

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ  
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Направление подготовки	05.03.01 Геология
3.	Направленность (профиль)	Геофизика
4.	Дисциплина (модуль)	Геология России
5.	Форма обучения	очная
6.	Год набора	2021

**1. Методические рекомендации**

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, решения задач.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции, практические занятия.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

В процессе изучения дисциплины «Геология России» используются следующие методы обучения и формы организации занятий:

- лекции;
- обсуждение подготовленных студентами контрольных работ;
- консультация преподавателя;
- самостоятельная работа студентов, которая включает освоение теоретического материала, подготовку к практическим занятиям.

При реализации программы используются следующие образовательные технологии:

- внеаудиторная работа в форме обязательных консультаций и индивидуальных занятий со студентами (помощь в понимании тех или иных методов исследования материалов, в подготовке контрольных работ и тезисов для студенческих конференций и т.д.);

- лекционно-семинарская работа;
- командная работа;
- консультационная работа.

В качестве оценочных средств контроля знаний применяются:

- контрольные вопросы;
- тесты;
- устный опрос студентов;

- промежуточная аттестация;
- решение практических задач;
- проверка конспектов и остаточных знаний студентов;
- обсуждение подготовленных студентами контрольных работ и рефератов; разбор ошибок при решении контрольных работ.

В учебном процессе, помимо чтения лекций и аудиторных занятий, используются активные и интерактивные формы (разбор конкретных ситуаций, выполнение практических работ, обсуждение отдельных разделов дисциплины, консультации). В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

При изучении курса в рамках самостоятельных заданий используются: самостоятельное освоение отдельных вопросов теоретического курса. Как видно из приведенных учебно-методических материалов, каждая тема содержит самостоятельную работу студентов. Самостоятельная работа включает как освоение теоретического материала, так и подготовку к практическим занятиям, выполнение контрольных работ. Это также изучение рекомендованной литературы, выполнение рефератов, решение различных задач, работа над тестами и другие виды самостоятельной работы.

Лабораторные занятия являются временем, в течение которого студенты приобретают практические навыки по изучаемой дисциплине. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, решении практических задач, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

### **1.1 Методические рекомендации по организации работы студентов во время проведения лекционных занятий**

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

Знакомство с дисциплиной происходит уже на первой лекции, где от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. При работе с конспектом лекций необходимо учитывать тот фактор, что одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между явлениями, помогая студенту понять прохождение той или иной реакции.

Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, формулы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

## **1.2 Методические рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям**

Подготовку к каждому занятию студент должен начать с ознакомления с планом лабораторного занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия и определения по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно отвечать на теоретические вопросы, в его участии на коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении лабораторных заданий.

В процессе подготовки к занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

При подготовке к занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

## **1.3 Методические рекомендации по подготовке и оформлению реферата**

Реферат – письменная работа объемом 12-15 печатных страниц, выполняемая студентом в течение от одной недели до месяца. Реферат – краткое точное изложение сущности какого-либо вопроса, темы на основе одной или нескольких книг, монографий или других первоисточников. Реферат должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемому вопросу.

Реферат отвечает на вопрос – что содержится в данной публикации (публикациях). Однако реферат – не механический пересказ работы, а изложение ее существа. В настоящее время, помимо реферирования прочитанной литературы, от студента требуется аргументированное изложение собственных мыслей по рассматриваемому вопросу. Тему реферата предложить преподаватель или сам студент, в последнем случае она должна быть согласована с преподавателем.

В реферате нужны развернутые аргументы, рассуждения, сравнения. Материал подается не столько в развитии, сколько в форме констатации или описания. Содержание реферируемого произведения излагается объективно от имени автора. Если в первичном документе главная мысль сформулирована недостаточно четко, в реферате она должна быть конкретизирована и выделена. Функции реферата:

- информативная (ознакомительная);
- поисковая; справочная;
- сигнальная;
- индикативная;
- адресная коммуникативная.

Степень выполнения этих функций зависит от содержательных и формальных качеств реферата, а также от того, кто и для каких целей их использует.

Требования к языку реферата: он должен отличаться точностью, краткостью, ясностью и простотой. Структура реферата:

- Титульный лист (см. образец ниже).
- Содержание, в котором указаны названия всех разделов реферата и номера страниц, указывающие начало этих разделов в тексте реферата;
- Введение. Объем введения составляет 1-1.5 страницы.
- Основная часть реферата может иметь одну или несколько глав, состоящих из 2-3 параграфов (подпунктов, разделов) и предполагает осмысленное и логичное изложение главных положений и идей, содержащихся в изученной литературе. В тексте обязательны ссылки на первоисточники. В том случае если цитируется или используется чья-либо неординарная мысль, идея, вывод, приводится какой-либо цифровой материал, таблицу – обязательно сделайте ссылку на того автора у кого вы взяли данный материал.
- Заключение содержит главные выводы, и итоги из текста основной части, в нем отмечается, как выполнены задачи и достигнуты ли цели, сформулированные во введении.
- Приложение может включать графики, таблицы, расчеты.
- Список литературы. Здесь указывается реально использованная для написания реферата литература. Список составляется согласно правилам библиографического описания. Библиографический список составляется в алфавитном порядке или в порядке упоминания источника. Список использованных источников должен быть составлен единообразно. Каждый источник отражается в списке в порядке его упоминания в тексте арабскими цифрами.

Правила технического оформления текста отчета подробно изложены в методических указаниях по подготовке и оформлению рефератов для студентов, обучающихся по: направлению подготовки 05.03.01 Геология профиль Геофизика (квалификация «бакалавр») / сост. Е.Б. Бекетова.

#### **1.4 Методические рекомендации по составлению глоссария**

1. Внимательно прочитайте и ознакомьтесь с текстом. Вы встретите в нем много различных терминов, которые имеются по данной теме.

2. После того, как вы определили наиболее часто встречающиеся термины, вы должны составить из них список. Слова в этом списке должны быть расположены в строго алфавитном порядке, так как глоссарий представляет собой не что иное, как словарь специализированных терминов.

3. После этого начинается работа по составлению статей глоссария. Статья глоссария – это определение термина. Она состоит из двух частей: 1) точная формулировка термина в именительном падеже; 2) содержательная часть, объемно раскрывающая смысл данного термина.

При составлении глоссария важно придерживаться следующих правил:

- стремитесь к максимальной точности и достоверности информации;
- старайтесь указывать корректные научные термины и избегать всякого рода жаргонизмов. В случае употребления такового, давайте ему краткое и понятное пояснение;
- излагая несколько точек зрения в статье по поводу спорного вопроса, не принимайте ни одну из указанных позиций. Глоссарий - это всего лишь констатация имеющихся фактов;
- также не забывайте приводить в пример контекст, в котором может употребляться данный термин;
- при желании в глоссарий можно включить не только отдельные слова и термины, но и целые фразы.

### **1.5 Методические рекомендации по работе с литературой**

Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения.

В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет.

Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер и уловить скрытые вопросы.

Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого студент знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу из-за сложности прошедших событий и правовых явлений, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы. Знакомясь с особыми позициями авторов, нужно определять их схожие суждения, аргументы, выводы, а затем сравнивать их между собой и применять из них ту, которая более убедительна.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать в отдельных тетрадях. Здесь важно вспомнить, что конспекты пишутся на одной стороне листа, с полями и достаточным для исправления и ремарок межстрочным расстоянием (эти правила соблюдаются для удобства редактирования). Если в конспектах приводятся цитаты, то непременно должно быть дано указание на источник (автор, название, выходные данные, № страницы). Впоследствии эта информация может быть использована при написании текста реферата или другого задания.

Таким образом, при работе с источниками и литературой важно уметь:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
- фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;

- готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;
- работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;
- пользоваться реферативными и справочными материалами;
- контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;
- обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим студентам.
- пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорам в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);
- использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, слова-описания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»;
- повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;
- обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);
- использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений).

### **1.6 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена**

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, обучающийся ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене обучающийся демонстрирует то, что он приобрел в процессе изучения дисциплины.

В условиях применяемой в МАГУ балльно-рейтинговой системы подготовка к экзамену включает в себя самостоятельную и аудиторную работу обучающегося в течение всего периода изучения дисциплины и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену по разделам и темам дисциплины.

При подготовке к экзамену обучающимся целесообразно использовать не только материалы лекций, а и рекомендованные преподавателем основную и дополнительную литературу.

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

### **1.7 Методические рекомендации по созданию презентации к докладу**

Алгоритм создания доклада с презентацией:

- 1 этап – определение темы доклада
- 2 этап – определение цели доклада
- 3 этап – подробное раскрытие информации
- 4 этап – формулирование основных тезисов и выводов.

Следует использовать 10-15 слайдов. При этом:

- первый слайд – титульный. Предназначен для размещения названия презентации, имени докладчика и его контактной информации;
- на втором слайде необходимо разместить содержание презентации, а также краткое описание основных вопросов;

- оставшиеся слайды имеют информативный характер.

Обычно подача информации осуществляется по плану: тезис – аргументация – вывод.

#### **Требования к оформлению и представлению презентации:**

1. Читательность (видимость из самых дальних уголков помещения и с различных устройств), текст должен быть набран 24-30-ым шрифтом.
2. Тщательно структурированная информация.
3. Наличие коротких и лаконичных заголовков, маркированных и нумерованных списков.
4. Каждому положению (идее) надо отвести отдельный абзац.
5. Главную идею надо выложить в первой строке абзаца.
6. Использовать табличные формы представления информации (диаграммы, схемы) для иллюстрации важнейших фактов, что даст возможность подать материал компактно и наглядно.
7. Графика должна органично дополнять текст.
8. Выступление с презентацией длится не более 10 минут;

#### **1.8 Методические рекомендации по проведению групповых дискуссий**

Во время проведения групповых дискуссий осуществляется разбор конкретных ситуаций, нарабатываются навыки применения теории при решении реальных геологических проблем, обсуждение наиболее актуальных разделов дисциплины. В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся. Существенная роль отводится консультациям, которые преподаватель проводит со студентами, как во время аудиторных занятий, так и во внеурочное время.

Групповая дискуссия – это особая форма занятий, представляющая собой оригинальный способ познания истины. Дискуссия реализуется, как правило, на равноправных началах в виде совместной работы и преподавателя, и обучающихся, причём приоритет отдаётся коллективу студенческой группы. Все участники образовательного процесса взаимодействуют друг с другом, совместно решают поставленные проблемы, моделируют ситуации, обмениваются информацией, оценивают действие коллег и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем.

На таких занятиях нередко используются уже проверенные многолетней практикой такие образовательные технологии и формы, как:

- лекция с элементами направляемой дискуссии, постановкой проблем, использованием электронных презентаций, методов провокации;
- мозговой штурм;
- работа в малых группах;
- демонстрация видеofilьмов;
- комментирование научных статей;
- подготовка обзора научной литературы по теме;
- составление рецензии на научную работу (статью);
- комментирование ответов студентов;
- творческие задания;
- решение задач;
- анализ конкретных ситуаций;
- составление резюме;
- «круглый стол»;
- составление таблиц и схем;
- тестирование;
- ролевая игра

- встречи с учеными КНЦ РАН, обладающими высокой квалификацией.

В качестве оценочных средств контроля знаний применяются:

- контрольные вопросы;
- тесты;
- устный опрос студентов;
- промежуточная аттестация;
- решение практических задач;
- проверка конспектов и остаточных знаний студентов;
- обсуждение подготовленных студентами расчетно-графических, контрольных и курсовых работ и рефератов; разбор ошибок при их выполнении.

В курсе изучаемой дисциплины «Геология России» в форме групповой дискуссии заслушиваются также доклады с презентациями и рефераты по тематике дисциплины, затрагивающие актуальные проблемы в области открытия новых рудных объектов, их последующей разработки, а также обогащения руд. Самые интересные работы предлагаются для сообщения на студенческих научно-практических конференциях.

### 1.9 Методические рекомендации для занятий в интерактивной форме

В курсе изучаемой дисциплины «Геология России» часы, отводимые на интерактивные формы, используются в виде: устных опросов на понимание терминов, групповых дискуссий, решения задач, защиты лабораторных и контрольных работ, рефератов и докладов с презентацией.

#### Тематика занятий с использованием интерактивных форм

№№ тем	Тема	Интерактивная форма	Часы, отводимые на интерактивные формы
			Лабораторные занятия
1	Тема 1. Введение.	Устный опрос на понимание терминов	1
2	Тема 2. Региональный обзор геологического строения Северной Евразии.	Устный опрос на понимание терминов	1
3	Тема 3. Восточно-Европейская платформа и смежные метаплатформенные области.	Реферат. Решение задач на лабораторных занятиях	1
4	Тема 4. Сибирская платформа и смежные метаплатформенные области.	Групповая дискуссия Устный опрос на понимание терминов.	1
5	Тема 5. Подвижные пояса и молодые плиты.	Защита КР №1. Групповая дискуссия	1
6	Тема 6. Урало-Монгольский подвижной пояс	Устный опрос на понимание терминов. Групповая дискуссия Доклад с презентацией	2
7	Тема 7. Средиземноморский подвижной пояс	Решение задач на лабораторных занятиях Групповая дискуссия	1
8	Тема 8. Верхояно-Чукотская складчатая область и Охотско-Чукотский вулканический пояс	Реферат. Решение задач на лабораторных занятиях	1
9	Тема 9. Тихоокеанский подвижной пояс (его северо-западная часть).	Групповая дискуссия. Решение задач на лабораторных занятиях	2
10	Тема 10. Основные этапы геологического развития Северной Евразии.	Устный опрос на понимание терминов	1
<b>Итого:</b>			<b>12</b>



Использование интерактивных форм в учебном процессе в сочетании с внеаудиторной работой способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Интерактивное обучение представляет собой способ познания, осуществляемый в формах совместной деятельности обучающихся, т.е. все участники образовательного процесса взаимодействуют друг с другом, совместно решают поставленные задачи, погружаются в атмосферу делового сотрудничества при ответах на поставленные вопросы.

### **1.10 Методические рекомендации по выполнению курсовых работ.**

Выполнение курсовой работы учебным планом не предусмотрено.

## **2. Планы лабораторных работ**

Задачами региональной геологии являются изучение геологического строения отдельных областей Земли, установление истории и закономерностей их геологического развития, формирования в них полезных ископаемых.

Исключительные возможности для сравнительных регионально-геологических исследований представляет изучение территории России и соседних с ней государств Северной Евразии, включая акватории омывающих ее морей и океанов.

В недрах России и соседних с ней стран заключены все виды полезных ископаемых.

Лабораторные занятия являются временем, в течение которого студенты приобретают практические навыки по изучаемой дисциплине. На лабораторные занятия по учебному плану отведено 32 часа аудиторных занятий. В качестве основного литературного источника при проведении лабораторных занятий использовался учебник Е.Е. Милановского «Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии)» - М.: МГУ, 1996. - 448 с. В этой монографии приводится подробное описание всех регионов нашей страны и ближнего зарубежья. Книга иллюстрирована большим количеством геологических и палеотектонических карт и разрезов, что существенно облегчает студентам разбираться на лабораторных занятиях в весьма сложном строении такой огромной территории

Ниже приводится примерный перечень тем занятий, которые будут проводиться на кафедре в лаборатории геологии.

### **Темы лабораторных работ**

№ занятий	Лабораторная работа	Кол-во часов
1	Тектоническое районирование и глубинное строение земной коры Северной Евразии.	4
2	Восточно-Европейская древняя платформа	4
3	Печоро-Баренцовоморская метаплатформенная область	4
4	Сибирская древняя платформа	4
5	Тектоническое районирование и положение Урало-Монгольского подвижного пояса	4
6	Каледонские тектонические зоны Казахского нагорья и их рудоносность.	4
7	Верхояно-Чукотская складчатая область и Охотско-Чукотский вулканический пояс	4
8	Северо-западная часть Тихоокеанского подвижного пояса	4
<b>Итого:</b>		<b>32</b>

В виду большого объема излагаемого материала, рассмотрим в качестве примера лишь половину из перечисленных лабораторных занятий (№№ 1, 2 и 5, 6).

## Занятие 1. Тектоническое районирование и глубинное строение земной коры Северной Евразии.

### План:

1. Тектоническое районирование Северной Евразии.
2. Глубинное строение земной коры Северной Евразии.

*Литература:* Милановский, Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии). Учебник, 1996.( с. 172-276).

Исходя из представлений о главных типах тектонических областей континентов и закономерностях их развития в позднем протерозое и фанерозое, в Северной Евразии располагаются три древние платформы – Восточно-Европейская на западе, Сибирская на северо-востоке и Китайская (Китайско-Корейская) на юго-востоке.

Древние платформы и примыкающие к ним метаплатформенные области играют роль «рамы» для разделяющих их подвижных поясов. Центральное положение в структуре Северной Евразии занимает расположенный между Сибирской платформой на северо-востоке, Восточно-Европейской на западе и Китайской на юге Урало-Монгольский подвижный пояс внутриконтинентального типа, имеющий форму полумесяца с выпуклостью, обращенной к юго-западу.

К юго-западу от Восточно-Европейской и Китайской древних платформ через юго-западную и юго-восточную части Евразии протягивается Средиземноморский подвижный пояс.

В отличие от Урало-Монгольского и Средиземноморского поясов, кольцевой Тихоокеанский подвижный пояс занимает пограничное положение между обрамляющими его со всех сторон древними платформами и расположенной внутри его гигантской впадиной Тихого океана.

Между Сибирской платформой и северо-западным сегментом Тихоокеанского подвижного пояса расположена Верхояно-Чукотская позднекиммерийская складчатая область. Структурные элементы Верхояно-Чукотской области под почти прямым углом подходят к ее границе с Тихоокеанским поясом, к которой приурочен позднемезозойский краевой Охотско-Чукотский вулканический пояс (см. рисунок 1.1)

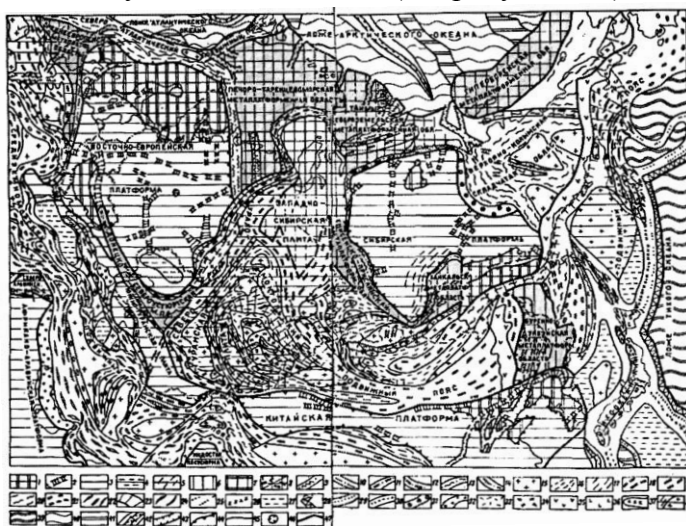


Рисунок 1.1. Схема тектонического районирования Северной Евразии.

1—5 — древние платформы: 1 — выступы дорифейского фундамента (щиты); 2 — рифейские авлакогены, частично регенерированные в палеозое (на поверхности и под плитным чехлом); 3 — области, покрытые вендско-фанерозейским чехлом (древние плиты); 4 участки со сверхмощным чехлом и корой субокеанического типа (батисинеклизы); 5 — каледонские складчатые зоны в плитном чехле. 6—14 — метаплатформенные области: 6 — метаплатформенные массивы и метаплатформенные области нерасчлененные, без чехла, 7 — то же, с фанерозойским чехлом (молодые плиты и параплакосы), 8 — герцинские и раннекиммерийские складчатые зоны в плитном чехле; 9—14 — авлакогеосинклинальные

складчатые зоны: 9 — байкальские и салаирские, 10 — каледонские, 11 — герцинские, 12 — древнекиммерийские, 13 — позднекиммерийские, 14 — альпийские. 15—38 — подвижные пояса: 15 — остаточные срединные массивы (в основном допозднерифейские); 16—22 — эпигеосинклинальные складчатые системы: 16 — салаирские, 17 — каледонские, 18 — герцинские, 19 — раннекиммерийские, 20 — позднекиммерийские, 21 — австрийские, субгерцинские и ларамийские, 22 — альпийские; 23 — эвгеосинклинальные зоны эпигеосинклинальных складчатых систем разного возраста (на поверхности); 24 — офиолитовые зоны различного возраста — сутуры древних раздвиговых зон с корой океанического типа; 25 — невулканические геосинклинали (островные дуги) в современных геосинклинальных системах; 26 — то же, вулканические; 27 — глубоководные впадины внутренних и окраинных морей с корой субокеанического типа; 28 — глубоководные желоба: 29—32 — краевые прогибы: 29 — герцинские, 30 — раннекиммерийские, 31 — позднекиммерийские, 32 — альпийские; 33—37 — краевые вулканические пояса: 33 — эпикаледонские (девонские), 34 — позднегерцинские (позднепалеозойские), 35 — эпикиммерийские (позднеюрские — средне меловые), 36 — эпиавстрийские и эписубгерцинские (поздне меловые — палеогеновые), 37 — позднеальпийские (плиоцен-антропогеновые); 38 — участки подвижных поясов, покрытые на постгеосинклинальном мегаэтапе их развития фанерозойским (в основном мезо-кайнозойским) чехлом (молодые плиты и параплакосы). 39—42 — ложе океанов: 39 — впадины древнего океанского ложа, обновленного в позднем мезозое и кайнозое; 40 — впадины океанского ложа, возникшие в позднем мезозое и кайнозое; 41 — поднятия океанского ложа с корой субконтинентального типа («микроконтиненты»); 42 — внутриокеанические и межконтинентальные кайнозойские рифтовые зоны; 43 — рифтовые зоны (пермские, мезозойские и кайнозойские) на древних платформах, в метаплатформенных областях и в подвижных поясах; 44 — крупнейшие надвиги и тектонические покровы; 45 — границы плит и параплакосов; 46 — крупнейшие астроблемы или эндогенные взрывные кратеры; 47 — границы древних платформ, метаплатформенных областей, подвижных поясов и ложа океанов

По данным геофизических исследований, выделяются два основных типа **глубинного строения** коры, различающихся по ее, общей мощности и внутренней структуре — океанический (5—максимум 10 км) и континентальный (30—50, в горных областях до 60—80 км), и несколько переходных между ними типов. Существует грубая корреляция между мощностью коры или глубиной залегания кровли подстилающей ее более плотной мантии и абсолютными высотами и глубинами основных форм земной поверхности. На гипсографической кривой, показывающей относительную распространенность на поверхности Земли различных высот и глубин, четко выделяются два максимума — континентальный (от —0,2 до +1 км) и океанический (от —4 до —6 км). Незначительные суммарные площади занимают горные области (от +1 до +9 км): континентальные склоны и подножия (от —0,2 до —4 км) и глубоководные желоба и рвы на дне океанов (от —6 до —11 км). Таким образом, рельеф подошвы коры зеркально отражает в огрубленном и преувеличенном в несколько раз виде основные неровности поверхности Земли. В этом проявляется изостазия, т. е. стремление к состоянию равновесия между массами относительно плотного вещества верхней мантии и менее плотного вещества коры. Почти на всей территории Евразии, как и других материков, распространена *кора континентального типа*. В наиболее полном ее виде в ней выделяются три основных геофизических слоя, различающихся по упругим свойствам и плотностным характеристикам.

**1. «Осадочный слой»**, сложенный горизонтально или полого залегающими неметаморфизованными толщами фанерозойского, а местами и позднепротерозойского возраста, со скоростями прохождения продольных сейсмических волн ( $v_p$ ) от 2 до 5 км/с. Мощность его может варьировать от 0 до 10 км, а кое-где даже до 20—25 км.

**2. «Гранитно-метаморфический слой»**, сложенный толщами сильнодеформированных и метаморфизованных пород, а также интрузивными образованиями преимущественно кислого состава с  $v_p$  от 5,5 до 6,3 км/с. Он выходит на поверхность на щитах и на значительной части площади складчатых поясов и обычно имеет мощность от 10 до 20 км.

**3. «Базальтовый» или, правильнее, «гранулит-базитовый слой»**, по-видимому, сложенный преимущественно глубокометаморфизованными породами (в гранулитовой фации) и интрузивами основного и ультраосновного состава, с  $v_p$  от 6,5 до 7,3 км/с, имеющий мощность от 15 до 30 км. Переход от 2-го слоя к 3-му в одних районах происходит довольно резко, по так называемой поверхности Конрада (границе К), в других

— постепенно, и их четкое разделение невозможно, а в третьих — установлено более сложное строение консолидированной части коры, включающей отдельные «слои» с относительно пониженными скоростями прохождения волн и плотностями пород.

Переход от коры к верхней мантии выражается скачкообразным возрастанием  $v_p$  до 7,9—8,5 км/с (в среднем до 8—8,2 км/с) в пределах маломощной (1—2 км) переходной зоны — так называемой *поверхности Мохоровичича (границы Мохо, или М)*. Предполагается, что верхняя часть мантии под континентами имеет преимущественно ультраосновной состав, но, может быть, хотя бы частично или местами состоит из эклогитов — основных пород, отличающихся от габбро минеральным составом и большей плотностью. В тектонически активных регионах, в частности рифтовых зонах,  $v_p$  на границе *М* относительно понижена до 7,5—7,8 км/с в связи с аномальным разогревом и разуплотнением вещества.

Некоторые районы внутри континентов и на их окраинах обладают субконтинентальной корой сокращенной мощности (10—30 км) с нечетким разделением 2-го и 3-го слоев, а ряд глубоководных впадин в окраинных и внутренних морях и отдельные очень глубокие впадины внутри континентов — корой субокеанического типа, в которой мощная осадочная толща (от 5 до 25 км) непосредственно подстилается сейсмическим «гранулитно-базитовым слоем». Природа этого слоя, причины исчезновения «гранитно-метаморфического слоя» и происхождение подобных впадин недостаточно ясны и, может быть, неодинаковы в разных впадинах.

Переход от материков к впадинам океанов происходит в пределах либо относительно узкого континентального склона, либо более или менее широкого пояса со сложным сочетанием участков с различными типами коры (например, между Азией и ложем Тихого океана). Кора океанического типа, почти повсеместно слагающая ложе впадин Тихого, Атлантического и Индийского океанов, состоит из трех маломощных слоев.

**1-й слой**, или осадочная толща, имеет мощность от 0 до 0,5—1 км (в среднем 0,2—0,5 км). Глубоководное бурение в океанах показало, что ее накопление началось не раньше средней или поздней юры, а на большей части площади океанов — в мелу или даже в кайнозое. Нижние горизонты этой толщи в отличие от вышележащих нередко имеют мелководный характер. Скорость седиментации была очень низкой (1—5 мм/тыс. лет).

**2-й слой** (мощностью в среднем 1,5—2 км) выражен лавами, гиадокластитами и дайками базальтов с маломощными прослоями осадков в верхах. Формирование 2-го слоя происходило в течение нескольких миллионов лет, как правило, непосредственно перед началом накопления осадочной толщи. Возраст его закономерно понижается от внутриокеанических рифтовых хребтов, где он еще не прикрыт осадками, к периферическим зонам океанов от позднекайнозойского до мелового или даже юрского.

**3-й слой** (средней мощностью 3—4 км), породы которого подняты драгированием некоторых зон разломов в океанах, сложен глубинными породами основного (габброиды) и ультраосновного состава. Скорости  $v_p$  составляют в этом слое 6,5—7 км/с, что создавало необоснованную иллюзию его тождества с «базальтовым слоем» континентов. 3-й слой граничит по поверхности *М* с верхней мантией ультраосновного (перидотитового) состава, в которой  $v_p$  резко возрастает до 8—8,4 км/с. Верхняя мантия под океанами и континентами на глубинах 670—700 км сменяется нижней мантией, а последняя на глубинах около 2900 км (под океанами примерно на 10 км меньших, чем под континентами) — ядром Земли. Химический состав вещества нижней мантии и в особенности ядра Земли и характер процессов, протекающих на их границах, недостаточно ясны.

В отличие от внутренней, твердой части ядра его внешняя часть находится в жидком состоянии, и происходящие в ней и на ее границе с мантией процессы в основном определяют формирование магнитного поля Земли. Резкий перепад температур на границе ядра и мантии вызывает ее неустойчивость и способствует образованию на некоторых ее участках мощных восходящих струй аномально нагретого материала — так называемых мантийных плюмажей, которые пронизывают не только нижнюю, но и верхнюю мантию,

вероятно,, контролируя возникновение в ней конвекционных течений, и проявляются в самой верхней части мантии в виде «горячих пятен» и периодически проникающих в земную кору мантийных диапиров.

Внутри верхней мантии во многих областях Земли было выявлено существование в интервале глубин от нескольких десятков до 200 км под океанами и от 100 до 150 км под континентами зоны с относительно пониженными (для соответствующих глубин) скоростями прохождения сейсмических волн (волновода) и повышенной электропроводностью, что объясняют некоторым разуплотнением, понижением вязкости и аномальным разогревом вещества, местами находящегося в состоянии частичного плавления. В 60-х годах сложилось представление о непрерывном распространении этой пластичной оболочки, получившей название астеносферы, под всей поверхностью Земли. Расположенную над ней самую верхнюю часть мантии стали объединять с земной корой в качестве «каменной оболочки» — **литосферы** — мощностью 50—100 км.

В глубоких впадинах шельфа кора имеет аномально высокую интегральную плотность, достигающую 3,0-3,1 г/см<sup>3</sup>, что является веским аргументом в пользу океанского генезиса фундамента, подстилающего мощные осадочные толщи глубоких осадочных бассейнов.

Представление о повсеместном распространении типичной астеносферы явилось одним из исходных положений возникшей в конце 60-х годов концепции «тектоники литосферных плит», предполагающей возможность скольжения этих сравнительно маломощных жестких пластин по пластичному астеносферному слою, вещество которого участвует в процессах конвекционных течений в мантии. Однако в 70—80-х годах было выяснено, что типичная астеносфера распространена не повсеместно, а лишь под тектонически и термически активными зонами океанов и континентов, характеризующимися аномально повышенной плотностью теплового потока, а под древними, «спокойными», холодными областями материков и некоторыми областями океанов она маломощна или вообще не выражена. Литосфера в подобных областях континентов в пределах древних платформ (и особенно щитов) может распространяться до глубин 300-500 км, и, если она (литосфера) участвует в горизонтальных перемещениях, то лишь в виде гораздо более мощных литосферных блоков, что требует внесения в гипотезу литосферных плит существенных корректив.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Основные этапы геологического изучения территории России и соседних стран.
2. Типы тектонических областей континентов.
3. Основные черты тектонического районирования Северной Евразии.
4. Глубинное строение земной коры.

## **Занятие 2. Восточно-Европейская древняя платформа.**

### **План:**

1. Тектоническая структура Восточно-Европейской платформы и смежных метаплатформенных областей.
2. Глубинное строение и геофизические поля.
3. Геологическое строение фундамента Русской плиты.
4. Строение чехла.
5. Полезные ископаемые.

Восточно-Европейская платформа, имеющая площадь около 5,5 млн км<sup>2</sup>, занимает большую часть Европейской России и Украины, всю территорию Белоруссии и Прибалтики, почти всю территорию Финляндии, Швеции, Дании, а также некоторые участки Норвегии, Польши и Румынии. В рельефе она выражена обширной Восточно-Европейской равниной, в которой преобладают низменности. Одна из них – Прикаспийская аккумулятивная низменность на юго-востоке равнины – лежит ниже уровня океана (от 0 до

-28 м). Над низменностями поднимаются до 300-470 м возвышенности – Волыно-Подольская, Приазовская и Донецкий кряж в южной части равнины, Белорусская, Валдайская, Среднерусская, Приволжская в ее средней части и общий Сырт, Прикамская и Северные Увалы в восточной (см. рисунок 1). На Кольском полуострове в самой северной части платформы находятся островные горы высотой до 1 км (Хибины).

Геологическое изучение Восточно-Европейской платформы началось раньше, чем других древних платформ, - в первой половине XIX века. Первые обзорные геологические карты были составлены в начале 40-х годов XIX в. русскими учеными Г.П. Гельмерсеном, А.К. Мейендорфом и английским геологом Р.М. Мурчисоном.

В плане Восточно-Европейская платформа имеет в первом приближении форму неправильного пятиугольника с закругленными углами. Свое название она получила впервые в 30-х годах в сводной работе А.А. Архангельского. В ее составе стали выделять выступы фундамента – щиты – и разделяющую их обширную область распространения платформенного чехла, на которую перенесли в последующем термин «Русская плита», предложенный еще в 1919 г. Э Зюссом.

1. Как и другие древние платформы, Восточно-Европейская платформа обладает **двухъярусной тектонической структурой** и состоит из фундамента, в основном сложенного сильнодеформированными, метаморфизованными и гранитизированными породами архейского и раннепротерозойского возраста, и резко несогласно перекрывающего его платформенного чехла, образованного почти или вовсе не метаморфизованными отложениями верхнего протерозоя и фанерозоя. Примерно на 1/4 площади платформы на щитах и присводовом участке Воронежской антеклизы фундамент выходит на поверхность или залегает в непосредственной близости от нее. На большей части платформы, в пределах Русской плиты, он перекрыт чехлом мощностью от нескольких сотен метров до 5—10 и даже 20—22 км (см. рисунки 2.1 и 2.3).

Наиболее крупный выступ фундамента — Балтийский (Фенно-Скан-динавский) щит — занимает северную и северо-западную части платформы. С северо-запада на него по очень пологой поверхности надвинуты капедониды Скандинавии, из-под которых в ряде тектонических окон выступает дорифейский метаморфический фундамент. На юге и юго-востоке фундамент щита, как правило, погружается под платформенный чехол, но местами структуру краевой зоны щита осложняют поперечные к ней рифейские авлакогены (Кандалакшский, Ладожский), а на юго-западе — пермский грабен Осло. Несколько небольших рифейских и палеозойских грабенообразных впадин известны во внутренних частях щита — в Ботническом заливе и Южной Швеции.

Значительно меньший Украинский (Азово-Подольский) щит расположен в юго-западной части платформы. На западе и юге он скрывается под пологозапегающим чехлом Русской плиты, а на северо-востоке граничит по сбросам с Донецкой авлакогеосинклинальной складчатой зоной и Днепровско-Донецким авлакогеном, погребенным под Украинской синеклизой. На самый северный участок щита наложен субширотный рифейский Овручский грабен.

В строении платформенного чехла по характеру структурных форм различаются два мегакомплекса, отвечающих двум мегаэтапам тектонического развития платформы: нижний, авлакогенный, включающий отложения и частично вулканы рифейско-иранневендского возраста (от 1,6 до 0,6 млрд лет), и верхний, плитный, сложенный отложениями верхнего венда и фанерозоя (см. рисунок 2.4).

Главными структурными элементами авлакогенного мегакомплекса являются многочисленные линейно вытянутые, ограниченные и разбитые нормальными сбросами грабенообразные прогибы — авлакогены, выявленные глубоким бурением и геофизическими исследованиями в низах чехла Русской плиты и в значительно меньшей мере осложняющие строение краевых участков щитов. Длина авлакогенов измеряется несколькими сотнями километров, ширина — десятками километров, глубина варьирует от 1—2 до 5, а в ряде случаев — до 10 км. Часть авлакогенов имеет северозападное

простираение (Днепровско-Донецкий, Пачелмский, Камско-Бельский, Кандалакшский, Онежский, Ладожский и по.), часть — северо-восточное (Московский, авлакогены Среднерусской системы, Оршанский, Волынский), а некоторые авлакогены, главным образом на востоке платформы, простираются субмеридионально (Кировский, Доно-Медведицкий) или субширотно (Абдулинский).

Одни авлакогены расположены во внутренней части платформы и слепо затухают на обоих концах, другие подходят к ее границе и смыкаются с краевыми зонами смежных подвижных поясов или авлакогеосинклинальными зонами соседних метаплатформенных областей, а местами переходят в них по простираению (Днепровско-Донецкий авлакоген).



Рисунок 2.1. Схема тектонического районирования Восточно-Европейской платформы и смежных метаплатформенных областей.

1-8 — Восточно-Европейская платформа: 1-3 — щиты: 1 — выходы фундамента на поверхность, 2 — грабены и впадины, выполненные верхнепротерозойскими и палеозойскими образованиями, 3 — верхнепротерозойские и палеозойские интрузивные массивы; 4-9 — Русская плита: 4 - погребенные грабены (авлакогены), выполненные верхним протерозоем и частично верхним девонем и карбоном, 5 — крылья щитов, 6 — антеклизы и своды в сложных антекклизах, 7 — седловины, крылья анте-клиз и межсводовые прогибы в сложных антекклизах, 8 — антеклизы и перикратонные впадины, 9 - наиболее глубокие части антеклиз с субокеаническим типом строения коры. 10—16 — метаплатформенные области: 10—12 — авлакогеосинклинальные зоны: 10 — выступы байкальского или салаирского складчатого основания, 11 — то же, каледонского и герцинского, 12 — участки, перекрытые платформенным чехлом; 13—16 — метаплатформенные массивы и метаплатформенные области без расчленения: 13 — выступы добайкальского фундамента, 14 — поднятия в чехле, 15 — впадины в чехле, 16 — наиболее глубокие части впадин с предположительно субокеаническим типом строения коры; 17—22 — подвижные (эпигеосинклинальные складчатые) пояса; 17 — выступы складчатого основания каледонид Северо-Атлантического пояса; 18 — то же, герцинид и ранних киммерид Урало- Монгольского и Средиземноморского поясов; 19 — герцинские и раннекиммерийские краевые прогибы; 20 — участки складчатых областей, перекрытые мезокайнозойским и частично более древним чехлом молодых плит и параплаксов; 21 — позднекиммерийские и альпийские складчатые области; 22 — альпийские краевые прогибы; 23—25 — океанические впадины: 23 — краевые зоны (континентальные ступени), 24 — участки с утоненной корой континентального типа, 25 — глубоководные зоны с корой океанического типа; 26—36 — отдельные структуры: 26 — мезокайнозойские плакантиклиналы (валы), 27 — районы развития соляных диапиров, 28 — грабены верхнепротерозойские и палеозойские, 29 - то же, мезозойские и кайнозойские, 30 — крупные крутые разломы на поверхности, 31 — то же, погребенные, 32 — крупные надвиги и тектонические покровы, 33 — тектонические окна, 34 — крупные флексуры в чехле, 35 — некоторые наложенные мезокайнозойские впадины в чехле Русской плиты, 36 — астроблемы, установленные и предполагаемые; 37 — структурные элементы, обозначенные на карте цифрами: 1 — Северо-Ботническая впадина; 2 — Южно-Ботническая впадина; 3 — грабен Осло; 4 — Ладожский грабен (авлакоген); 5 — Кандалакшский грабен (авлакоген); 6 — Украинский щит; 7 —

Пачелмский (Рязано-Саратовский) авлакоген; 8 — Днепровско-Донецкий авлакоген; 9 — Камско-Бельский авлакоген; 10—14 — Среднерусская система авлакогенов (10 — Крестцовский, или Валдайский, 11 — Солигаличский, 12 — Яренский, 13 — Оршанский, 14 — Волынский); 15 — Московский авлакоген; 16 — Гжатский авлакоген; 17 — Абдулинский авлакоген; 18 — Кировский авлакоген; 19 — Доно-Медведицкий авлакоген; 20 — южный склон Балтийского щита; 21 — Прибалтийская синеклиза; 22 — Латвийская седловина; 23 — Московская синеклиза; 24 — Воже-Лачский авлакоген; 25 — Вели-коустюгская седловина; 26 — Сухонский вал; 27 — Окско-Цнинский вал; 28 — Мезенская синеклиза; 29 - Онежский грабен (авлакоген); 30 — Керецко-Пинежский авлакоген; 31 — Лешуконский авлакоген; 32 - Нижнемезенский авлакоген; 33 — Притиманская впадина; 34 — Воронежская антеклиза; 35 — Белорусская антеклиза; 36 — Бобруйская седловина; 37 — Польско-Литовская впадина; 38 — Полесская седловина; 39 — Брестская впадина; 40 — Припятская впадина (сложный грабен); 41 - Ратновский горст; 42 — Львовская впадина; 43 — юго-западный склон Украинского щита; 44 — Причерноморская впадина; 45 — Преддобруджинская (Молдавская) впадина; 46 — Каркинитская впадина; 47 — Ростовский погребенный выступ Украинского щита; 48 — Украинская синеклиза; 49 — Брагино-Лоевское поперечное поднятие (седловина); 50 — Миллеровский прогиб; 51 — Казанско-Сергиевский прогиб; 52 — Кузнецкая седловина; 53 — Токмовский свод; 54 — Котельничский свод; 55 - Сысольский свод; 56-58 — Татарский свод (56 — Альметьевская вершина, 57 — Кукморская вершина, 58 - Немская вершина); 59 — Коми-Пермяцкий свод; 60 — Красноуфимский свод; 61 — Пермский свод; 62 - Верхнекамский свод; 63 — Пугачевско-Жигулевский свод; 64 — Оренбургский свод; 65 — Ульяновско-Саратовская синеклиза; 66 — Прикаспийская синеклиза; 67-68 — ее осевая, наиболее погруженная часть (67 — Хобдинский гравитационный максимум, 68 — то же, Аралсорский); 69 — Астраханское поднятие; 70 — Вятский вал; 71 — Жигулевский вал; 72 — Саратовские поднятия; 73 — Донецкая (Донецко-Промысловская) авлакогеосинклинальная складчатая зона; 74 — Южно-Эмбинская авлакогеосинклинальная складчатая зона; 75 — Северо-Устюртский мегаплатформенный массив; 76 — Астраханско-Гурьевский разлом; 77 — Мангышлакская авлакогеосинклинальная складчатая зона; 78-80 — Средневропейская мегаплатформенная область; 79-80 — Датско-Польская авлакогеосинклинальная зона (79 — Среднепольский плакантиклинорий, 80 — Свентокшиская складчатая зона); 81 — поднятие Рингкёбинг-Фюн; 82 — Тимано-Варангерская авлакогеосинклинальная складчатая зона; 83—86 — Печорская синеклиза: 83 — Ижма-Печорская ступень, 84-85 — Кожвинско-Колвинский авлакоген (84 — Печоро-Кожвинский вал, 85 — Колвинский вал), 86 — Хорейверская и Варандей-Адгвинская зоны; 87 — зона гряды Чернышева и Косью-Роговская (Воркутинская) краевая впадина; 88 — зона гряды Чернова и Коротаихинская впадина (Предпайхойская) краевая впадина; 89 — Пайхойско-Новоземельская авлакогеосинклинальная складчатая зона; 90 — Южно-Баренцевская впадина; 91 — Северо-Баренцевское поднятие; 92 — впадины Хамефест(а)—Нордкап (б); 93 — впадина Медвежья; 94 — поднятие Франца-Иосифа; 95 — Восточно - Шпицбергенский выступ докембрийского фундамента; 96 — желоб Франц-Виктория; 97 — желоб Св. Анны; 98 — Северо-Баренцевская впадина; 99 — вал Адмиралтейства; 100 — Центральнобаренцевское поднятие.

На восточной, северо-восточной и юго-западной окраинах платформы в рифее и венде формировались также «однокрылые» перикратонные прогибы. Возникновение и погружение авлакогенов в рифее протекало в условиях некоторого горизонтального растяжения коры платформы в тесной связи с заложением обрамлявших ее подвижных поясов и авлакогеосинклинальных прогибов. В раннем венде авлакогены, в которых еще продолжалось погружение, заметно расширились. В позднем венде их развитие прекратилось или приостановилось, и на обширных площадях платформы началось формирование плитного мегакомплекса, продолжавшееся в течение всего фанерозоя. В среднем-позднем девоне некоторые авлакогены — Кировский, Доно-Медведицкий, Днепровско-Донецкий — испытали регенерацию и повторное проседание, причем последний авлакоген заметно расширился и разросся по простиранию к западу, где возник глубокий и сложно построенный Припятский грабен. В конце палеозоя, в мезозое или кайнозое в плитном мегакомплексе над рядом авлакогенов, по-видимому в связи с некоторым сжатием коры и поднятием блоков фундамента в них, образовались вапообразные поднятия — плакантиклиналы.

**1. Плитный мегакомплекс** чехла, за исключением небольших ее участков, залегает субгоризонтально или очень полого. Его главными структурными формами являются склоны щитов, обширные брахиморфные и субизометричные в плане блюдцеобразные впадины—синеклизы, открывающиеся и углубляющиеся к краям платформы полувпадины — перикратонные прогибы, расположенные во внутренних частях плиты обширные пологие поднятия — антеклизы (некоторые из них состоят из нескольких более мелких овальных или округлых сводов), а также относительно пониженные перемычки между



антеклизами, сводами и склонами щитов — седловины. Мощность разреза плитного мегакомплекса варьирует от 2—3 до 5—110 км, а в сверхглубокой Прикаспийской синеклизе достигает до 20—22 км. В пределах антеклиз и седловин мощность плитного мегакомплекса составляет не более 1—2 км, а в апикальных частях Воронежской и Белорусской антеклиз и на склонах щитов сокращается почти до нуля. Полнота разреза в синеклизах в целом также значительно больше, чем в антеклизах и на склонах щитов.

На большей части Русской плиты плитный мегакомплекс несогласно залегает на дорифейском фундаменте, но во внутренних и особенно в приосевых участках синеклиз он может без углового несогласия, но с перерывом или даже согласно налегать на рифейские или вендские отложения авлакогенов.

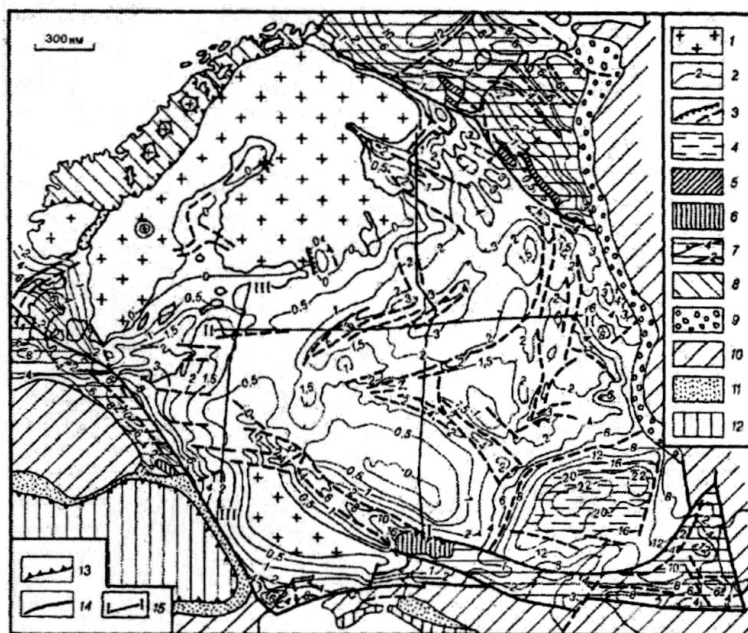


Рисунок 2.2. Схематическая карта рельефа поверхности фундамента Восточно-Европейской платформы и смежных метаплатформенных областей. Составлена по тектонической карте Европы масштаба 1 : 10 000 и другим материалам.

- 1 — выходы архейско-нижнепротерозойского фундамента на Восточно-Европейской платформе и в тектонических окнах скандинавских каледонид; 2 — изолинии залегания его поверхности на Русской плите; 3 — разломы, смещающие поверхность фундамента; 4 — районы отсутствия в фундаменте геофизического ((гранитно-метаморфического слоя); 5 — выступы байкальского складчатого фундамента в авлако-геосинклинальных зонах; 6 — то же, каледоно-герцинского; 7 — чехол метаплатформенных областей и изолинии глубин залегания их разновозрастного фундамента; 8 — каледониды Северо- Атлантического складчатого пояса; 9 — герцинские краевые прогибы; 10 — герциниды и более древние сооружения Урало-Монгольского и Средиземноморского складчатых поясов; 11 — альпийские краевые прогибы; 12 — аль-пиды и частично киммериды (Крым) Средиземноморского складчатого пояса; 13 — краевые надвиги, тектонические покровы и тектонические окна; 14 — границы Восточно-Европейской платформы, смежных с ней метаплатформенных областей и складчатых поясов; 15 — геологические профили, изображенные на рисунке 3.

К второстепенным структурным формам плитного мегакомплекса принадлежат линейные и брахиморфные в плане валлообразные поднятия — плакантиклинали, нередко возникающие над погребенными авлакогенами, флексуры, крупные разрывы и целые зоны разрывов сбросового и взбросо-надвигового типа, а также небольшие субизометрические в плане куполовидные поднятия, часто разбитые сбросами (диапиры и криптодиапиры) с ядрами из девонской или пермской соли.

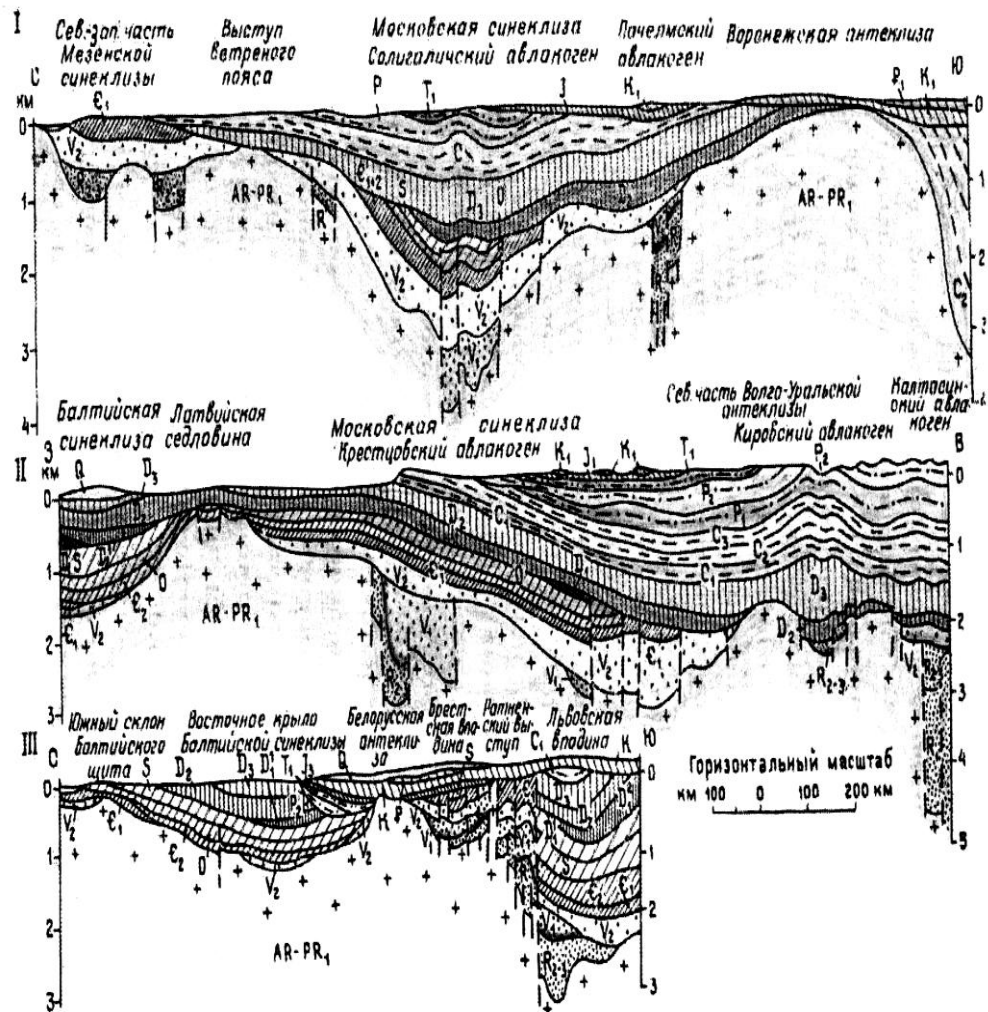


Рисунок 2.3. Меридиональные (I—I и III—III) и шпротный (II—II) геологические профили Русской плиты (по Н. С. Иголкин, с упрощениями). Положение профилей показано на рис. 2. Соотношение масштабов 1:100.

В строении плитного мегакомплекса различаются три основных комплекса, как правило, отделенные друг от друга перерывами. Они отвечают трем крупным этапам тектонического развития платформы и обрамляющих ее подвижных поясов — **каледонскому, герцинскому и альпийскому**.

Современный рельеф поверхности дорифейского фундамента Восточно-Европейской платформы отражает суммарный результат вертикальных движений земной коры на разных ее участках на протяжении **авлакогенного и трех главных этапов плитного мегаэтапа ее развития**, в ходе которых тектонический план платформы претерпевал неоднократные перестройки.

Отчетливо они проявились в плитном комплексе на Кировском авлакогене, где на заключительном этапе в мезозое образовался Вятский вал (см. рисунок 2.4).

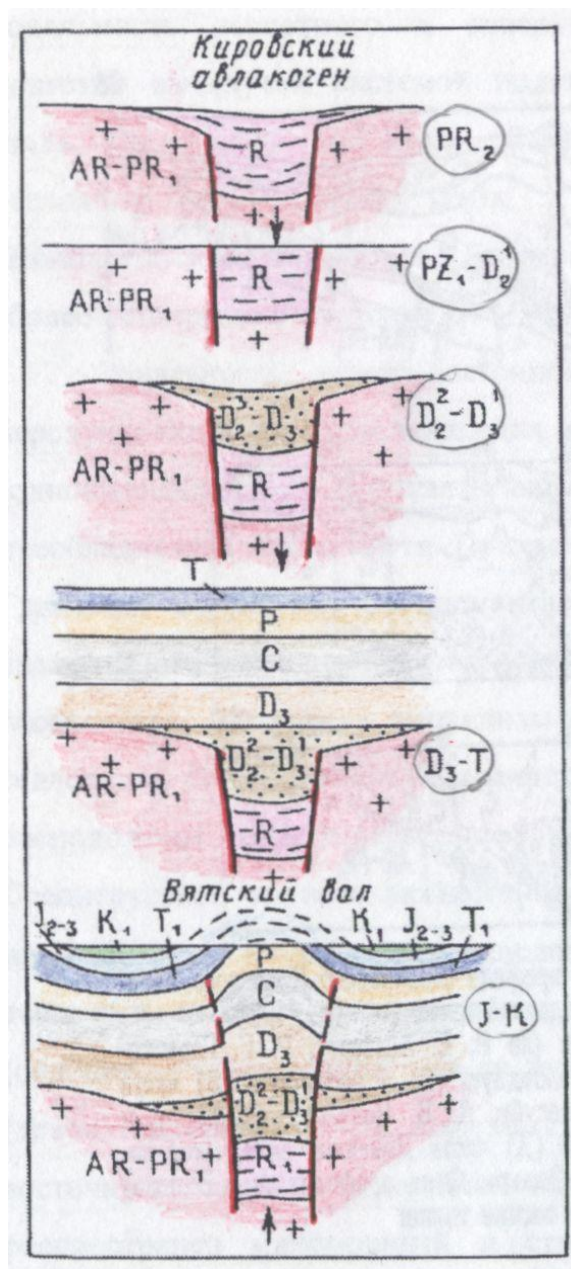


Рисунок 2.4. Этапы развития Кировского авлакогена.

Юго-восточную часть Русской плиты занимает сверхглубокая Прикаспийская синеклиза, или батисинеклиза (см. рисунок 2.1). На западе ее отделяет от Воронежской актеклизы Доно-Медведицкий авлакоген с развившейся над ним одноименной зоной валообразных поднятий, на севере она сочленяется по ряду ступенчатых сбросов в фундаменте с Оренбургским и Жигулевско-Пугачевским сводами, на юге граничит по крупному надвигу с восточной погруженной частью Донецко-Промысловской герцинской авлакогеосинклинали складчатой зоны, а на востоке—с аналогичной Южно-Эмбинской зоной и южным окончанием Предуральского краевого прогиба.

Глубина погружения фундамента в субширотно вытянутой средней части синеклизы по сейсмическим данным достигает 20—22 км; в этой зоне отсутствует геофизический «гранитный слой» коры, а ее общая мощность сокращена до 27—35 км. В периферических зонах Прикаспийской впадины, в частности в расположенном в ее южной части Астраханском сводовом поднятии, где фундамент залегает на глубинах 6—12 км, кора утолщается до 35—40 км и в ее разрезе появляется «гранитный слой». Природа исчезновения «гранитного слоя» в Прикаспийской впадине недостаточно ясна, но, скорее

всего, связана с сопровождавшими (или вызывавшими?) ее глубокое и длительное погружение физико-химическими изменениями в породах субстрата, в направлении возрастающего уплотнения его глубинных слоев. В ходе этих изменений «гранитный слой» приобретал сейсмические параметры «базальтового», а последний—свойства верхов мантии, что приводило к смещению границы Мохо кверху.

Возраст древнейших отложений, выполняющих Прикаспийскую впадину, неясен. Нижнюю половину ее разреза (до 10—12 км) слагают докунгурские, т. е. палеозойские и, возможно, верхнепротерозойские отложения, поскольку на северо-западе в нее «вливается» Пачелмский авлакоген. Отложения ордовика, силура, девона, карбона и низов перми вскрыты бурением на окраинах впадины, вдоль которых простираются карбонатные рифовые барьеры позднедевонского, каменноугольного и раннепермского возраста. На большей части площади впадины распространена нижнепермская (кунгурская) соленосная толща, первоначальная мощность которой достигала 4—6 км. Верхнюю часть разреза впадины (до 6—10 км) образуют верхнепермские, мезозойские и кайнозойские отложения. С поздней перми происходило перераспределение кунгурской соли, приведшее к возникновению и прерывистому росту многих сотен диапировых структур и почти полному отжиманию соли из межкупольных участков. Многие соляные купола прорывают или деформируют толщи мезозоя и палеогена, а некоторые — даже плиоценовые и четвертичные отложения.

## **2. Глубинное строение и геофизические поля**

По данным ГСЗ и других геофизических исследований, почти на всей площади Восточно-Европейской платформы, кроме внутренней части Прикаспийской впадины, установлена типичная кора континентального типа, в которой различаются осадочный (отсутствующий на щитах), «гранитно-метаморфический» (со скоростями продольных волн 6—6,5 км/с) и «базальтовый», или гранулито-базитовый (со скоростями 6,5—7,5 км/с) геофизические слои. Мощность этих слоев варьирует соответственно в пределах 0—10, 10—20 и 20—35 км, а общая мощность коры составляет от 35 до 50, изредка до 60—65 км. Относительно утоненной корой (35—40 км) и приподнятым положением границы М отличается Днепровско-Донецкий авлакоген. Между «осадочным слоем» и кровлей «гранитного слоя» (т.е. дорифейского фундамента) в нем выделяется «промежуточный слой» со скоростями 5,6—5,8 км/с, предположительно отвечающий рифейскому комплексу. Детальными сейсмическими исследованиями на площади Украинского щита установлено слоисто-блоковое строение коры с резкими перепадами в глубинах залегания границы М (от 35 до 65 км), а также границы К между отдельными субмеридионально вытянутыми блоками. На границе М скорость продольных волн скачкообразно возрастает до 8—8,3 км/с и далее книзу плавно увеличивается до 8,6—8,7 км/с на глубинах 100—150 км. В самой верхней части мантии (а местами и в консолидированной части коры) в разных районах платформы отмечаются маломощные и невыдержанные «горизонты» с относительно пониженными скоростями сейсмических волн, но единого мощного и хорошо выраженного астеносферного слоя, сравнимого с таковым подвижных областей (континентов и океанов, не обнаружено.

Гравитационное поле платформы сравнительно спокойно, с преобладанием слабопониженных значений силы тяжести (в редукции Буге)] на их фоне выделяются небольшие линейные и изометричные аномалии, отражающие на щитах структурно-вещественные неоднородности фундамента, а на плите — суммарное влияние последних и чехла. Прикаспийская впадина отличается от остальной части платформы господством отрицательных аномалий, обусловленных наличием мощной толщи осадков, но в ее центральной части выделяются Хобдинский и Аралсорский максимумы, связанные с выклиниванием «гранитного слоя» и приближением поверхности границ К и М.

Аномальное геомагнитное поле отражает влияние возмущающих масс в верхней части консолидированной коры. На щитах возможно прямое сопоставление магнитных аномалий со структурами фундамента, а на плитах анализ геомагнитного поля позволяет, в увязке с данными бурения, выявить особенности строения погребенного под чехлом фундамента. Интенсивность магнитных аномалий в пределах плиты находится в обратной зависимости от мощности чехла. Наименее дифференцированным, слабоотрицательным полем обладает Прикаспийская синеклиза, где мощность чехла максимальна, а значительная часть фундамента опущена на глубины, где температуры приближаются к точке Кюри. На большей части платформы магнитное поле отличается большей резкостью и сложным рисунком аномалий. Здесь различаются два основных типа аномальных полей:

1) округлые, овальные и линзовидные поля с пятнистой, слабоконтрастной внутренней структурой; 2) разделяющие и «обтекающие» их полосовидные зоны, состоящие из резких линейных максимумов и минимумов высокой интенсивности. Зоны первого типа (которые К.О. Кратц назвал полями) в основном отвечают районам распространения относительно кислых слабомагнитных пород архейского фундамента с широким развитием гранитогнейсовых куполов и гранитных батолитов, а линейные зоны второго типа (межи, по К.О. Кратцу) насыщены высокомагнитными основными магматическими и метаморфическими породами и интерпретируются как архейские и нижнепротерозойские (?) граулитовые пояса и нижнепротерозойские прогибы, выполненные джеспилитовой железорудной формацией.

Геотермальное поле платформы характеризуется преобладанием относительно низких значений плотности теплового потока — от 30 до 60 мВт/м<sup>2</sup> (при его среднем значении на поверхности Земли около 60 мВт/м<sup>2</sup>) — и его слабой дифференцированностью на площади. Наиболее низкие значения (30—40 мВт/м<sup>2</sup>) отмечаются на большей части Украинского и в восточной половине Балтийского щита. По данным Кольской сверхглубокой скважины, геотермический градиент до глубины 8 км составляет в среднем около 15 град/км, а на глубинах 8—11 км возрастает почти до 25 град/км. На антеклизях тепловой поток не превышает 40 мВт/м<sup>2</sup>, а в синеклизах составляет в среднем 40—50 мВт/м<sup>2</sup>. Повышенным тепловым потоком отличаются Днепровско-Донецкий (до 50 мВт/м<sup>2</sup>) и Пачелмский (50—60 мВт/м<sup>2</sup>) авлакогены и особенно Прибалтийская синеклиза между Литвой и юго-восточной Швецией (50—80 мВт/м<sup>2</sup>).

### ***3. Геологическое строение фундамента Русской плиты***

Консолидированное основание платформы, в основном сложенное метаморфическими и интрузивными породами архея и нижнего протерозоя, повсеместно обнажается на Балтийском щите и на значительной площади Украинского щита и локально — в присводовой части Воронежской антеклизы, а на подавляющей части площади Русской плиты перекрыто платформенным чехлом и вскрывается многочисленными скважинами. Стратиграфическое расчленение фундамента в отдельных районах щитов основано преимущественно на результатах его геологического изучения, а датирование и корреляция комплексов в разных районах щитов и Русской плиты и разработка общей хроностратиграфической схемы раннего докембрия для всей платформы базируются в первую очередь на материалах радиогеохронологических исследований, тогда как результаты палеонтологических исследований (изучение остатков и продуктов жизнедеятельности примитивных растительных организмов) при решении этих вопросов играют пока ничтожную роль.

**Балтийский щит**, занимающий территории Кольского полуострова и Карелии, а также Финляндии, Швеции и Южной Норвегии, изучали многие русские (А. А. Иностранцев, А. А. Полканов, Н. Г. Судовиков, К. О. Кратц и др.), финские (В. Рамсей, П. Эскола) и скандинавские геологи. В тектоническом отношении фундамент Балтийского щита подразделяется на три главные области (с востока на запад) — Кольско-Карельскую,

Свекофеннскую (Шведско-Финскую), попадающую в пределы России лишь в районе Ладожского озера и Карельского перешейка, и Свеконорвежскую (см. рисунок 5). Кольско-Карельская область отличается широким развитием архейских метаморфических образований, среди которых в виде отдельных пятен и узких полос присутствуют слабометаморфизованные осадочные и вулканогенные, а также интрузивные породы нижнего протерозоя. Основные процессы глубокого погружения, вулканизма и интрузивного магматизма, интенсивных тектонических деформаций и глубинного метаморфического преобразования пород в этой области происходили в архее, а в раннем протерозое она характеризовалась орогенным, а затем протоплатформенным режимом, осложненным развитием отдельных проторифтовых впадин. Свекофеннская область в основном сложена метаморфизованными осадочно-вулканогенными образованиями и крупными массивами гранитоидов раннего протерозоя. Она рассматривается как раннепротерозойская протогеосинклинальная область, развитие которой завершилось перед концом раннего протерозоя эпохой свекофеннской складчатости (1,8—1,9 млрд. лет назад) и последующим орогенным магматизмом.

В Свеконорвежской области развиты глубокометаморфизованные породы архея или нижнего протерозоя, а также слабометаморфизованные осадочно-вулканогенные, интрузивные образования раннего-среднего рифея. Эта область рассматривается как выступ дорифейского, возможно досвекофеннского, основания, подвергшийся в раннем-среднем рифее тектономагматической переработке или даже вовлекавшийся в геосинклинальный процесс, завершившийся перед поздним рифеем дальсандской эпохой складчатости (около 1 млрд лет назад).

Кольско-Карельская область по возрасту слагающих ее пород и времени основных деформаций и метаморфических процессов может считаться древнейшим ядром Балтийского щита (см. рисунок 2.5). В ней выделяются три вытянутые в северо-западном направлении мегазоны — широкие Кольская и Карельская и разделяющая их более узкая и выклинивающаяся на северо-западе Беломорская. В Кольской и Карельской мегазонах распространены относительно глубоко, хотя и неоднородно метаморфизованные комплексы архейского основания и несогласно перекрывающие их менее метаморфизованные и деформированные образования нижнего протерозоя, а в Беломорской мегазоне — только архейские гнейсы и амфиболиты, однако их деформации и метаморфические изменения продолжались в раннем протерозое.

Кольская мегазона надвинута на Беломорскую по Лапландско-Кандалакшскому тектоническому шву, к которому приурочена зона развития наиболее глубокометаморфизованных архейских и нижнепротерозойских (?) пород — гранулитов. Вдоль границы Беломорской мегазоны с Карельской простирается Куоло-Выгозерская шовная зона с рядом глубоких прогибов и грабенов, выполненных сильнодеформированными вулканогенно-осадочными толщами архея и нижнего протерозоя. Две шовные зоны Колмозеро-Воронья и Печенга-Варзугская, выполненные соответственно архейскими и нижнепротерозойскими метаморфизованными осадочно-вулканогенными образованиями, разделяют Кольскую мегазону на три продольные зоны (блока) — Северо-Кольскую (Мурманскую), Центральнокольскую и Южно-Кольскую. Северо- и Южно-Кольская зоны в основном сложены глубокометаморфизованными нижнеархейскими образованиями, на которые местами несогласно налетают слабodeформированные и почти неметаморфизованные отложения верхнего протерозоя. Эти зоны надвинуты с севера и юга на Центральнокольскую зону, в которой глубокометаморфизованное архейское основание несогласно перекрыто мощными осадочными вулканогенными сериями нижнего протерозоя и прорвано рядом интрузивных массивов протерозойского и палеозойского возраста. Она разделяется на два существенно различно построенных сегмента — западный (Кольско-Норвежский) и восточный (Кейвский).

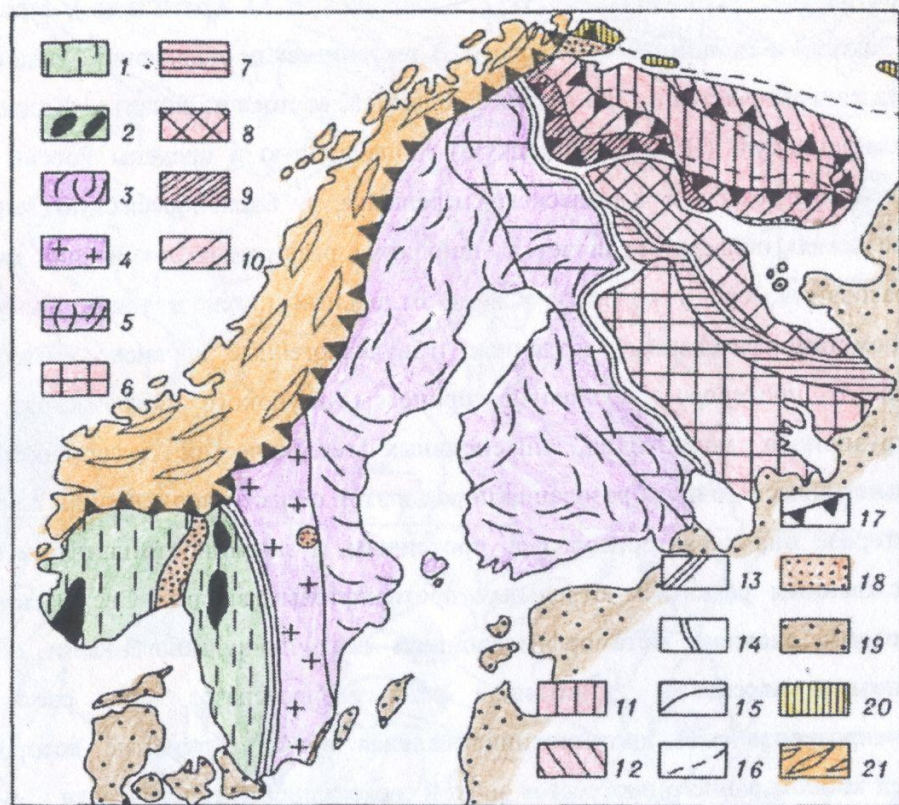


Рисунок 2.5. Тектоническое районирование докембрийского фундамента Балтийского щита.

1 — Свеконорвежская область. 2 — районы распространения дальсландского комплекса в ней; 3-5 — Свекофеннекая область; 3 — ее внутренняя часть; 4 — Готский вулканоплутонический пояс, 5 — Ладожско-Восточнофинская краевая зона; 6-12 — Кольско-Карельская область; 6-7 — Карельская мегазона: 6 — Карельский массив. 7 — Куола-Выгозерская (Воеточно-Карельская) зона; 8 — Беломорская мегазона; 9-12 — Кольская мегазона: 9 — Лапландский и Колвицкий гранулитовые массивы, 10 — Южно Кольская зона. 11 — Центральнокольская зона с тремя подзонами, 12 — Северо-Кольская зона (Мурманский блок); 13 — границы областей; 14 — границы мегазон; 15 — границы зон; 16 — границы подзон; 17 — крупнейшие надвижки и тектонические покровы; 18 — платформенный чехол на Балтийском щите (верхнепротерозойский на востоке и палеозойский на западе), 19 — платформенный чехол на Русской плите; 20 — байкалиты и салаириды Тимано-Варангерской авлакогеосинклинальной зоны; 21 — Каледониды Скандинавской складчатой области.

Архейские образования в разных зонах Кольско-Карельской области характеризуются разными типами строения; в большинстве зон различаются нижнеархейский (как правило, наиболее глубокометаморфизованный) и верхнеархейский комплексы (см. рисунок 2.6).

В Северо-Кольской зоне к нижнему архею относятся прогрессивно метаморфизованные в условиях амфиболитовой и гранулитовой фаций пироксен-плагиоклазовые кристаллические сланцы, плагиогнейсы и амфиболиты, которые в позднем архее подверглись мигматизации и региональной гранитизации и сохранились в виде реликтов среди господствующих в этой зоне плагиомикроклиновых гранитов, гранодиоритов и плагиогранитогнейсов.

В узкой зоне Колмозеро-Воронья присутствует сильнодеформированный и метаморфизованный осадочно-вулканогенный комплекс, предположительно принадлежавший одному из позднеархейских «зеленокаменных поясов».

В Центральнокольской зоне разрез архея более полон. К нижнему архею в ее западном сегменте относится мощная (более 3—4 км) кольская серия. В ее разрезе преобладают параметаморфические (первично-осадочные) породы — гранат-биотитовые и двуслюдяные гнейсы с подчиненными кварцитами, метаконгломератами, глиноземистыми

гнейсами, но присутствуют также основные и кислые метавулканические породы — амфиболиты и лептиты. С ними ассоциируются пачки магнетитовых сланцев и железистых кварцитов (джеспилитов), образующие ряд промышленных месторождений железных руд (Оленегорское и др.). Кольская серия испытала ранний, прогрессивный метаморфизм гранулитовой фации (древнее 2,8-2,9 млрд лет) и ретроградный позднеархейский (2,6—2,8 млрд лет), по времени близкий к формированию сложной линейно-складчатой структуры и образованию тел плагиомикроклиновых гранитов и гранитогнейсов. Гранулиты Кольской серии прорывает Мончегорский плутон из расслоенных базит-ультрабазитовых пород с возрастом 2,9 млрд лет. К верхам верхнего архея относятся распространенные в восточном, кейвском сегменте зоны первично- вулканогенные и осадочные образования, метаморфизованные в условиях амфиболитовой фации, — мощная (до 3 км) толща тонкозернистых биотитовых и двуслюдяных гнейсов (лептитов), образовавшихся по кислым вулканитам, и перекрывающие ее с перерывом и небольшим несогласием, со следами выветривания в основании, менее мощные (около 1 км) толщи первично-осадочных, терригенных и отчасти карбонатных пород — аркозовых метапесчаников с прослоями конгломератов, слюдяных сланцев, кварцитов, высокоглиноземистых ставролит- и кианитсодержащих сланцев, представляющих метаморфизованные продукты переотложения каолиновой коры выветривания, а в верхах разреза — также доломиты со строматолитами. Эти осадочные толщи (кейвская серия), залегающие на остатках кор выветривания и включающие продукты их переотложения (каолиновые глины), по-видимому, представляют древнейшие на территории Балтийского щита отложения протоплатформенного типа, образовавшиеся в самом конце архея или в начале раннего протерозоя (?), впоследствии (в раннем протерозое) метаморфизованные, приобретшие довольно сложную складчатую структуру (Кейвский синклиорий) и подвергшиеся воздействию метасоматических щелочных гранитоидов.

Большую часть площади Южно-Кольской зоны слагают слюдяные, гранатовые гнейсы и амфиболиты, предположительно сопоставляемые с Кольской серией, а также олигоклазовые и микроклиновые граниты архея.

К Лапландско-Кандалакшской шовной зоне приурочена прерывистая полоса развития наиболее глубокометаморфизованных раннеархейских (?) пород гранулитовой фации — гранатовых, гиперстеновых, кордиеритовых гнейсов, эндербитов, эклогитоподобных пород, слагающих крупный Лапландский массив в Северной Финляндии и небольшой Колвицкий массив близ Кандалакшского залива. Возможно, что на раннеархейский гранулитовый метаморфизм в этой зоне был наложен раннепротерозойский метаморфизм также гранулитовой фации.

Беломорская мегазона целиком сложена одноименной серией нижнего (?) архея, состоящей из гранитогнейсов, амфиболитов, амфиболовых, биотитовых, двуслюдяных гнейсов и сланцев, прорванных архейскими и раннепротерозойскими интрузиями габброидов и гранитоидов. Она отличается от Кольской отсутствием железистых пород и большей ролью первично-вулканических, в частности основных, образований, превращенных в амфиболиты. Породы беломорской серии впоследствии неоднократно подвергались интенсивным деформациям, создавшим очень сложную складчатую структуру с взаимопересечением нескольких тектонических планов, и несколькими этапами регионального метаморфизма и плутонизма. Первые два тектонотермальных этапа, протекавших в условиях наиболее высокого теплового режима и наибольшей пластичности пород, относят к архею, два последующих (с проявлениями ретроградного метаморфизма) — к раннему протерозою.



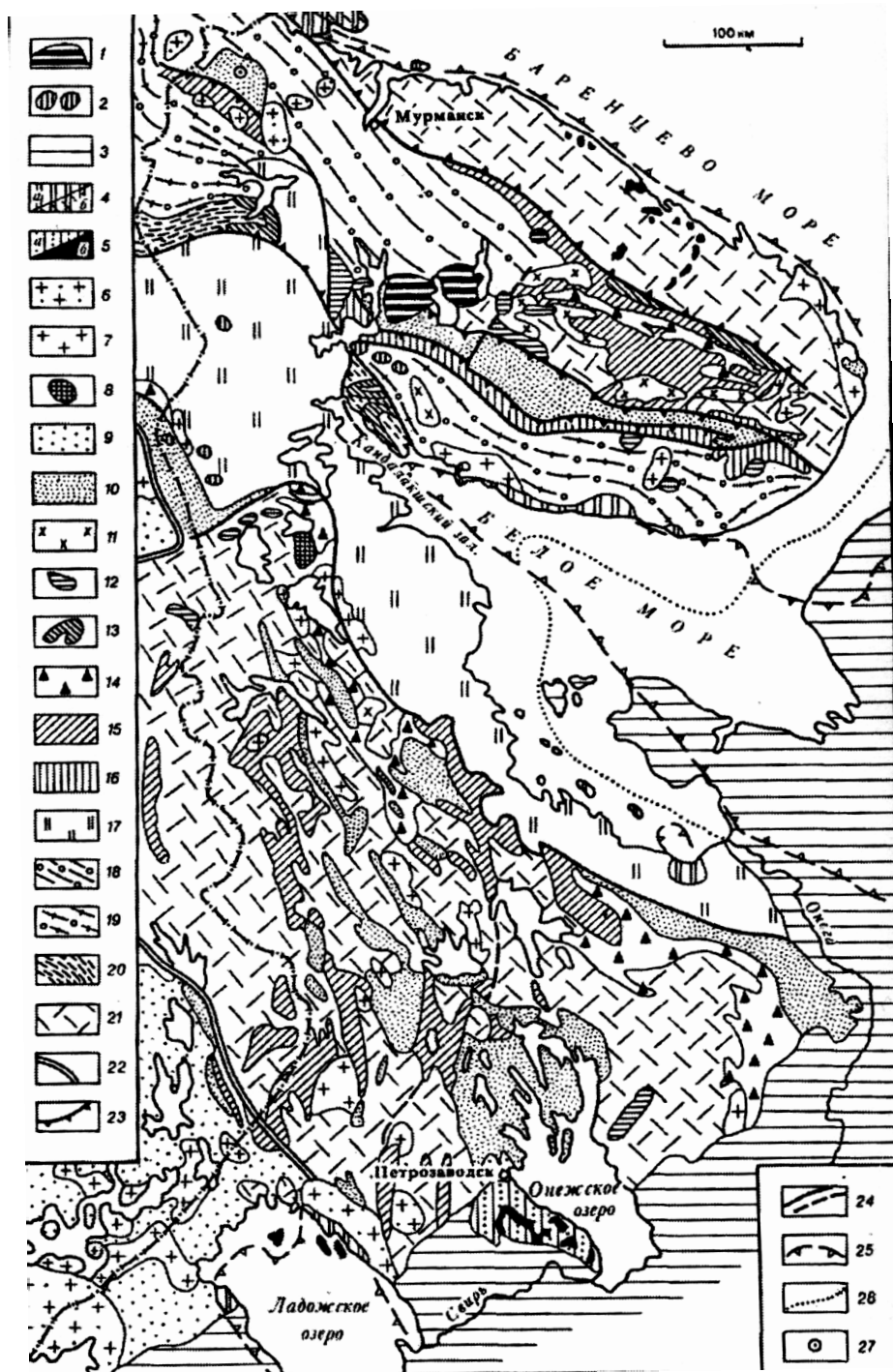


Рисунок 2.6. Схематическая геологическая карта восточной части Балтийского щита (по В. А. Глебовицкому и др., 1978, с упрощениями, изменениями и дополнениями):

1 — среднепалеозойские интрузии нефелиновых сиенитов; 2 — вендско-нижнепалеозойские интрузии щелочно-ультраосновных пород; 3 — вендско-палеозойский платформенный чехол; 4 — рифейские отложения: а — слабодеформированные, б — сильнодеформированные; 5а — веписий; 5б — габбро-диабазы вепиского и рифейского возраста; 6 — предрифейские интрузии гранитов рапакиви — анортозитов и микроклиновых гранитов типа Ара-Порьяс; 7 — свекофеннские и частично более древние (селицкие, ребольские) гранкгоиды; 8 — свекофеннские интрузии щелочных габброидов; 9 — нижнепротерозойские осадочно-вулканогенные толщи ладожской серии, ее аналоги в Свекофеннской области и бесовецкая свита; 10 — нижнепротерозойские осадочно-вулканогенные толщи печенгской, имандра-варзугской серий и ятулийского комплекса; 11 — нижнепротерозойские щелочные гранитоиды и сиениты; 12 — нижнепротерозойские (и частично архейские) расслоенные интрузии базитов и ультра-базитов; 13 — то же, метагаббро и анортозитов; 14 — нижнепротерозойские осадочно-вулканогенные толщи сумия — сариолия и верхнеархейско-нижнепротерозойские метасадочные кейвская и песцово-тундровская серии; 15 — верхнеархейские

метаморфизованные осадочно-вулканогенные толщи лопия, метавулканиды тундровой серии и зоны Колмозеро—Воронья; 16 — тектонически смешанные породы архея и нижнего протерозоя; 17 — архейские гнейсы и амфиболиты беломорской серии; 18 — архейские гнейсы и кристаллические сланцы Кольской серии; 19 — гнейсовый комплекс Южно-Кольской зоны — аналог Кольской (или беломорской?) серии; 20 — нижнеархейские (?) гнейсы и кристаллические сланцы гранулитовой ступени метаморфизма, повторно метаморфизованные в раннем протерозое; 21 — древнейшие гнейсы и кристаллические сланцы и первично-коровые (?) олигоклазовые гранитоиды, гранитизированные и тектонически переработанные в позднем архее и раннем протерозое; 22 — граница Кольско-Карельской и Свекофеннской областей; 23 — крупные надвиги и фронт тектонических покровов; 24 — другие крупные разломы; 25 — граница распространения рифея на дне моря; 26 — то же венда, 27 — Кольская сверхглубокая скважина.

В Карельской мегазоне к нижнему архею относятся широко распространенный, но сильно переработанный процессами позднеархейской гранитизации так называемый «серогнейсовый комплекс». Он выражен амфиболовыми, пироксеновыми гнейсами, амфиболитами, биотит-плагиоклазовыми и высокоглиноземистыми гнейсами и гнейсогранитами. Тектономагматическую эпоху, завершившую его формирование в середине архея (2,9—3,0 млрд лет), называют саамской. К верхнему архею принадлежит лопийский осадочно-вулканогенный комплекс мощностью до 3—5 км, метаморфизованный в условиях амфиболитовой или зеленосланцевой фации, выполняющий в Карелии и восточной части Финляндии ряд сильно сжатых синклиналей и узких синклинориев, разделенных выступами гранитизированного основания. В основании лопийского комплекса присутствует толща терригенных пород, включающая базальные туфоконгломераты. Выше следуют метавулканогенные толщи, сложенные из лав (в том числе с подушечной отдельностью) основного (базальтового) и ультраосновного (коматиитового) состава, а также лав и пирокластолитов кислого (дацитового и риолитового) состава. Присутствие высокомагнезиальных ультраосновных вулканитов — коматиитов представляет специфическую особенность вулканогенных толщ архея на многих континентах.

В средних и верхних частях разреза лопия широко распространены пачки и толщи первично-осадочных образований — графитистых, кварц-сланцевых сланцев, кварцитов и железистых кварцитов (джеспилитов), с которыми связаны крупные железорудные месторождения (Костомукша и др.). Доскладчатые интрузии, прорывающие лопийский комплекс, выражены базитами и ультрабазитами, к началу позднеархейской ребольской эпохи складчатости приурочена диорит-плагиогранитная формация, а к ее концу — формирование плагиомикроклиновых гранитов с возрастом 2,7 млрд лет, представляющих продукты гранитизации комплекса основания или внедрившихся в лопийский комплекс. Прогибы, выполненные этим комплексом, сходны с так называемыми зеленокаменными поясами архея, сложенными мощными сериями метаморфизованных вулканогенных (в том числе коматиитов) и осадочных (в том числе джеспилитов) пород, широко распространенными на большинстве щитов древних платформ.

В Свекофеннской области архейское основание, представленное пара- и ортогнейсами и плагиогранитоидеями, обнажается лишь на востоке, а на большей ее части было полностью переработано в раннем протерозое процессами гранитизации и превращено в обширные массивы синорогенных гранитоидов. В строении комплекса доготских (доверхнепротерозойских) гнейсов Свеконорвежской области, возможно, присутствуют радиометрически омоложенные породы архея.

Нижнепротерозойские осадочно-вулканогенные образования и интрузивы в восточной части Балтийского щита, т.е. в Кольско-Карельской области, в основном приурочены к Центральнокольской зоне и Карельской мегазоне, где рассматриваются в качестве орогенных, проторифтовых и протоплатформенных комплексов. В Северо-Кольской зоне архейское гранитное, с реликтами гнейсов и кристаллических сланцев и амфиболитов, основание подвергалось в раннем протерозое (около 2,4—2,3 и 2,0—1,7 млрд

лет) термальному «омоложению». В конце раннего протерозоя эта зона была надвинута на Центральнокольскую.

В Центральнокольской зоне к нижнему протерозою принадлежат мощные имандра-варзугская и печенгская осадочно-вулканогенные серии. Они выполняют две одноименные впадины, расположенные вдоль ее южного края и обрезанные с юга крупным Печенга-Варзугским надвигом (см. рисунок 2.7). Судя по широкому распространению метабазитовых даек, служивших каналами излияний слагающих их основных лав, они первоначально покрывали всю Центральнокольскую зону. Обе серии состоят из ряда крупных ритмов, начинающихся с маломощных толщ терригенных (конгломераты, гравелиты, песчаники, сланцы), реже кремнистых и карбонатных пород и завершающихся мощными (до нескольких километров в верхах этих серий) толщами преимущественно основных (базальты, пикриты, андезитобазальты), реже более кислых и субщелочных лав, нередко с подушечной отдельностью, и резко подчиненных им гиалокластитов и туфов. В распространенной в восточном сегменте зоны имандра-варзугской серии насчитывается до 7 ритмов, а в развитой в западном сегменте печенгской серии, несогласно налегающей на гнейсы Кольской серии нижнего архея, — 4 ритма, а их общая мощность достигает соответственно 12 и 8—10 км. Нижние горизонты этих серий подверглись метаморфизму амфиболитовой ступени, который кверху сменяется эпидот-амфиболитовым и зеленосланцевым.

Кольская сверхглубокая скважина, пробуренная во внутренней части Печенгской впадины, вскрыла основание одноименной серии и вошла в архейский фундамент на глубине 7 км.. В нижнюю, осадочную толщу верхнего ритма печенгской серии внедрились согласные и слабосекущие тела габбро-перидотитового состава, к которым приурочено богатое медно-никелевое оруденение.

Формирование печенгской серии началось в середине, а имандра-варзугской — возможно, даже в начале раннего протерозоя. Оно протекало в обстановке горизонтального растяжения архейского протоплатформенного фундамента и раскрытия многочисленных магмовыводящих трещин и сбросов в условиях континентального рифтогенеза и завершилось около 1,9—2 млрд. лет назад. Выполненные этими сериями проторифтовые впадины первоначально представляли глубокие асимметричные ступенчатые грабены. В дальнейшем, около 1,8—1,9 млрд лет назад, т.е. в эпоху свекофеннской складчатости Центральнокольская зона подверглась горизонтальному сжатию со стороны смежных с ней зон, верхнеархейские протоплатформенные отложения в ее северной части были смяты в складки, образовав Кейвский синклиорий, а структуры южных крыльев раннепротерозойских проторифтовых впадин были срезаны чешуйчатыми надвигами. В эту же эпоху в западной части зоны внедрились тела порфиридных гранитов, а в восточной образовался комплекс щелочных гранитоидов.

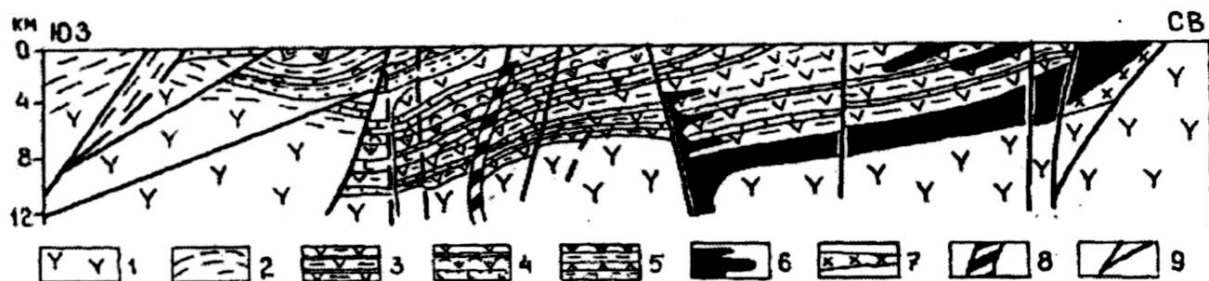


Рисунок 2.7. Геологический разрез через Имандра-Варзугскую впадину (по В. Г. Загородному и А. Т. Радченко. 1982, с упрощениями):

1 — нижний архей (плаггиогнейсы, гранодиоритогнейсы, плаггиограниты, гранодиориты, диориты); 2 — верхний архей (биотитовый, биотит-амфиболовые гнейсы, амфиболиты); 3-5 — имандра-варзугский комплекс: 3 — стрельнинская серия (основные метавулканы с прослоями метаосадочных пород), 4 — варзугская серия (основные, ультраосновные и среднекислые метавулканы с прослоями метаосадочных пород), 5 — томингская серия (чередование метаосадочных пород со среднекислыми и основными метавулканидами); 6 — габбро-нориты и гипербазиты; 7 — щелочные граниты; 8 — габброиды; 9 — разломы.

В Южно-Кольской зоне и Беломорской мегазоне архейские комплексы подверглись в раннем протерозое новым метаморфическим изменениям и деформациям. Особенно интенсивно проявились они в разделяющем их Лапландско-Кандалакшском гранулитовом поясе, который испытал повторный метаморфизм гранулитовой ступени и был надвинут к юго-западу.

Наиболее широко распространен нижний протерозой в Карельской мегазоне, где он слагает три крупных комплекса, разделенных перерывами. Нижний, сумийско-сариолийский, комплекс (до 2—3 км) несогласно, со следами коры выветривания и полимиктовыми конгломератами в основании залегает на различных архейских образованиях и представлен невыдержанным на площади сочетанием лав и пирокластолитов основного (базальты, андезитобазальты) и кислого состава с терригенными и изредка карбонатными породами. Обилие грубообломочного материала и изменчивость разрезов позволяют предполагать, что накопление этого комплекса происходило в отдельных межгорных впадинах рифтового типа и завершилось около 2,3 млрд лет назад умеренными деформациями селецкой тектонической эпохи.

Вышележащий ятулийский комплекс (до 2 км) несогласно, с региональной корой выветривания и продуктами ее переработки — кварцевыми конгломератами и песчаниками в основании — залегает на разных горизонтах сумия—сариолия или архея. Он сложен преимущественно метаморфизованными терригенными (кварцевого или аркозового состава) и мелководными карбонатными породами (мраморизованные доломиты со строматолитами), а также метаморфизованными высокоуглеродистыми породами — шунгитами и гематитовыми железными рудами. Присутствуют также покровы диабазов. В верхах ятулия местами выделяется довольно мощная вулканогенная суисарская свита, в основном сложенная подушечными лавами, гиалокластитами и туфами базальтовых и пикритовых порфиритов с пластовыми и секущими телами габброидов и перидотитов. Накопление ятулия происходило примерно одновременно с печенгской серией (2,2—2,0 млрд лет назад) в Кольской мегазоне, однако не в рифтогенной, а в более спокойной обстановке и лишь в суисарское время в ее пределах, по-видимому, возникали отдельные рифтогенные впадины. Позднее, в свекофеннскую тектоническую эпоху в ятулийском комплексе образовались плоскодонные мульды (над блоками фундамента) и относительно сжатые надразломные складки.

Разрез нижнего протерозоя завершает вепская серия (1 км) серых и красных кварцитовидных косослоистых песчаников, выполняющих обширную брахиморфную впадину (протосинеклизу) в западном Прионежье. Она накопилась около 1,8—1,7 млрд лет назад после главной фазы свекофеннской складчатости и деформирована очень слабо.

Самыми молодыми нижнепротерозойскими образованиями (1,65—1,7 млрд лет) являются посторогенные порфириовидные граниты типа рапакиви, слагающие несколько массивов на юге Карельской зоны, между Онежским и Ладожским озерами.

В Свекофеннской протогеосинклинальной области к нижнему протерозою относится распространенный на большей части ее площади мощный (более 8 км) комплекс геосинклинальных метаморфизованных вулканогенно-осадочных образований — граувакк, глинистых сланцев, вулканитов и туфов кислого, а выше — также среднего и основного состава. Во внешней, восточной зоне этой области, частично попадающей в пределы России в северном Приладожье, геосинклинальный характер имеет лишь ладожская флишеподобная филлитовая серия с возрастом 1,9—2 млрд лет. Накопление геосинклинального комплекса в Свекофеннской области завершилось 1,9 млрд лет назад главным пароксизмом складчатых деформаций и максимальным прогревом ее коры, приведшим к его метаморфизации, ремобилизации архейского гнейсового основания и его диапировому «всплыванию» в виде многочисленных синорогенных гранитных куполов и позднеорогенных гранитоидных плутонов с возрастом 1,9—1,8 млрд лет. Конец раннего протерозоя — период кратонизации (1,8—1,6 млрд лет) — отмечен в южной части

Свекофеннской области становлением ряда крупных посторогенных гранитных массивов типа рапакиви, а в ее западной части — формированием субмеридионального Готского вулканоплутонического пояса, образованного главным образом наземными кислыми вулканитами субиотния (1,75—1,6 млрд. лет назад) и комагматичными им гранитоидами.

Судя по данным бурения и геофизических исследований, Свекофеннская протогеосинклинальная область, по-видимому, почти не распространялась в пределы Русской плиты, замыкаясь на юге близ юго-восточного берега Балтийского моря.

В Свеконорвежской области на доготских гнейсах и готских (?) образованиях местами несогласно залегает комплекс ниже-среднерифейских вулканогенно-осадочных пород, который был метаморфизован, интродуцирован гранитами и смят в долготные складки в дальсландскую тектономагматическую эпоху, около 1 млрд. лет назад. Дорифейский фундамент этой области повсеместно пережил в эту эпоху термальное омоложение.

На большей части плиты фундамент сложен преимущественно гнейсами, гранитогнейсами, амфиболитами и кристаллическими сланцами архея, метаморфизованными в условиях гранулитовой и амфиболитовой фации, а также плутоническими породами — от основных и ультраосновных до плагиогранитов и существенно калиевых гранитов. По геомагнитным данным, сопоставленным с материалами бурения, в фундаменте плиты различаются два основных типа структур — массивы, или мегаблоки («поля»), и разделяющие их узкие прямолинейные или дугообразные зоны со сложной внутренней структурой («межи»), образующие петельчатую сеть (см. рисунок 2.8).

Древнейший комплекс фундамента плиты, согласно С. В. Богдановой, слагают гиперстеновые и высокоглиноземистые плагиогнейсы, близкие по химическому составу к андезитам. В раннем архее этот субстрат подвергся растяжению, раздроблению и распался на отдельные массивы, разделенные трогообразными линейными зонами, в которых по продольным разломам происходили излияния и внедрения базитов и ультрабазитов, превращенных в амфиболиты и кристаллические сланцы, тогда как в пределах массивов накапливались вулканиты основного, среднего и кислого состава, терригенные и железисто-кремнистые отложения и формировались габбро-анортозитовые и ультраметаморфические плагиогранитовые комплексы.

Как в линейных зонах, так и в массивах широко проявился архейский гранулитовый метаморфизм, на который наложился более поздний ретроградный метаморфизм амфиболитовой ступени. В раннем протерозое в пределах массивов протекали процессы гранитообразования, возникали гранитогнейсовые купола и происходило ретроградное метаморфическое преобразование пород, а в некоторых из них образовывались прогибы, заполняемые метаморфизованными граувакковыми и вулканогенными толщами. Наиболее интенсивной термальной переработке в свекофеннскую эпоху (1,8—1,9 млрд. лет) подвергся фундамент будущих Волго-Уральской, Воронежской, Белорусской антеклиз и территории Прибалтики. Западные районы плиты пережили новое термальное «омоложение» и внедрение гранитов типа рапакиви в готскую эпоху (1,8—1,5 млрд. лет назад).

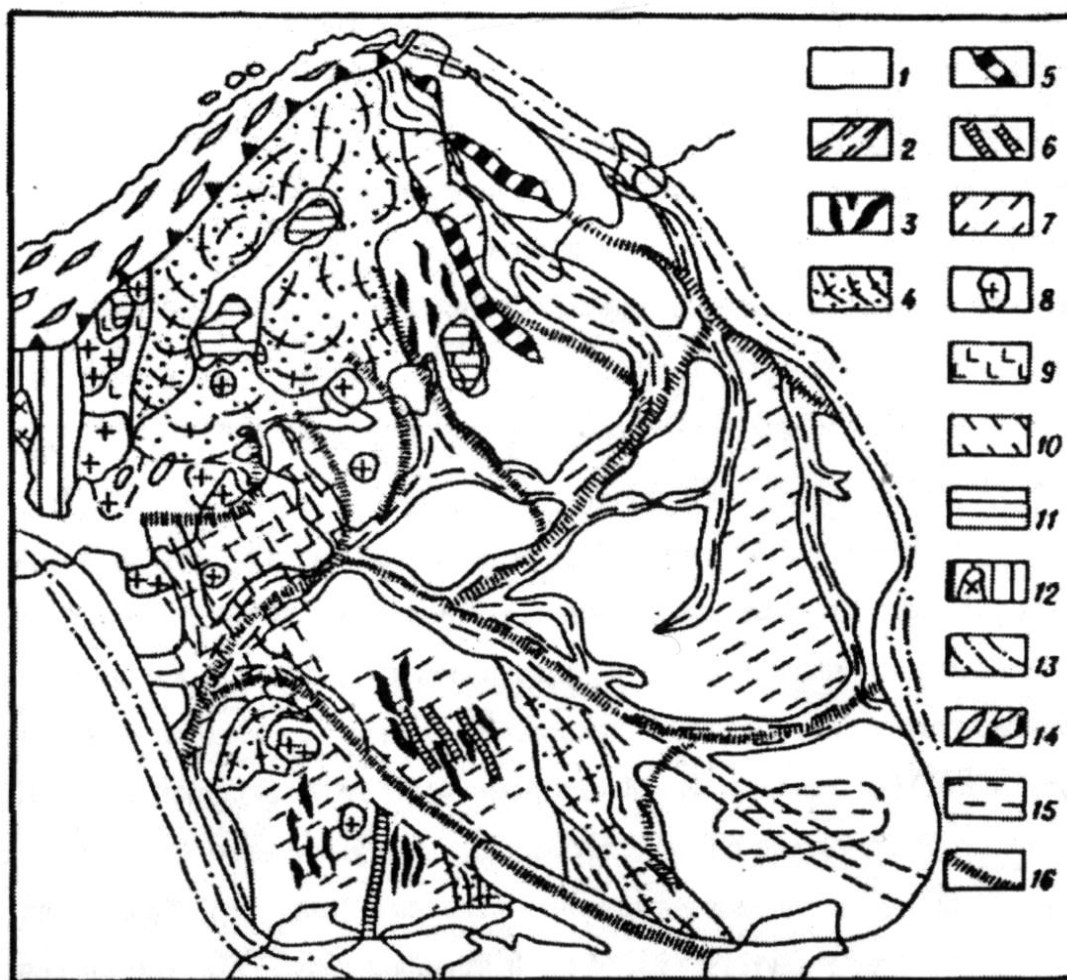


Рисунок 2.8. Тектоническая схема фундамента Восточно-Европейской платформы (по данным К.О. Кратна и др., 1979, и другим материалам).

1-3 — области архейской консолидации, частично подвергшиеся тектонотермальной переработке в раннем протерозое: 1 — преимущественно гранитогнейсовые массивы («поля»), 2 — линейные подвижные пояса с широким развитием гранулитов («межи»), 3 — архейские зеленокаменные прогибы; 4 — раннепротерозойские протогеосинклинальные области и зоны; 5 — раннепротерозойские проторифтовые зоны с существенно вулканогенным разрезом; 6 — то же с существенно осадочным разрезом; 7 — зоны свекофеннской термальной переработки архейских образований; 8 — плутоны гранитоидов (рапакиви и др.), лабрадоритов и щелочных пород конца раннего протерозоя; 9 — вулканоплутонические пояса конца раннего протерозоя (готской эпохи); 10 — зоны готской термальной переработки; 11 — протоплатформенный чехол раннепротерозойского и раннерифейского (в свекофеннидах) возраста; 12 — области архейской и раннепротерозойской консолидации, подвергшиеся геосинклинальной переработке в раннем-среднем рифее (дальсландиды), и гранитоидные плутоны конца среднего рифея; 13 — позднепротерозойские геосинклинальные и авлакогеосинклинальные зоны, испытавшие байкальскую и салаирскую складчатость; 14 — геосинклинальные зоны, испытавшие каледонскую складчатость и надвинутые на платформу; 15 — районы с отсутствием сейсмического «гранитно-метаморфического слоя» в фундаменте платформы; 16 — границы геоблоков фундамента платформы (по В. А. Дедееву, Л. Н. Шустовой, 1976).

История формирования фундамента платформы выяснена пока недостаточно полно и достоверно, так как многие «документы» этой истории «стерты» наложенными метаморфическими изменениями пород, фундамент плиты слабо доступен для исследования, а специфика термического, тектонического, геохимического режима в раннем докембрии сильно ограничивает возможности актуалистического подхода. В спорном вопросе о природе древнейшего основания, на котором формировались архейские вещественные комплексы и структуры фундамента континентов, ныне преобладает мнение о том, что древнейшая («первичная») кора, возникшая к началу архея около 3,5 млрд. лет

назад, имела состав, близкий к гранодиоритам и кварцевым диоритам (тоналитам) или к диоритам. Подобные породы — комплекс «серых гнейсов» — выявлены в основании разреза архея на многих платформах, в том числе на Восточно-Европейской (в Мурманском блоке, в основании зеленокаменных поясов Карелии, Приднепровья, КМА и в составе древнейшего основания Русской плиты).

Одновременно с «серыми гнейсами», испытавшими метаморфизм амфиболитовой фации на больших глубинах в условиях значительно больших давлений и температур, формировались породы гранулитовой фации, впоследствии выведенные местами на поверхность. Среди архейских образований намечается несколько главных типов, свидетельствующих о латеральной неоднородности верхней части коры и этапах ее развития в течение архея.

1. Комплексы плагиогранитов и плагиомикроклиновых гранитов, возникшие в ходе региональной гранитизации «первичной» протоконтинентальной «серогнейсовой коры» (Мурманский блок).

2. Зеленокаменные пояса, т. е. развившиеся на «серогнейсовом» субстрате узкие и глубокие трогги, выполненные вулканитами основного, ультраосновного (специфичные для архея высокомагнезиальные лавы — коматииты), а также андезитового и дацитового состава в сочетании с терригенными и железисто-кремнистыми отложениями. Их развитие протекало в обстановке горизонтального растяжения (позволяющей некоторым геологам считать их древнейшими рифтоподобными структурами) и завершалось сжатием, складчатыми деформациями, метаморфизмом зеленосланцевой или амфиболитовой ступени, гранитизацией их гнейсового основания и формированием ультраметаморфогенных, сначала натровых, а затем существенно калиевых гранитоидов, частично прорывающих или деформирующих и сами зеленокаменные трогги. Их заложение на большинстве древних платформ происходило как в раннем (Приднепровье, КМА, зона Колмозеро-Воронья), так и в позднем (Карелия) архее, но региональная гранитизация имела место в конце архея (около 2,7 млрд. лет назад). В сочетании со смежными выступами гранитогнейсового фундамента группы зеленокаменных поясов объединяются и образуют гранитно-зеленокаменные области, гирлянда которых пересекает Восточно-Европейскую платформу с севера на юг от восточной части Балтийского до Украинского щита.

3. Мощные супракрустальные комплексы гнейсов с подчиненными амфиболитами, кварцитами, железистыми кварцитами, выполняющие широкие прогибы (Центрально- и Южно-Кольская зоны, гранулитогнейсовые мегазоны Украинского щита, возможно, гранитогнейсовые массивы — «поля» — в фундаменте плиты). Эти комплексы образовались из вулканитов кислого и основного состава и терригенных и других осадков, испытавших сначала прогрессивный (вплоть до гранулитовой фации), а затем ретроградный метаморфизм амфиболитовой фации, одновременный с формированием сложной куполовидной складчатой структуры и становлением ультраметаморфогенных гранитоидов.

4. Мощные гнейсоамфиболитовые комплексы, образованные из вулканогенных толщ основного состава (беломорская серия). Накопление комплексов 4-го и 3-го типов происходило в основном в раннем архее, а позднее они испытывали неоднократно метаморфические преобразования и деформации.

5. Древнейшие протоплатформенные комплексы, залегающие с корой выветривания в основании и в значительной мере состоящие из метаморфизованных продуктов ее переотложения (кварциты и высокоглиноземистые сланцы). Такие комплексы впервые формировались в самом конце архея (2,6—2,7 млрд лет) в эпоху относительного покоя после главного «пика» позднеархейских складчатых деформаций и гранитизации.

6. Наименее ясно строение образований, слагающих линейные зоны («межи») в фундаменте Русской плиты. Предполагается, что в результате растяжения и раздробления древнейшего плагиогнейсового фундамента этих зон в раннем архее они были заполнены вулканитами, инъецированы и протрудированы телами основного и ультраосновного

состава, а в конце архея, одновременно с гранитизацией в соседних массивах («полях»), испытали сжатие, при котором были выжаты кверху в виде клиньев и пластин глубинные образования гранулитовой фации умеренных и высоких давлений (гранатовые, гиперстеновые, кордиеритовые гнейсы, эндербиты, эклогиты). Этот процесс мог повториться и в раннем протерозое. Продолжением такой зоны («межи») на Балтийском щите может являться Лапландско-Кандалакшский гранулитовый пояс.

В целом в течение архея кора в пределах будущей платформы характеризовалась очень высоким термическим режимом и повсеместной высокой подвижностью (термобильностью) и даже сравнительно близко от поверхности породам были свойственны высокие пластичность и текучесть, обусловившие сложность складчатых деформаций, мелких структурных форм, невыдержанность и извилистость простираний, малую роль крупных разломов. Интенсивная гранитизация с массовым выносом калия, охватившая в конце архея огромные территории будущей платформы, привела к формированию более зрелой и мощной коры континентального типа, чем существовавшая в начале архея протоконтинентальная «серогнейсовая» кора.

В раннем протерозое тепловой поток и температура в верхней части коры в целом существенно понизились, но процесс их понижения осложнялся несколькими волнами временного усиления теплового потока и прогрева коры; наиболее мощная из них достигла ее верхних частей около 1,8—1,9 млрд. лет. Тектонический режим в раннем протерозое стал более дифференцированным, на площади будущей платформы обособились обширные стабильные (протоплатформенные) и подвижные (протогеосинклинальные) области и зоны. Тектонические деформации в них приобрели отчетливо выраженный линейный характер и существенно возросла роль протяженных и глубоких разрывов, указывающая на упрочение коры.

В раннепротерозойской истории различаются три главных этапа: от 2,6 до 2,2—2,3 млрд. лет, от 2,2—2,3 до 1,8—1,9 и от 1,8—1,9 до 1,6 млрд. лет. На протяжении первого и особенно второго этапа в условиях преобладания растяжения возникали и развивались глубокие прогибы и впадины разных типов: их погружение часто сопровождалось мощной вулканической деятельностью. Первый этап завершился умеренными и локальными (селецкая фаза), а второй — интенсивными и широко распространенными деформациями сжатия (свекофеннская эпоха), мощными проявлениями гранитоидного плутонизма и почти повсеместного регионального метаморфизма, прогрессивного в нижнепротерозойских комплексах и ретроградного в архейском субстрате. Третий — готский — этап характеризовался возрастанием тектонической стабильности с преобладанием общего поднятия территории формирующейся платформы, и лишь в ее западной части имело место тектонотермальное возбуждение коры и формировались вулканоплутонические и орогенные комплексы.

На большей части площади нынешней Восточно-Европейской платформы располагались протоплатформенные области, в которых в раннем протерозое протекал длительный и сложный процесс кратонизации, т. е. постепенного упрочения фундамента и перехода его в более стабильное состояние, свойственное древним платформам. В одних районах, в частности на большей части площади нынешней Русской плиты, преобладали или господствовали поднятия, в других — поднятия сочетались с прогибами и впадинами, заполнявшимися осадками и вулканитами.

Для протоплатформенных областей характерно развитие древних кор выветривания, свидетельствующее об относительно длительных эпохах выравнивания рельефа в обстановке тектонической стабильности, и накопление терригенных кварц-аркозовых (фалаховых) и высокоглиноземистых, а также мелководных карбонатных (карбостромовых) толщ с фитолитами и микрофитолитами. Неоднократно имели место вспышки существенно базальтового, близкого к трапповому, магматизма в форме наземных и субаквальных излияний, пластовых и секущих интрузий, а также извержения вулканитов среднего и кислого состава. Аккумуляция происходила в депрессиях двух главных типов, вероятно



связанных взаимными переходами: 1) относительно неглубоких блюдцеобразных впадинах, уступающих фанерозойским синеклизам в размерах, но превосходящих их по степени деформированности отложений (например, впадины, выполненные ятулием и особенно вепсием в Карельской мегазоне), и 2) более глубоких, узких приразломных прогибах и грабенах (проторифтовых зонах), напоминавших в период растяжения и погружения рифейские и фанерозойские рифтовые зоны на древних платформах, но в конце своего развития испытывавших сжатие и превращение в узкие синклинии, грабенсинклинали или чешуйчатые моноклинали, осложненные продольными взбросо-надвигами. Первая генерация проторифтовых структур в пределах обоих щитов и Воронежской антеклизы возникла в начале, а вторая была заложена в середине раннего протерозоя и завершила свое развитие около 1,9—1,8 млрд. лет назад. По характеру выполнения среди них различаются существенно вулканогенные, обычно с преобладанием базальтовых толщ (тектонотип — Печенга-Варзугская зона) и терригенно-джеспилитовые (тектонотип — Криворожская зона).

На значительно меньшей части площади будущей платформы — в Свекофеннской области на северо-западе и более узких Восточно-Воронежской и Осницкой зонах в ее южной части — в раннем протерозое существовал значительно более тектонически и термически активный протогеосинклинальный режим. От близких к ним по характеру осадочных и вулканогенных формаций, стилю структур и особенностям орогенного магматизма геосинклинальных поясов неогей протогеосинклинальные области и зоны отличаются значительно меньшими размерами, но превосходят их по интенсивности регионального метаморфизма. Основной этап их погружения отвечает средней части раннего протерозоя, а замыкание, формирование складчатой структуры, пик гранитоидного магматизма и метаморфизма — свекофеннской тектоно-термальной эпохе (1,8—1,9 млрд. лет назад). Период кратонизации в этих областях и зонах был более кратковременным и «уложился» в рамки готской эпохи (1,8—1,6 млрд. лет). В эту эпоху в западных районах формирующейся платформы возникали небольшие впадины, заполнявшиеся кварцевыми песчаниками и вулканитами, их доготский фундамент подвергался термальному «омоложению», и формировались многочисленные посторогенные массивы гранитоидов (рапакиви), габбро-лабрадоритов и анортозитов, а на западе Балтийского щита даже образовался вулканоплутонический пояс. Большая часть платформы испытала в конце раннего протерозоя общее слабое поднятие.

#### **4. Строение чехла**

Как уже говорилось, чехол Восточно-Европейской платформы образован отложениями верхнего протерозоя и фанерозоя. В его строении участвуют доплитный, или авлакогенный, комплекс (рифей и нижний венд) и плитный комплекс (верхний венд и фанерозой), отвечающие двум главным мегаэтапам в истории платформы — авлакогенному (1,6—0,6 млрд. лет) и плитному (от 0,6 млрд. лет доныне).

Доплитный комплекс и авлакогенный мегаэтап развития. В изучении стратиграфии верхнепротерозойских отложений важнейшую роль сыграли исследования Н.С. Шатского, впервые выделившего рифейский комплекс на Южном Урале, а затем на Русской плите, Б. С. Соколова, выделившего между рифеем и кембрием вендский комплекс, Б. М. Келлера, а также палеонтологов (С. Н. Наумова, И. Н. Крылов, М. А. Федонкин), изучавших остатки примитивных позднепротерозойских растений и следов их жизнедеятельности (строматолиты, онколиты, катаграфии, акритархи) и появляющихся в венде древнейших бесскелетных животных. При расчленении, корреляции и установлении возраста верхнепротерозойских образований наряду с литостратиграфическим, структурно-геологическим и радиогеохронологическим методами во все большей мере используются палеонтологические данные.

Верхнепротерозойские отложения на Русской плите и на некоторых участках щитов несогласно залегают на архейских и нижнепротерозойских образованиях фундамента и

резко отличаются от них почти полным отсутствием метаморфических изменений, проявлений кислого интрузивного магматизма и, как правило, почти ненарушенным субгоризонтальным залеганием. Очевидно, на рубеже раннего и позднего протерозоя тепловой поток в пределах территории платформы существенно снизился, а тектонический режим стал более спокойным. Главную роль приобрели глыбовые подвижки по крупным разломам, ограничивавшим авлакогены, которые закладывались в раннем, среднем или позднем рифее и до середины венда являлись главными седиментационными зонами. Меньшая роль принадлежала односторонним перикратонным прогибам на юго-западной, восточной и северо-восточной окраинах платформы, которые примыкали к закладывавшимся в рифее соседним подвижным поясам (Урало-Монгольскому, Средиземноморскому) и авлакогеосинклинальным зонам (Тиманской и др.).

Почти повсеместно субгоризонтальное залегание верхнепротерозойских отложений, незначительное и локальное распространение в их разрезах вулканических образований (в основном базальтов), почти полное отсутствие в позднем протерозое кислых интрузий и проявлений регионального метаморфизма на подавляющей части площади платформы свидетельствуют об упрочении континентальной коры и существенном снижении теплового потока по сравнению с ранним протерозоем и позволяют считать рубеж раннего и позднего протерозоя началом существования Восточно-Европейской платформы. В позднем протерозое на большей части ее площади происходили слабые воздымания и денудация, на что указывает господство в разрезах авлакогенов местного обломочного материала, сносившегося с межавлакогенных поднятий, и лишь изредка возникали мелководные водоемы на более обширных участках платформы.

Важнейшим тектоническим процессом, начавшимся в раннем рифее и в целом продолжавшимся до середины венда, было заложение (в обстановке растяжения) и длительное погружение глубоких линейных грабснообразных прогибов — авлакогенов, сеть которых пересекает фундамент платформы. Локализация авлакогенов контролировалась структурными неоднородностями фундамента: большинство их было приурочено к архейским линейным тектоническим зонам («межам»), частично регенерированным в раннем протерозое. Тот факт, что авлакогены как структуры растяжения, формировавшиеся в течение одного мегаэтапа развития платформы, пересекают ее в самых различных направлениях и не компенсированы внутри платформы деформациями сжатия, показывает, что кора платформы испытывала в рифее разнонаправленное горизонтальное растяжение и площадь ее в целом несколько увеличивалась. Вместе с тем заложение и развитие авлакогенов происходило в тесной связи с одновременным формированием в условиях более интенсивного растяжения обрамляющих платформу с разных сторон подвижных поясов и авлакогеосинклинальных зон. «Входящие» авлакогены ответвляются от них и проникают в глубь платформы, а «слепые» авлакогены простираются в теле платформы параллельно границам соседних подвижных поясов. Присутствие магматических образований в разрезах ряда авлакогенов говорит о локальном прогреве верхов мантии под ними, а наличие в их составе наряду с базальтами кислых вулканитов указывает на то, что аномальный прогрев затрагивал и кору в основании авлакогенов.

Развитие авлакогенов прекратилось в конце рифея или раннем венде, когда растяжение, преобладавшее до этого в соседних с платформой зонах подвижных поясов и авлакогеосинклинальных прогибах, сменилось деформациями сжатия (байкалиды Карпат, Урала, может быть, Тимана и пр.), а некоторые авлакогены, возможно, также испытали слабое сжатие.

Важнейшим эпизодом в геологической истории платформы явилось лапландское оледенение, продукты которого сохранились в разрезах нижнего венда в некоторых авлакогенах, а также в прогибах на окраинах Балтийского щита. Широкое развитие следов этого оледенения во многих районах мира позволяет считать, что оно имело покровный характер, охватывая обширные территории Восточно-Европейской платформы, и было связано с несколькими общепланетарными эпохами ухудшения климата в вендское время.

## **5. Полезные ископаемые**

В фундаменте и чехле Восточно-Европейской платформы заключены месторождения рудных, нерудных и горючих ископаемых. Среди месторождений железа наибольшее значение имеют месторождения железистых кварцитов, связанные с джеспилитоносными метаморфическими комплексами архея (Оленегорское, Костомукша на Балтийском щите) и нижнего протерозоя (Кривой Рог на Украинском щите, район КМА на Воронежской антиклизе). Апатит-магнетитовые месторождения на Кольском полуострове (Ковдор) связаны с щелочно-ультрабазитовыми раннепалеозойскими интрузивами центрального типа. Крупнейшие месторождения осадочных марганцевых руд приурочены к олигоценным прибрежным отложениям на южном краю Украинского щита.

Важное значение имеют месторождения медно-никелевых руд на Кольском полуострове в районе Печенги, связанные с базит-ультрабазитовыми пластовыми интрузиями в одноименной нижнепротерозойской серии, и Мончегорска. Месторождения алюминиевых руд представлены бокситами в нижнем карбоне Русской плиты (Тихвин) и нефелиновыми сиенитами в Хибинском и Ловозерском палеозойских щелочных массивах на Кольском полуострове. В Ловозерском массиве имеются также месторождения ряда редких элементов.

В последние годы на севере Архангельской области обнаружены месторождения алмазов (Зимний берег Белого моря. Холмогоры и др.), приуроченные к многочисленным (более 50) средне (?) палеозойским кимберлитовым трубкам на восточном склоне Балтийского щита. Трубки прорывают венд и перекрываются средним карбоном. Аналогичные трубки обнаружены на Украине (в Приазовье) и других регионах платформы.

К месторождениям фосфатного сырья относятся огромные залежи апатита в Хибинском массиве и залежи осадочных фосфоритов в верхнеюрских и нижнемеловых отложениях центральных и восточных районов Русской плиты. Крупные месторождения калийных солей связаны с верхнедевонскими (фаменскими) соленосными отложениями Припятской впадины и нижнепермскими (кунгурскими) — Предуральского прогиба (Соликамск). Огромные запасы галита заключены в соленосных толщах кунгурского яруса Прикаспийской впадины (район оз. Баскунчак и др.). Предуральского прогиба, нижнепермских — на северо-западной окраине Донбасса (Артемовск), верхнедевонских — в Днепровско-Донецком авлакогене.

Раздольское месторождение самородной серы приурочено к среднемиоценовым отложениям юго-западной окраины платформы (южнее Львова).

Месторождения высокоглиноземистого сырья представлены кнаниновыми сланцами в нижнем докембрии хр. Кейвы на Кольском полуострове и огнеупорными глинами в отложениях нижнего и среднего карбона на северо-западе Московской синеклизы. Месторождения каолинов связаны с позднемеловой и палеогеновой корой выветривания на Украинском щите и с каменноугольными, верхнетриасовыми и среднеюрскими отложениями в разных районах Русской плиты. Огромные запасы писчего мела заключены в верхнемеловых отложениях Ульяновско-Саратовской, Украинской синеклиз и других районов. К нижнедокембрийским образованиям Балтийского и Украинского щитов приурочены месторождения декоративных и строительных материалов — гранитов (в том числе рапакиви), лабрадоритов, кварцитов, мраморов и других, а также слюды, различных поделочных и ювелирных камней (аметист, амазонит и пр.).

Важную роль в экономике России играют месторождения нефти и газа, заключенные в живецких и верхнедевонских, каменноугольных и нижнепермских отложениях Волго-Уральской области (Ромашкино, Ишимбай и др.) в каменноугольных и мезозойских отложениях Прикаспийской синеклизы (Астраханское, Тенгизское, Южноэмбаинские и др.). Месторождения нефти и газа имеются также в верхнем девоне, карбоне, перми Днепровско-Донецкого авлакогена и мезозое Украинской синеклизы, в нижнем палеозое палео-Балтийской синеклизы (в прибрежных районах Балтийского моря). Крупные

месторождения каменного угля каменноугольного возраста, помимо примыкающих к платформе Донецкой складчатой зоны (Донбасс) и Предуральского краевого прогиба (Кизел), имеются во Львовской впадине (Львовско-Волынский бассейн). Буроугольные месторождения приурочены к отложениям нижнего карбона (Подмосковный бассейн), нижней и средней юры (восток Прикаспийской синеклизы, северная окраина Донбасса), эоцена (Украинский шит), миоцена (Башкирское Приуралье). В ордовикских отложениях Эстонии и верхнеюрских — Среднего Поволжья и северной части Прикаспийской синеклизы имеются месторождения горючих сланцев.

*Задание для самостоятельной работы*

Подготовить реферат на тему:

«Апатит-магнетитовые месторождения Кольского полуострова»

## **Занятие 5. Тектоническое районирование и положение Урало-Монгольского подвижного пояса.**

### **План:**

1. Тектоническое положение и районирование.
2. Герцинская складчатая область Урала.
3. Древнекиммерийская Пайхой-Новоземельская складчатая зона.
4. Каледоно-герцинская складчатая область Тянь-Шаня.
5. Северо-Туранская молодая плита.
6. Западно-Сибирская молодая плита.

*Литература:*

1. Милановский, Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии). Учебник, 1996. С. 172-276. 2) Ермолов, В.А. Геология: учебник для вузов. В 2-х частях Ч. I. Основы геологии, 2004. (с. 514-515).

*Вопросы для самоконтроля*

1. Что означает «тектоно-магматическая эпоха»?
2. Какие тектономагматические эпохи известны в истории Земли ?
3. С какого времени начинается геологическая история Земли?
4. Каков был состав первичной атмосферы?
5. Какие условия существовали на Земле в катархее?
6. Чем характерен архейский зон?

*Задание для самостоятельной работы*

На рисунке 5.1 изображена карта тектонического районирования Урало-Монгольского подвижного пояса и его положение на территории Северной Евразии.

Необходимо увеличить карту до размера А3 и выполнить раскраску разновозрастных складчатых систем Урало-Монгольского подвижного пояса согласно легенде, представленной в верхнем правом углу карты. Цвета и их оттенки необходимо использовать только те, которые приняты в качестве стандарта на II-й сессии Международного геологического конгресса в 1881 году в Болонье (Италия).

Таковыми цветами и их оттенками раскрашена современная международная геохронологическая шкала, а также все обзорные карты мира, в том числе и издаваемые в нашей стране. Образцы таких карт имеются на кафедре в лаборатории геологии (учебный корпус 2, ауд. 120).

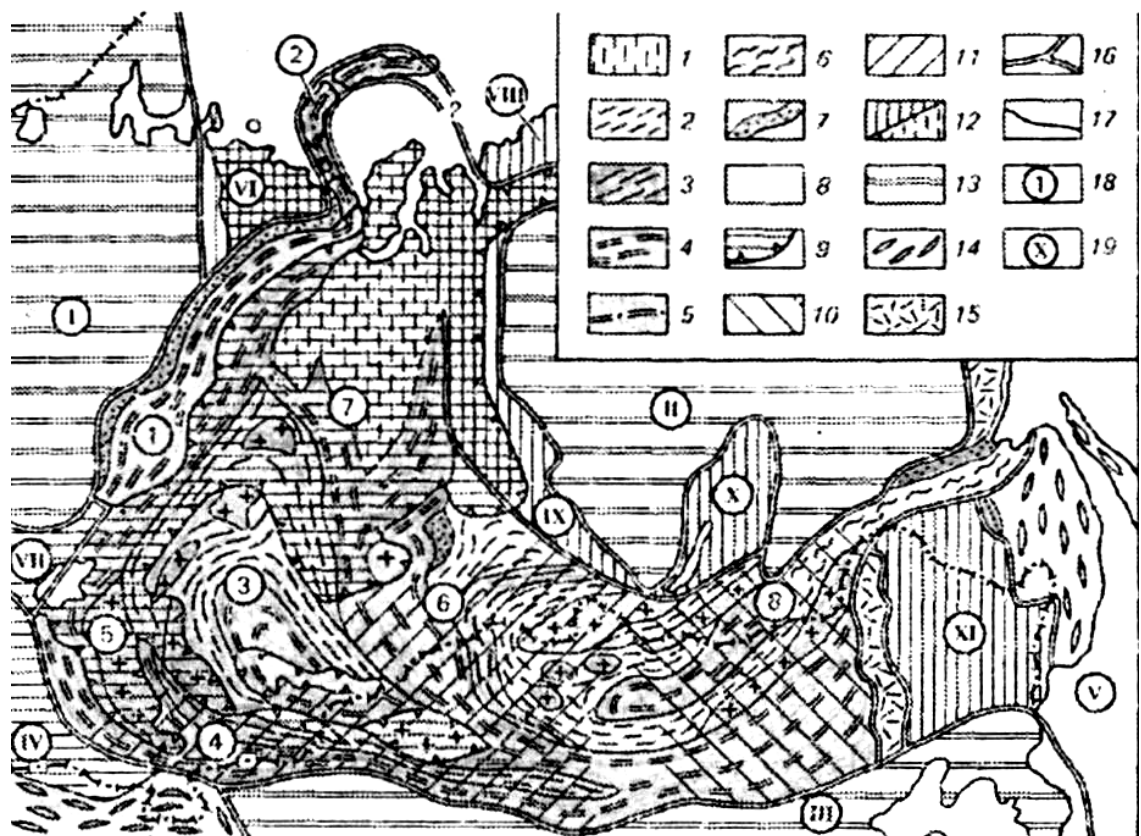


Рисунок 5.1. Тектоническое положение и районирование Урало-Монгольского подвижного пояса.

1—7 — разновозрастные складчатые системы в Урало-Монгольском поясе:

1 — до-палеозойские массивы, 2 — салаириды, 3 — каледониды, 4 — герциниды, 5 — древние киммериды, 6 — поздние киммериды, 7 — герцинские и киммерийские краевые прогибы; 8—11 — зоны, отличающиеся по особенностям развития в позднем мезозое и кайнозое: 8 — испытывавшие слабое поднятие, 9 — испытывавшие опускание и покрытые плитным чехлом (включая метаплатформенные области), 10 — подвергшиеся тектономагматической переработке в позднем мезозое, 11 — подвергшиеся позднекайнозойскому дейтероорогенезу; 12 — метаплатформенные области (а — то же, предположительно); 13 — древние платформы; 14 — Средиземноморский и Тихоокеанский подвижные пояса без расчленения; 15 — позднемезозойские вулканические пояса; 16 — границы подвижных поясов, метаплатформенных областей и платформ; 17 — границы складчатых областей и систем Урало-Монгольского пояса; 18 — номера областей Урало-Монгольского пояса (1 — Урал, 2 — Пайхой-Новоземельская зона, 3 — Казахское нагорье, 4 — Тянь-Шань, 5 — Северо-Туранская плита, 6 — Алтае-Саянская область, 7 — Западно-Сибирская плита, 8 — Забайкальско-Охотская область); 19 — номера смежных с Урало-Монгольским поясом регионов. Древние платформы: I — Восточно-Европейская, II — Сибирская, III — Китайско-Корейская. Подвижные пояса: IV — Средиземноморский, V — Тихоокеанский. Метаплатформенные области: VI — Печоро-Баренцевоморская, VII — Донецко-Североуртская; VIII — Таймыро-Североземельская, IX — Присяно-Енисейская, X — Байкальская, XI — Буреино-Дунбэйская. В нижней части карты показана южная граница СНГ.

## Занятие 6. Каледонские тектонические зоны Казахского нагорья и их рудоносность.

### План:

1. Тектоническая структура Казахского нагорья.
2. Казахстанская каледонская складчатая система.
3. Джунгаро-Балхашская герцинская складчатая система.
4. Положение девонского краевого вулканоплутонического пояса.
5. Атасуйская структурно-фациальная подзона.
6. Региональное положение Атасуйского рудного района.
7. Жаильминская мульда и её обрамление.
8. Полезные ископаемые Атасуйского рудного района.

*Литература:* 1. Милановский, Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии). Учебник, 1996. С. 196-226. Ермолов, В.А. Геология: учебник для вузов В 2-х частях Ч. I. Основы геологии, 2004. (с. 515-517).

Складчатая область Казахского нагорья располагается во внутренней части Урало-Монгольского пояса и характеризуется наличием двух взаимосвязанных дугообразных, выпуклых к северо-западу разновозрастных складчатых систем – каледонской и «вложенной» в неё герцинской.

Главными структурными зонами Казахского нагорья являются: 1) подковообразная в плане Казахстанская каледонская складчатая система и 2) расположенная внутри этой «подковы» Джунгаро-Балхашская герцинская складчатая система. К границе между ними приурочен выделенный А.А. Богдановым и др. (Тектоника Евразии, 1962) краевой вулканоплутонический пояс девонского возраста.

Казахстанская каледонская складчатая система обладает многоярусной складчатой структурой, сформированной в итоге нескольких этапов деформаций. В ней различают две главные дугообразно изогнутые структурно-формационные мегазоны. (см. рисунок 6.1).

*В западной, Кокчетав-Каратаусской мегазоне*, которую можно считать *мезогеосинклинальной*, каледонский этаж выражен в основном осадочными (кремнисто-карбонатно-терригенными) толщами при подчиненной роли вулканитов. Эта мегазона в каледонском этапе, несомненно, развивалась на допозднерифейской континентальной коре, подвергшейся лишь некоторой деструкции. *В восточной, типично эвгеосинклинальной мегазоне*, значительно большую роль в разрезе нижнего палеозоя играют толщи основных и средних вулканитов, а в ряде зон – также офиолитовые комплексы и олистостромовые толщи. В этой мегазоне в раннем палеозое растяжение и деструкция древней континентальной коры были более значительными, и в результате раздвигов этой коры возникла либо широкая зона с корой океанического типа, либо, что более вероятно, ряд более узких троговых зон с океанической корой, разделенных блоками континентальной коры. В дальнейшем эти «океанические» трогги подверглись наиболее интенсивным деформациям сжатия и были «закрыты». Вероятно, по последним представлениям (Аплонев, 2000) их можно считать «несостоявшимися океанами». В сложившемся к концу каледонского цикла структурном плане на их былое существование указывают лишь офиолитовые зоны сложного покровно-надвигового строения (Бошекульская, Майкаинская, Джалаир-Найманская и др.).

В фаменском веке позднего девона и начале карбона большая часть каледонской складчатой системы была перекрыта чехлом мелководно-морских терригенно-карбонатных отложений, наиболее мощных в районе Сарысу-Тенизского водораздела. Впоследствии, в связи с его воздыманием появилась система коробчатых горст-антиклинальных и грабен-синклинальных складок и возникли рифтоподобные структуры типа Жаильминской мульды в Атасуйском рудном районе.

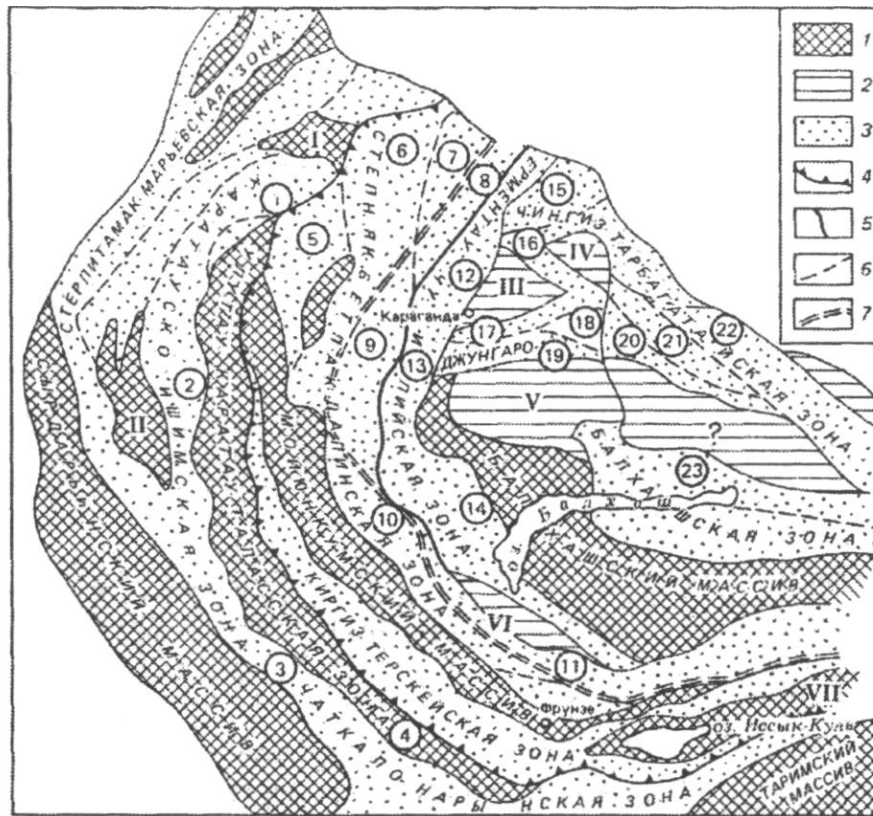


Рисунок 6.1. Каледонские тектонические зоны Казахского нагорья и Северного Тянь- Шаня (по Ю. А. Зайцеву и др., 1984, с изменениями):

1 — срединные остаточные массивы — размывавшиеся и перекрытые маломощным чехлом преимущественно карбонатных пород; 2 — гипотетические глубокопогруженные массивы; 3 — геосинклинальные прогибы; 4 — граница мезогеосинклинальной Кокчетавско-Каратауской (на западе) и эвгеосинклинальной Казахстанско-Северотяньшаньской мегазон; 5 — границы структурно-фациальных зон; 6 — границы подзон; 7 — граница раннекаледонской (на западе) и позднекаледонской (на востоке) складчатых подсистем. Массивы: I — Кокчетавский, II — Южно-Тургайский, III — Верхнешидертинский, IV — Александровский, V — Жаман-Сарысуйский, VI — Бельтауский, VII — Иссык-Кульский. Структурно- фациальные подзоны (цифры в кружках); 1 — Калмыккульская; 2 — Байконурская; 3 — Большого Каратау; 4 — Малого Каратау; 5 — Кирейская; 6 — Степнякская; 7 — Ишкеольмесская; 8 — Селетинская; 9 — Сарысу-Тенгизская; 10 — Джалаир-Найманская (сев. часть); 11 — ее южная часть; 12 — Ерментау-Ниязская; 13 — Атасуйская; 14 — Западно-Балхашская; 15 — Бошекульская; 16 — Майкаин-Восточнингизская; 17 — Байдаулетовская; 18 — Машакская; 19 — Тектурмасская; 20 — Причингизская; 21 — Западно-Чингизская; 22 — Центральночингизская; 23 — Северо-Балхашская.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Какие события произошли 2,5 млрд лет назад?
2. Чем характерен переход от протерозоя к фанерозою?
3. На какие эры делится фанерозойский эон?
4. Где расположен девонский вулканоплутонический пояс Казахского нагорья?
5. Чем отличается эвгеосинклиналь от миогеосинклинали?
6. Какие полезные ископаемые находятся в Атасуйском рудном районе?

*Задание для самостоятельной работы*

Найдите на рисунке 6.1 Атасуйскую структурно-фациальную зону и объясните с тектонических позиций её уникальную рудоносность.