. Т. 310. № 1. С. 189—191.

7. Богданов А.А. О некоторых общих вопросах тектоники древних платформ (на примере Восточно-Европейской платформы) // Сов. геология. 1964. № 9. С. 3—28.

8. Богданов Ю.Б., Саватенков В.В., Иваников В.В. и др. Изотопный возраст вулканитов салминской свиты рифея // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза. Материалы II Российской конфер. по изотопной геохронологии 25—27 ноября 2003. СПб., 2003. С. 71—72.

9. Валеев Р.Н. Авлакогены Восточно-Европейской платформы. М.: Недра, 1978.

10. Васина Е.В. Глубинное строение центральной части Московской синеклизы по данным переинтерпретации

Позднепротерозойские авлакогены Восточно-Европейской платформы интересны для сравнения с таковыми китайских платформ, поскольку эти платформы имеют разную степень стабилизации кристаллического фундамента и устойчивости стабильного режима в позднем протерозое (напомним, что к китайским платформам, даже к Северокитайско-Корейской, наиболее близкой по строению фундамента и степени стабилизации тектонического режима к ВЕП, часто применяют термин “параплатформа”). Сравнение позднепротерозойских авлакогенов (как и раннепротерозойских протоавлакогенов) этих древних платформ кратко нами дано в [59]. Однако оно требует специального рассмотрения.

Автор благодарит за консультации академика РАН Е.Е. Милановского и ведущего научного сотрудника доктора наук В.Б. Пийп (МГУ). Работа поддержана грантом “Ведущая научная школа” № НШ—5280.2006.5.

сейсмических материалов КМПВ на основе двумерно-неоднородной модели среды: Автореф. канд. дис. М. 1997.

11. Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы / Отв. ред. Б.С. Соколов, М.А. Федонкин. М., 1985.

12. Веретенников Н.В., Махнач А.С., Лапцевич А.Г., Шкуратов В.И. Стратиграфическая схема рифейских отложений Беларуси // Литасфера. № 1 (22). 2005. С. 27—35.

13. Владимирова Т.В., Капустин И.Н., Федоров Д.Л. Глубинная структура центральных районов Восточно-Европейской платформы // Геотектоника. 1997. № 3. С. 31—40.

14. Геология Карелии. Петрозаводск, 1987.

15. Демченко А.С., Демченко Б.М., Сычкин Н.И. Современный взгляд на тектоническое строение центральной части Русской плиты // Геол. вестн. центральных районов России. 1998. № 2—3. С. 5—17.

16. Золотов А.Н., Кирсанов В.В., Островский М.И., Фрухт Д.Л. Строение верхнего докембрия в восточной части Среднерусского авлакогена // Сов. геология. 1971. № 10. С. 116—120.

17. Кайряк А.И. К вопросу обоснования границы Карелии и рифея на юге Балтийского щита // Стратиграфия верхнего протерозоя СССР (рифей и венд) / Тр. V сессии Научного совета по геологии докембрия (Уфа, 1977). Л., 1979. С. 121—125.

18. Кайряк А.И., Хазов Р.А. Иотнийские образования северо-восточного Приладожья // Вестн. ЛГУ. Сер. геология-география. 1967. Вып. 2. С. 62—72.

19. Клевцова А.А. Об основных чертах истории Русской платформы // Изв. вузов. Геол. и разв. 1971. № 7. С. 3—13.

20. Клевцова А.А. Позднерифейский этап развития Русской плиты // Изв. вузов. Геол. и разв. 1977. № 11. С. 36—50.

21. Клевцова А.А. Авлакогены Русской платформы — очаги генерации углеводородов // Разведка и охрана недр. 2000. № 6. С. 19—26.

22. *Козлов В.И.* Сопоставление рифей-вендских отложений Волго-Уральской области с типовыми разрезами рифея и опорными разрезами венда Южного Урала // Стратиграфия, палеонтология и перспективы нефтегазоносности рифея и венда восточной части Восточно-Европейской платформы. Ч. 2. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999. С. 31—35.
23. *Козлов В.И., Масагутов Р.Х., Лозин Е.В.* и др. Стратиграфия и нефтегазоносность верхнего докембрия Волго-Уральской области // Там же. Ч. 1. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999. С. 40—48.
24. *Костылева В.В., Чамов Н.П., Симанович И.М., Аникеева О.В.* Этапы развития осадочных бассейнов центральной части Восточно-Европейской платформы (на примере Крестцовского и Павлово-Посадского бассейнов) // Литология и полезные ископаемые. 2001. № 4. С. 408—417.
25. *Костюченко С.Л., Егоркин А.В., Солодилов Л.Н., Золотов Е.Е.* Генетические типы рифтов Мезенско-Нижневолжского дивергентного пояса Восточно-Европейской платформы по результатам глубинных исследований // Разведка и охрана недр. 1996. № 4—5. С. 46—54.
26. *Костюченко С.Л., Солодилов Л.Н.* К геологическому строению Московии: глубинная структура и тектоника // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1997. Т. 72. Вып. 5. С. 6—17.
27. *Кузьменко Ю.Т., Шик С.М.* Уточненная стратиграфическая схема рифейских отложений центральной части европейской России (восточная часть Оршанской впадины, Крестцовский и Солигаличский авлакогены) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2006. Т. 81. Вып. 2. С. 29—39.
28. *Леонов Ю.Г.* Континентальный рифтогенез: современные представления, проблемы, решения // Геотектоника. 2001. № 2. С. 3—16.
29. *Маслов А.В.* Раннерифейский Волго-Уральский седиментационный бассейн // Литология и полезные ископаемые. 1994. № 5. С. 99—118.
30. *Маслов А.В.* Среднерифейский бассейн осадконакопления области сочленения Русской платформы и Южного Урала: литологические и фациальные особенности отложений, палеогеография и основные черты эволюции // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2000. Т. 8. № 1. С. 17—34.
31. *Махнач А.С.* Верхнепротерозойские отложения Беларуси и проблемы их дальнейшего изучения // Літасфера. 2003. № 1 (18). С. 5—13.
32. *Махнач А.С., Веретенников Н.В., Шкуратов В.И., Гулис Л.Ф.* Стратиграфическая схема рифея Белоруссии. // Материалы по стратиграфии Белоруссии (к Международному стратиграфическому совещанию, Минск, 1981). Минск: Наука и техника, 1981. С. 13—22.
33. *Милановский Е.Е.* Рифтогенез в истории Земли (Рифтогенез на древних платформах). М.: Недра, 1983.
34. *Милановский Е.Е.* Геология СССР. Кн. 1. М., 1987.
35. *Милановский Е.Е.* Геология России и ближнего зарубежья. М., 1996.
36. *Милановский Е.Е., Никишин А.М., Фурнэ А.В.* Рифейская эволюция Восточно-Европейского кратона // Докл. РАН. 1994. Т. 339. № 4. С. 513—517.
37. *Морозов С.Г., Иванова Т.В., Андреев Ю.В.* Некоторые особенности условий осадконакопления рифейских отложений востока Русской плиты и Башкирского антиклинория (по материалам параметрического сверхглубокого бурения) // История геологического и геоморфологического развития Урала. Уфа, 1982. С. 56—63.
38. *Нагорный М.А.* Тектонические условия образования красноцветных формаций рифея Белоруссии и Северо-Западной Украины // Тектоника, фации и формации запада Восточно-Европейской платформы. Минск: Наука и техника. 1987. С. 46—63.
39. *Нагорный М.А.* Формации ранних палеорифтов запада и центра Восточно-Европейской платформы // Літасфера. 2002. № 1. С. 18—30.
40. *Нагорный М.А., Николаев В.Г.* Квазиплатформенный чехол запада и центра Восточно-Европейского кратона // Літасфера. 2003. № 1 (18). С. 14—20.
41. *Никишин А.М., Фурнэ А.В., Циглер П.* Рифейско-вендская геологическая история и геодинамика Восточно-Европейского кратона // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. № 4. 1997. С. 12—22.
42. *Николаев В.Г.* Тектоническая предыстория Московской синеклизы в рифее // Геотектоника. 1999. № 6. С. 59—65.
43. *Овчаренко А.В., Ермаков Б.В., Киревичев В.К.* и др. Рифейско-вендский Серноводско-Абдулинский авлакоген Русской плиты и его нефтегазоносность // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2006. Т. 81. Вып. 1. С. 3—15.
44. Основы геологии Беларуси / Махнач А.С., Гарецкий Р.Г., Матвеев А.В. и др. Минск, 2004.
45. *Постникова И.Е.* Верхний докембрий Русской плиты и его нефтеносность. М.: Недра, 1977.
46. *Пучков В.Н.* Палеогеодинамика Южного Урала и сопредельных территорий в позднем протерозое // Стратиграфия, палеонтология и перспектива нефтегазоносности рифея и венда восточной части Восточно-Европейской платформы. Ч. 1. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999. С. 67—80.
47. Региональные стратиграфические очерки верхнего докембрия. Русская платформа // Стратиграфия СССР. Верхний докембрий / Отв. ред. Б.М. Келлер. М., 1963.
48. Рифейский тектоно-магматический цикл. Эволюция магматизма и седиментогенеза Карелии // Металлогения Карелии / Отв. ред. С.И. Рыбаков, А.И. Голубев. Петрозаводск, 1999. С. 111—120.
49. *Романов В.А., Ишерская М.В.* Тектоника платформенного Башкортостана // Стратиграфия, палеонтология и перспективы нефтегазоносности восточной части Восточно-Европейской платформы. Ч. 2. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999. С. 60—61.
50. *Светов А.П., Свириденко Л.П.* Рифейский вулкано-плутонизм Фенноскандинавского щита. Петрозаводск, 1995.
51. *Соколов Б.С.* Вендская система и “неопротерозой III” // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1995. Т. 3. № 6. С. 51—67.
52. Стратиграфические разрезы докембрия Украинского щита: Киев: Наукова думка, 1985.
53. Стратиграфический словарь. Верхний докембрий (Северная Евразия в границах бывшего СССР) // Отв. ред. М.Е. Раабен. М.: Наука, 1994.
54. Стратиграфия, палеонтология и перспективы нефтегазоносности рифея и венда восточной части Восточно-Европейской платформы. Ч. 1. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999а.
55. Стратиграфия, палеонтология и перспективы нефтегазоносности рифея и венда восточной части Восточно-Европейской платформы. Ч. 2. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999б.

56. Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. Верхний докембрий Башкирского антиклинория. (Тр. ГИН АН СССР; вып. 377). М.: Наука. 1983. С. 4—106.
57. Федоров Д.Л., Костюченко С.Л., Солодилов С.Л. Среднерусский авлакоген — тектонический трансфер в системе Прикаспийской и Баренцевоморской нефтегазоносных впадин // Отеч. геология. 1996. № 2. С. 50—61.
58. Филатова Л.И. Главные черты и особенности строения протерозойских рифтогенных структур древних Восточно-Европейской и китайских платформ (протоавлакогены и авлакогены). Ст. 1. Раннепротерозойские протоавлакогены; Ст. 2. Позднепротерозойские авлакогены Китая // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2006. № 4. С. 10—19; № 5. С. 21—35.
59. Филатова Л.И. Особенности стабилизации в свете данных по позднепротерозойскому тектогенезу Восточно-Европейской и китайских платформ // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2007. Т. 82. Вып. 1. С. 24—31.
60. Франк-Каменецкий Д.А. Геология, геохимия, минералогия и петрология рифейских базитов Приладожья // Вопросы геологии Карело-Кольского региона / Ред. А.И. Голубев. Петрозаводск, 1996. С. 12—24.
61. Хераскова Т.Н. Значение работ Н.С. Шатского по тектонике древних платформ и их нефтегазоносности в свете современных взглядов // Геотектоника. 2005. № 4. С. 3—24.
62. Хераскова Т.Н., Волож Ю.А., Андреева Н.К. и др. Новые данные о строении и условиях накопления отложений рифея-раннего венда в Центрально-Русской системе авлакогенов // Геол. вестн. центральных районов России. 2001. № 1. С. 10—20.
63. Хераскова Т.Н., Волож Ю.А., Воронцов А.К. и др. Условия осадконакопления в рифее и раннем венде центральной части Восточно-Европейской платформы // Литология и полезные ископаемые. 2002. № 1. С. 77—92.
64. Хераскова Т.Н., Волож Ю.А., Заможняя Н.Г. и др. Строение и история развития западной части Восточно-Европейской платформы в рифее-палеозое по данным геотрансекта Ев-1 (Лодейное Поле-Воронеж) // Литосфера. 2006. № 2. С. 65—94.
65. Чамов Н.П., Костылева В.В. Позднерифейское синтетектоническое осадконакопление в Среднерусском авлакогене // Генетический формационный анализ осадочных комплексов фанерозоя и докембрия / Материалы 3-го Всероссийского литологического совещания (Москва, 18—20 марта 2003). М.: Изд-во МГУ, 2003. С. 185.
66. Чамов Н.П., Костылева В.В., Анисеева О.В. и др. Развитие Крестцовского авлакогена в рифее // Проблемы литологии, геохимии и рудообразования осадочного процесса / Материалы к I Всероссийскому литологическому совещанию (Москва, 19—21 декабря 2000). М.: ГЕОС, 2000. С. 388—393.
67. Bogdanova S.V., Pashkevich I.K., Gorbatshev R., Orlik M.I. Paleoproterozoic rifting and major Palaeoproterozoic crustal boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics // Tectonophysics. 1996. Vol. 268. P. 1—21.
68. Piip V.B., Melichov V.R., Vassina E.V., Efimova E.A. Structural Evolution of the Mid-Russian aulakogen using origin method of seismic inversion // EAGE 62<sup>nd</sup> Conference and Technical Exhibition. Glasgow, 2000.
69. Song Tianrui, Gao Jian. Tidal sedimentary structures from upper Precambrian rocks of the Ming Tombs District, Beijing, China // Precamb. Res. 1985. Vol. 29. P. 93—107.

Поступила в редакцию  
04.06.2006