

## ***Лекция. ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ПЛАТФОРМА***

На востоке Восточно-Европейскую платформу (ВЕП) обрамляет герцинское складчатое сооружение Урала, вытянутое в субмеридиональном направлении. Их разделяет Предуральский краевой прогиб, выполненный молассами пермского и, на юге, триасового возраста. Он наложен на восточную краевую часть ВЕП, вовлеченную в глубокое опускание, которое контролировалось продольными разломами и флексурами в добайкальском фундаменте. В конце перми - триасе внутренняя часть прогиба подверглась деформациям сжатия, вызванным надвиганием на него Уральского складчатого сооружения.

Около 60° с.ш. структура Предуральского прогиба осложнена поднятием Полюдова кряжа. Здесь граница ВЕП поворачивает на северо-запад, следуя вдоль юго-западного края Тиманского кряжа до полуостровов Рыбачий и Варангер. На этом отрезке длиной около 1700 км на чехол ВЕП надвинута краевая часть Тимано-Печоро-Баренцевоморского байкальского складчатого сооружения, так же как Уральское, входящего в состав Урало-Азиатского подвижного пояса.

В западной части полуострова Варангер граница ВЕП резко поворачивает на юго-запад и на протяжении 1500 км следует вдоль края каледонского складчатого сооружения Скандинавии, представляющего собой одно из звеньев Северо-Атлантического (Грампианского) подвижного пояса. Слагающие его каледонские комплексы, представленные позднепротерозойскими и раннепалеозойскими отложениями, надвинуты в юго-восточном направлении на Балтийский щит ВЕП. Амплитуда горизонтальных перемещений тектонических покровов составляет 150-200 км. Об этом свидетельствует, в частности, наличие в каледонских структурах ряда тектонических окон, в которых обнажаются автохтонные раннедокембрийские отложения фундамента ВЕП.

К юго-западу от Балтийского щита ВЕП граничит со Средиземноморским подвижным поясом. Ограничение ее проходит здесь

через восточную часть Северного моря, затем следует севернее о. Рюген и далее вдоль северо-восточного края Среднепольского плакантиклинория и Свентокшиских гор.

Далее к юго-востоку на протяжении 750 км граница ВЕП следует вдоль северо-восточного борта Предкарпатского краевого прогиба, наложенного в миоцене на юго-западный ее край.

На юге обрамлением ВЕП является Скифская плита, обладающая герцинским и, частично, байкальским фундаментом и занимающая равнинные части Крыма и Предкавказья. Граница ВЕП следует здесь от устья Дуная на восток, пересекая северо-западную часть Черного моря. Перекопский перешеек и северную часть Азовского моря и далее в широтном направлении через северо-западное Предкавказье до района г. Сальска. Здесь граница поворачивает на запад-северо-запад и огибает с юга, запада и севера глубоко вдающееся в ВЕП с востока интракратонное герцинское складчатое сооружение Донбасса. От среднего течения р. Северный Донец южная граница ВЕП следует через дельту р. Волга, достигая восточного берега северного Каспия примерно в 100 км южнее устья р. Эмба. Отсюда граница ВЕП поворачивает к северо-востоку и далее к северу и, огибая с юго-востока и востока Прикаспийскую впадину, подходит в районе г. Актюбинска к южному окончанию Предуральянского краевого прогиба.

**Тектоническая структура.** ВЕП обладает метаморфическим фундаментом архейского и, в меньшей степени раннепротерозойского возраста. В отдельных районах, расположенных на северо-западе и юго-западе ВЕП, метаморфический фундамент выходит на дневную поверхность. На большей части ВЕП он перекрыт платформенным чехлом, сложенным горизонтально- или пологозалегающими отложениями верхнего протерозоя и фанерозоя общей мощностью от нескольких сотен метров до 5-10 и, местами, даже 20-22 км (приложения 1, 2).

Поверхность фундамента имеет первичноденудационное происхождение и срезает различные комплексы метаморфических и магматических образований раннего докембрия.

Около 75% ВЕП занимает Русская плита и около 25% – щиты: Балтийский (Фенно-Скандинавский) на ее северо-западе и Украинский (Азово-Подольский) – на юго-западе.

Балтийский щит на северо-западе граничит с надвинутыми на него каледонидами Скандинавии, на северо-востоке – с байкалидами Тимано-Печоро-Баренцевоморской зоны и на юге и юго-востоке он погружается под чехол Русской плиты. На большей части щита поверхность фундамента прикрыта маломощной «пленкой» четвертичных осадков и поднята на первые сотни метров и, местами, до 0,5-1 км (Хибинские горы) над уровнем моря. Участками она погружена под верхнепротерозойские и палеозойские отложения, выполняющие отдельные чашеобразные впадины или линейные грабены (например, Кандалакшский, Ладожский) глубиной до 1-2 км.

Украинский щит с северо-востока и севера по разрывным нарушениям сбросового типа отделен от Днепровско-Донецкой складчатой зоны. На западе, юго-западе и юге поверхность фундамента полого погружается под чехол Львовской и Причерноморской перикратонных впадин.

Русская плита, занимающая площадь около 4 млн. кв. км, характеризуется сложным строением платформенного чехла и неровным рельефом кровли фундамента с общим размахом высотных отметок, превышающим 20 км.

Нижние горизонты чехла (рифейский и нижневендский) выполняют многочисленные глубокие грабенообразные прогибы (авлакогены), а также отдельные односторонние перикратонные впадины, прилегающие к смежным с ВЕП подвижным поясам.

На территории ВЕП выявлена густая сеть выполненных рифейскими и нижневендскими отложениями линейных грабенообразных прогибов-авлакогенов, пересекающих метаморфический ее фундамент. Относительная

глубина этих прогибов варьирует от 1-2 до 4-6 км, длина составляет от нескольких сотен до тысячи километров, ширина от нескольких десятков до ста километров. Эти структуры ограничены и рассечены сбросами и имеют клавишное строение. Авлакогены ориентированы в северо-западном (Пачелмский, или Рязано-Саратовский, Ладожский, Кандалакшский, Камско-Бельский), северо-восточном (Крестцовский, или Валдайский, Яренский и др.), реже субширотном (Абдуллинский) и субмеридиональном (Кировский и Доно-Медведицкий) направлениях.

Вышележащие отложения, начиная с верхневендских, плащеобразно налегают как на позднепротерозойские, так и на раннедокембрийские образования фундамента и в совокупности образуют плитный мегакомплекс чехла ВЕП.

Главными структурными элементами плитного чехла являются:

- обширные сводовые поднятия (антеклизы);
- обширные чашеобразные впадины (синеклизы);
- односторонние перикратонные впадины;
- переходные формы (подземные склоны щитов и седловины-перемычки, разделяющие смежные антеклизы и синеклизы).

Ширина антеклиз и синеклиз измеряется сотнями (до 1000) километров. По поверхности фундамента в плане эти структуры имеют неправильно-многоугольную, а в структуре чехла - более сглаженную форму, приближающуюся к овальной или округлой.

Приосевые зоны синеклиз обычно наследуют положение погребенных под ними авлакогенов, а большинство антеклиз и сводов возникло на месте блоков фундамента, расположенных между рифейскими авлакогенами.

Амплитуда относительных превышений в рельефе нижних горизонтов смежных антеклиз и синеклиз измеряется первыми километрами.

Большинство антеклиз и синеклиз отчетливо выражается в рельефе кровли фундамента Русской плиты: антеклизам отвечают обширные

выступы, а синеклизам – опускания складчатого основания. Лишь некоторые, относительно неглубокие и молодые, наложенные синеклизы (Ульяновско-Саратовская, Глазовская. Прибалтийская) проявлены в верхних горизонтах чехла и поэтому хорошо «читаются» на геологической карте, а в рельефе фундамента не выражены.

**Глубинное строение.** Анализ результатов проведенных на территории ВЕП геофизических (гравиметрических, магнитометрических, геотермических и сейсмических) исследований позволил получить представление о глубинном ее строении.

Общая мощность земной коры варьирует в пределах ВЕП от 27-30 до 60-65 км, составляя на большей ее части 35-50 км.

Наименее мощная (27-35 км) кора характерна для Прикаспийской впадины (синеклизы).

В составе земной коры выделяют осадочный, гранитнометаморфический и базальтовый (гранулито-базальтовый) геофизические «слои».

Осадочный слой имеет мощность от первых метров и сотен метров на щитах, до 0,5-2 км – в пределах антеклиз и даже до 10-15 (Баренцевоморская впадина) и 20-25 км (Прикаспийская впадина) – в центральных частях наиболее глубоких синеклиз (приложение 2).

Гранитно-метаморфический слой характеризуется обычно мощностью от 10-20 км до почти полного выклинивания в пределах осевой части Прикаспийской впадины.

Базальтовый слой имеет мощность 20-35 км, сокращаясь до 10-15 км и менее в самых глубоких впадинах (Прикаспийской и Днепрово-Донецкой).

### **НИЖНЕДОКЕМБРИЙСКИЙ МЕГАКОМПЛЕКС**

Консолидированное основание ВЕП сложено метаморфическими и интрузивными породами архея и нижнего протерозоя. Этот фундамент обнажается на Балтийском и Украинском щитах и в приосевой части

Воронежской антеклизы и перекрыт платформенным чехлом на остальной части Русской плиты.

Стратиграфическое расчленение, корреляция, определение возраста пород фундамента, расшифровка его внутреннего строения вызывают большие трудности. Слагавшие его первично-осадочные, вулканические и интрузивные породы подверглись разнофациальному региональному метаморфизму гранулитовой, амфиболитовой и зеленосланцевой фаций. В ряде случаев они несут следы неоднократных метаморфических преобразований как прогрессивной (с повышением во времени значений температуры и давления), так и регрессивной направленности. Время метаморфизма датируется археем - ранним протерозоем. Ведущими методами определения возраста дорифейских геологических комплексов являются радиогеохронологические.

### ***Балтийский щит***

*Балтийский щит* занимает территорию Карелии и Кольского полуострова, Финляндию и большую часть Скандинавского полуострова. Он представляет собой наиболее крупный на ВЕП выступ кристаллического фундамента. Балтийский щит сложен в основном метаморфическими и интрузивными образованиями архея и нижнего протерозоя. Лишь на небольших участках присутствуют породы верхнего протерозоя и палеозоя.

В тектоническом отношении Балтийский щит подразделяется на три геоблока (области):

- Карело-Кольский;
- Свекофеннский (Шведско-Финский);
- Свеко-Норвежский.

В пределы России почти целиком попадают Карело-Кольский и юго-восточная часть Свекофеннского геоблоков. Геологическое строение первого геоблока рассмотрено ниже.

В составе Карело-Кольского геоблока выделены три вытянутые в северо-западном направлении мегазоны, различающиеся по составу и

строению слагающих их геологических комплексов: Беломорская, Кольская и Карельская.

**Беломорская мегазона** простирается вдоль юго-западного побережья Беломорья. Расположенная северо-восточнее Беломорской Кольская мегазона надвинута на последнюю по Лапландско-Кандалакшскому тектоническому шву, представляющему собой зону развития наиболее глубоко метаморфизованных образований архейского (?) возраста (Колвицкий и Лапландский гранулитовые массивы, сложенные гранатовыми, гиперстеновыми, кордиеритовыми гнейсами, эндербитами и эклогитоподобными породами). Вдоль границы Беломорской и Карельской мегазон простирается Северо-Карельская (Куоло-Выгозерская) шовная зона, обычно включаемая в состав последней.

Беломорская мегазона целиком сложена отложениями **беломорской серии** нижнего архея, которая состоит из гранито-гнейсов, амфиболитов, амфиболовых, биотитовых, двуслюдяных и высокоглиноземистых гнейсов и сланцев, прорванных интрузиями габброидов и гранитов архейского и раннепротерозойского возраста. Мощность отложений превышает 10 км. Породы беломорской серии характеризуются сложной складчатой структурой и проявлением многофазного (выделяются до четырех фаз) метаморфизма ретроградной направленности (от гранулитового, датированного 2,85 млрд. лет, через амфиболитовый с возрастом 2,5-2,7 млрд. лет до эпидот-амфиболитового и зеленосланцевого, проявившихся 2,2 и 1,8-1,9 млрд. лет назад). Необходимо отметить относительно слабое проявление в Беломорской мегазоне по сравнению со смежными Кольской и Карельской процессов гранитизации.

**Кольская мегазона** подразделяется на три продольные зоны (блока): Северо-Кольскую (Мурманскую), Центрально-Кольскую (Кольскую) и Южно-Кольскую (Терско-Лоттинскую), разделенные Северо-Кейвской (Колмозеро-Воронья) и Печенгско-Имандра-Варзугской шовными зонами.

В пределах **Северо-Кольской** зоны развиты плагиоклазовые, плагиоклаз-микроклиновые граниты и гранодиориты, содержащие реликты реоморфизованных двупироксен-плагиоклазовых кристаллических сланцев, плагиоклазовых гнейсов и амфиболитов (возраст метаморфизма датируется цифрой более 2,5-3,0 млрд. лет). Эти ортометаморфические породы, возникшие за счет преобразования магматических (вулканических и/или плутонических) пород среднего состава в условиях амфиболитовой - низов гранулитовой фаций, имеют архейский (возможно, раннеархейский) возраст и рассматриваются как древнейший субстрат (комплекс основания, протокора) Мурманского блока. Процессы гранитизации происходили неоднократно в течение архея и раннего протерозоя, но наиболее интенсивно – в конце архея - начале протерозоя.

Древнейшее плагиогранитогнейсовое основание в пределах **Центрально-Кольской** зоны выходит на поверхность локально на некоторых участках ее восточного сегмента. Зона сложена в основном мощным (более 3-4 км) слоистым комплексом пара- и ортометаморфических пород, объединяемых в **кольскую серию** (одновозрастную с беломорской): гранат-биотитовыми, биотитовыми и двуслюдяными гнейсами и, в меньшей степени, метаконгломератами и кварцитами, лептитами и амфиболитами с пачками магнетитовых сланцев и слюдистых кварцитов. Последние нередко несут промышленные скопления железных руд (Оленегорское, Комсомольское, Октябрьское месторождения). Породы, слагающие кольскую серию, смяты в интенсивно сжатые линейные складки, вытянутые в северо-западном и северо-северо-западном направлениях. Выделяют несколько этапов метаморфизма, датируемых 2,8-2,9 млрд. лет и 2,6-2,8 млрд. лет.

Вдоль южного края Центрально-Кольской зоны располагаются Печенгская (на северо-западе) и линейно-вытянутая Имандра-Варзугская впадины. Выполнены они одноименными мощными сериями нижнепротерозойских осадочно-вулканических образований, среди которых преобладают основные лавы.

**Печенгская серия** (8-10 км) по составу соответствует средней и верхней частям более мощной (до 13 км) **имандра-варзугской серии**. Обе серии состоят из нескольких (до 4-7) крупных ритмов, каждый из которых начинается пачкой осадочных пород мощностью до сотен метров, сменяющейся выше по разрезу эффузивной толщей мощностью от сотен метров до 2-3 км.

Вулканические толщи состоят из основных лав (с подушечной отдельностью) и туфов, редких горизонтов кислых эффузивов и игнимбритов. Вверх по разрезу формационный состав вулканитов изменяется: слабодифференцированные толеитовые базальты и андезито-базальты сменяются эффузивами непрерывно дифференцированной формации базальтов, андезито-базальтов, андезитов и дацитов, затем формации субщелочных базальтов-трахибазальтов-трахиандезитов и, наконец, - базальтами, базальтовыми коматиитами и пикритами с редкими горизонтами риолитов. С верхним (четвертым) ритмом связаны согласные и секущие тела габбро-перидотитового состава, к которым приурочено богатое медно-никелевое оруденение (Печенгское, Заполярное и др. месторождения).

Печенгская серия несогласно залегает на гнейсах и амфиболитах кольской серии. Верхний возрастной предел ее формирования-1,9-2 млрд. лет.

**В Южно-Кольской зоне** распространены в основном слюдяные, гранатовые, амфиболовые гнейсы и амфиболиты, а также микроклиновые граниты архея. Эти отложения сопоставляют с кольской серией по присутствию среди гнейсов магнетитовых кварцитов.

**Карельская мегазона** сложена лопийским комплексом метаморфизованных вулканогенно-осадочных пород и прорывающими их интрузиями гранитоидов.

Комплекс интенсивно гранитизирован и в значительной степени превращен в массивы позднеархейских гранитоидов. Он наблюдается в виде реликтов, заключенных между телами гранитоидов. Сложен он

амфиболовыми, пироксеновыми гнейсами, амфиболитами, биотит-плагиоклазовыми гнейсами, гнейсо-гранитами и высокоглиноземистыми гнейсами. Комплекс основания Карельской мегазоны сопоставляется как с древнейшим гранито-гнейсовым основанием Северо-Карельской зоны, так и более молодой беломорской гнейсово-амфиболитовой серией. Возраст его, вероятно, не превышает 2,9-3 млрд.лет.

Лопийский (верхнеархейский) осадочно-вулканогенный комплекс видимой мощностью 3-5 км слагает несколько узких прерывающихся синклинальных зон субмеридионального простирания, разделенных более широкими полями выходов гранитазированного комплекса основания. В различных структурных зонах описываемый комплекс представлен гимольской, парандовской и тикшозерской сериями. Нижняя часть разреза лопия сложена (снизу вверх): метатерригенными породами → основными эффузивами, часто с подушечной отдельностью → вулканитами и туфами кислого состава. Названные породы превращены в амфиболиты (по основным эффузивам) и различного состава гнейсы и сланцы. Верхняя часть разреза представлена первично осадочными графитовыми сланцами, кварцитами, кварц-слюдистыми сланцитами с прослоями метаконгломератов и мраморизованных доломитов, а также пачками железистых кварцитов, вмещающих железорудные месторождения в гимольской серии (Костомукшское и др. месторождения в Западной Карелии).

Лопийские отложения метаморфизованы в условиях амфиболитовой-зеленосланцевой фаций. Они смяты в линейные складки. Особенно интенсивная складчатость (до изоклиальной) приурочена к частям разреза, сложенным сланцами и железистыми кварцитами. Доскладчатые тела, присутствующие в лопийских отложениях, представлены ультрамафитами и мафитами. Поздняя фаза складчатых деформаций лопийского комплекса (2,7 млрд. лет назад) сопровождается внедрением плагиоклаз-микроклиновых гранитов.

Геологические комплексы нижнего протерозоя в пределах Карельской мегазоны образуют 3 разделенных перерывами крупных стратиграфических комплекса: нижний (сумийско-сариолийский), средний (ятулийский) и верхний (венский).

Нижний комплекс залегает с перерывом и угловым несогласием на лопийских и более древних метаморфических образованиях. Сложен он метаморфизованными в зеленосланцевой (реже эпидот-амфиболитовой) фации осадочно-вулканогенными отложениями (снизу вверх):

- сумий (тунгудско-надвоицкая серия): полимиктовые конгломераты (0,2 км) → основные вулканиты с прослоями силицилитов и пластовыми телами ультрамафитов и габбро-диабазов (до 2,5 км) → вулканиты среднего и кислого состава (0,5-0,8 км) → карбонатные породы, общая мощность 1-3 км;

- сариолий (2,3-2,5 млрд. лет): лавы и пирокластолиты андезитобазальтового состава, туфобрекчии и туфоконгломераты (с галькой гнейсов, амфиболитов и эффузивов); общая мощность до 3 км;

- ятулий (1,9-2,2 млрд. лет): базальные конгломераты, гравелиты и кварцевые песчаники (фалаховая формация) - переотложенные остаточные глины химических кор выветривания - кварцевые и аркозовые конгломераты, гравелиты, песчаники и алевролиты, глинистые сланцы, мраморфизованные доломиты (со строматолитами); общая мощность 0,5-2 км.; в составе комплекса отмечаются также покровы толеитовых базальтов и их порфирокластолитов, занимающие в разрезе заметное (Сенозерский тип разреза) или резко подчиненное (Онежский тип разреза) положение.

Ятулийские отложения формировались в платформенной обстановке в обширном водном бассейне, занимавшем большую часть Карельской мегазоны. В результате свекофенских (~1,9 млрд. лет назад) деформаций возникли мульды с крутыми крыльями.

Вепсий имеет мощность 0,8-1 км. Он выполняет брахиформные впадины в юго-западном Прионежье и сложен серыми и красными

кварцитовидными песчаниками с горизонтальной и косо́й слоистостью и прослоями конгломератов, накапливавшихся в дельтовой обстановке и мелководном бассейне.

Наиболее молодыми раннепротерозойскими образованиями в пределах Карельской мегазоны являются посторогенные порфи́ровидные граниты типа рапакиви, слагающие несколько массивов в южной части мегазоны между Ладожским и Онежским озерами. Радиологический возраст этих гранитов - 1,65-1,7 млрд. лет.

Внедрение этих гранитов совпадает с периодом кратонизации Балтийского щита.

### **Воронежский кристаллический массив**

Архей-нижнепротерозойский фундамент в пределах Воронежской антеклизы залегает вблизи поверхности и фрагментарно обнажается в долине Дона и нескольких наиболее глубоких карьерах.

В основании разреза основания Воронежского массива залегает **обоянская серия** нижнего архея (возраст 3-3,5 млрд. лет), сложенная биотитовыми, биотит-амфиболовыми, пироксен-амфиболовыми, гранат-пироксеновыми, гранатсодержащими силлиманитовыми, кордиеритовыми и другими по составу гнейсами и гранито-гнейсами. Метаморфизованная в амфиболитовой фации серия в реликтах содержит минеральные ассоциации гранулитовой фации. В полях ее развития широко проявлены процессы мигматизации и гранитизации.

Метаморфизованная в условиях эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций **михайловская серия** (верхний архей. возраст 2,7-2,8 млрд. лет) сложена амфиболитами, метаперидотитами, зелеными сланцами, гнейсами и метапесчаниками. Вулканиты нижней части, разреза представлены толеитовыми и магнезиальными базальтами, перидотитами и пироксеновыми коматиитами, верхней - андезитами, дацитами и риодацитами. Мощность серии варьирует от 2-3 до 10 км.

Верхнепротерозойские отложения залегают на разных горизонтах михайловской и обоянской серий с угловым несогласием и местами на метаморфизованной коре выветривания.

В разрезе нижнего протерозоя выделяют курскую железорудную, оскольскую и воронцовскую серии.

По составу **курская железорудная серия** напоминает криворожскую и, по-видимому, имеет тот же возраст (2,3-2,6 млрд. лет). Сложена она (снизу вверх): базальными полимиктовыми метаконгломератами, переслаивающимися с метагравелитами и метапесчаниками, кварцитами и кварц-слюдистыми сланцами → железистыми кварцитами, разделенными пачками слюдистых сланцев → маломощной пачкой метапесчаников и метааргиллитов. Общая мощность серии 2-5 км.

Средняя (железисто-кварцитовая) толща имеет мощность от сотен до 2-2,5 км. Она включает крупные запасы железных руд. Около половины запасов представлено богатыми рудами (сложены мартитом, железной слюдкой, лимонитом, сидеритом; содержание железа – 53-62%) - продуктами окисления и природного обогащения первичных бедных руд и связано с фанерозойскими корами выветривания. Первичные бедные руды представлены железистыми кварцитами (рудные компоненты – магнетит и гематит) с содержанием железа 32-38%.

Ингулецкой серии Украинского щита на Воронежском массиве соответствует **оскольская серия**, представленная (снизу вверх): конгломератами и гравелитами с обломками железистых кварцитов → карбонатно-слюдистыми сланцами с горизонтами мраморизованных известняков и доломитов → метатерригенными, в том числе углеродсодержащими, и метавулканическими породами основного, среднего и кислого состава. Общая мощность серии – 2,5-4 км.

Породы, слагающие курскую и оскольскую серии, смяты в сильно сжатые (до изоклинальных) складки.

Раннепротерозойский этап развития Воронежской антеклизы завершился становлением двух многофазных интрузивных комплексов с возрастом около 2 и 1,7 млрд. лет. Формирование каждого из них начинается с внедрения габбро. Позднее внедряются гранодиориты и, наконец, калиевые плагиоклаз-микроклиновые граниты и сиениты.

В восточной части Воронежского массива к нижнему протерозою относится **воронцовская серия**, сложенная гнейсами, слюдистыми и другого состава сланцами, представляющими собой метаморфизованные в амфиболитовой фации углисто-терригенные породы и образующими флишеидную толщу. Породы смяты в систему сильно сжатых складок, образующих протяженный (сотни километров) и широкий (около 100 км) Восточно-Воронежский синклиниорий юго-восточного простирания.

Хотя метаморфические комплексы архея - нижнего протерозоя Курской мегазоны Воронежского массива и аналогичны таковым Приднепровской мегазоны Украинского щита, они не находятся в непосредственной тектонической связи, но как бы смещены по зоне Днепрово-Донецкого авлакогена на несколько десятков километров.

### ***Фундамент Русской плиты***

Геологическое строение фундамента на большей части Русской плиты изучено значительно слабее, чем в пределах Балтийского и Украинского щитов и Воронежского массива.

Данные бурения характеризуют различные районы Русской плиты неравномерно: основная масса материала характеризует Белорусскую и Волго-Уральскую антеклизы. Геофизические данные позволяют наметить лишь общий структурный рисунок фундамента.

По данным бурения на большей части плиты фундамент сложен преимущественно гнейсами и гранито-гнейсами, амфиболитами и кристаллическими сланцами, метаморфизованными в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций. Широко развиты здесь и комплексы плутонических

пород от основных и ультраосновных до плагиогранитов и калиевых гранитов.

В фундаменте Русской плиты выделяют два типа структур (по К.О.Кратцу):

- поля – массивы (мегаблоки) округлой, овальной, линзовидной и серповидной в плане формы с мозаичным, редко концентрически-зональным размещением частных структурных элементов;

- межи – разделяющие поля относительно узкие (до 100-200 км), протяженные прямолинейные или дугообразные зоны со сложной в целом линейной внутренней структурой, выраженной интенсивными полосовидными положительными магнитными аномалиями, связанные с развитием в их пределах магнетитсодержащих пород (вулканических и интрузивных пород основного состава и железистых кварцитов архейского и раннепротерозойского возраста); межи образуют сложную систему, отдельные звенья которой имеют преимущественно северо-западное и северо-восточное, реже, субширотное и субмеридиональное простирания.

По представлениям С.В.Богдановой, общим древнейшим субстратом массивов и меж является наиболее древний комплекс гиперстеновых и высокоглиноземистых плагиогнейсов, близких по химическому составу диоритам и среднему составу континентальной коры. Предполагается, что уже в раннем архее этот субстрат подвергся раздроблению и распался на отдельные массивы, разделенные линейными зонами – межами. Последние представляли собой ограниченные продольными разломами трюги, в которых происходили излияния основных и ультраосновных (коматиитовых) лав и внедрение их интрузивных комагматов. Названные комплексы превращены в амфиболиты и основные кристаллические сланцы гранулитовой фации. В пределах массивов происходило накопление вулканитов основного, среднего состава, а также терригенных и железо-кремнистых отложений, их метаморфические преобразования и становление габбро-анортозитов и ультраметаморфических плагиогранитных и чарнокитовых комплексов. Как

в линейных зонах, так и в массивах широко распространены проявления архейского метаморфизма гранулитовой фации, на который наложен ретроградный метаморфизм амфиболитовой фации. В раннем протерозое в гранито-гнейсовых массивах протекали процессы гранитообразования, формировались гранито-гнейсовые купольные структуры и широко проявились процессы ретроградного метаморфизма.

В целом фундамент плиты, за исключением ее западной части существенно отличается от фундамента щитов отсутствием в пределах последних раннепротерозойских прогибов. Вероятно, с этим и связано обособление щитов как областей длительного устойчивого поднятия, а плит как областей устойчивого опускания. В позднем протерозое между контролировали развитие авлакогенов. Они специфичны для тех частей фундамента, которые в дальнейшем были перекрыты плитным чехлом. Области, где авлакогены выклиниваются, вошли позднее в состав щитов.

В приложении 3 приведена характеристика основных стратиграфических таксонов и структурно-вещественных комплексов и история основных геологических событий в пределах Волго-Уральского сегмента ВЕП.

Отметим, что поверхностные горизонты фундамента в пределах северной части Татарского свода сложены преимущественно отложениями отрадненской серии, а южной его части (в девонских-каменноугольных отложениях перекрывающего ее чехла сконцентрированы нефтяные месторождения) – породами, принадлежащими большечеремшанской серии.

### **ПЛАТФОРМЕННЫЙ МЕГАКОМПЛЕКС**

По современным представлениям континентальные блоки, известные в настоящее время как Восточно-Европейская, Сибирская, Северо-Американско-Гренландская древние платформы Лавразийской группы и Африкано-Аравийский, Южно-Американский, Индийский, Корейско-Китайский, Австралийский и Антарктический кратоны Гондванской группы,

в конце раннего протерозоя входили в состав единого суперконтинента (континентального мегаблока) – Пангеи.

На рубеже раннего и позднего протерозоя на ее территории закончился этап кратонизации фундамента. Термический режим и тектоническая подвижность земной коры существенно понизились и с начала рифея Пангея вступила в более спокойный, платформенный этап своего развития.

Однако в то же время в теле Пангеи возникли линейно-вытянутые области повышенной мобильности – подвижные пояса (Урало-Азиатский, Северо-Атлантический, Средиземноморский и Тихоокеанский), развитие которых привело к фрагментированию и расчленению Пангеи на отдельные изолированные друг от друга блоки, в контурах которых продолжалось господство платформенного режима. Одним из таких «фрагментов», начиная с рифейского времени, и являлась ВЕП в современных ограничениях.

Осадочный платформенный чехол (мегакомплекс) ВЕП подразделяется на два мегаэтажа: авлакогенный (нижний) и плитный (верхний). Формирование названных этажей происходило во временных рамках одноименных (авлакогенного и плитного) мегаэтапов развития ВЕП.

#### *Авлакогенный мегаэтаж*

В течение рифея и раннего венда большая часть ВЕП сохраняла приподнятое положение, подвергалась воздействию процессов денудации и служила источником обломочного материала, сносившегося в пределы смежных Урало-Азиатского, Северо-Атлантического и Средиземноморского (Палеотетис) подвижных поясов.

Процессы тектонического растяжения и раздробления в пределах ВЕП были сосредоточены в узких линейных грабенообразных (ограниченных сбросами) прогибах – авлакогенах. Именно эти структуры в течение рифея - раннего венда являлись основными областями седиментации (преимущественно терригенной) на ВЕП (приложения 4; 5, А-В).

Авлакогены простирались в основном в северо-восточном и юго-западном направлениях, реже имели субширотное и субмеридиональное

простираются. Они образовывали довольно плотную сеть. Интересно отметить, что большая часть авлакогенов маркирует древние линейно вытянутые зоны в фундаменте – архейские гранулитовые пояса («межи»). Часть авлакогенов (Камско-Бельский, Абдуллинский, Пачелмский) «вдавалась» в тело ВЕП под прямым или косым углом из смежных подвижных поясов, часть возникла внутри платформы в виде изолированных, затухающих на обоих концах, структур, простиравшихся параллельно ее границам с обрамляющими подвижными поясами. Формирование ряда авлакогенов сопровождалось проявлением существенного базальтового вулканизма.

Отметим здесь, что тектонические условия формирования и геологическое строение авлакогенов ВЕП во многом идентичны грабенообразным (горсто-грабеновым) структурам, формирующимся в пределах подвижных поясов неогена в областях господства геодинамического режима внутриконтинентального рифтогенеза.

Продолжительность авлакогенного мегаэтапа составляет около 1 млрд. лет и ограничена рамками  $1650 \pm 50$  -  $620 \pm 15$  млн. лет.

В раннем рифее возникли Камско-Бельский и Абдуллинский авлакогены, «открывавшиеся» в сторону Уральского палеоокеана, заложение которого также относится к началу позднего протерозоя.

В среднем и позднем рифее многочисленные авлакогены формируются в центральной, северо-западной и юго-западной частях ВЕП, тяготеющих к заложеным в среднем рифее Северо-Атлантическому и Средиземноморскому подвижным поясам.

Заполняющие авлакогены верхнепротерозойские отложения несогласно залегают на метаморфических породах архея и нижнего протерозоя и характеризуются горизонтальным и субгоризонтальным залеганием.

Среди рифейских и нижневендских отложений основное место принадлежит песчано-алеврито-глинистым осадкам преимущественно

кварцевого (или аркозового) состава, образующимся за счет размыва обширных внутриплатформенных поднятий, сложенных кристаллическими породами фундамента ВЕП. Базальные горизонты в ряде авлакогенов представлены грубообломочными гравийно-галечниковыми слабоотсортированными континентальными образованиями.

На разных стратиграфических уровнях рифея и нижнего венда в разрезе авлакогенов присутствуют вулканогенные образования. Это базальтовые лавы, пирокластиты (туфы, пеплы), образующие пачки мощностью до первых сотен метров, и связанные с ними пластообразные (силы) и секущие (дайки) интрузивные тела. Особую группу отложений представляют ледниковые образования лапландского горизонта нижнего венда, известные в Пачелмском и Ладожском авлакогенах и сложенные гляциальными (валунные суглинки), лимногляциальными (ленточные глины) и флювиогляциальными отложениями.

В течение позднего рифея и раннего венда некоторые авлакогены прекращают свое развитие, другие – расширяются, постепенно превращаясь в синеклизы.

Эпоха байкальской складчатости (конец раннего - начало позднего венда) ознаменовалась прекращением развития большинства авлакогенов ВЕП.

**Нижний рифей** присутствует на востоке ВЕП в перикратонных прогибах и авлакогенах, прилегающих к западной части Урало-Азиатского пояса (приложение 5, А).

В Камско-Бельском авлакогене развиты отложения кирпичинской свиты ( $R_1$ ) мощностью до 3-5 км, представленные (снизу вверх): красноцветными песчаниками с отдельными потоками миндалекаменных базальтов и порфиритов → серыми аргиллитами с прослоями алевролитов, мергелей и доломитов → толщей доломитов → толщей глинисто-карбонатного состава.

Этот разрез по общей последовательности напоминает нижнерифейскую серию Башкирского Урала. В Абдуллинском авлакогене описан сходный разрез нижнего рифея, но имеющий меньшую мощность.

**Средний рифей** распространен значительно шире (приложение 5, А). К нему относятся толщи красноцветных преимущественно грубообломочных отложений (конгломераты, гравелиты, песчаники и алевролиты), залегающие в основании разреза многих авлакогенов различных районов ВЕП.

Мощность среднего рифея в западных авлакогенах (Ладожском, Крестцовском) составляет 0,5-1 км, в более восточных (Московском, Пачелмском и др.) – 1-1,5 км, в Солигаличско-Яренском – 2-3 км.

На поверхность среднерифейские (и, частично, вероятно, нижнерифейские) отложения (терская серия) выходят в северном борту Кандалакшского авлакогена.

Средний рифей в названных авлакогенах представлен в основном терригенными образованиями, подчиненное положение в разрезе занимают эффузивные, эффузивно-кластические и интрузивные (силы и дайки) породы.

В западной части Балтийского щита (Швеция) средний рифей (иотний) представлен кварцитовидными косослоистыми песчаниками, перемежающимися с покровами базальтов общей мощностью до 1 км.

К среднему рифею относится также овручская серия, развитая в авлакогенах северо-западной части Украинского щита и сложенная (снизу вверх): основными и кислыми эффузивами → кварцитовидными песчаниками и пиррофиллитовыми сланцами.

**Верхний и терминальный (кудаш) рифей** распространен в большинстве авлакогенов, в которых присутствуют среднерифейские отложения, реже – залегают на нижнем рифее (приложение 5, Б). Сложен он красноцветными и сероцветными отложениями: песчаниками (с прослоями гравелитов), алевролитами, аргиллитами, разделенными поверхностями несогласий, фиксирующих перерывы в осадконакоплении.

В верхней части разреза верхнего рифея в некоторых авлакогенах (Пачелмском и др.) распространены толщи доломитов.

Мощность верхнерифейских отложений в целом растет в восточном направлении: от 500-800 м в западной и центральной частях ВЕП до 1,5 км (Пачелмский авлакоген) и 2-3 км (Камско-Бельский авлакоген) в восточных.

**Нижний венд**, объединяемый в вильчанскую и волынскую серии, заполняет Пачелмский, Ладожский авлакогены, Оршанскую и Волынскую впадины, а также перикратонный прогиб на юго-западе ВЕП (здесь он лежит на отложениях нижнего протерозоя) (приложение 5, В).

Вильчанская серия общей мощностью 200-500 м сложена красноцветными песчаниками и ледниковыми отложениями лапландского горизонта. Последние представлены валунными неслоистыми глинами, песчано-глинистыми флювио- и лимно-гляциальными отложениями, в том числе ленточными глинами. Мощность ледниковых отложений достигает десятков и даже первых сотен метров.

Волынская серия сложена лавами и пирокластическими породами базальтового и дацитового состава, которые подстилаются (нижняя часть разреза) и латерально замещаются терригенными отложениями (конгломератами, песчаниками и аргиллитами). Мощность отложений, входящих в состав серии, не превышает 300-500 м.