



*На правах рукописи*

**Чамов Николай Петрович**

**СТРОЕНИЕ И РАЗВИТИЕ  
СРЕДНЕРУССКО-БЕЛОМОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ  
В НЕОПРОТЕРОЗОЕ**

**Специальность 25.00.01 – Общая и региональная геология**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени  
доктора геолого-минералогических наук

**Москва, 2013**

Работа выполнена  
в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки  
Геологическом институте Российской академии наук

**Официальные оппоненты:**

Доктор геолого-минералогических наук

**Буш Вильям Артурович**

ведущий геолог,  
ЗАО «Аэрогеофизика», Москва

Член-корреспондент РАН,  
доктор геолого-минералогических наук

**Маслов Андрей Викторович**

заведующий лабораторией,  
Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого  
УрО РАН, Екатеринбург

Доктор геолого-минералогических наук

**Троицкий Виталий Иванович**

профессор кафедры геологии  
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва

**Ведущая организация:**

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,  
Геологический факультет

Защита диссертации состоится **17 июня 2013** года в **15<sup>30</sup>** часов на заседании  
диссертационного Совета Д 212.203.25

при Российском университете дружбы народов по адресу:  
117923, ГСП-1, Москва, ул. Орджоникидзе, 3

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РУДН по адресу:  
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Автореферат разослан 29 апреля 2013 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат геолого-минералогических наук



Карелина Е.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация посвящена изучению доплатформенного этапа развития Среднерусско-Беломорской провинции (СБП), которая расположена в пределах древней Восточно-Европейской платформы (ВЕП) (Рис. 1).

Доплатформенные неопротерозойские (верхнерифейские-нижневендские) осадочные толщи СБП входят в состав нижнего структурного комплекса и относятся к *катаплатформенному* классу осадочных чехлов [Гарецкий, Нагорный, 2011]. Верхний структурный комплекс представлен верхневендскими-палеозойскими отложениями *платформенного* чехла, закономерности строения которого определялись развитием обширной Московско-Мезенской области прогибания. По характеру строения консолидированной коры, ориентировке структур фундамента и пространственному положению основных доплатформенных структур в составе СБП различаются три региона – Оршанский (юго-западный), Среднерусский (центральный) и Беломорско-Пинежский (северо-восточный) (см. рис. 1).

**Актуальность исследования.** Наличие мощного катаплатформенного чехла ставит СБП в ряд потенциально нефтегазоносных объектов. В то же время, несмотря на предполагаемые перспективы СБП и усилия геологов с начала 40-х годов XX-го столетия, её реальный промышленный потенциал до сих пор не оценен. Состояние геолого-геофизической изученности территории находится на начальных (региональных) этапах поисково-оценочной стадии геологоразведочных работ. Связано это в первую очередь с низкой плотностью покрытия территории сейсмическими профилями и глубокими буровыми скважинами. Преимущественное заложение большинства скважин на антиклинальных структурах привело к тому, что опорные и параметрические скважины вскрыли неполный рифейско-вендский разрез и практически не выполнили поставленных перед ними геологических задач. По количеству поднятого керна и объёму проведённых мероприятий по изучению околоскважинного пространства к действительно параметрическим можно отнести только две скважины: Северо-Молоковскую в Среднерусском и Средне-Няфтинскую в Беломорско-Пинежском регионах.

К началу данного исследования накопились проблемы и противоречия во всех областях геологии СБП. В области геокартирования и тектоники спорными оставались пространственные границы, строение, возраст и многие вопросы тектонической природы главных неопротерозойских структур СБП. Не были установлены их взаимоотношения со структурно-вещественными комплексами фундамента, для которого в пределах закрытой части Русской плиты отсутствовала общепринятая схема тектонического районирования. В области осадочной геологии во многом дискуссионными были представления о строении, условиях формирования и промышленном потенциале катаплатформенного чехла. В области стратиграфии главными являлись проблемы датирования и корреляции доплатформенных осадочных комплексов. В последние годы был выполнен ряд крупных обобщений [Геодинамика и возможная нефтегазоносность Мезенского осадочного бассейна, 2006; Геология и полезные ископаемые России, 2006; Разломы земной коры Беларуси, 2007; Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы, 2010; Тектоническая карта Белого моря и прилегающих территорий м-ба 1:500000, 2010, 2012 и др.], однако общая непротиворечивая модель развития Среднерусско-Беломорской провинции не была разработана.

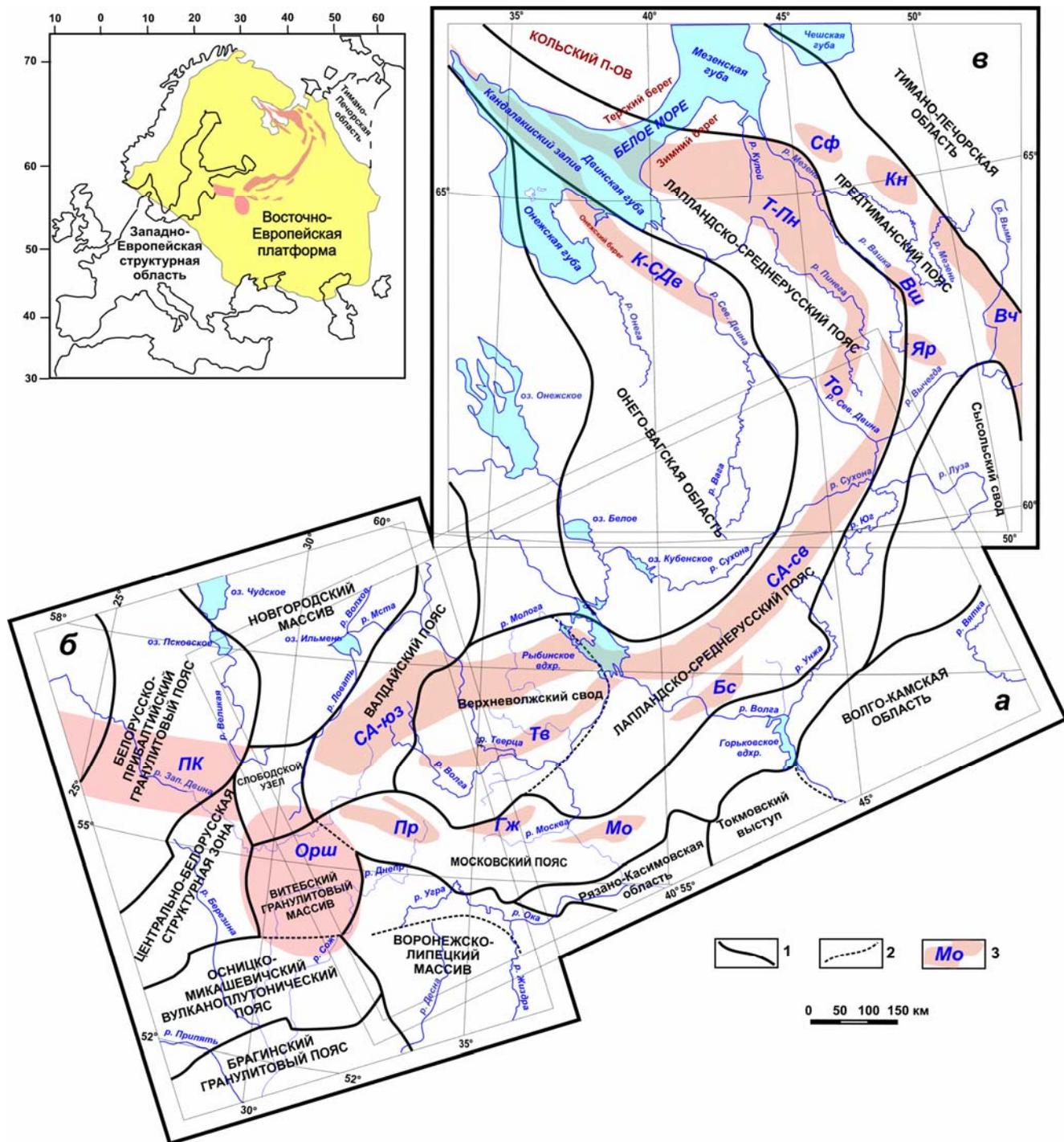


Рис. 1. Среднерусско-Беломорская тектоно-седиментационная провинция: районирование по фундаменту и положение неопротерозойских осадочных бассейнов и структур.

а-в – регионы: а – центральный, б – юго-западный, в – северо-восточный; 1, 2 – границы структурно-вещественных комплексов фундамента: 1 – главные, 2 – второстепенные; 3 – неопротерозойские осадочные бассейны и структуры (установленные и предполагаемые\*): композитные: ПК – Полоцко-Курземский пояс разломов, СА – Среднерусский авлакоген (-юз и -св – юго-западный и северо-восточный фланги), ПрБ – Пречистенско-Бельская триада; полуграбены и их системы: Гж – Гжатский\*, Мо – Московский (Подмосковный), Бс – Большесольский\*, К-СДв – Кандалакшко-Северо-Двинские, Т-Пн – Терско-Пинежские; прогибы: Тв – Тверской\*, Вч – Вычегодский; впадины: Орш – Оршанская, То – Верхне-Тоемская, Сф – Сафоновская, Кн – Койнасская, Вш – Вашкинская, Яр – Яренская.

Всё сказанное подчёркивает актуальность исследований, направленных на реконструкцию основных черт развития СБП, заложение и ранняя история которой связаны с ключевыми для неопротерозоя событиями и процессами трансформации тектонических режимов от рифтогенеза к платформенному развитию.

**Цель исследования** заключалась в решении перечисленных проблем на основе изучения современной структуры и реконструкции основных закономерностей развития СБП на этапе накопления катаплатформенного осадочного чехла.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие **основные задачи**:

При изучении регионов СБП:

- проведение тектонического районирования фундамента на основе анализа геофизических полей;
- уточнение пространственных границ и тектоники основных структур;
- установление структурно-вещественных и сейсмических комплексов;
- определение возраста и состава осадочных пород и верхней части фундамента;
- сейсмостратиграфическая корреляция элементов разреза;
- выявление седиментологических маркеров тектонических событий;
- реконструкция механизмов формирования, разработка тектоно-седиментационных моделей развития регионов, сравнение с возможными современными аналогами;

При сравнительном анализе регионов:

- изучение взаимоотношения и увязка региональных тектоно-седиментационных моделей;
- установление общих закономерностей развития СБП в неопротерозое.

**Фактический материал.** Материалы сейсморазведки методом общей глубинной точки (МОГТ), магнитной и гравитационной разведки, результаты бурения глубоких скважин изучены автором в ходе выполнения междисциплинарных исследований по проектам: *«Московская синеклиза»* (1999-2003 г.) – по заданию МПР РФ и группы «Рифей» в сотрудничестве с ФГУП НПЦ "Недра" (Ярославль), Экспедицией № 2 "Спецгеофизика" (Эммаус), ГЕОН (Москва), ФГУП ИГиРГИ (Москва); *«Мезенская синеклиза»* (2004-2006 гг.) – по заданию Альянса компаний недропользователей (ОАО «Газпром», ОАО «Лукойл», ОАО «Татнефть», ОАО «Сургутнефтегаз, ОАО «Роснефть»), МПР РФ и МПР Республики Коми в сотрудничестве с ЗАО «Валдайгеология» (Москва), ФГУП «Спецгеофизика» (Поваровка); *«Трансграничные структуры Российской Федерации и Республики Беларусь»* (2007-2009 гг.) – в рамках решения IX-XI сессий Межправсовета СНГ в сотрудничестве с ФГУП "ВНИИГеофизика" (Москва), Департаментом геологии министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (Минск) и ИГИГ НАН РБ (Минск).

**Научная новизна.** Впервые проведены междисциплинарные исследования и выполнено монографическое описание СБП. По каждому региону обобщены оригинальные и литературные данные о строении осадочного чехла и фундамента. Проведено тектоническое районирование и установлено положение доплатформенных осадочных бассейнов относительно главных структурно-вещественных комплексов фундамента и характерных геофизических полей. Составлены структурно-тектонические схемы по каждому из регионов СБП. Установлена сложная сдвиговая природа и структурная индивидуальность доплатформенных осадочных бассейнов, исключая корреляцию элементов

катаплатформенного чехла без применения методов сейсмостратиграфии. В результате комплексных сейсмостратиграфических, микрофитологических, литолого-фациальных, изотопных и минералого-петрографических исследований впервые для территории СБП разработана принципиально новая схема расчленения катаплатформенного чехла и верхней части фундамента. В составе опорного разреза Среднерусского региона, вскрытого Северо-Молоковской параметрической скважиной, выделена молоковская серия, объединившая все осадочные отложения, залегающие между породами фундамента и высокоомным горизонтом верхнего венда. Верхняя часть фундамента, вскрытого бурением на глубину около 300 м, отнесена к серии тектонического меланжа. Получены новые принципиально важные для понимания строения и развития СБП результаты: 1) в составе катаплатформенного чехла не установлено отложений древнее неопротерозойских (верхнерифейских) и 2) тектонизированный фундамент имеет палеопротерозойский возраст. Тем самым показано, что между формированием серии тектонического меланжа и началом накопления катаплатформенного чехла в неопротерозойских осадочных бассейнах существовал разрыв во времени в объеме мезопротерозоя. Для литостратиграфических элементов и верхней части фундамента опорного разреза по образам волнового поля установлены характерные сейсмокомплексы, которые прослежены на сейсмических профилях МОГТ в смежные регионы СБП. Установлены главные этапы геологической истории СБП. Проведён сравнительный анализ строения регионов и разработаны тектоно-седиментационные модели их развития. Предложена оригинальная рабочая гипотеза о возможном строении и области распространения в неопротерозойское время крупной (надрегиональной) геодинамической системы в составе ВЕП, частью которой являлась СБП.

**Практическое значение работы.** Изложенные в диссертации результаты междисциплинарного исследования могут служить основой для составления детальных тектонических и палеогеографических карт ВЕП. Результаты микрофитологических и сейсмостратиграфических исследований должны быть учтены при пересмотре существующих и разработке уточненных корреляционных стратиграфических схем. Предложенные тектоно-седиментационные модели развития регионов СБП отражают новое понимание неопротерозойской тектоники и очерчивают направления дальнейших исследований в области региональной геологии ВЕП. Результаты работы в целом могут быть использованы при разработке стратегии поисково-разведочных работ на разные виды полезных ископаемых.

**Апробация работы.** Полученные в ходе исследований оригинальные материалы прошли государственную экспертизу в ходе защит ряда научно-производственных отчётов, обобщены в научных статьях и коллективных монографиях, рассматривались экспертами РФФИ, докладывались и обсуждались на технических советах научно-производственных геологических организаций Российской Федерации и Республики Беларусь. Основные результаты работы и методические аспекты междисциплинарного подхода к исследованию докладывались на коллоквиумах и заседаниях учёного совета ГИН РАН, Всероссийских и международных совещаниях. За статью «Тектоническая история и новая модель формирования Среднерусского авлакогена» в журнале «Геотектоника» автор удостоен премии МАИК/Интерпериодика за лучшую публикацию по итогам 2006 г. (диплом № 145 от 15.11.2007 г.).

**Публикации.** По теме диссертации автором опубликовано 35 научных работ, в том числе разделов в коллективных монографиях и статей в рецензируемых журналах.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из Предисловия, шести глав, Заключение и Приложения.

**Первая глава** носит методический характер. В ней обобщены многолетние исследования автора в области междисциплинарного анализа сложных полигенных объектов в разных геодинамических обстановках [Волож и др., 2004; Леонов, Чамов, 2004; Чамов, 1990, 1996, 2004, 2008, 2010 и др.]. Слагающие катаплатформенный чехол структурно-породные комплексы СБП рассмотрены в качестве *тектоноседиментационных систем* (ТСС), которые отражают характер и масштаб взаимосвязи тектонических и осадочных процессов. Разработана схема соподчиненности ТСС – от провинции к взаимозависимым, но индивидуальным регионам с характерными для них осадочными бассейнами, в строении которых участвуют локальные структуры и породные комплексы. Установлено соответствие между терминами, определяющими объекты доступные для прямого наблюдения и опробования (*структурно-вещественные комплексы, фации, генетические типы*) и выявляемые с помощью дистанционных методов исследования (*сейсмокомплексы, сейсмофации, элементы сейсмических последовательностей*). Универсальность тектоно-седиментационного подхода к изучению сложных полигенных объектов, его значение для выбора методов исследования и корректной интерпретации геологических данных показаны на примере контрастных областей – северного региона Норвежско-Гренландской рифтогенной провинции [Чамов др., 2008; Пейве, Чамов, 2008; Чамов и др., 2010] и аккреционной призмы Каскадия на континентальной окраине Северной Америки [Чамов и др., 2001; Чамов, 2002; Чамов, Курносов, 2005; Chamov, Murdmaa, 1995].

**Вторая глава** содержит характеристику геологического положения и степени изученности СБП. Приведены результаты анализа достижений и нерешённых задач в областях тектоники, литологии и стратиграфии. Выявленные проблемы и противоречия в представлениях о строении и развитии СБП легли в основу постановки задач диссертации.

**Третья, четвёртая и пятая главы** представляют монографически систематизированное описание геологического строения трёх регионов СБП. В каждом регионе определено положение неопротерозойских тектоно-седиментационных систем относительно главных структурно-вещественных комплексов фундамента и аномалий магнитного и гравитационного полей. По данным сейсморазведки и бурения изучено строение Среднерусского авлакогена, Беломорско-Пинежских грабенов, Оршанской впадины и Бельского поднятия. Рассмотрены строение, стратиграфия и состав пород верхней части фундамента и катаплатформенного осадочного чехла. Выполнено сопоставление образов волнового поля сейсморазведки МОГТ с результатами бурения, выделены сейсмокомплексы и проведена их корреляция. Значительная часть фактического материала сведена в текстовые и графические таблицы, приведённые в **Приложении**.

**Шестая глава** посвящена обобщению фактического материала. Она содержит описание тектоно-седиментационных моделей развития регионов СБП и результаты сравнительного анализа их развития в неопротерозое.

В **Заключении** обобщены основные результаты выполненной работы и очерчены перспективные направления дальнейших исследований.

Текст диссертации на 273 страницах иллюстрируют 44 рисунка и 4 текстовые таблицы. Приложение содержит 29 фото- и текстовых таблиц на 55 страницах. Список литературы содержит 369 наименований.

Результаты микрофитологических исследований рифейских отложений приведены по оригинальным материалам А.Ф. Вейса<sup>†</sup> (ГИН РАН), полученным в ходе совместного изучения керн параметрических скважин. Химические анализы выполнены в аналитическом центре ГИН РАН под руководством С.М. Ляпунова. U-Pb изотопные исследования циркона и сфена проведены в лабораториях геохронологии докембрия ГЕОХИ им. В.И. Вернадского (Москва) и Кольского НЦ (Апатиты) под руководством Е.В. Бибиковой и Т.Б. Баяновой. K-Ar исследования выполнены в Кольском НЦ (Апатиты) и в лаборатории изотопных исследований ГИН РАН под руководством Д.И. Головина<sup>†</sup>.

Увязка и анализ картографических материалов проводились в системе ArcGis. Компиляция карты полного вектора АМП на территорию ВЕП и прилегающих акваторий Атлантического и Ледовитого океанов выполнена С.Ю. Соколовым (ГИН РАН).

**На защиту выносятся следующие положения:**

1. Сейсмогеологические комплексы в строении разрезов катаплатформенного осадочного чехла трёх регионов Провинции характеризуют последовательные этапы позднерифейско-ранневендской тектоно-седиментационной истории перехода от авлакогенового к платформенному тектоническому режиму Восточно-Европейской платформы: (1) главной стадии грабенообразования (сейсмокомплексы  $R_3^{1-2}$  в Среднерусском и  $R_3^1$  в Беломорско-Пинежском регионах); (2) завершающей стадии грабенообразования – начальной стадии пострифтового погружения (сейсмокомплексы  $R_3^3$  в Среднерусском и  $R_3^2$  в Беломорско-Пинежском регионах;  $R_3^{3t}$  – на Трансграничных территориях) и (3) «протосинеклизы» (сейсмокомплексы  $R_3^4$  Оршанской впадины).

2. Тектоно-седиментационные системы Среднерусского и Беломорско-Пинежского регионов развивались в позднерифейское время в качестве геодинамически сопряжённых структурных элементов провинции – Среднерусско-Беломорской тектонопары, которая была кинематически связана с внутриконтинентальной сдвиговой зоной в обрамлении Балтийского геоблока ВЕП.

3. Оршанская впадина является позднерифейско-ранневендской структурно и минералогически обособленной тектоно-седиментационной системой, образованной на заключительном этапе накопления катаплатформенного чехла в ходе предплатформенной реорганизации структурного плана ВЕП.

**Благодарности.** В организации исследований и обсуждении рабочих гипотез принимали участие М.П. Антипов, А.С. Балувев, В.А. Быкадоров, А.Ф. Вейс<sup>†</sup>, Ю.А. Волож, Ю.О. Гаврилов, К.Е. Дегтярёв, В.В. Костылева, Е.Е. Курина, С.Ю. Колодяжный, В.Б. Курносков, М.Г. Леонов, Ю.Г. Леонов, А.О. Мазарович, М.В. Минц, О.М. Розен, С.Д. Соколов, С.Ю. Соколов, Т.Н. Хераскова, А.Е. Шлезингер (ГИН РАН); В.И. Горбачёв, И.С. Грибова, Л.Д. Цветков (ФГУП НПЦ "Недра"); Д.Л. Фёдоров, Т.И. Владимирова, И.Н. Капустин (ЗАО «Валдайгеология»); С.И. Филин, Ю.Б. Коновальцев и др. (ОП "Спецгеофизика", Экспедиция № 2); С.Л. Костюченко (ФГУП "ВНИИГеофизика"); Р.Г. Гарецкий, Р.Е. Айзберг, М.А. Нагорный (ИГИГ НАН Беларуси); Я.Г. Грибик, А.М. Ковхуто и др. (Департамент министерства природных

ресурсов и охраны недр Республики Беларусь). В ходе сбора материалов автор пользовался помощью сотрудников кернохранилищ ФГУП "Недра" (пос. Кузнечиха, Ярославская область), ФГУП ВНИГНИ (пос. Апрелевка, Московская область); ИГИГ НАН Беларуси (Минская область). Автору были предоставлены для изучения образцы и шлифы пород из коллекций В.И. Горбачёва (ФГУП "Недра", г. Ярославль), Н.В. Веретенникова и М.А. Нагорного и (ИГИГ НАН Беларуси, г. Минск). Всем названным лицам автор выражает свою благодарность.

Особенно признателен автор д.г.-м.н. В.Б. Курносову и академику РАН Ю.Г. Леонову, многолетнее общение с которыми во многом способствовало развитию его научного мировоззрения.

Исследования проведены в рамках тематических исследований лаборатории сравнительного анализа осадочных бассейнов ГИН РАН (государственные регистрации тем №№ 01.20.0212644, 01.20.0511556 и 01.20.0903158) при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (гранты 02-05-64710, 02-05-64182 и 03-05-64292) и научной школы академика РАН Ю.Г. Леонова.

## **ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ**

**ПЕРВОЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ.** Сейсмогеологические комплексы в строении разрезов катаплатформенного осадочного чехла трёх регионов Среднерусско-Беломорской провинции характеризуют последовательные этапы позднерифейско-ранневендской тектоно-седиментационной истории перехода от авлакогенового к платформенному тектоническому режиму Восточно-Европейской платформы: (1) главной стадии грабенообразования (сейсмокомплексы  $R_3^{1-2}$  в Среднерусском и  $R_3^1$  в Беломорско-Пинежском регионах); (2) завершающей стадии грабенообразования – начальной стадии пострифтового погружения (сейсмокомплексы  $R_3^3$  в Среднерусском и  $R_3^2$  в Беломорско-Пинежском регионах;  $R_3^{3t}$  – на Трансграничных территориях); (3) «протосинеклизы» (сейсмокомплексы  $R_3^4$  Оршанской впадины).

### **Существующие проблемы в корреляции отложений**

Хотя первые стратиграфические схемы рифейских и нижневендских отложений были созданы в 60-е годы XX века, вопросы корреляции докембрийских осадочных комплексов далеки от решения. С одной стороны, это связано с объективными трудностями изучения закрытых территорий: неравномерной изученностью доплатформенных отложений бурением, малым количеством глубоких скважин с хорошим отбором керна, устаревшей информацией по изотопному возрасту пород, отсутствием методов датирования красноцветных отложений и т.д. С другой стороны, часть проблемы предопределена методическим подходом к корреляции разрезов катаплатформенного чехла. Как показывают действующие стратиграфические схемы, увязка осадочных разрезов проводится с позиций зрелой стадии развития платформ, то есть на основе представлений о существовании обширных областей прогибания (синеклиз) на фоне стабильного тектонического режима. Как следствие, усилия геологов направлены на прослеживание элементов осадочного разреза через всю или большую часть платформы.

Важно подчеркнуть, что в силу труднодоступности объекта исследования стратотипами серий, свит и подсвит являются интервалы разреза катаплатформенного чехла, вскрытые бурением на разных гипсометрических уровнях и не увязанные

сейсмогеологическими профилями. При этом ведущими методами корреляции являются литофациальный и ритмостратиграфический анализ, которые в силу неполного отбора керн часто сводятся к сопоставлению каротажных диаграмм.

**«Платформенный» подход к корреляции, допустимый для осадочных комплексов синеклиз, неприемлем в сложно организованных и структурно разобщенных осадочных бассейнах нижнего (доплатформенного) структурного комплекса СБП.** Сдвиговая природа большинства композитных неопротерозойских структур (авлакогенов) определяет изменение их геометрии в процессе роста, седиментологическую замкнутость и резкую фациальную изменчивость в пределах их составных частей (структурных бассейнов), днища которых, как правило, расположены на разных гипсометрических отметках. Как следствие, при общем сходстве осадочных процессов, каждый из бассейнов являлся самостоятельной тектоно-седиментационной системой и обнаруживает индивидуальные фациальные черты выполняющих его осадочных комплексов. При "платформенном" подходе к корреляции рифтогенных комплексов каждая новая скважина, пробуренная по простиранию сдвиговой системы, приводит к появлению новых местных стратонов, которые часто несопоставимы в скважинах, а тем более не могут быть прослежены по простиранию структуры в целом. Именно такую ситуацию отражают существующие корреляционные схемы [Веретенников и др., 2005; Кузьменко, Шик, 2006]. Проблемы корреляции доплатформенных осадочных комплексов определили решение отказаться от использования разрозненных некоррелируемых стратонов.

При изучении материалов бурения Северо-Молоковской параметрической скважины и анализе данных о строении катаплатформенного чехла Среднерусского региона, коллектив специалистов ФГУП НПЦ «Недра» и ГИН РАН рассмотрел все осадочные отложения, залегающие между породами фундамента и высокоомным горизонтом верхнего венда в составе молоковской серии [Чамов и др., 2001, 2003, 2010]. В пределах серии были выделены три осадочных толщи: нижняя сероцветная, промежуточная пестроцветная и верхняя красноцветная. Верхняя часть фундамента, вскрытого бурением на глубину около 300 м, была отнесена к серии тектонического меланжа. По фациальным признакам осадочные комплексы катаплатформенного чехла Беломорско-Пинежского региона могут рассматриваться как фациальные аналоги молоковской серии. В то же время, для удобства читателя в работе используются принятые для региона названия свит (вашкинская, пезская, дорогорская, лешуконская и няфтинская), детально описанные в [Геодинамика..., 2006].

### **Состав микробиоты и возраст осадочных толщ катаплатформенного чехла**

**Среднерусский регион.** Однородный комплекс микрофоссилий установлен А.Ф. Вейсом<sup>†</sup> (ГИН РАН) в алевролит-аргиллитовых разностях пестроцветных и сероцветных пород в ряде скважин, вскрывших отложения молоковской серии – Даниловской-9, Бобровской, Рослятинской, Велико-Устюгской и параметрической Северо-Молоковской [Чамов и др., 2003, 2010]. Керн последней был исследован наиболее детально. Здесь в интервале 2487-3164 м встречена ограниченная по представительности ассоциация органостенных форм. Максимальное разнообразие микрофоссилий отмечено в отложениях фации глубоких озёр в средней части изученного разреза молоковской серии (2584-2848 м).

В нижней части разреза (3157-3164 м, фация базальных развалов, маркирующая заложение бассейна седиментации) происходит их существенное уменьшение до 3

родов и 5 видов, а резкое падение до 1 рода и 1 вида установлено в верхней части разреза (2487-2494 м, фация мелководных озёр).

В составе ассоциации преобладают транзитные позднепротерозойские (рифейские) таксоны. К их числу принадлежат акритархи *Leiosphaeridia minutissima* (Naum.) emend. Jank.; *L. atava* (Naum.) emend. Jank.; *L. tenuissima* Eisenack; *L. jacutica* (Tim.) emend. Mikh. et Jank.; *L. bicrura* Jank.; *Nucellosphaeridium nordium* (Tim.); *Pterospermopsimorpha insolita* Tim. emend. Mikh.; *P. pileiformis* Tim. emend. Mikh.; *Sputosina rubiginosa* (Andreeva), а также определенные до рода *Aimia* sp. и *Germinosphaera* sp.

В средней (глубоководной) части разреза (2584-2848 м) помимо упомянутых транзитных таксонов обнаружены крупные акритархи *Chuarina circularis* Walcott emend. Vidal, Ford; *Ch. globosa* Ogurtz., Serg.; *Konderia elliptica* A. Weiss; *Navifusa majensis* Pjat.; трубчатые чехлы *Asperatofilum experatus* (Herm.); эллипсоидные образования (возможные акинеты) *Brevitrichoides bashkiricus* Jank., а также *Pseudotawuia* sp., оболочки с длинными выростами *Caudosphaera expansa* Herm. et Tim., ветвящиеся талломы со вздутиями *Palaeovaucheria* cf. *clavata* Herm., веретеновидные пленчатые *Pellicularia* sp., соединенные выростами в агрегаты *Majasphaeridium* sp.

Во всех детально изученных в микрофитологическом отношении разрезах рифея Южного Урала и Сибири [Вейс, 1988; Пятилетов, 1988; Наговицин, 2001; Вейс, Воробьева, 2002] указанные морфотипы встречаются в отложениях, относимых по биостратиграфическим данным, к позднему рифею, и лишь некоторые из них (*Sputosina*, *Asperatofilum* и др.) относятся к венду. В позднем рифее названные морфотипы количественно доминируют во многих разновозрастных микробиотах.

**Беломорско-Пинежский регион.** В алевролит-аргиллитовых разностях пестроцветных и сероцветных пород, вскрытых параметрической Средне-Няфтинской скважиной, А.Ф. Вейсом<sup>†</sup> (ГИН РАН) установлены транзитные позднепротерозойские (рифейские) акритархи: *Leiomniscula minuta*, *Leiosphaeridia atava*, *L. minutissima*, *L. tenuissima*, *L. jacutica*, *L. bicrura*, *L. temata*, *Nucellosphaeridium nordium*, *Pterospennopsimorpha insolita*, *P. pileiformis*, *Satka* sp., *Germinosphaera* sp., *Leiotrichoides typicus*, *Archaeotrichion contortum* и др. При этом, на разных интервалах разреза установлены три ассоциации микрофоссилий: вашкинская, пезская и сафоновская [Геодинамика..., 2006].

Подобно Среднерусскому региону, наибольшее разнообразие микрофоссилий наблюдается в отложениях глубоководных озёр и резко снижается в субаэральных. В аэральных красноцветах исключённой из рассмотрения дорогорской свиты (инт. 2530-3090 м) микрофоссилии полностью отсутствуют.

В составе **вашкинской ассоциации** (инт. 3647-4203 м, фация мелководных пересыхающих озёр) количественно доминируют морфологически простые акритархи *Leiosphaeridia*, *Nucellosphaeridium*, *Pterospennopsimorpha* и нитчатые чехлы *Archaeotrichion*. Другие вашкинские морфотипы – лентовидные бесструктурные талломы и возможные остатки репродуктивных структур древних водорослей и грибов, не несут сложной орнаментации и имеют относительно небольшие размеры. В южноуральском стратотипе и учуро-майском гипостратотипе рифея все перечисленные формы широко распространены во всех отделах рифейских отложений. Вблизи кровли вашкинской свиты, где отчётливо проявлены проявлены следы перемыва осадков (текстуры оползания, однонаправленные текстуры течений и волновая рябь), помимо транзитных рифейских морфотипов установлены губчатые

*Spumosina* и крупные эллипсоидные *Navifusa*. Два последних таксона на Южном Урале и в Сибири известны лишь начиная с нугушских и/или керпыльских толщ верхнего рифея [Стратотип рифея, 1982; Микрофоссилии докембрия..., 1989; Вейс и др., 1998, 2003; Вейс, Воробьева, 1993, 2002; Сергеев, 2003 и др.].

Более представительная **пезская ассоциация** (инт. 3090-3647 м, фация относительно глубоководных озер) обладает наибольшим подобием с раннекаратавскими нугушской и керпыльской микробиотами. Установлены крупные (до 480 мкм) акритари *Chuarina*, многорядных чехлы *Polytrichoides* и широкие нитчатые *Asperatofilum*. Ассоциацию дополняют общие с вашкинскими морфологически простые среднеразмерные акритархи *Leiosphaeridia*, *Pterospermopsimorpha*, *Nucellosphaeridium*, совместно с более частыми *Navifusa*. Пезские отложения сходны с нижней частью типового и опорных разрезов верхнего рифея ( $R_3^1$ ), где также появляются три отмеченных пезских таксона, но акантоморфиты (кроме проблематичных мелких *Trachyhystrichosphaera parva* Mikh.) не встречены (добедерышинская часть зильмердакской свиты Южного Урала, керпыльские и безышенские толщи Средней Сибири). Менее вероятной кажется принадлежность пезской свиты к более высоким горизонтам верхнего рифея, заключающим не только все упомянутые таксоны, но и различные несущие выросты акритархи, а также и другие сложно построенные образования (бедерышинские, лахандинские и деревнинские толщи).

Особенно разнообразная и обильная единая **сафононская ассоциация** (интервал 2080-2530 м, фация глубоких озёр). Помимо большинства форм, установленных и в подстилающих отложениях, включая *Chuarina*, *Spumosina*, *Navifusa*, *Polytrichoides* и *Asperatophilum*, здесь встречен ряд сложных, не известных ниже по разрезу таксонов. К последним принадлежат такие «биостратиграфически ценные» морфотипы, как обнаруженные в большом количестве в лешуконской и няфтинской свитах акантоморфные акритархи *Trachyhystrichosphaera aimika* Herm., *T. stricta* Herm., *T. vidalii* Knoll, *Prolatoforma aculeata* Mikh. и формы, близкие к *Cymatiosphaeroides*. Список характерных сафононских морфотипов дополняют своеобразные акритархи с уплотненной периферией *Chuarina globosa*, эллипсоидальные *Konderia elliptica*, расширенные у окончаний *Pseudotawuia*, пленчатые *Pellicularia*, оболочки с длинными выростами *Caudosphaera expansa*, несколько разновидностей ветвящихся слоевищ *Ulophyton*, асимметричные *Globiferum*, часто сегментированные кутикулярные остатки, очень широкие нитчатые *Plicatidium*, неправильно эллипсоидные *Fabiformis* и некоторые другие образования.

В Южно-Уральском стратотипе и Учуро-Майском гипостратотипе рифея указанные микрофоссилии встречены в отложениях, относимых всеми исследователями только к каратавию ( $R_3^{2-3}$ ) [Вейс и др., 2002; Сергеев, 2003], и лишь некоторые из них (*Chuarina*, *Spumosina*, *Polytrichoides*, *Asperatofilum* и др.) в ряде регионов поднимаются в венд (Бурзин, 1998; Бурзин, Кузьменко, 2000). Обилие в сафононской ассоциации имеющих хорошую сохранность акантоморфных *Trachyhystrichosphaera* и *Prolatoforma*, возможных *Cymatiosphaeroides*, а также некоторых других характерных образований (*Pellicularia*, *Globiferum*, сегментированных кутикулярных остатков) исключает корреляцию лешуконской и няфтинской свит с начинающими типовой разрез верхнего рифея и лишенными указанных форм добедерышинскими отложениями каратавской серии Южного Урала [Маслов и др., 2001] и их сибирскими аналогами.

Обобщая данные по двум регионам СБП, можно сделать вывод о том, что в составе катаплатформенного чехла отложения древнее верхнерифейских не установлены. В Среднерусском регионе этот вывод не требует каких-либо пояснений, поскольку характерные для верхнего рифея морфотипы обнаружены в базальных частях осадочного разреза. Состояние исследований в части определения возраста отложений Беломорско-Пинежского региона достаточно полно характеризует цитата «Хотя ни у одного из геологов нет сомнения в том, что нижняя часть разреза, вскрытая Средне-Няфтинской скважиной (вашкинская толща и, возможно, нижняя часть пезской свиты) относится к среднему рифею, прямых палеонтологических доказательств этого факта нет. ...средний рифей выделяется по положению в разрезе» [Геодинамика..., 2006, С. 151-152; выделение курсивом соответствует источнику цитирования].

### **Сейсмокомплексы катаплатформенного чехла и верхней части фундамента Среднерусско-Беломорской провинции**

Анализ образов волнового поля отраженных волн (интенсивность, конфигурация и взаимное расположение осей синфазности) на сейсмических профилях МОГТ позволил установить ряд сейсмокомплексов, характеризующих метаморфические породы верхней части фундамента и осадочные породы ката- и собственно платформенного чехла (Рис. 2).

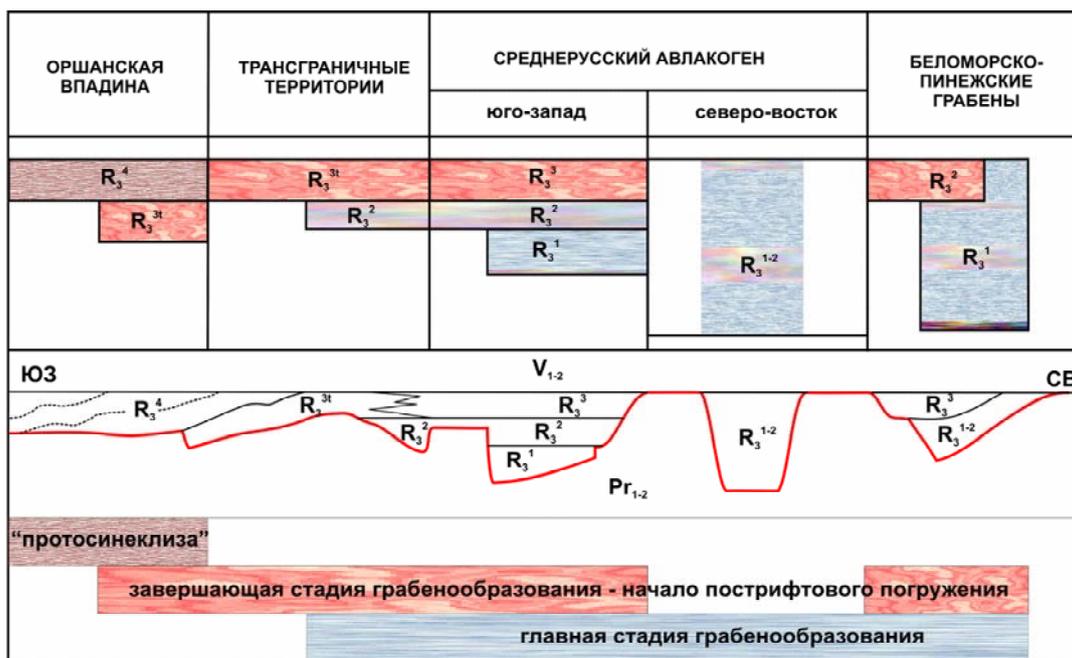


Рис. 6.1. Схема соотношения сейсмокомплексов и главные этапы тектоно-седиментационной истории различных регионов Провинции.

**Среднерусский регион.** Сейсмокомплексы установлены в результате анализа сейсмических материалов разных лет, в том числе нового регионального профиля МОГТ Валдай-Демянск-Наход [Чамов и др., 2001, 2003, 2010].

Сейсмокомплекс Pr<sub>1</sub> характеризует верхнюю часть фундамента и соответствует породам серии тектонического меланжа. Характер волновой картины существенно варьирует по простиранию авлакогена, и сейсмокомплекс представлен как хаотично расположенными прерывистыми площадками, так и сериями параллельных субгоризонтально ориентированных рефлекторов. Происхождение слоистых пакетов

отражений и проведения границы между катаплатформенным чехлом и фундаментом являются самостоятельной проблемой, рассмотренной в Третьей главе диссертации.

Сейсмокомплекс  $R_3^1$  соответствует отложениям сероцветной толщи молоковской серии. В терминах Уточненной стратиграфической схемы [Кузьменко, Шик, 2006] к сейсмокомплексу относятся токаревская, коломенская, средняя и нижняя подсвиты полоцкой свиты (бологоевская серия) и, предположительно, свиты рослятинской и путиловской серий. Характер отражений в пределах сейсмокомплекса варьирует по простиранию авлакогена, но преобладают четкие протяженные рефлекторы. Иногда у бортов бассейнов отмечается усложнение картины и в сейсмическом разрезе устанавливаются тела клиноформного облика. Сейсмокомплекс уверенно прослеживается на большей части юго-западного фланга Среднерусского авлакогена. По сравнению с вышележащими сейсмокомплексами молоковской серии он имеет меньшую площадь распространения.

Имеющиеся сейсмические материалы не позволяют детально проследить распространение сейсмокомплекса в пределах северо-восточного фланга авлакогена. В то же время, на основании сходства фациальных, минералогических и петрофизических свойств пород сероцветной толщи, изученных по данным бурения, прогнозируется, что сейсмокомплекс  $R_3^1$  составляет основную часть доплитного осадочного чехла на северо-восточном фланге авлакогена.

Сейсмокомплекс  $R_3^2$  соответствует пестроцветной толще молоковской серии. По Уточненной стратиграфической схеме [Кузьменко, Шик, 2006] он характеризует нижнюю подсвиту и низы средней подсвиты полоцкой свиты бологоевской серии, а также литоминскую свиту рослятинской серии. Особенностью сейсмогеологического комплекса является многообразие типов отражений в разных частях разреза, что, связано с неоднородностью литологического состава пестроцветных отложений. Так, на северо-востоке наблюдаются интенсивные изогнутые часто прерывистые отражения. На юго-западе преобладают четкие интенсивные отражения, непрерывные на больших расстояниях. В юго-западной части авлакогена сейсмокомплекс приурочен к средней части катаплатформенного чехла, как и соответствующая ему пестроцветная толща молоковской серии. Мощность сейсмокомплекса составляет 450-600 м. На северо-восточном фланге правильнее говорить о сейсмофациях, приуроченных к нескольким интервалам разреза. Сейсмокомплекс  $R_3^2$  более широко распространен по площади, нежели нижний сейсмокомплекс.

Сейсмокомплекс  $R_3^3$  соответствует красноцветной толще молоковской серии. Из стратонов Уточненной стратиграфической схемы [Кузьменко, Шик, 2006] он характеризует молоковскую свиту, верхнюю подсвиту и верхнюю часть средней подсвиты бологоевской серии, а также нижнюю подсвиту рахнинской свиты. Из стратонов, выделяемых на территории Оршанской впадины [Веретенников и др., 2005; Кузьменко, Шик, 2006] сейсмокомплекс характеризует отложения гатынской свиты шеровичской серии. В волновой картине сейсмокомплекс характеризуется четкими интенсивными часто прерывистыми отражениями и субгоризонтальными протяженными пакетами отражений. Граница с вышележащими отложениями верхнего венда устанавливается уверенно, в частности, благодаря отчетливо изогнутым пакетам отражений, выклинивающимся под подошву сейсмокомплекса верхнего венда. В юго-западном направлении наблюдается общее сокращение мощности сейсмокомплекса от 1000 до 250 м. Несмотря на это, именно на юго-западе сейсмокомплекс имеет наиболее широкое распространение – он не только значительно перекрывает по площади нижележащие сейсмокомплексы  $R_3^1$  и  $R_3^2$ , но

налегает на выступы фундамента и «выплёскивается» на борта авлакогена. К западу от Велижской седловины сейсмокомплекс эрозионно срезается вышележащим сейсмокомплексом  $R_3^4$ .

Сейсмокомплекс  $V_1^2$  развит вблизи северо-западного борта Валдайского бассейна, где в районе пос. Крестцы в интервале глубин 1185-1545 м бурением была вскрыта нехарактерная для молоковской серии вулканогенно-осадочная толща [Гейслер, 1966]. К-Аг методом по валовым составам вулканического туфа с глубины 1470 м и диабазы с глубины около 1630 м были получены возраста верхней (около 1180 млн. л) и нижней (1245-1353 млн. л) частей толщи. В 2004 г. на бюро МСК толща была утверждена как стратотип крестецкой серии среднерифейского возраста [Кузьменко, Шик, 2006]. В составе серии были выделены локальные рахнинская и холдовская свиты. Несмотря на экзотичность этих образований, с ними параллелизовали и по ним датировали осадочные серии Среднерусского авлакогена – бологоевскую, шарнинскую, путиловскую. Кроме того, поскольку Крестецкие скважины расположены на западном фланге авлакогена, они рассматривались как связующее звено с восточным флангом Оршанской впадины. Как следствие, среднерифейский возраст был присвоен и ряду палеонтологически немых красноцветных толщ на территории Беларуси [Веретенников и др., 2005].

Необходимость пересмотра сложившихся представлений определяется следующими положениями. Во-первых, полученные в 60-х гг. XX-го века К-Аг датировки валовых проб в настоящее время не могут рассматриваться как достоверные. Во-вторых, структурное положение «крестецкого интервала» противоречит представлениям о его принадлежности к базальным частям разреза катаплатформенного чехла. На сейсмическом профиле МОГТ 09970 видно, что отложения крестецкой серии (интервал глубин 1185-1545 м) налегают на верхнерифейскую красноцветную толщу молоковской серии<sup>1</sup>, что исключает их к среднему рифею.

Таким образом, в строении северо-западного борта Валдайского бассейна участвуют две разновозрастные и генетически различные толщи пород: верхнерифейская красноцветная аркозвая нижняя (сейсмокомплекс  $R_3^3$ ) и нижневендская вулканогенно-осадочная верхняя (сейсмокомплекс  $V_1^2$ ), которая примыкает к борту прогиба и выклинивается в восточном направлении. Вулканомиктовый состав отложений позволяет связать верхнюю толщу с волынской серией нижнего венда [Чамов и др., 2010]. С магматическими событиями этого времени, вероятно, связано и внедрение пластовых тел габбро-долеритов в красноцветную толщу молоковской серии.

Как видно из приведённых материалов, выделенные нами [Чамов и др., 2010] сейсмостратиграфические элементы разреза не согласуются с принятыми МСК стратиграфическими подразделениями. В то же время, предложенный вариант стратиграфической корреляции, снимает ряд противоречий и позволяет увязать материалы параметрического бурения и сейсморазведки.

---

<sup>1</sup> Примечательно, что прибортовая часть красноцветной толщи рассматривалась как нижняя (невулканогенная) подсвита рахнинской свиты крестецкой серии на территории Среднерусского авлакогена [Кузьменко, Шик, 2006] и параллелизовалась с красноцветной грубозернистой аркозовой гатынской свитой востока Оршанской впадины [Веретенников и др., 2005]. Последнее предположение полностью совпадает с данными автора.

**Оршанский регион.** Изучены новые сейсмические материалы по северной части регионального профиля МОГТ Чериков-Орша-Усвяты, для которого исходные данные были переобработаны с учетом глубинной миграции отраженных волн [Разломы..., 2007; Чамов и др., 2010]. В волновом поле отчетливо выражены два интенсивных трёхфазных пакета отражений.

Нижний пакет отражений образован контрастной границей между подошвой руднянской свиты белорусской серии и кровлей кристаллического фундамента. Расчётные глубины профиля хорошо согласуются с данными бурения расположенных здесь скважин Богушевская-2 и Суражская-1.

Верхний пакет отражений приурочен к резкой петрофизической границе между песчаниками оршанской свиты белорусской серии и туфоогенно-глинистыми отложениями ратайчицкой свиты волянской серии нижнего венда. Как и для нижнего пакета отражений, установлено соответствие положения расчётных глубин данным бурения. Поверхность оршанской свиты неровная и расположена на отметках от 750 до 1050 м.

Между интенсивными пакетами сейсмических отражений, т.е. между кристаллическим фундаментом и отложениями нижнего венда, установлен довендский сейсмокомплекс  $R_3^4$ . Он характеризует отложения белорусской серии, которая на территории Оршанской впадины представлена руднянской, оршанской и лапичской<sup>2</sup> свитами [Геология Беларуси, 2001].

Сейсмокомплекс  $R_3^4$  имеет чётковидное строение, образованное за счёт схождения и расхождения верхней и нижней граничных поверхностей. Внутри комплекса отражения следятся плохо: они прерывисты и не обнаруживают отчетливой конформности какой-либо из граничных поверхностей. Общая организация отражений указывает на обилие линзовидных тел и многочисленные выклинивания. В то же время, достаточно отчетливо прослеживаются полого падающие в южном направлении отражения, характерные для клиноформных осадочных тел. В составе сейсмокомплекса установлены сеймопачки  $R_3^{4-1}$ - $R_3^{4-3}$ , взаимоотношения которых в разрезе свидетельствует о проградационном (с севера на юг в сечении профиля) характере седиментации. Поверхности разделов сеймопачек согласуются с границами литологических комплексов, установленных по данным бурения. Так, поверхность раздела нижней и средней сеймопачек приурочена в скв. Богушевск-2 к глубине 1363 м, то есть к границе руднянской и оршанской свит. Поверхность раздела средней и верхней сеймопачек тяготеет к глубине 1070 м, где бурением установлено появление литологически специфичной верхней подтолщи оршанской свиты.

Сочетание чётковидной формы сейсмокомплекса  $R_3^4$  при наличии характерных сигмоидальных поверхностей сеймопачек позволяет рассматривать его как сечение клиноформы. Наличие в составе сейсмокомплекса проградационно построенных последовательностей указывает на постепенное смещение прибрежной зоны в южном направлении по мере выполнения плоскодонного бассейна седиментации. Клиноформное строение осадочных тел отражает компенсированный характер седиментации, т.е. свидетельствует об интенсивной поставке кластики в область растущего пространства аккомодации. Представление о накоплении осадочных

---

<sup>2</sup> Маломощные (10-25 м) терригенные, терригенно-глинистые, карбонатно-терригенные и карбонатные породы свиты локально распространены на юге Оршанской впадины и в диссертации не рассматриваются.

отложений сейсмокомплекса  $R_3^4$  в зоне активного воздействия волн хорошо согласуется с результатами изучения керна буровых скважин, в частности, объясняет наличие типично пляжных галек, хорошую отмытость и окатанность кварцевых песчаников.

### **Соотношение сейсмокомплексов Оршанского и Среднерусского регионов.**

В рамках межгосударственной программы «Изучение трансграничных структур Российской Федерации и Республики Беларусь» был отработан профиль МОГТ по линии Торопец-Велиж-госграница (ТВГ). К югу он продолжен белорусскими коллегами до регионального профиля по линии Чериков-Орша-Усвяты. На севере профиль привязан к Валдайскому бассейну Среднерусского авлакогена через серию профилей МОГТ 08-09-10. Торопецкий выступ является границей раздела двух типов сейсмогеологического разреза. К северу от него присутствуют сейсмокомплексы молоковской серии, южнее набор сейсмокомплексов и их мощности меняются [Чамов и др., 2010].

Сейсмокомплекс  $R_3^2$ - $R_3^3$  установлен к юго-западу от Торопецкого выступа фундамента в пределах одноименного бассейна, где происходит сокращение мощности верхнерифейского разреза за счёт выклинивания его нижних элементов – прежде всего сейсмокомплекса  $R_3^1$ , сопоставляемого с сероцветной толщей молоковской серии. Глубина Торопецкого бассейна не превышает 2250 м, что не позволяет ожидать в нем присутствия сейсмокомплекса  $R_3^1$ , характерные глубины нахождения которого в разрезах Молоковского, Валдайского и Осташковского бассейнов составляют 2,2-3,5 км.

Соответственно, нижним элементом разреза Торопецкого бассейна становится сейсмокомплекс  $R_3^2$ , являющийся волновым выражением пестроцветной толщи молоковской серии. Структурными ограничениями этого сейсмокомплекса служат Торопецкий выступ на севере и горсты Торопецко-Велижского пояса деформаций на юге. Сейсмокомплекс  $R_3^3$  присутствует не только в Торопецком бассейне, но и за его пределами на всем протяжении профиля ТВГ. В пределах трансграничных территорий сейсмокомплексу присвоен индекс  $t$ , чтобы подчеркнуть его возможное фациальное отличие от красноцветной толщи молоковской серии Среднерусского авлакогена.

Сейсмокомплекс  $R_3^{3t}$  залегает на поверхности кристаллического фундамента и характеризуется нечеткостью и прерывистостью отражений. От Торопецко-Велижского пояса деформаций сейсмокомплекс прослеживается на всем протяжении профиля ТВГ вплоть до зоны сочленения с Оршанской впадиной. Образ волнового поля сейсмокомплекса, предположительно обусловлен свойствами грубостратифицированных слабо уплотненных песчаных отложений. Строение Торопецко-Велижского пояса горстов, образующих крупную антиформу с высокоамплитудными сбросовыми уступами, позволяет предположить его влияние на распределение дренажной сети во время накопления красноцветных отложений. Формирующиеся в таких условиях сбросовые долины могут тянуться на значительные расстояния и способствовать дальнему субаэральному разносу кластического материала [Чамов, 2008]. В данном случае, можно ожидать присутствия аллювиально-пролювиальных фаций, ориентированных в плане условно ортогонально плоскости сейсмического профиля.

Максимальные мощности (400-600 м) характерны для северной части профиля ТВГ, минимальные (150-200 м) – для южной. Этот же сейсмокомплекс, вероятно, можно наблюдать юго-западнее в пределах Республики Беларусь в Усвятском

грабене, структура и выполнение которого рассмотрены ниже при характеристике главных закономерностей строения Оршанской впадины.

Сейсмокомплекс  $R_3^4$  на профиле ТВГ является флангом клиноформного сейсмокомплекса, который установлен в пределах Оршанской впадины и соответствует отложениям белорусской серии. В сечении профиля он постепенно выклинивается от границы с Республикой Беларусь в северо-западном направлении. Сейсмокомплекс представлен серией наклонных довольно интенсивных прерывистых, участками четко стратифицированных отражений с многочисленными внутренними выклиниваниями. Он налегает на сейсмокомплекс  $R_3^{3t}$  и срезается сейсмокомплексом  $V_{1-2}$ . Таким образом, юго-западный фланг профиля ТВГ является участком налегания и постепенного выклинивания псаммитовой части белорусской серии на отложения красноцветной толщи молоковской серии (или её фациального аналога в пределах трансграничных территорий).

Сейсмокомплекс  $V_{1-2}$  соответствует нерасчленённым отложениям венда, поскольку установить сейсмическую границу между верхним и нижним отделами по имеющимся материалам не представляется возможным. Сложность распознавания в волновом поле нижнего венда обусловлена тем, что он образован маломощными, фациально и территориально невыдержанными ледниковыми и межледниковыми отложениями вильчанской серии нижнего венда ( $V_1^1$ ), а также вулканогенно-осадочными образованиями волинской серии ( $V_1^2$ ) [Веретенников и др., 2005]. Основное развитие эти отложения получили на территории Оршанской впадины, но известны в районе Торопца, а также в северо-западном борту Валдайского бассейна (вулканогенно-осадочная толща [Чамов и др., 2010] или крестецкая серия [Кузьменко, Шик, 2006]). В пределах сейсмокомплекса доминируют прерывистые отражения. Участки с четкой стратификацией отмечены в центральной и южной частях профиля ТВГ. На севере профиля подошва сейсмокомплекса предполагается на глубине около 1300 м, на юге – около 1050 м. Повышение нижней границы сейсмокомплекса в южном направлении согласуется с данными бурения в Оршанской впадине, где подошва нижнего венда расположена на глубинах 840-750 м. Мощность сейсмокомплекса нижнего венда колеблется от 150 до 250 м.

**Беломорско-Пинежский регион.** Характеристика сейсмокомплексов основана на анализе сейсмических материалов, частично опубликованных в [Геодинамика..., 2006].

Сейсмокомплекс  $Ar-Pg_1$  соответствует верхней части фундамента Беломорско-Пинежского региона. Его поверхность (ОГ-F) устанавливается по исчезновению стратифицированных отражений чехла и преобладанию в образе волнового поля динамически слабо выраженных непротяженных отражающих площадок. На выступах фундамента склона Балтийского щита горизонт ОГ-F представлен высокочастотным отражением с характерной бугристой морфологией и яркой динамической выразительностью; в пределах грабенов – это интенсивное 2-х фазное отражение с наиболее сильной, как правило, 1-й фазой. Характер залегания границы ОГ-F с горизонтами в подошве рифейского комплекса, в основном, согласный, однако, на участках склонов грабенов наблюдаются различные виды несогласий (подошвенного налегания), связанных с условиями осадконакопления. Принципиальным отличием сейсмокомплекса от такового в Среднерусском регионе является отсутствие (ненаблюдение) серий параллельных субгоризонтально ориентированных рефлекторов на границе с осадочным чехлом.

Сейсмокомплекс Pz-V<sub>2</sub> характеризует толщу осадочных пород между дневной поверхностью и отражающим горизонтом ОГ-К, который с разной степенью интенсивности прослеживается во всех грабенах с осадочными комплексами рифея и на разделяющих их выступах фундамента. Сейсмокомплекс характеризует платформенный чехол, где сейсмические горизонты субпараллельны и уверенно следятся в волновом поле. Вещественным выражением сейсмокомплекса являются осадочные породы верхнего венда, палеозоя и антропогена.

Сейсмокомплекс R<sub>3</sub><sup>1</sup> объединяет все сеймостратиграфические единицы, относящиеся к заполнению осадочных бассейнов. Поскольку большинство бассейнов представляют собой полуграбены, мощность сейсмокомплекса является величиной переменной и варьирует от 0 до 3-7 км даже в пределах одной структуры. Сейсмокомплекс залегает на фундаменте (Ar-Pr<sub>1</sub>), а в кровле либо срезан комплексом платформенного чехла (Pz-V<sub>2</sub>), либо по типу кровельного несогласия примыкает к отложениям сейсмокомплекса R<sub>3</sub><sup>2</sup>.

В образах волнового поля стратифицированные отражающие горизонты обнаруживают веерообразные структуры в сечениях ортогональных простираниям полуграбенов или незакономерно-волнистую слоистость в сечениях субпараллельных длинным осям структур. Отражающие горизонты образуют серии (*сейсмические фашии*), которые различаются по степени выраженности фаз и строению волнового поля. Строение сейсмического разреза свидетельствует о многостадийной истории проседания осадочных бассейнов. Опережающее по отношению к седиментации формирование пространства аккомодации выражено в характерном подошвенном налегании отражающих границ: после очередного сброса накапливающиеся слои выклиниваются у наклонной поверхности предыдущей осадочной серии.

Внутри сеймофаций *элементы сейсмических последовательностей* обнаруживают разное строение, что указывает на вариации условий седиментации. Непрерывные выдержанные отражения, образующие клиновидные серии, свидетельствуют о хорошей сортировке поступающей кластики в условиях подтопленного пространства аккомодации. Сложный набор черепицеобразных отражений, создающих косослоистые формы, указывает на преимущественно боковое наращивание осадков. Хаотический рисунок волнового поля свидетельствует о высокоэнергетической обстановке осадконакопления. Слабо выраженные прерывистые отражения разной интенсивности отвечают переменной энергетической обстановке осадконакопления и свойственны отложениям речных потоков. Широкое распространение получили регрессивные последовательности, типичные для седиментации во временных озерах (снизу вверх): веерообразно расходящиеся серии надстраиваются пакетами со штриховатым или хаотическим рисунком поля. Рассмотренные образы волнового поля широко распространены и, чередуясь друг с другом, проявляются на разных уровнях разреза. Из этого следует, что в ходе накопления разреза катаплатформенного чехла обстановки седиментации имели разную динамику и неоднократно менялись от субаквальных к субэаральным.

Сейсмокомплекс R<sub>3</sub><sup>2</sup> объединяет относительно пологие мульдообразные серии отражений, с угловым несогласием налегающие на нижелазий сейсмокомплекс R<sub>3</sub><sup>1</sup> и выходящие на плечи полуграбенов. Сейсмокомплекс распространён не повсеместно. Мощность его сильно варьирует (до тысячи метров), составляя в среднем первые сотни метров. Образ волнового поля этого комплекса отличается четко выраженной непрерывностью прослеживания и значительной интенсивностью отражающих горизонтов.

**Выводы.** В пределах СБП установленные по образам волнового поля и согласованные с буровыми данными сейсмогеологические комплексы характеризуют последовательные этапы позднерифейско-ранневендской тектоно-седиментационной истории при переходе от авлакогенового к платформенному тектоническому режиму Восточно-Европейской платформы.

**ВТОРОЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ.** Тектоно-седиментационные системы Среднерусского и Беломорско-Пинежского регионов развивались в позднерифейское время в качестве геодинамически сопряжённых структурных элементов провинции – Среднерусско-Беломорской тектонопары, которая была кинематически связана с внутриконтинентальной сдвиговой зоной в обрамлении Балтийского геоблока ВЕП.

В основу районирования фундамента регионов СБП положены результаты магниторазведки. Основные черты строения Провинции и её обрамления в пределах Российской Федерации достаточно полно иллюстрирует [Карта аномального..., 2004]. Но, поскольку рассматриваемая территория выходит за пределы государственной границы, при подготовке диссертации была составлена оригинальная карта модуля полного вектора аномального магнитного поля (АМП) на сетке 2,5 км в проекции Ламберта по данным [Maus et al., 2009; Magnetic..., 1974; Магнитные..., 1995; Olesen, 1997; Российская..., 2002; National..., 2004]. На этой же основе была построена карта вертикального градиента АМП путём предварительного расчёта продолжения поля  $dT$  вверх ( $\pm 5$  узлов по X и Y (размах 25000 м), вверх +5 узлов – 12500 м) по формуле Гаусса и последующего определения как разности между верхней и нулевой плоскостью<sup>3</sup>. Полученные материалы позволили выделить типовые области АМП, которые отражают положение главных структурно-вещественных комплексов фундамента (Рис. 3).

---

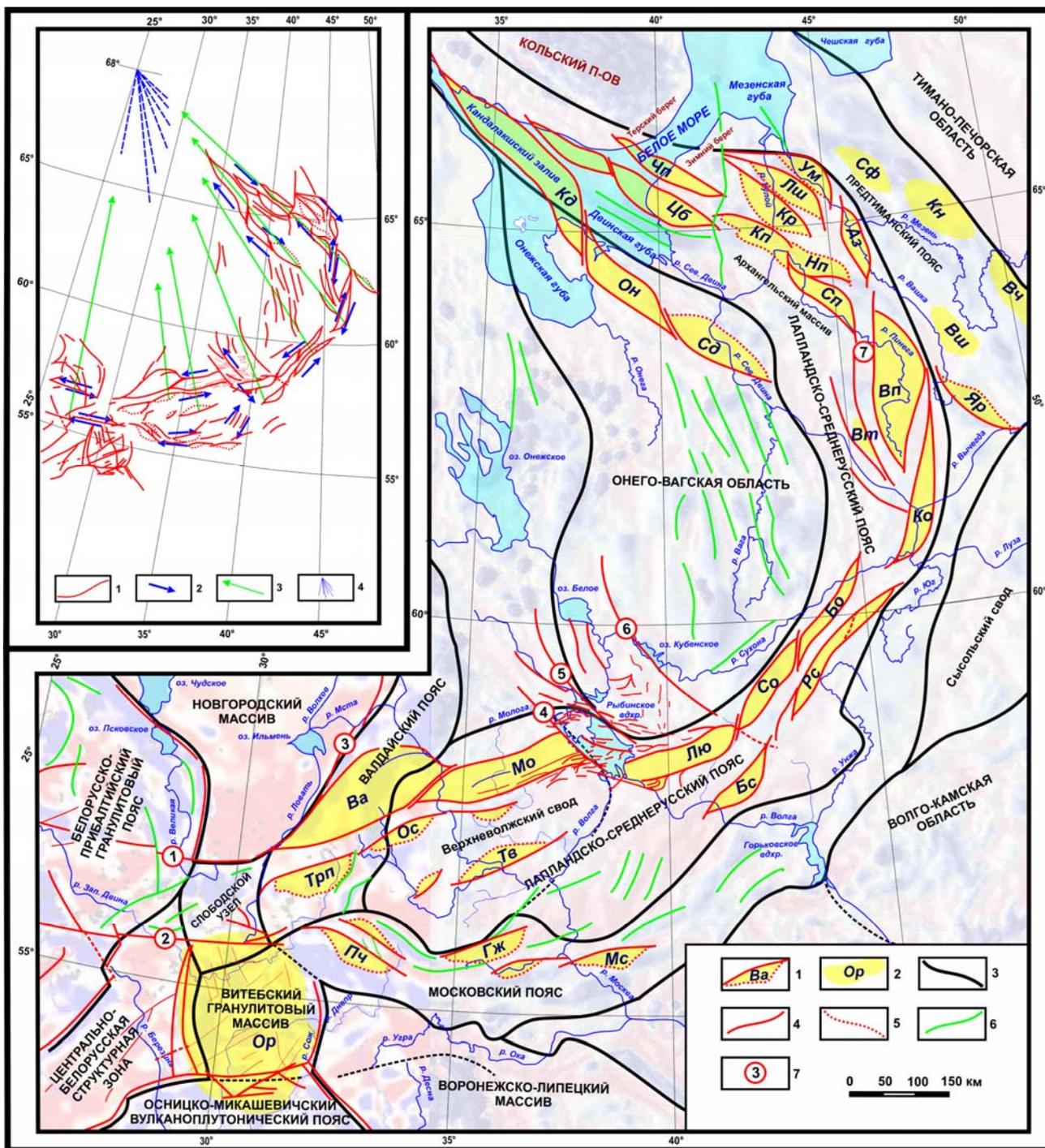
Рис. 3. Структурно-тектоническая и кинематическая схемы Среднерусско-Беломорской провинции.

Условные обозначения: 1 – осадочные бассейны Среднерусско-Беломорской тектонопары: Ва – Валдайский, Трп – Торопецкий, Пч – Пречистенский, Ос – Осташковский, Мо – Молоковский, Тв – Тверской, Гж – Гжатский, Мс – Московский, Лю – Любимский, Бс – Большесольский, Со – Солигальский, Бо – Бобровский, Рс – Рослятинский, Ко – Котласский, Вт – Верхнетоемский, Вп – Верхнепинежский, Сп – Среднепинежский, Нп – Нижнепинежский, Аз – Азапольский, Кп – Кепинский, Кр – Керецкий, Лш – Лешуконский, Ум – Усть-Мезенский, Цб – Центральнобеломорский, Чп – Чапомский, Кд – Кандалакшский, Он – Онежский, Сд – Северодвинский, 2 – впадины: Ор – Оршанская, Сф – Сафоновская, Кн – Койнасская, Вш – Вашкинская, Яр – Яренская; Вч – Вычегодский прогиб; 3 – границы главных структурно-вещественных элементов фундамента; 4-6 – разломы: 4 – установленные, 5, 6 – предполагаемые: 5 – по положению осадочных комплексов, 6 – по аномалиям на карте вертикального градиента АМП; 7 – названия главных разломов: 1 – Локновско-Неманский, 2 – Полоцко-Курземский, 3 – Ловатский, 4 – Рыбинский, 5 – Череповецкий, 6 – Вологодский, 7 – Ежугско-Верхнепинежская разломная зона.

На врезке: 1 – разломы; 2 – направления смещений по разломам; 3 – азимуты направлений, ортогональных касательным к простирацию Среднерусского авлакогена и Полоцко-Курземского пояса разломов, а также соответствующих осям простираания главных структур Беломорско-Пинежского региона; 4 – точка схода азимутов.

---

<sup>3</sup> Расчеты выполнены С.Ю. Соколовым (ГИН РАН) по гридам в формате Surfer 8.03 с последующим переводом результатов в формат ArcGIS.



**Среднерусский регион.** Анализ карт модуля полного вектора и вертикального градиента аномального магнитного поля (АМП) позволил установить на территории региона положение крупных структурно-вещественных комплексов фундамента: Московского, Валдайского [Гафаров, 1976] и Лапландско-Среднерусского [Глубинное..., 2010] поясов, а также Онего-Вагской области (см. рис. 3).

Главной неопротерозойской тектоно-седиментационной системой региона является Среднерусский авлакоген. Он протягивается от области сочленения с Беломорско-Пинежскими структурами на северо-востоке (междуречье Вычегды и Северной Двины) к сложному Слободскому узлу, где сходятся Полоцко-Курземский пояс разломов, Оршанская впадина и Подмосковные осадочные бассейны.

В плане авлакоген в целом приурочен к Лапландско-Среднерусскому поясу, но занимает меньшую площадь и распространяется за его пределы на территорию Валдайского пояса. Такое положение Среднерусского авлакогена относительно структурно-вещественных комплексов фундамента свидетельствует о его более позднем (наложенном) развитии.

Лапландско-Среднерусский пояс характеризуется пониженными значениями аномального магнитного поля (АМП). Кроме того, в пределах пояса отчётливо выражена «прозрачность» магнитного поля на карте вертикального градиента полного вектора АМП. Избирательной приуроченности авлакогена к определённым гравитационным аномалиям не установлено – его части располагаются как в областях повышенного (преимущественно на северо-восточном фланге), так и пониженного гравитационного поля.

Участки относительно утонённой (40-42 км) коры расположены дискордантно по отношению к Лапландско-Среднерусскому поясу и прогибам Среднерусского авлакогена. В целом для СБП вырисовывается система участков с утонённой корой, которая, постепенно расворачиваясь от СЗ до ЮЗ простирания, протягивается от Зимнего берега Белого моря через Беломорско-Пинежские бассейны, захватывает примыкающую к авлакогену часть Онего-Вагской зоны АМП, и, резко сокращаясь по площади распространения, локально прослеживается в пределах Верхневолжского свода, Московского пояса и Воронежско-Липецкого массива. Другая более мелкая ветвь протягивается по азимуту около 45° от Ладожского и Онежского межозёрья ортогонально Среднерусскому авлакогену к Токмовскому своду. На территории авлакогена утонённые участки коры намечаются в районе Любимского грабена и под Торжокским выступом в составе Верхневолжского свода [Костюченко, 1995; Костюченко и др., 1996; Костюченко, Исмаил-заде, 1998; Костюченко, Солодилов, 1997].

Анализ материалов сейсморазведки МОГТ свидетельствует о том, что под неопротерозойскими бассейнами Среднерусского авлакогена консолидированная кора практически изотропна и не обнаруживает региональных отражающих горизонтов. В то же время, на профилях, ориентированных вкрест простиранию авлакогена, намечаются наклонные отражающие поверхности, падающие от Балтийского щита [Глубинное..., 2010; Чамов и др., 2010]. Существование пологой (около 15°) зоны сквозькорового срыва юго-восточного падения предполагается по данным ГСЗ под Верхневолжским сводом в районе Торжокского выступа [Костюченко, Солодилов, 1997].

Структуру авлакогена определяют крупная северная и прерывистая южная ветви дугообразных кинематически связанных композитных прогибов, состоящих из протяжённых (до 100 км и более) приразломных грабенов (осадочных бассейнов) глубиной 3-5 км [Владимирова и др., 2001; Капустин и др., 2001];. По простиранию авлакогена бассейны прослеживаются с разной степенью уверенности и отделяются друг от друга поперечными трансферными разломами и продольными выступами и грядами фундамента [Чамов и др., 2010].

Фундаментом верхнерифейским осадочным бассейнам авлакогена служат породы серии тектонического меланжа, образованные за счет бластомилонитизации в эпидот-амфиболитовой фации исходных амфиболитов, мигматитов, габбро и, в единичных, случаях анортозитов. Образованию меланжа сопутствовали частичное плавление и тектоническая дезинтеграция пород. Частичное плавление способствовало растворению амфиболов с образованием скоплений эвгедрального

эпидота и сфена. Изотопные U-Pb исследования сфена показали совпадение его изотопной метки с конкордией, что свидетельствует о новообразованной природе минерала. Возраст его образования (и бластомилонитизации, соответственно) составил 1750 млн. л.

По результатам изотопных исследований в целом, в развитии структурно-вещественных комплексов фундамента установлены следующие рубежи формирования изотопных меток пород (округлённо, в млн. л): 1) формирование протолита (магматическое событие, плавление) – 2488-2516 (U-Pb по цирконам); 2) бластомилонитизация (пластическое течение с частичным плавлением) – 1750 (U-Pb по новообразованному сфену); 3) структурообразование в хрупкой коре (растяжение и внедрение даек лампрофиров) – 1000 (Sm-Nd по полевошпатовым лампрофирам). Таким образом, результаты изотопных исследований свидетельствуют о палеопротерозойском возрасте бластомилонитов серии тектонического меланжа, матриком которого являются бластомилониты. Изотопные оценки времени растяжения хрупкой коры согласуются с результатами микропалеонтологического анализа, показавшими отсутствие в составе катаплатформенного чехла отложений древнее верхнерифейских (неопротерозойских). Полученные данные позволяют сделать принципиально важный для понимания строения и развития СБП вывод о том, что **между формированием серии тектонического меланжа и началом накопления катаплатформенного чехла в неопротерозойских осадочных бассейнах региона существовал разрыв во времени в объеме мезопротерозоя.**

Фаціальний анализ осадочних порід молоковської серії вказує на значительное влияние тектонических процессов на обстановки их накопления. Последовательность напластования в разрезе в целом свидетельствует о том, что седиментация в Среднерусском авлакогене имела регрессивную направленность. Особенно ярко это проявлено на его юго-западном фланге, где, говоря в терминах альпийских геологов, наблюдается переход от «флиша» к «молассе». Такое строение разреза характерно для озёрных отложений, в которых тонкозернистые осадки, отложившиеся ниже уровня действия волн, сменяются более грубозернистыми и аллювиальными [Пикард, Хай, 1974]. В то же время, распознать озёрные обстановки труднее, чем какие-либо другие. Основные трудности при этом связаны с отсутствием четких диагностических критериев для их однозначного распознавания. Во многих случаях мелководноморские и озёрные отложения практически неотличимы [Reading, 1986].

Тем не менее, комплекс признаков указывает на озёрное происхождение отложений сероцветной и пестроцветной толщ молоковской серии. Прежде всего, следует отметить структурный контроль распространения этих толщ: более грубые прибрежные отложения приурочены к структурному ограничению бассейна, а к центру бассейна обломочный материал становится более тонкозернистым (например, в шлифах из керн скважин Р-1 и С.-Молоковская). Избирательная резкая смена гранулометрического состава указывает на асимметрию осадочного бассейна, в частности на сближенность береговых линий при значительной выдержанности структуры по простиранию.

Типы слоистости в отложениях молоковской серии отражают влияние довольно интенсивных придонных и/или вдольбереговых течений, о чём свидетельствует широкое развитие волнистой и мелкой косой слоистостей. Широкое развитие оползневых текстур свидетельствует о крутизне склонов, что хорошо согласуется с разломными ограничениями бассейнов. Частые нарушения напластования

(запрокидывание параллельнослоистых разностей, микросбросы в осадках) отражают тектоническую подвижность основания бассейнов седиментации. Частое появление обогащённых железистым веществом пёстрых прослоев, типичных для континентальной седиментации, также может быть связано с вариациями тектоно-седиментационного режима.

В пользу озёрной седиментации свидетельствует и состав биоты из сероцветных отложений молоковской серии. Бедность ассоциации микрофоссилий и её очевидное отличие от характерных для рифея ассоциаций эпиконтинентальных морей может свидетельствовать о типичных для озёрных обстановок условиях «стресса», вызванных частыми вариациями темпов погружения, глубин бассейнов и степени их компенсированности осадками.

По текстурно-структурным признакам вскрытых бурением осадочных пород, можно выделить две фации озёрных отложений, отличающихся глубиной и динамикой седиментации.

Фация мелководных озёр представлена неравномерным переслаиванием темно-серых иногда бурых алевритистых аргиллитов и серых плохо сортированных алевролитов. Характерны линзы и прослои светло-серых плохо сортированных средне-мелкозернистых слабоглинистых песчаников. Слоистость мелкая линзовидная, горизонтальная, полого- и косоволнистая, часто прерывистая; отмечаются мелкомасштабные текстуры подводного оползания. Тектурные признаки свидетельствуют о том, что отложения фации накапливались в условиях подвижного мелководья при нестабильном гидродинамическом режиме. Присутствие бурых окрасок пород свидетельствует о субаэральной обстановке осадконакопления. В сторону осевых частей осадочных бассейнов фация сменяется отложениями глубоких озёр. Такие же переходы прослеживаются и в вертикальном разрезе. Мелкомасштабные оползневые нарушения в осадках связаны, вероятно, с тектоническими подвижками дна бассейнов, поскольку при перегрузке склонов осадочным материалом образуются достаточно мощные и хорошо распознаваемые по текстурному облику оползневые тела. Отложения фации установлены в основании и кровле разрезов сероцветной толщи во всех бассейнах, что и позволяет говорить о трансгрессивно-регрессивном характере седиментации. Мощность фации значительно варьирует от 50-360 м на юго-западном фланге до 70-490 м на северо-восточном. Кроме того, отложения фации тяготеют к тектоническим уступам в прибортовых частях бассейнов, где они соседствуют с грубообломочными отложениями приразломных депрессий.

Фацию глубоководных озёр слагают серые и темно-серые в различной степени алевритистые часто битуминозные аргиллиты и серые алевролиты с подчиненными прослоями средне- и плохосортированных средне-мелкозернистых светло-серых песчаников. Слоистость тонкая горизонтальная, иногда прерывистая, полого- и линзовидноволнистая. Обломочный материал плохо окатан. Тектурные черты пород характерны для отложений центральных частей глубоких водоёмов, накопление которых определяется слабой гидродинамической активностью, хотя и при участии придонных течений. Отсутствие фракционированных глинистых осадков гемипелагического или пелагического облика в сочетании с плохой окатанностью и низкой степенью сортировки обломочного материала свидетельствуют в пользу озёрного генезиса. На это же указывает и быстрая фациальная изменчивость по латерали: широко развитые в осевых частях бассейнов алеврито-глинистые отложения замещаются в направлении бортов бассейнов алеврито-песчаными

отложениями мелководных озёр. На юго-западе авлакогена мощность фации варьирует от 120 м в прибортовых до 540 м в центральных частях осадочных бассейнов. На северо-востоке мощность фации достигает 2 км.

Помимо озёрных, в составе молоковской серии установлены три в разной степени тектоно-зависимых фации, несущие при этом отчётливые признаки континентальной седиментации. При этом фация приразломных депрессий распространена по всему авлакогену, тогда как фация межгорных прогибов установлена только в составе красноцветной толщи его юго-западного фланга.

Фация приразломных депрессий представлена красноцветными и/или пестроцветными конглобрекциями с песчано-глинистым матриксом и прослоями пестроцветных алевролитов, аргиллитов, разнозернистых несортированных и плохо сортированных песчаников, иногда переходящих в гравелиты. Крупные обломки представлены метаморфическими породами фундамента, слагающего прилегающую к депоцентру часть цоколя бассейна. Такие черты характерны для обвально-оползневых отложений, которые накапливаются в структурных ловушках в обрамлении тектонических уступов. Значительная пестроцветность отложений свидетельствует о субаэральной обстановке осадконакопления. Отложения фации тяготеют к поверхности раздела подошвы сероцветной толщи молоковской серии и фундамента (серии тектонического меланжа). По латерали они сильно изменчивы, мощность варьирует от 11 до 150 м.

Фация прибортовых частей межгорных прогибов представлена буро-красными или лилово-бурыми разнозернистыми несортированными песчаниками, неслоистыми глинистыми и слабogliнистыми, редко с примесью гравия. Присутствуют плохо-среднесортированные песчаники с крупной косою однонаправленной слоистостью. В мелкозернистых песчаниках иногда наблюдается мелкая косая штриховатая слоистость. Установлены частые вариации гранулометрического состава отложений с постепенными переходами между отдельными разностями. Такие грубые несортированные аллювиально-пролювиальные отложения характерны для подножий склонов (дебризных конусов выноса) межгорных прогибов. В тектоническом смысле эти породы можно рассматривать как молассоиды, накопление которых связано с реорганизацией структурного плана региона. Мощность отложений составляет около 200 м.

Фация осевых частей межгорных прогибов сложена неравномерно переслаивающимися красно-бурыми средне- и мелкозернистыми алевролитистыми песчаниками, слюдистыми алевролитами и аргиллитами. Песчаники и алевролиты средне-плохосортированные, глинистые и слабogliнистые. Аргиллиты алевролитистые и сильно алевролитистые. Обломочный материал средне или плохо окатан. Слоистость в песчаниках и алевролитах горизонтальная, волнистая, косоволнистая, мелкая косая штриховатая. Характерны мелкие текстуры подводного оползания. Генетически отложения достаточно разнообразны, что свидетельствует об изменчивости гидродинамической активности. Даже в пределах небольших интервалов, охарактеризованных керном, наблюдается парагенезис аллювиальных, волновых и относительно тиховодных отложений. Такие условия могли возникать в центральных удалённых от склонов частях межгорных прогибов. Смена сезонов и вариации интенсивности тектонических процессов определяли нестабильность гидродинамических режимов, приводили к появлению и исчезновению мелких озёр, временных русел и пойм. Видимая мощность отложений достигает 400 м.

Приведённые данные отражают различие стилей седиментации на флангах авлакогена, что обусловлено наличием между ними крупного структурного раздела. В средней части Среднерусского авлакогена в узкой трансферной зоне, ограниченной Рыбинским и Череповецким разломами северо-западного простирания, происходит правостороннее смещение его бассейнов с амплитудой около 150 км (см. рис. 3). К северу от Среднерусского авлакогена разломы меняют простирание на северо-восточное, совпадающее с ориентировкой аномалий Онего-Вагской области АМП. Вероятно, к этой системе нарушений относится и Вологодский разлом, который полностью повторяет ориентировку Череповецкого нарушения.

В целом разломы образуют широкую полосу деформаций, в пределах которой отмечаются: 1) сигмоидальное смещение линейной структуры авлакогена, 2) глыбово-блоковые движения фундамента, приведшие к сокращению (или полному уничтожению) элементов доплитного осадочного разреза и 3) утонение мощности земной коры, что проявлено участками, оси которых ориентированы вкрест простирания авлакогена.

Вероятно, что Рыбинско-Череповецкая трансферная зона приурочена к границе блоков консолидированной коры с разными петрофизическими свойствами. В пользу этого свидетельствует установленный градиент (до 0,2 км/с) скоростей прохождения в коре по разные стороны от близко расположенного Вологодского разлома [Владимирова и др., 2001]. Однако тектонической причиной заложения трансферного сдвига и дальнейшее смещение по нему оси Среднерусского авлакогена представляется наличие Верхневолжского свода – жёсткого массива фундамента на пути развития генерального левого сдвига. Основные сдвиговые нарушения, с которыми связаны крупные Молоковский и Валдайский бассейны, локализованы к северу от массива (см. рис. 3). В то же время, судя по характеру распределения вертикального градиента АМП, серия узких аномалий отщепляется от Рыбинско-Череповецкого трансфера и протягивается в сторону т.н. Подмосковного авлакогена. Относящиеся к нему Гжатский и Московский полуграбены, а также Бельский комплекс метаморфического ядра в обрамлении компенсационных прогибов [Чамов, Горбачёв, 2004] тяготеют к границе Лапландско-Среднерусского и Московского поясов земной коры и являются структурным выражением сдвиговых дислокаций в южном обрамлении Верхневолжского свода. Наличие кинематической связи со Среднерусским авлакогеном указывает на общность движущих механизмов структурообразования, по крайней мере, в течение позднего рифея.

Смещение сегментов авлакогена по Рыбинско-Череповецкой трансферной зоне предопределило различную историю развития его флангов.

**На юго-западном фланге авлакогена необратимый переход от сероцветных отложений узких глубоководных озёр к аэральным красноцветным молассоидам (при одновременном расширении бассейнов) отражает два разных по стилю этапа растяжения** (Рис. 4 а, б). При этом, величина относительного растяжения  $\varepsilon$ , определяемая как отношение приращения ширины бассейна к его начальной ширине ( $\Delta L/L_0$ ), составляет 1,12 на раннем и 1,13 на позднем этапах развития фланга, что свидетельствует о неизменной энергетике общего для авлакогена сдвигового процесса. Из этого следует, что латеральный рост бассейнов на юго-западном фланге обусловлен локальными причинами. Возможное объяснение этого явления предложено ниже. Оно учитывает влияние ориентировки поверхности бассейнообразующего сброса относительно крупных структурных элементов фундамента.

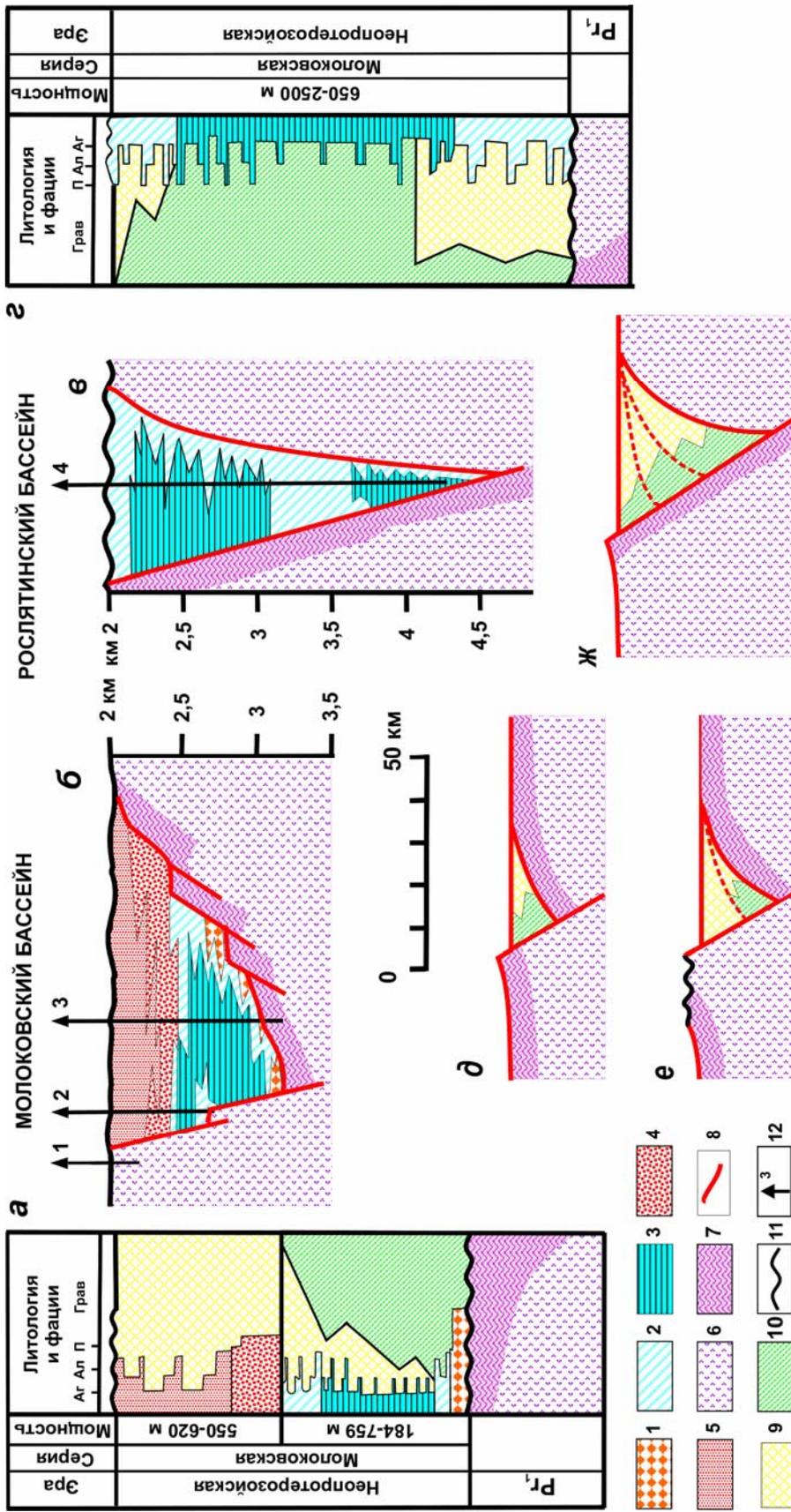


Рис. 4. Структура и закономерности развития флангов Среднерусского авлакогена.

а, г – сводные разрезы флангов: а – юго-западного, б – северо-восточного; б, в – литолого-фациальные разрезы характерных осадочных бассейнов: б – Молоковского, в – Рослятинского; д-ж – принципиальные схемы формирования эпидотовых аномалий за счёт размыва пород серии тектонического меланжа. д, е – затухающее во времени влияние источника эпидота при ограниченной глубине бассейна (молоковский тип), ж – постоянное влияние источника эпидота в сочетании с прогрессивным углублением дна бассейна (рослятинский тип).

1-5 – фации: 1 – приразломных депрессий, 2 – мелководных озёр, 3 – глубоководных озёр, 4 – прибортовых частей межгорных прогибов, 5 – осевых частей межгорных прогибов; 6 – фундамент, 7 – бластомилониты с кристаллическим эпидотом, 8 – разломы и границы тектонических структур, 9, 10 – ассоциации кластогенных акцессорных минералов: 9 – фоновая аркозная, 10 – обогащённая эпидотом; 11 – эрозионные границы; 12 – скважины: 1 – Р-1, 2 – Р-2, 3 – Северо-Молоковская, 4 – Рослятинская.

**На северо-восточном фланге транспрессивный режим растяжения оставался неизменным на протяжении всего времени существования структуры, хотя обратимые флуктуации приводили к временному обмелению озёр и фациальному чередованию глубоководных сероцветных и мелководных пестроцветных отложений (Рис. 4 в, г).**

Поскольку интенсивность растяжения, рассчитанная для этого фланга (1,1-1,15) сопоставима с интенсивностью растяжения на юго-западе авлакогена, можно говорить о единстве движущего механизма и постоянной энергетике процесса для авлакогена в целом.

Анализ состава тяжелой фракции песчаников из базальной сероцветной толщи молоковской серии позволил установить связь между тектоническим стилем развития бассейна и характером седиментации. Оказалось, что метаморфический эпидот эвгедрального облика, образованный по амфиболам в ходе частичного плавления пород при образовании бластомилонитов серии тектонического меланжа, при размыве пород фундамента образует аномально высокие (40-60% – 100%) концентрации в составе тяжелой фракции песчаников молоковской серии [Чамов, 2003, 2010]. Установлены два принципиальных сценария накопления осадков. В первом случае эпидот присутствует только в нижней половине разреза (Молоковский бассейн), во втором – эпидот распределён по всему разрезу (Рослятинский бассейн). При этом глубина Рослятинского бассейна в почти 2,5 раза превосходит глубину Молоковского.

Для объяснения этого явления была предложена модель, которая учитывает взаимоотношения плоскостей неопротерозойских сместителей с наклоном слагающего фундамент бластомилонитового пласта тектонического меланжа. При пологом залегании пласта его сброшенная часть в составе висячего блока погружается в основание осадочного бассейна, другая – выводится в область эрозии в результате изостатического воздымания лежащего плеча (рис. 4д). Последующее развитие бассейна приводит к захоронению погруженной части пласта, дальнейшему воздыманию лежащего плеча, прогрессивной эрозии и выходу верхнего фрагмента пласта тектонического меланжа из области влияния на образованный осадочный бассейн (рис. 4е). Затухающее во времени влияние источника эпидота при ограниченной глубине бассейна можно определить как молоковский тип структурообразования и седиментации.

Иное развитие событий имеет место в случае крутого залегания бластомилонитового пласта и развития магистрального сброса по его падению (Рис. 4ж). Углубление бассейна при сопутствующем воздымании лежащего плеча не только не приводит к изоляции пласта тектонического меланжа, а, напротив, постоянно стимулирует его активность как источника специфической кластики. Кроме того, развитие магистрального срыва вдоль аномального пласта энергетически выгоднее, чем погружение части консолидированной коры в нижележащий более плотный субстрат, что отражается в развитии очень глубоких осадочных бассейнов (рослятинский тип формирования бассейна и заполнения его осадками).

Таким образом, **структуры и стили седиментации в осадочных бассейнах единой сдвиговой зоны определялись характером взаимоотношения плоскостей неопротерозойских сбросов и наклоном палеопротерозойских бластомилонитовых пластин фундамента.** Бассейны при секущих сбросах (*молоковский тип*) после достижения реологически обусловленного предела погружения испытывали латеральное расширение, что компенсировало региональные

сдвиговые напряжения и приводило к накоплению регрессивных осадочных последовательностей. При совпадении сместителей сбросов с плоскостями пластин фундамента (*рослятинский тип*) реологические свойства пород не влияли на глубину бассейна и обстановки седиментации радикально не изменялись.

Установленные закономерности строения отдельных бассейнов и общей структуры Среднерусского авлакогена позволяют рассматривать его в качестве неопротерозойской внутриконтинентальной сдвиговой зоны, наложенной на палеопротерозойский бластомилонитовый пояс в ходе крупномасштабного расслоения земной коры без значительного уменьшения её мощности, что свойственно обстановкам реализации простого сдвига.

Структура авлакогена, выраженная системой субпараллельных долин и разделяющих продольных выступов и гряд фундамента, широко распространена в сдвиговых зонах на коре любого типа и в широком диапазоне масштабов – от региональных до трансконтинентальных или трансокеанических. Например, система субпараллельных сдвиговых долин и разделяющих их продольных гряд изучалась автором в гигантской трансформной зоне Эндрю Бейн, смещающей западную ветвь срединного хребта Индийского океана и протягивающуюся в направлении южного фланга Восточно-Африканских рифтов [Пейве и др., 2008]. Примечательными являются две закономерности её строения. Во-первых, в рельефе сдвиговой зоны выделяются три желоба, различающиеся по протяжённости, простираниям и глубинам. Во-вторых, особенности изменения простираний и геометрии бассейнов позволили предположить, что в ходе развития разломной зоны её ось постепенно разворачивалась в северном направлении. Разворот приводил к увеличению растяжения на юге и нарастанию сжатия на севере при сопутствующем формировании проградирующих с юга на север косых по отношению к долинам структур.

Не пытаюсь найти прямого соответствия строения мегатрансформы на расходящемся дне современного океана с неопротерозойской интракратонной сдвиговой зоной, нельзя не отметить принципиальное сходство в организации сопряжённых выступов и депрессий. Кроме того, постепенный разворот простираний на всём протяжении авлакогена придаёт ему в плане характерную серповидную форму.

Сходно построена и разломная зона Моллой, также являющаяся трансформной зоной, аккомодирующей растяжение в рифте Книповича<sup>4</sup>.

Примером современной континентальной сдвиговой системы субпараллельных поднятий и прогибов являются долины Бэд и Грин Уотер в Долине Смерти в Неваде. Долины эти резко асимметричны и сосуществуют лишь в наиболее широкой части этой трансформной системы. Разделяющие их поднятия Черных гор являются выступами кристаллического докембрийского фундамента. Родственной Среднерусскому авлакогену континентальной структурой является Европейская рифтовая зона, часть которой (Бургундская сдвиговая зона) можно считать аналогом Рыбинско-Череповецкой сигмоиды.

**Беломорско-Пинежский регион.** Анализ карт модуля полного вектора и вертикального градиента АМП позволил проследить продолжение на территорию Беломорско-Пинежского региона крупных структурно-вещественных комплексов фундамента: Онего-Вагской области, Лапландско-Среднерусского и Московского

---

<sup>4</sup> Закономерности строения Норвежко-Грифтогенной рифтогенной окраины рассмотрены в главе «Тектоно-седиментационные системы».

поясов. Кроме того, на северо-востоке региона установлены Предтиманский пояс и Тимано-Печорская область (см. рис. 3).

Лапландско-Среднерусский пояс обнаруживает смену простираний от меридионального на северо-западное. Как и в Среднерусском регионе, он представлен слабыми мозаичными аномалиями магнитного поля и выражен наиболее неотчётливо по сравнению с обрамляющими его структурно-вещественными комплексами. Исключение составляет интенсивная линейная положительная аномалия, тянущаяся от района Двинской губы к среднему течению р. Вашка. В центральной части она утоняется вплоть до разрыва и испытывает смещение. Наблюдаемое нарушение линейности аномалии можно описать как левостороннее смещение по трансферному сдвигу, который протягивается примерно вдоль меридиана  $42^\circ$  в.д. от Кулойского выступа на Зимнем берегу Белого моря к Онего-Вагской области. С южной частью предполагаемого нарушения пространственно совпадают резкие (около  $90^\circ$ ) изгибы в ориентировке русла р. Северная Двина (см. рис. 3). В гравитационном поле вдоль меридиана  $42^\circ$  в.д. наблюдается отчётливая линейная система пониженных значений, резко дискордантная дугообразным «грядам холмов» положительных аномалий.

Дискордантность предполагаемого разломного смещения свидетельствует о его более молодом возрасте по отношению к аномалиям Лапландско-Среднерусского пояса. Это же, видимо, относится и к Онего-Вагской области, большая часть осей аномалий которой ориентирована согласно трансферному нарушению. Не исключено, что молодое субмеридиональное нарушение наложено на более древнюю (собственно Онего-Вагскую) систему магнитных аномалий, которая в структурном плане приспособлялась к дугообразному изгибу Лапландско-Среднерусского пояса.

Повышенное внимание к строению этой части региона обусловлено тем, что вдоль линии магнитной и серии гравитационных аномалий (предполагаемого сдвига) происходит сочленение осадочных бассейнов морской и сухопутной частей Терско-Пинежской ветви прогибов региона.

Глубина залегания поверхности Мохровичича варьирует от 42 до 28 км [Костюченко, 1995; Петров, Костюченко, 2002; Геодинамика..., 2006; Тектоническая..., 2010]. Наиболее приподнятое ее залегание (менее 30 км глубины) отмечается в бассейне нижнего течения р. Мезень. По изогипсам вырисовывается довольно узкая структура, продольная ось которой ориентирована субширотно и протягивается от нижнего течения р. Кулой к Сафоновскому прогибу. Как правило, гипсометрически повышенное (около -36 км) положение поверхности М устанавливается на небольших (50-100 км по длинной оси) участках. Закономерного соответствия участков утонённой коры индивидуальным осадочным бассейнам не установлено.

Анализ материалов сейсмических профилей МОГТ показал наличие в консолидированной коре региона многочисленных преимущественно пологих отражающих поверхностей, которые характерны для нижних частей листрических срывов (детачментов). Серии наклонных площадок имеют разную вергентность, плотность и протяжённость<sup>5</sup>. Некоторые серии приурочены только к средней или нижней коре, другие образуют проходящие через всю кору детачменты. Наиболее

---

<sup>5</sup> Одним из первых обратил внимание на эту закономерность Р.Б. Сапожников [Геодинамика..., 2006].

крупные пологие срывы обнаруживают падение на северо-восток, т.е. в направлении от Балтийского щита.

Планарные разломы, которые ограничивают приповерхностные грабены, уходят на глубины от 5 до 15-20 км, где постепенно теряются среди многочисленных более глубоких и, видимо, ранее образованных срывов. Это свидетельствует о многостадийном характере процесса перераспределения напряжений в консолидированной коре региона. Приспособление бассейнообразующих неопротерозойских срывов к более древним (палео-мезопротерозойским?) detachments соответствует принципу минимизации энергетических затрат.

Структуру региона определяют две ветви композитных прогибов, расходящихся от Кандалакшского залива Белого моря – Кандалакшско-Северодвинская (юго-западная) и Терско-Пинежская (северо-восточная). Обе ветви прогибов локализованы в пределах Лапландско-Среднерусского пояса фундамента, ширина и вариации простираний которого определяют их структурную организацию. Юго-западная ветвь относительно прямолинейна и постоянна по ширине, тогда как северо-восточная в районе Зимнего берега обнаруживает заметную виргацию, ширина которой превышает 150 км.

Виргация Терско-Пинежской ветви бассейнов в сочетании с её изгибом в сторону от Кандалакшско-Северодвинской ветви создает обманчивое представление о веерообразном характере растяжения коры региона. Видимая веерообразность в сочетании с положением территории на периферии ВЕП легли в основу представлений о спрединговом раскрытии структур, причём предполагаемая компенсация смещений происходила по трансформе Среднерусского авлакогена [Костюченко, Егоркин, Солодилов, 1995; Фёдоров и др., 1996].

Расчет величины относительного растяжения  $\varepsilon$  для Кепинского, Керецкого, Лешуконского и Усть-Мезенского осадочных бассейнов, образующих структурный ансамбль в наиболее широкой части виргации, показал значения (1,07-1,11), уступающие таковым в Среднерусском регионе СБП и явно не соответствующие условиям геодинамического режима деструктивной континентальной окраины.

Анализ материалов сейсморазведки МОГТ позволил установить, что в центре предполагаемого зияния расположен крупный останец Балтийского щита – Архангельский выступ фундамента. При этом все осадочные бассейны приурочены к разломам, которые огибают этот жесткий блок с северо-запада и юго-востока, а затем вновь стремятся занять положение вдоль длинной оси сдвиговой системы. Смещение Терско-Пинежской ветви выражено особенно отчетливо и происходит по крупной Вашкинской трансферной зоне, которая представляется структурным аналогом Рыбинско-Череповецкой трансферной зоны в Среднерусском регионе.

Процессы бластомилонитизации широко проявлены в породах фундамента региона. На их сходство и одновозрастность с динамометаморфическими породами основания Среднерусского авлакогена указывает возраст новообразованного сфена из бластомилонитов по мигматитам и амфиболитам, который по результатам U-Pb изотопного анализа составил около 1,75 млрд. л [Бибикина и др., 1998].

Сдвиговые осадочные бассейны образуют сложный структурно-породный ансамбль, в котором полуграбены соседствуют и образуют переходные формы со структурами типа *пулл-апарт*. Бассейны являются изолированными и полуизолированными тектоно-седиментационными системами, отделёнными друг от друга трансферными разломами и сдвиговыми складками. По простиранию ветвей отмечена смена полярности полуграбенов как в неопротерозойской так и в

современной структуре региона, в частности, на сочленении Кандалакшского и Колвицкого полуграбенов, разделённых межвпадинной перемычкой (трансферной сдвиго-складкой) островной гряды Средние Луды [Балуев и др., 2010, 2011].

Крайним северо-западным элементом Терско-Пинежской ветви служит Чапомский грабен, установленный на юго-восточном побережье Кольского полуострова в низовьях р. Чапомы [Балуев и др., 2010]. Авторы отмечают, что сеть разломов, развивавшихся конседиментационно, усложнялась в процессе формирования осадочного чехла и приводила к дроблению рифейских образований на блоки. Эти наблюдения согласуются с нашим представлением о последовательном усложнении структуры Терско-Пинежской ветви с прогрессивным превращением полуграбенов с переменной полярностью в условно симметричные (двустороннезамкнутые) сдвиго-раздвиговые бассейны.

Ассиметричность полуграбенов приводит к высокой фациальной изменчивости накапливающихся в них отложений. Кроме того, литолого-фациальный анализ осадочных комплексов (свит) опорного разреза, вскрытого Средне-Няфтинской скважиной показал, что их накопление происходило в нестабильных часто чередующихся обстановках, характерных для тектонически подвижных континентальных областей.

Уфтыгская свита мощностью 57 м обнаруживает преимущественно песчаный состав и пестроцветность осадков, широкое развитие крупной однонаправленной косой слоистости, отчётливо проявленные азральные обстановки (пустынный загар) в сочетании с отсутствием микробиоты, что характерно для континентальных долин с нестабильными аллювиальными обстановками. Такие условия могли существовать, например, в долинах, расположенных вдоль сбросовых уступов. Характерные «внутриформационные брекчии» свидетельствуют о внутрибассейновой тектонической активности.

Няфтинская свита мощностью 197 м могла быть связана с побережьем крупного озёра. Так, ленточный характер переслаивания осадков в сочетании с текстурами оползания, нарушения напластования и текстурами типа бугорчатой косой слоистости (влияние штормовых волн) указывают на обстановку подвижного мелководья. При этом обширный в видовом и количественном отношении комплекс биоты в сочетании с общей сероцветностью отложений свидетельствует об относительной глубоководности отложений. Наличие в мергелях и мелкозернистых известняках алевритового материала свидетельствует о близком положении берега.

С няфтинской свитой из опорного разреза Средне-Няфтинской скважины № 21 сопоставляют чапомскую свиту, верхнерифейские терригенные образования которой вскрыты в долине р. Чапома на Терском берегу Кольского п-ва [Вейс и др., 2004; Балуев и др., 2010]. Отложения свиты присутствуют в осевой части и вдоль северо-восточного борта Чапомского грабена, где в составе терригенной толщи преобладают пестроцветные алевролитовые и глинистые породы с хлорит-карбонатным цементом. В верхней части разреза среди глинистых алевролитов встречаются прослойки темно-серых до черных карбонатных алевролитов, чередующихся с глинистыми доломитами. В породах отмечаются знаки ряби и многочисленные трещины усыхания, свидетельствующие о неоднократном осушении бассейна.

Чапомский грабен имеет асимметричное строение: распространение рифейских осадочных пород резко ограничивается с северо-востока сбросом северо-западного простираения, а западное ограничение впадины имеет более сложные в плане очертания с субширотными маломощными языками песчаников и конгломератов,

несогласно залегающими на гранито-гнейсах [Балуев и др., 2010]. Такое строение типично для полуграбенов, поставка кластики в которые происходит по нормали к плоскости магистрального сброса: разгрузка грубой взвеси из водотоков происходит близ бровки запрокинутого блока, а в наиболее погруженной части, где образуется подпруженное озеро, происходит накопление более тонких разностей [Чамов, 2004]. Из отложений свиты был выделен разнообразный комплекс акритарх хорошей сохранности [Коноплева, 1979], включающий наряду с верхнерифейскими отдельные типично вендские формы. Аналогичный верхнерифейский комплекс акритарх установлен в пачке переслаивания алевролитов и черных аргиллитов, вскрытых Усть-Няфтинской скважиной в интервале 2050-2607 м.

Лешуконская свита мощностью 396 м обнаруживает значительную песчаность отложений, регрессивно-циклическое строение разреза, наличие текстур оползания разного масштаба, существование потоковых текстур (косая слоистость и песчаные линзы), что свидетельствуют о нестабильном, периодически менявшемся гидродинамическом режиме – чередовании периодов затопления и обмеления бассейна. Такие условия могли возникать за счёт изменения гипсометрического положения и угла наклона дна бассейна при грабенообразовании (подвороты блоков фундамента, появление/исчезновение водотоков по трансферным зонам, и т.д.). Пестроцветность отложений в нижней части свиты отражает влияние субаэральных областей мобилизации обломочного материала.

Дорогорская свита мощностью 560 м имеет преимущественно грубый состав отложений, что, в сочетании с их пестроцветностью, широко проявленными эрозионными процессами и отсутствием микробиоты, свидетельствуют о континентальных условиях седиментации в обстановках периодического влияния временных водотоков. На высокую гидродинамическую активность этих потоков указывают эрозионные карманы, выполненные гравийным материалом.

Пезская свита мощностью 557 м характеризуется ритмичным строением разреза. Наличие трансгрессивных градационно построенных циклов, с учётом общей сероцветности отложений и весьма широкое развитие биоты свидетельствуют о неоднократно повторяющихся событиях затопления с последующим обмелением бассейна седиментации. Наличие в основании циклов градационных и косослоистых гравелитов и глиняных катунов указывают на аллювиально-пролювиальные режимы на ранних стадиях погружения дна. Если при последующих нисходящих движениях поступающая в пространство аккомодации водная масса не имела стока, то должно было возникать подпруживание бассейна с образованием застойного озера. Последующие тектонические движения на какое-то время освобождали «шлюз» и способствовали притоку транспортирующих потоков, что, в свою очередь, определяло начало нового трансгрессивного цикла.

Вашкинская свита мощностью 556 м подразделяется на три индивидуальные толщи. Все они обнаруживают черты седиментационных обстановок, отраженных в осадочных комплексах вышележащих свит. Наличие косой слоистости и глинистых закатышей в песчаных и гравелистых отложениях свидетельствует о периодическом влиянии аллювиальных потоков. Озёрные обстановки выражены появлением в алевролитах волнистой и параллельной слоистости, пологой асимметричной однонаправленной ряби течений и близкой к симметричной волновой ряби противоположного направления. При этом даже в наиболее тонких и условно глубоководных разностях осадочных пород (параллельнослоистых карбонатов, алевролитов и темно-серых аргиллитов) наблюдаются прослои с тонкой и средней

косой слоистостью, эрозионные врезы и трещины усыхания. Появление последних однозначно указывает на аэральное положение обводнённого осадка. Наличие в нижней части свиты крупных (2-3 м) трансгрессивных ритмов гравелит-песчаник-алевролит согласуется с представлением о периодическом подпруживании области седиментации. Ярко выраженная пестроцветность базальных отложений напоминает строение озерных разрезов Среднерусского авлакогена, в частности, фацию приразломных депрессий.

Следует подчеркнуть, что, хотя названия свит, принятых в Среднерусском и Беломорско-Пинежском регионах совершенно не соответствуют друг другу, сами осадочные разрезы вполне сопоставимы на уровне молоковской серии, различные сочетания толщ которой исчерпывающе характеризуют обстановки накопления катаплатформенного чехла обоих регионов. Напротив, сопоставление разреза ключевой для Беломорского-Пинежского региона Средне-Няфтинской скважины с разрезом Вычегодского прогиба показывает некоррелируемость по фациальному облику, составу и мощности, несмотря на использование единой терминологии при обозначении стратонов.

Установленные закономерности строения Беломорско-Пинежского региона обобщены ниже при его сопоставлении со структурами Среднерусского авлакогена. Рассматривая возможные современные аналоги структур региона, следует отметить сходное с ним расположение в плане композитных бассейнов Восточно-Африканской рифтовой системы, две ветви которой огибают жёсткий континентальный блок Танганьика [Тевелев, 2002]. В частности, аналогом Вашкинской трансферной зоны представляется зона Руква, которая аккомодирует изгиб западной ветви прогибов относительно главной оси простираения рифтогенной сдвиговой зоны.

### **Сравнительный анализ Среднерусского и Беломорско-Пинежского регионов**

Неопротерозойские тектоно-седиментационные системы регионов не соответствуют в деталях структурному плану фундамента, но стратегически приурочены к более древней зоне динамической переработки фундамента – палеопротерозойскому Лапландско-Среднерусскому поясу, подковообразно обрамляющему Балтийский щит.

Системы растяжения в регионах образованы композитными прогибами с сопоставимой интенсивностью растяжения, что свидетельствует о сходной энергонасыщенности процесса растяжения.

Неопротерозойские осадочные комплексы катаплатформенного чехла обнаруживают сходные литолого-фациальные, минералого-петрографические и палеоэкологические черты.

Результаты микропалеонтологических исследований не доказывают присутствия в регионах осадочных комплексов древнее верхнерифейских.

Результаты сейсмостратиграфических исследований свидетельствуют о принадлежности осадочных комплексов катаплатформенного чехла единому структурному этажу.

Главным при структурообразовании в обеих системах растяжения оставался принцип минимизации энергетических затрат: разломы в земной коре и связанные с ними бассейны приспособлялись к доступному пространству в пределах верхней хрупкой коры, ветвились, огибая крупные тектонические массивы (Архангельский и Верхневолжский массивы), но после исчезновения препятствий стремились занять положение вдоль оси генерального сдвига.

В каждом из регионов сместители глубинных срывов в средней и нижней коре падают от Балтийского щита. Неопротерозойские нарушения, контролируемые формирование осадочных бассейнов до глубин 10 км, на глубине приспособляются к протяжённым detachments, проникающим до поверхности раздела Мохоровичича. Наличие хорошо развитых detachments в средней и нижней коре при отсутствии прямого соответствия участков утонённой коры ветвям прогибов свидетельствуют в пользу доминирующего влияния на тектогенез механизма простого сдвига. Общая дискордантность осей прогибов тектонопары и генеральной юго-западной ориентировки участков высокого Мохо отражает, вероятно, вторичность подъёма границы раздела кора-мантия по отношению к растяжению земной коры.

**Вывод.** Перечисленные черты сходства позволяют рассматривать неопротерозойские тектоно-седиментационные системы Среднерусского и Беломорско-Пинежского регионов в качестве геодинамически сопряжённых структурных элементов кратона – Среднерусско-Беломорской тектонопары. Её развитие происходило в ходе единого (но не одностадийного) геодинамического процесса, создавшего сходные по энергетике, но разноориентированные в смежных регионах поля напряжений. Как следствие, в разных частях тектонопары доминировали либо правосдвиговые (на северо-востоке) либо левосдвиговые (на юго-западе) смещения.

**ТРЕТЬЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ. Оршанская впадина является познерифейско-ранневендской структурно и минералогически обособленной тектоно-седиментационной системой, образованной на заключительном этапе накопления катаплатформенного чехла в ходе предплатформенной реорганизации структурного плана ВЕП.**

**Главные закономерности строения.** По поверхности фундамента Оршанская впадина представляет собой крупную отрицательную структуру меридионального простирания размерами 150×250 км с перепадом абсолютных отметок от 0,9-1,0 км до 1,7- 1,9 км [Айзберг и др., 1985, 2003, 2004; Кудрявец и др., 2003; Разломы..., 2007].

На основании анализа карт модуля полного вектора и вертикального градиента АМП установлены главные структурно-вещественные комплексы фундамента (см. рис. 3). Большую часть цоколя Оршанской впадины слагают породы, относимые к Витебскому гранулитовому массиву. В диссертации приводятся данные в пользу возможного пересмотра районирования территории и отнесения изначально выделенного по геофизическим данным Витебского гранулитового массива к Осницко-Микашевичскому поясу.

Оршанская впадина расположена к югу от Новгородско-Воронежского синтаксиса, где ряд крупных элементов фундамента разного возраста, простирания и тектонической природы резко изгибается и стремится к единому (Слободскому [Разломы..., 2007]) узлу.

Соотношение впадины со структурами Среднерусского региона характеризует сейсмический профиль МОГТ по линии Торопец-Велиж-госграница (ТВГ), вдоль которого по характеру отражений установлены разные морфоструктуры фундамента.

Северо-восточная часть профиля ТВГ протяжённостью 35 км характеризует Торопецкий полуграбен, относящийся к южной ветви бассейнов Среднерусского авлакогена. Поверхность фундамента в северо-восточной части профиля находится на

глубине около 2250 м и повышается на юго-запад почти до 2000 м. С юго-запада бассейн ограничен сбросовым уступом амплитудой около 200 м.

Центральная часть профиля ТВГ в интервале 35-95 км пересекает сложное гористое сооружение (кряж), образованное запрокинутыми блоками и горстами фундамента и достигающее в высшей точке глубины около 1400 м. Высокоамплитудные (до 500 м) сбросы и наклонные поверхности запрокинутых блоков придают рельефу квестообразный облик. При этом сместители сбросов на юго-западном и северо-восточном флангах этого сооружения погружаются в противоположных направлениях: северные сбросы падают в сторону Торопецкого бассейна, южные обращены к структурам Воронежско-Липецкого массива и Оршанской впадины. Наблюдаемые формы позволяют связать их образование с процессами тектонического сжатия, сопровождавшимися сдвиговыми движениями.

**Совпадение в плане центральной (Торопецко-Велижской) части профиля ТВГ с осями интенсивных магнитных аномалий на границе Московского пояса и Верхневолжского свода позволяет рассматривать кряж как сечение протяженного СЗ-ЮВ пояса деформаций фундамента, который служит крупным тектоническим разделом между структурами Среднерусского и Оршанского регионов.**

Юго-западная часть профиля ТВГ на отрезке 95-165 км обнаруживает постепенное повышение поверхности фундамента в сторону Оршанской впадины. Поверхность имеет всхолмленный рельеф с перепадом глубин 1500-1900 м. В приграничной части профиля выделяется участок резкого понижения кровли фундамента до -2000 м, которое прослеживается на территорию Республики Беларусь до северного фланга регионального профиля МОГТ Чериков-Орша-Усвяты. В интервале пикетов 126000-133000 этого профиля ниже уровня поверхности фундамента и подошвы налегающего на него сейсмокомплекса  $R_3^4$  белорусской серии<sup>6</sup> проявлена отчётливая стратификация, присущая осадочным толщам. Характер отражений позволяет предположить, что к северу от заверенного бурением Суражского выступа фундамента (с характерной для метаморфизованных пород хаотической волновой картиной) находится грабен, выполненный стратифицированными осадочными отложениями. Основание грабена намечается на глубине около 2200 м, т.е. намного ниже поверхности фундамента Оршанской впадины. Эта глубина в сочетании с гипсометрическими отметками и общим погружением кровли фундамента в крайней юго-западной части профиля МОГТ ТВГ свидетельствует о том, что Усвяцкий (по названию близлежащего населённого пункта) грабен является фланговой структурой части трансграничных территорий.

По стратиграфическому положению в разрезе катаплатформенного чехла между фундаментом и отложениями белорусской серии стратифицированные осадочные отложения Усвяцкого грабена относятся к шеровичской серии, которая изначально в составе гатынской и рутавечской свит была выделена по результатам бурения Руднянской параметрической скважины как подразделение предположительно нижнего рифея [Махнач, Веретенников, Шкуратов, 1974, 1975; Геология Беларуси, 2001], а позже отнесена к среднему рифею [Веретенников и др., 2005].

По структурному положению, глубинам залегания фундамента и соотношениям устанавливаемых сейсмокомплексов стратифицированные толщи Усвяцкого грабена соответствуют красноцветной толще молоковской серии, прослеженной на трансграничных территориях вдоль профиля ТВГ в качестве сейсмокомплекса  $R_3^{3t}$ . В

<sup>6</sup> См. Первое защищаемое положение

пользу принадлежности рассматриваемых отложений единому литостратиграфическому комплексу свидетельствует тот факт, что базальные псефито-псаммитовые отложения шеровичской серии (гатынская свита) по фациальному облику, аркозовому составу и коэффициенту гранито-гнейсовости соответствуют песчаникам красноцветной толщи молоковской серии Среднерусского авлакогена [Чамов и др., 2010].

**Полученные данные о строении катаплатформенного чехла Оршанского региона позволяют отнести шеровичскую серию к верхнему рифею, а отложения ее базальной части (гатынской свиты) рассматривать в качестве минералогических и фациальных аналогов красноцветной толщи молоковской серии, прослеженной в сейсмокомплексах  $R_3^3$  и  $R_3^{3t}$  в Среднерусском регионе и на трансграничных территориях. Установленное налегание толщ белорусской серии  $R_3^4$  на кровлю авлакогенового красноцветного комплекса  $R_3^{3t}$  указывает на более позднее формирование структуры и осадочного выполнения Оршанской депрессии по отношению к Среднерусскому авлакогену, развитие которого закончилось в позднем рифее формированием красноцветной толщи молоковской серии. Помимо этого Оршанская впадина и бассейны Среднерусского региона отличаются по широкому спектру тектоно-седиментационных параметров, главные из которых сведены в Таблицу.**

*Таблица*

**Сопоставление Оршанской впадины и Среднерусского авлакогена**

<b>Сравниваемые параметры</b>	<b>Оршанская впадина</b>	<b>Среднерусский авлакоген</b>
Структура осадочного бассейна	плоскодонная депрессия без отчётливых тектонических ограничений	кулисно сопряженные грабены
Структура осадочных тел в образах волнового поля на профилях МОГТ	клиноформы	грабеновые последовательности
Наличие доминирующих направлений транспортировки обломочного материала	отчётливые проградационные последовательности с севера на юг	не установлено
Обстановки накопления осадков	пляжевые, подвижного мелководья	озерные, аллювиально-пролювиальные
Состав терригенно-минеральных ассоциаций песчаных пород	кварцевый	аркозовый

Следует подчеркнуть, что собственно кварцевая терригенно-минеральная ассоциация песчаников характерна для отложений оршанской (стратиграфически верхней) свиты белорусской серии. Минералого-петрографический анализ состава песчаников из всех свит позволил установить, что **при накоплении катаплатформенного чехла в Оршанской впадине происходила направленная вверх по разрезу смена терригенно-минеральных ассоциаций: от гатынской аркозовой через руднянскую олигомиктовую к чисто кварцевой оршанской.**

Эндемичный для СБП преимущественно кварцевый состав обломочного материала песчаных пород белорусской серии указывает на то, что, начиная с руднянского времени (то есть к началу заложения Оршанской структурной депрессии), в область размыва был выведен крупный источник кварцевого обломочного материала. Роль этого источника в снабжении кластикой растущей

депрессии возрастала со временем вплоть до формирования исключительно кварцевой оршанской терригенно-минеральной ассоциации. Наличие проградационно построенных последовательностей (клиноформ)<sup>7</sup>, указывает на постепенное смещение прибрежной зоны в южном направлении по мере выполнения бассейна седиментации и свидетельствует об интенсивной поставке кластики в область растущего пространства аккомодации. Анализ пространственного положения самой впадины и ориентировки клиноформ позволяет связать источник кварцевого материала с районом Слободского тектонического узла Новгородско-Воронежского синтаксиса.

Сравнительный анализ главных структур юго-западного и центрального регионов показал, что **развитие Среднерусского авлакогена и Оршанской впадины происходило на разных этапах накопления катаплатформенного чехла ВЕП под влиянием разных тектонических и седиментационных обстановок.**

В отличие от сдвигового генезиса Среднерусского авлакогена тектоническая природа Оршанской впадины остаётся достаточно дискуссионной. На первый взгляд, её заложение логично связать со вторичными (по отношению к горизонтальным сдвиговым) нисходящими вертикальными движениями, поскольку механизм пострифтового погружения широко развит во всех системах растяжения. Сама впадина из-за своего структурного положения между осадочными комплексами Среднерусского авлакогена и платформенным чехлом может рассматриваться как протосинеклиза, с заложения которой началось общее прогибание СБП с последующей проградацией вендских отложений на северо-восток. В то же время, в силу расположения Оршанской впадины в области развития неутонённой коры и в стороне от неопротерозойских рифтогенных структур Лапландско-Среднерусско-Прибалтийского пояса<sup>8</sup> (Среднерусского авлакогена и Полоцко-Курземского пояса разломов), версия её пострифтового погружения представляется недостаточно убедительной.

Стратиграфически верхнее положение белорусской серии Оршанской впадины в разрезе катаплатформенного чехла обязывает связать её формирование с предплатформенной реорганизации структурного плана ВЕП при переходе от авлакогенового к платформенному режиму развития. Приуроченность впадины к области пережима Лапландско-Среднерусско-Прибалтийского пояса (Новгородско-Воронежскому синтаксису) позволяет предположить, что именно в этой части зарождающейся платформы тектонические процессы протекали наиболее интенсивно.

Тектоническая природа синтаксиса подразумевает относительное встречное движение жёстких блоков земной коры. В данном случае образование пережима могло произойти за счёт смещения Воронежско-Липецкого массива (индентора) с юга на северо-запад в направлении Новгородского массива (упора). Движение южного индентора привело к сдавливанию ряда изначально субпараллельных структур, изгибу Осницко-Микашевичско-Витебско-Московского вулканоплутонического пояса и пережиму Лапландско-Среднерусско-Прибалтийского пояса, смещению которого препятствовал подпиравший его с северо-запада Новгородский массив. Передовой клин индентора располагался в районе Ярцевского выступа кристаллического фундамента, что и предопределило структурную организацию региона. В наиболее узкой части синтаксиса расположен Слободской узел – область выжимания (торошения) и интенсивной деформации мелких блоков фундамента

<sup>7</sup> См. Первое защищаемое положение

<sup>8</sup> Впервые название предложено в [Глубинное..., 2010].

[Разломы..., 2007]. К северу от выступа расположены крупные сдвиги типа «конских хвостов», вогнутые в сторону Среднерусского региона. Эти сдвиги окаймляют с юга Верхневолжский свод и трассируются в сторону Торопецко-Велижского кряжа (пояса деформаций фундамента). С образованием этих сдвиговых структур могло быть связано выведение на поверхность и развитие Бельской триады структур в составе системы т.н. Подмосковного авлакогена.

Существование таких движений в фундаменте отчётливо выражено в резких виргациях осей магнитных аномалий, однако вопрос о времени их реализации остаётся неопределённым. Возможно, начало (и даже большая часть) идентации связаны с палео и мезопротерозоем, в частности с процессами динамометаморфизма и бластомилонитизации в интервале 1700-1800 млн. л. На неопротерозойские движения указывает наличие грабенов Подмосковного авлакогена, приуроченных к транспрессионным участкам дугообразных сдвиговых разломов, окаймляющих Верхневолжский свод. Кроме того, исследования геофизических типов различных блоков земной коры, анализ рельефа раздела Мохоровичича и поверхности кристаллического фундамента, гравитационного и магнитного полей показали, что Полоцко-Курземский пояс, наряду с Припятско-Брестским поясом разломов, образует широтные системы, по которым в позднем протерозое (ранне- и позднебайкальский этапы) произошли крупные горизонтальные субширотные перемещения южной и северной частей земной коры Белорусско-Балтийского региона относительно центрального (Литовско-Белорусского) геоблока [Гарецкий и др., 1990; Разломы..., 2007].

Столкновения коллизионного типа ответственны за формирование структур латерального выжимания и широко проявлены в разных тектонических областях [Копп, 1997]. Важнейшими следствиями таких процессов являются: 1) выведение в область эрозии огромного объёма тектонически мобилизованного (дроблёного, деструктурированного и т.д.) материала при 2) одновременном появлении пространств аккомодации (структурных ловушек), компенсирующих сжатие и выполняемых выносимой из области синтаксиса кластикой. Для формирующегося компенсационного бассейна характерны: отсутствие разломных ограничений, плоское дно, осложнённое веерообразными складками, постепенно распространяющимися в направлении от области синтаксиса. По мере образования нового пространства аккомодации оно заполняется поступающим из области вертикального выжимания обломочным материалом [Копп, 1997].

Все эти перечисленные признаки компенсационного бассейна в полной мере присутствуют в строении дна и осадочных комплексов Оршанской впадины. Уверенно устанавливаемое по материалам сейсморазведки наращивание клиноформ с севера на юг отражает наличие обильного источника кластики в области предполагаемого максимального сжатия – Слободского узла. На основании изложенного Оршанская впадина может рассматриваться как компенсационный бассейн, примыкающий к области латерального пережима субширотного Лапландско-Среднерусского пояса.

**Выводы.** Приведённые данные свидетельствуют о наиболее молодом возрасте Оршанской депрессии по отношению к другим доплатформенным тектоно-седиментационным системам СБП. Закономерности тектоники и структурное положение в составе СБП, а также преимущественно кварцевый состав обломочного материала указывают на смену геодинамических обстановок в ходе завершающего этапа перехода авлакогенового к платформенному режиму развития ВЕП.

### **Нерешенные вопросы и направление дальнейших исследований**

Рассматриваемые структуры Среднерусско-Беломорской тектонопары не могли существовать вне связи с окружавшими их в неопротерозойское время тектоно-седиментационными системами. Вполне вероятно, что сама тектонопара входила в состав некоторой надрегиональной палеогеодинамической системы, значительная часть которой была переработана в процессе палеозойско-кайнозойского развития Земли.

Путь к реконструкции такой палеогеодинамической системы может быть связан с анализом общего структурного плана Среднерусско-Беломорской тектонопары. Положение азимутов направлений главных структурных элементов Среднерусско-Беломорской тектонопары показано на врезке к Рис. 3. Проецирование осей Беломорско-Пинежских прогибов и нормалей к касательным относительно серповидного Среднерусского авлакогена и Полоцко-Курземского пояса разломов даёт общую точку схода с координатами около  $68^\circ$  с.ш. и  $25^\circ$  в.д. Эту точку можно условно рассматривать как мгновенный полюс вращения для Среднерусско-Беломорской тектонопары<sup>9</sup>. Приняв геометрическую точку схода за центр окружности, можно по периметру последней наметить объекты, которые потенциально могли участвовать в строении надрегиональной геодинамической системы.

Областью наибольшего интереса представляется территория (поисковая полоса), ограниченная радиусами около 1200 и 1500 км, принятыми исходя из наблюдаемых поперечных размеров Среднерусского авлакогена. В пределах полосы искомые неопротерозойские части геодинамической системы могут быть расположены на территориях Западной Европы, континентальной Норвегии, Шпицбергена и Тимана. Палинспастическое возвращение Гренландии<sup>10</sup> и острова Элсмир (Канадский арктический архипелаг) на место их нахождения в рифейское время приводит эти территории на пересечение с контуром поисковой полосы. Все перечисленные территории входили в неопротерозойское время в состав древнего Евро-Американского кратона.

Анализ публикаций о строении этих территорий показал непротиворечивость рабочей модели имеющимся геологическим данным. Так, на территории Западной Европы в пределах поисковой полосы выделяется тектонический пояс, который протягивается на расстояние около 500 км в направлении с северо-запада на юго-восток от восточного побережья Южной Швеции через северную часть острова Эланд и полностью включает о. Готланд. На восточном берегу Балтийского моря он проходит южнее Рижского плутона рапакиви и попадает в область западной части Полоцко-Курземского пояса. Хотя природа этого пояса окончательно не выяснена, он интерпретируется как неопротерозойский рифт или реликт древней континентальной окраины [Ostrovsky et al., 1994; Ostrovsky, 1998; Гарецкий и др., 2002, 2004].

На территории Гренландии в пределах поисковой полосы особого внимания заслуживает район залива Диско где установлен комплекс Эгедесминне, сложенный пластически деформированными мигматитовыми гнейсами с прослоями и будинами амфиболитов. Близ пос. Якобсхавн гнейсы обладают серой окраской; севернее они становятся розовыми и в них появляется эпидот. В этом же районе обнаружены

<sup>9</sup> Определение действительного полюса Эйлера требует специальных расчётов.

<sup>10</sup> Реконструкция выполнена методом последовательного «закрытия» магнитных аномалий на карте полного вектора АМП и согласуется с построениями [Bullard et al., 1965] и норвежской геологической службы [Molnar et al., 2002].

красноцветные псефиты относимые к песчаникам формации Игалико, которые накопились в ходе гардарского (около 1 млрд. л) тектонического этапа [Протерозой..., 1976].

Учитывая, что данные комплексы пород встречены в пределах поисковой полосы, можно предположить соответствие бластомилонитов Эгедесминне породам комплекса тектонического меланжа в фундаменте Среднерусско-Беломорской провинции, а красноцветные псефиты сопоставить с грубозернистыми породами красноцветной толщи молоковской серии.

Имеющиеся геологические данные по районам мыса Йорк, Земли Инглфилда (Гренландия), а также восточной части о. Элмир свидетельствуют о том, что в пределах и вдоль ближайшей периферии поисковой полосы в неопротерозое существовали обстановки хрупкого растяжения по зонам бластомилонитов, геодинамически сходные с таковыми в Среднерусско-Беломорской провинции.

Решение вопроса о тектонической природе палеогеодинамической системы требует специальных исследований. В диссертации рассматривается ряд рабочих моделей её формирования. Наименее противоречивой из них представляется модель, предусматривающая возможные асимметричные вертикальные движения (неравномерное всплывание) Балтийского геоблока. Эта модель позволяет увязать между собой установленные к настоящему времени закономерности строения и развития Среднерусско-Беломорской провинции, в частности, разнонаправленные сдвиговые движения в Среднерусском и Беломорско-Пинежском регионах.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Впервые для территории Среднерусско-Беломорской провинции (СБП) проведены междисциплинарные исследования и выполнено монографическое описание главных структур входящих в ее состав регионов. По каждому региону обобщены оригинальные и литературные данные о строении осадочного чехла и фундамента, проведено тектоническое районирование, установлено положение доплатформенных осадочных бассейнов относительно главных структурно-вещественных комплексов фундамента и характерных геофизических полей, составлены структурно-тектонические схемы.

Основные научные результаты выполненных автором исследований заключаются в следующем.

1. Установлены сложная сдвиговая природа и структурная индивидуальность доплатформенных осадочных бассейнов, исключающие возможность корреляции элементов катаплатформенного чехла без применения методов сейсмостратиграфии. В результате комплексных сейсмостратиграфических, микрофито-литологических, литолого-фациальных, изотопных и минералого-петрографических исследований впервые для территории СБП разработана принципиально новая схема расчленения катаплатформенного чехла и верхней части фундамента. В составе опорного разреза Среднерусского региона, вскрытого Северо-Молоковской параметрической скважиной, выделена молоковская серия, объединившая все осадочные отложения, залегающие между породами фундамента и высокоомным горизонтом верхнего венда. Верхняя часть фундамента, вскрытого бурением на глубину около 300 м, отнесена к серии тектонического меланжа.

2. Получены новые принципиально важные для понимания строения и развития СБП результаты: 1) в составе катаплатформенного чехла не установлено отложений древнее неопротерозойских (верхнерифейских) и 2) тектонизированный фундамент

имеет палеопротерозойский возраст. Тем самым показано, что между формированием серии тектонического меланжа и началом накопления катаплатформенного чехла в неопротерозойских осадочных бассейнах существовал разрыв во времени в объеме мезопротерозоя.

3. Для литостратиграфических элементов и верхней части фундамента опорного разреза по образам волнового поля установлены характерные сейсмокомплексы, которые прослежены на сейсмических профилях МОГТ в смежные регионы. Установлены этапы доплатформенной (верхнерифейско-ранневендской) геологической истории Провинции: 1) главной фазы грабенообразования, 2) завершающей стадии грабенообразования – начальной стадии пострифтового погружения и 3) «протосинеклизы». Первые два этапа определяли развитие Среднерусского и Беломорско-Пинежского регионов и, частично, приграничных территорий между Российской Федерацией и Республикой Беларусь. С третьим этапом связано формирование Оршанской впадины в пределах юго-западного региона СБП.

4. Тектоно-седиментационные системы Среднерусского и Беломорско-Пинежского регионов развивались в позднерифейское время в качестве геодинамически сопряжённых структурных элементов Провинции – Среднерусско-Беломорской тектонопары, которая была кинематически связана с крупной внутриконтинентальной сдвиговой зоной в обрамлении Балтийского геоблока ВЕП.

5. Оршанская впадина является познерифейско-ранневендской структурно и минералогически обособленной тектоно-седиментационной системой, образованной на заключительном этапе накопления катаплатформенного чехла. Закономерности заложения и развития впадины могли быть связаны с относительными движениями крупных блоков фундамента в ходе предплатформенной реорганизации структурного плана ВЕП.

6. В рамках постановки направления дальнейших исследований предложена оригинальная рабочая гипотеза о возможном строении и области распространения крупной (надрегиональной) палеогеодинамической системы в составе ВЕП, частью которой являлась Среднерусско-Беломорская тектонопара.

**Список основных опубликованных работ автора по теме диссертации:**

1. *Аглонов С.В., Бурзин М.Б., Вейс А.Ф., Владимирова Т.В., Горбачёв В.И., Капустин И.Н., Коваленко В.С., Лебедев Б.А., Махоткин А.И., Расомахин В.Я., Сапожников Р.Б., Симоненко Л.А., Сулейманов А.К., Тимошенко О.К., Тимошенкова Н.В., Фёдоров Д.Л., Хисамов Р.С., Чамов Н.П., Ченборисова Р.З., Ширококов В.Н.* Геодинамика и возможная нефтегазоносность Мезенского осадочного бассейна. СПб.: Наука, 2006. 319 с.
2. *Бондаренко Г.Е., Чамов Н.П., Морозов О.Л., Пральникова И.Е.* Терригенные комплексы мезозойской аккреционной структуры полуострова Тайгонос, Северо-Восток России // Геотектоника. 2002. № 1. С. 59-71.
3. *Волож Ю.А., Антипов М.П., Чамов Н.П.* Четырёхмерные модели нефтегазоносных бассейнов // Современные проблемы геологии. Тр. ГИН РАН. Вып. 565. М.: Наука, 2004. С. 251-270.
4. *Зайончек А.В., Соколов С.Ю., Мазарович А.О., Добролюбова К.О., Ефимов В.Н., Абрамова А.С., Зарайская Ю.А., Кохан А.В., Мороз Е.А., Пейве А.А., Чамов Н.П., Ямпольский К.П.* Строение зоны перехода континент-океан северо-западного обрамления Баренцева моря (по данным 24, 25 и 26 рейсов НИС «Академик Николай Страхов» 2006- 2009 гг.) // Строение и история развития литосферы. Сборник: результаты исследования в рамках Международного Полярного Года. М.: Paulsen, 2010. Т. 4. С. 111-158.
5. *Костылева В.В., Симанович И.М., Чамов Н.П., Аникеева О.В.* Особенности формирования терригенно-минеральных ассоциаций и этапы развития рифейских осадочных бассейнов центральной части Восточно-Европейского континента (на примере Крестцовского и Павлово-Посадского бассейнов) // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса. Т. 1. Мат-лы к 1-му Всероссийскому литологическому совещанию. Москва, Россия. М.: ГЕОС. 2000. С. 370-374.
6. *Костылева В.В., Чамов Н.П., Симанович И.М., Аникеева О.В.* Этапы развития рифейских осадочных бассейнов центральной части Восточно-Европейской платформы // Литология и полезные ископаемые. 2001. №4. С. 408-417.
7. *Леонов Ю.Г., Чамов Н.П.* Классификация осадочных бассейнов // Осадочные бассейны: методика изучения строения и эволюции. Тр. ГИН РАН. Вып. 543. М.: Научный мир, 2004. С. 21-23.
8. *Пейве А.А., Сколотнев С.Г., Лиджи М., Турко Н.Н., Бонатти Э., Колодяжный С.Ю., Чамов Н.П., Цуканов Н.В. и др.* Исследования зоны трансформного разлома Эндрю Бейн (Африкано-Антарктический регион) // ДАН. 2007. Вып. 416. № 1. С. 77-80.
9. *Пейве А.А., Чамов Н.П.* Основные черты тектоники хребта Книповича (Северная Атлантика) и история его развития на неотектоническом этапе // Геотектоника. 2008. № 1. С. 38-57.
10. *Полунин Г.В., Чамов Н.П.* Соотношение вулканизма и седиментации в палеоостроводужных комплексах хр. Малиновского (п-ов Говена, Корякское нагорье) // Региональная геология: тектоника, литология, и стратиграфия. М.: ГИН АН СССР, 1990. С. 2-10.
11. *Чамов Н.П.* Литология палеогеновых вулканогенно-осадочных отложений п-ва Говена (юг Корякского нагорья) // Литол. и полезн. ископ. № 5. 1991. С. 79-94.

12. **Чамов Н.П.** Обстановки и история формирования меловых-палеогеновых вулканогенно-осадочных отложений юга Корякского нагорья. Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. М.: ГИН РАН. 1994. 24 с.
13. **Чамов Н.П.** Вещественный состав меловых-палеогеновых вулканогенно-осадочных пород Говенско-Карагинского блока (юг Корякского нагорья) // Литол. и полезн. ископ. 1996а. № 4. С. 393-405.
14. **Чамов Н.П.** Строение, состав и развитие осадочных бассейнов в различных тектонических обстановках // Геологический институт. Основные результаты научно-исследовательских работ 1992-1996 гг. М.: ГИН РАН, 1996б. С. 16-20.
15. **Чамов Н.П., Андреев А.В.** Среднеюрские-нижнемеловые осадочные комплексы в аккреционной структуре полуострова Тайгонос // Литол. и полезн. ископ. 1997. № 3. С. 260-272.
16. **Чамов Н.П., Костылева В.В., Аникеева О.В., Горбачев В.И., Есипко О.А.** Развитие Крестцовского бассейна в рифее // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса. Т. 2 Мат-лы к 1-му Всероссийскому литологическому совещанию. Москва, Россия. М.: ГЕОС. 2000. С. 388-393.
17. **Чамов Н.П., Басилян А.Э., Баринов К.Б.** О развитии аккреционной призмы Каскадия (западная континентальная окраина Северной Америки) // Геотектоника. 2001. № 4. С. 68-77.
18. **Чамов Н.П., Курносков В.Б.** Эпигенез осадков в аккреционной призме Каскадия на западной континентальной окраине США // Литол. и полезн. ископ. 2001. № 5. С. 509-525.
19. **Чамов Н.П., Костылева В.В.** Строение и механизм формирования Среднерусского авлакогена // Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV Тектонического совещания. Том II. М.: ГЕОС, 2002. С. 294-298.
20. **Чамов Н.П.** Литогенез осадков в аккреционных призмах и его роль в формировании вещества континентальной коры // Вертикальная аккреция земной коры. Тр. ГИН РАН. Вып. 542. М.: Наука, 2002. С. 38-55.
21. **Чамов Н.П., Костылева В.В., Горбачёв В.И., Грибова И.С., Есипко О.А., Коновальцев Ю.Б., Филин С.И.** Новые данные о механизме формирования Молоковского бассейна, Русская плита // Геотектоника. 2002. № 3. С. 9-21.
22. **Чамов Н.П., Костылева В.В., Вейс А.Ф., Горбачёв В.И.** Позднерифейское осадконакопление в Среднерусском авлакогене // Литол. и полезн. ископ. 2003. № 5. С. 539-550.
23. **Чамов Н.П.** Особенности седиментации в осадочных бассейнах разного геодинамического типа // Осадочные бассейны: методика изучения строения и эволюции. Тр. ГИН РАН. Вып. 543. М.: Научный мир, 2004а. С. 106-142.
24. **Чамов Н.П.** Строение и модель формирования Среднерусского авлакогена // Осадочные бассейны: методика изучения строения и эволюции. М.: Научный мир, 2004б. С. 142-159.
25. **Чамов Н.П., Горбачёв В.И.** Строение и состав пород Бельского поднятия Подмосковского авлакогена // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2004. Т. 79. Вып. 4. С. 3-10.
26. **Чамов Н.П.** Тектоническая история и новая модель формирования Среднерусского авлакогена // Геотектоника. 2005. № 3. С. 3-22.
27. **Чамов Н.П.** Вопросы связи литологии и тектоники при изучении осадочных бассейнов // Литол. и полезн. ископ. 2008. № 4. С. 377-395.
28. **Чамов Н.П., Добролюбова К.О., Пейве А.А., Соколов С.Ю.** Признаки присутствия газогидратов в верхней части осадочного чехла на бортах разломной зоны

- Моллой (пролив Фрама, Норвежско-Гренландский бассейн) // Бюлл. МОИП. Сер. геол. 2008. № 2. С. 51-60.
29. **Чамов Н. П.**, Костылева В. В., Вейс А.Ф. Строение докембрийского осадочного чехла и верхней части фундамента Среднерусского авлакогена и Оршанской впадины (Восточно-Европейская платформа) // Литол и полез. ископ. 2010. № 1. С. 63-98.
  30. **Чамов Н.П.**, Соколов С.Ю., Костылева В.В., Ефимов В.Н., Пейве А.А., Александрова Г.Н., Былинская М.Е., Радионова Э.П., Ступин С.И. Строение и состав осадочного чехла района рифта Книповича и впадины Моллой (Норвежско-Гренландский бассейн) // Литол и полезн. ископ. 2010. № 6. С. 594-619.
  31. **Чамов Н.П.**, Костылева В.В. Состав и условия формирования осадочных толщ района рифта Книповича и впадины Моллой (Норвежско-Гренландский бассейн) // Материалы 8 Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. С. 333-335.
  32. **Чамов Н.П.**, Костылева В.В. "Эпидотовые интервалы" Среднерусского авлакогена – индикаторы эрозии комплексов метаморфических ядер // Материалы 8 Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. С. 335-337.
  33. **Чамов Н.П.** Тектоно-седиментационные системы: примеры и методический подход к исследованию // Бюлл. МОИП. 2013. № 2. (в печати).
  34. **Чамов Н.П.** Эпидотовые аномалии в составе тяжёлой фракции песчаников и структура осадочных бассейнов Среднерусского авлакогена // Литол и полез. ископ. 2013. (в печати).
  35. Carson B., Westbrook G.K., Musgrave R., **Chamov N.** and Scientific party of Leg 146. ODP examines fluid flow in Cascadia margin // EOS. Tr. Am. Geoph. Union. 74. 31. August 3. 1993. P. 345-347.
  36. **Chamov N.P.**, Murdmaa I.O. Coarse fraction minerals of sands in Cascadia margin sediments // Carson B., Westbrook G. K., Musgrave R. J., Suess E. (Eds.). Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results. 1995. Vol. 146 (Pt. 1). P. 33-43
  37. Kravchenko-Berezhnoi I.R., **Chamov N.P.**, Sheherbinina E.A. MORB-like tholeiites in a Late Eocene turbidite sequence of Karaginsky Island (the western part of the Bering Sea) // Ofioliti. 1990. V. 15 (2). P. 231-250.
  38. Kurnosov V., Murdmaa I., **Chamov N.**, Chudaev O., Eroshev-Shak V., Shterenberg L. Mineralogy of sediments from the Chile Triple Junction // Lewis S.D., Behrman J.H., Musgrave R.J., Caude S.C. (Eds.). Proceeding of the Ocean Drilling Program. Scientific Results. 1995. Vol. 141. P. 95-104.

## АННОТАЦИЯ

на диссертацию Чамова Николая Петровича по теме «Строение и развитие Среднерусско-Беломорской провинции в неопротерозое», представленную на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук

В диссертации рассмотрено развитие неопротерозойских рифтогенных структур Среднерусско-Беломорской провинции Восточно-Европейской платформы.

Приведены результаты междисциплинарных исследований и монографическое описание доверхневендского осадочного чехла и верхней части фундамента в пределах трёх крупнейших структур основания Московской и Мезенской синеклиз. К ним относятся – Среднерусский авлакоген, Беломорско-Пинежские грабены и Оршанская впадина.

Верхнерифейская-нижневендская (?) часть осадочного разреза, вскрытого Северо-Молоковской скважиной, принята в качестве опорного разреза Среднерусского авлакогена. Установленные на сейсмических профилях МОГТ сейсмокомплексы увязаны с буровыми данными и прослежены на территории Провинции.

Установлены три этапа развития территории. Рифтогенные структуры Среднерусского и Беломорско-Пинежского регионов развивались в течение первых двух этапов под влиянием крупномасштабных сдвиговых процессов. Заложение Оршанской впадины, наложенной на структуры Среднерусского региона, произошло на третьем этапе в ходе структурной перестройки Провинции.

## ANNOTATION

for dissertation by Nikolai Petrovich Chamov on the theme: "The structure and development of the Central Russian-White Sea province in the Neoproterozoic" submitted for the degree of Doctor of Geological and Mineralogical Sciences

Thesis concerns the development of the Neoproterozoic riftogenic structures of the Central Russian-White Sea Province of the East European platform. It contains the results of interdisciplinary research, and holds a monographic description of the Pre Late Vendian sedimentary section and the upper part of the basement of three largest structures located beneath both the Moscow and Mezen Synclises. These are the Central Russian Aulacogen, White Sea-Pinega grabens, and Orsha Depression.

The Upper Riphean – Lower Vendian (?) part of the sedimentary section recovered by Borehole North Molokovo is proposed to serve as a reference one for the Central Russian Aulacogen. The CMP records demonstrate seismocomplexes, which allow one to trace rock members and sequences defined by drilling throughout the Province.

Three stages of its evolution are revealed. Riftogenic structures of both the Late Riphean Central Russian and White Sea-Pinega regions evolved during the first two stages under the influence of large-scale shear tectonic processes. The Orsha Depression superpose on sedimentary complexes of the Central Russian Aulacogen. It developed at the third stage due to structural reorganization of the Province.

Подписано в печать 13.02.2013 г.

Заказ № 8115 Тираж: 100 экз.  
Печать трафаретная.  
Типография «11-й ФОРМАТ»  
ИНН 7726330900  
115230, Москва, Варшавское ш., 36  
(499) 788-78-56  
[www.autoreferat.ru](http://www.autoreferat.ru)