

СВК как отражение истории геодинамических режимов ВКМ

В геологической структуре ВКМ выделяется четыре структурных яруса: докембрийский, палеозойский, мезозойский и кайнозойский. Структурный план кристаллического фундамента в основных своих чертах находит отражение и в верхних ярусах, в том числе и в неотектоническом. Унаследованный характер их геологического развития отмечали многие исследователи, что отражается даже в определении структур осадочного чехла – штамповые или отраженные (Г.И. Раскатов, Л.Т. Шевырев, А.И. Трегуб, Г.В. Холмовой, А.Д. Савко и др.) [64].

2.1 Геологическое строение и структурно-вещественные комплексы кристаллического фундамента

В структуре кристаллического основания Воронежской антеклизы наиболее четко отражены два геодинамических этапа ее развития: карельский, который завершился складчатостью и горообразованием в конце раннего протерозоя (1,9-1,8 млрд. лет) и позднепротерозойско-рифейский (1650-650 млн. лет), когда окончательно сформировался ее докембрийский фундамент современного облика. Дальнейшее развитие этой территории в фанерозое сводилось к относительно медленным и небольшим по амплитуде (первые сотни метров) вертикальным дифференцированным поднятиям и опусканиям разных ее частей, сопровождавшихся периодическим затоплением морями и осушению, а соответственно пестрым распределением морских и континентальных отложений. В итоге в фанерозое был сформирован и осадочный чехол, как верхний геолого-структурный этаж, ставший основанием природных ландшафтов, на дальнейшее развитие которых впоследствии стала оказывать и хозяйственная деятельность

человека. Строение кристаллического фундамента ВКМ является блоковым. В нем. выделены три сопряженных мегаблока, каждый из которых определенное время развивался автономно, поэтому они между собой значительно отличаются и наполнением и структурными формами (Л.Н. Надежка, А.И. Дубянский и др.) [48].

Западный (Курский) мегаблок, судя по датировкам абсолютного возраста, наиболее древний и более глубоко эродированный. Здесь широко развиты породы архейского возраста, в том числе и древнейшие породы Земли так называемой ассоциации ТТГ (серых гнейсов).

Лосевская шовная зона (центральный мегаблок) интерпретируется как субдукционная структура раннепротерозойского возраста, спаявшая Курский и Хоперский мегаблоки. Шовная зона пересекает ВКМ в субмеридиональном направлении через Пачелмский авлакоген, огибая часть Волго-Уральского сегмента (Б.М.Демченко, 1995) Она в значительной мере сложена вулканогенными породами. Вдоль ее осевой линии и в дальнейшем закладывались прогибы, в неотектоническом плане это Салтыковский (до широты Липецка) и южнее Кривоборский прогиб. В последнем заложилась долина р. Воронеж, а еще южнее (ниже ее устья) он переходит в Павловско-Мамонский прогиб, в котором течет р. Дон.-главная водная артерия региона.

Хоперский мегаблок это Тамбовско-Чернышевский рифт протяженностью свыше 700 км, позднеархейскому периода заложения, который в раннем протерозое полностью перекрыт мощными (510 м) песчанико-сланцевыми отложениями воронцовской серии.

Структурно-вещественные комплексы кристаллического фундамента, участвуя в блоково-пликативных дислокациях карельского этапа диастрофизма, имеют меняющуюся S-образную ориентировку своих основных структурных линий, подчиненных положению главных глубинных разломов первого ранга (Ряжско-Кантемировскому - западному и Лосевско-

Мамонскому - восточному), ограничивающих соответственно с запада и востока Лосевскую шовную зону.

3.1.1 Структурно-вещественные комплексы Курского блока

Мегаблок КМА (500 x 550 км) имеет сложную конфигурацию: северо-восточная и юго-западная его границы совпадают с границами геоблока ВКМ; западная граница обращена в сторону Оршанской впадины; восточная ограничивается Лосевской шовной структурой. Этот мегаблок строго автономен, относится в целом по своим плотностным характеристикам к категории “легких” (δ менее 2.81 г/см^3 до М и 2.86 г/см^3 до 55 км) и “высокомагнитных” структур со значительной мощностью земной коры. Мегаблок КМА выделяется в контурах отрицательного гравитационного поля (его плотность в эрозионном срезе $2.73\text{-}2.83 \text{ г/см}^3$), она выше, чем у сопредельных структур. В состав мегаблока входят позднеархейско-раннепротерозойские формации зеленокаменных поясов и рифтогенных структур. Региональная депрессия поля силы тяжести с дополнительными ее понижениями во флангах рифтов (с плотностью в эрозионном срезе до 2.83 г/см^3) согласуется с большей мощностью в целом для мегаблока гранито-гнейсового слоя коры. Кроме этого, по данным ГСЗ, в верхнем слое коры здесь фиксируются сейсмические волноводы, а в основании metabазитового слоя - переходный коро-мантийный горизонт.

Результаты анализа грави- и магниторазведочных данных позволяют на общем фоне зафиксировать значительные по площади (десятки км в поперечнике) изометрической формы гравитационные максимумы, совпадающие с низкими фоновыми значениями магнитного поля. Такие участки в настоящее время вполне однозначно (с учетом данных бурения) отождествляются с серогнейсовыми образованиями - реликтами древних архейских структур нуклеарного этапа развития региона. Такие реликты окаймлены зеленокаменными поясами михайловской серии,

фиксирующимися в виде резко вытянутых положительных магнитных аномалий.

Складчато-блоковые структуры раннего протерозоя, обнаруживая унаследованность от структурного плана зеленокаменных поясов, фиксируются положительными аномалиями силы тяжести и высокоинтенсивными полосовидными положительными магнитными аномалиями над железистыми кварцитами.

Для мегаблока КМА весьма характерны интенсивный полиметаморфизм пород - от зеленосланцевой до гранулитовой фации, формирование только на его площади протяженных на десятки-сотни километров узких рифт-грабен-синклиналей и накопление специфических по составу пород железисто-кремнистой и черносланцевой формаций.

В целом мегаблок КМА имеет разломно-блоковое строение, определяющееся целой серией разновозрастных разломов, уверенно картирующихся по смещению контактов маркирующих горизонтов, специфических вулканогенно-интрузивных формаций и т.д. Многие из этих разломов обнаруживают черты металлотектов. Мегаблок КМА включает макроблоки - Рославльский, Брянский, Ливенско-Ефремовский, Орловско-Курский. Рославльский макроблок является связующим сегментом между ВКМ и Белорусским выступом (массивом). Через этот макроблок трассируется Волынского-Двинский вулканоплутонический пояс, отражаемый областями "разуплотнения". (Афанасьев Н.С.)

Брянский макроблок характеризуется преобладанием гранулитоподобных пород или высокотемпературных метасоматитов по реликтовым зеленокаменным породам.

Ливенско-Ефремовский макроблок представлен в приповерхностном уровне гранито-гнейсовой серией пород с подчиненными им амфиболитами, габбро-амфиболитами. Среди гранито-гнейсов развиты биотитовые и биотит-рогообманковые разновидности как плагиоряды, так и двуполевошпатовые. Кроме этого, в составе мегаблока наблюдаются значительные области интен-

сивной гранитизации, а в узлах и зонах разломов проявления мантийных постнижнеархейских габброидов, габбродолеритов.

Орловско-Белгородский макроблок включает в себя синклинорные (рифтогенные) структуры, вмещающие железисто-кремнистые формации раннепротерозойского возраста. В Белгородско-Михайловской и Алексеевско-Воронежской рифтогенных зонах (мезоблоках 3-го ранга) предельно полно для ВКМ представлены все известные железорудные формации. Железисто-кремнистые образования фиксируются интенсивными локальными гравитационными и магнитными аномалиями. Магматические формации, как базит-гипербазитов, так и гранитоидов, сопряженные с этими структурами, относятся к гетерохронным образованиям, каждый из комплексов которых обладает достаточно четко выраженными петрофизическими различиями.

В разрезе земной коры макроблоков КМА, на фоне их общего сложного строения, в названных выше рифтогенных структурах проявляются повышенные мощности коры - 44-46 км, гранито-гнейсового слоя совместно с “дегранитизированным” горизонтом - 29-33 км и четкий коро-мантийный горизонт. Кроме этого, практически во всех слоях хорошо проявляются сейсмические волноводы, многочисленные неоднородности, подчеркиваемые сложной системой площадок отражения упругих волн.

Миниблоки (4-го ранга - грабен-синклинали Крупецкая, Рыльская, Сторожевская, Борисовская) отличаются выраженным приповерхностным распространением вулканогенных, вулканогенно-осадочных железисто-кремнистых (зеленосланцевых фаций метаморфизма) формаций. Эти структуры размещаются на активизированном гранито-гнейсовом фундаменте. Кроме этого, они приурочены к зонам разграничения менее преобразованных нижнеархейских блоков (4-го ранга) - купольно-кольцевых структур (Комаричской, Шосткинской, Сумской).

3.1.2 Структурно-вещественные комплексы Лосевской шовной зоны

Архейские или нерасчлененные протерозой-архейские толщи супракрустальных пород выделены в составе обоянской (донская породная ассоциация), михайловской и лосевской серий. В современном понимании ЛШЗ ограничивается на востоке Лосевско-Мамонским разломом, на западе - границами развития Павловского гранитоидного комплекса и кластогенно-вулканогенными образованиями лосевской серии. В зависимости от состава слагающих ее пород, ЛШЗ отличается двумя типами геофизических полей: 1) пониженным гравитационным полем над гранитоидами усманского комплекса; 2) сложными формами гравитационных аномалий над метасоматическими гранитоидами павловского комплекса, кислыми и основными эффузивами лосевской серии и воронежской свиты.

Отчетливо картируется восточная граница этой структуры по Лосевско-Мамонскому глубинному разлому и западной границе развития типичных породных ассоциаций воронцовской серии. Южнее г. Богучара эта граница прослежена хуже, прежде всего из-за малого объема бурения. Не совсем уверенно картируется эта граница в своей северной части на участке, где Лосевско-Мамонский разлом резко меняет простирание на северо-восточное. Неоднозначно обосновано структурное положение так называемого Варваринского выступа.

ЛШЗ является совершенно своеобразной структурой по набору структурно-вещественных комплексов, развитых только в ее пределах. Их своеобразие заключается в структурной подчиненности дугообразным разломам. Породы лосевской серии вместе с рождественским габбровым и усманским гранитоидным комплексами являются продуктами, выполняющими приразломовую часть структуры. Гранитоиды и гранодиорито-гнейсы (донской тип разреза обоянской серии) Павловского комплекса являются ультраметаморфическими образованиями по породам архейских обоянской и михайловской серий (о чем свидетельствуют их многочисленные реликты среди мигматитов и гранитов павловского

комплекса). Полосовидная форма их реликтов и метасоматических гранитоидов вдоль контакта с лосевской серией дает основание рассматривать именно эти породы как наиболее древний продукт динамического взаимодействия двух мегаблоков.

По имеющимся сейсмическим данным границы Лосевской шовной структуры имеют падение на запад, поэтому обрамляющие Лосевскую шовную структуру разломы рассматриваются как крупные надвиговые структуры, в особенности это касается S - образно изгибающейся ее западной границы. ЛШЗ как крупный геоблок глубинного заложения, расположенный между мегаблоками КМА и Хоперским, отчетливо фиксируется на “Карте аномалий силы тяжести, пересчитанной на высоту 50 км” (ВГУ, Л.И.Надежка, 1996).

Внутренние структурно-вещественные различия ЛШЗ отражаются в ее петрофизической контрастности. В гранитизированной области (Павловско-Стрелицкий сегмент) при высокой намагниченности мигматит-гранит-граносиенитовой формации средняя плотность составляет $2.67-2.69 \text{ г/см}^3$, в блоках с максимальной деструкцией фундамента - от 2.66 для плагиогранитной формации, до 2.83 г/см^3 у плагиобазальт-риолитовой формации. В других структурах она колеблется в тех же рамках и зависит от их вещественного выполнения.

Геофизическая характеристика мегаблока в целом и его соподчиненных объектов не всегда соответствует приповерхностным их свойствам. Мигматит-гранитоидные блоки очень слабо проявляются в уровне гравитационного поля, а более плотные базитовые блоки имеют пониженный уровень.

Как структура с наиболее мобильным режимом, она проявилась в завершающий (тафрогенный) этап орогенеза, поскольку именно вдоль ее границ заложилась грабенообразные структуры, в которых накапливались вулканогенно-осадочные формации воронежской свиты в раннем протерозое.

Эти сведения, наряду с другими геолого-геофизическими материалами, включая установление под вулканогенно-осадочными протерозойскими

толщами ЛШЗ мощного гранито-гнейсового слоя, приводит к следующим выводам:

1. ЛШЗ и ее основные подразделения практически в полном объеме сформированы на максимально деструктивном раннеархейском фундаменте.

2. Позднеархейские и карельские тектоно-магматические процессы сопровождались формированием зеленокаменных поясов и рифтов, мантийным и коровым магматизмом.

3. На каждом из последних этапов активизации коры (подача магматических образований воронежской свиты, ольховского и щукавского комплексов. фанерозойское осадконакопление, жесткие подвижки по зонам разломов, сейсмоактивизация и т.д.) наблюдаются особые формы их выраженности, в том числе и образование структур центрального типа (циркументов).

3.1.3 Структурно-вещественные комплексы Хоперского мегаблока

Хоперский мегаблок относится к категории “тяжелых” структур и является более плотным и менее магнитным. Границы мегаблока на северо-востоке, юго-востоке и юго-западе совпадают с границами геоблока ВКМ, на северо-западе он ограничен Лосевско-Мамонским глубинным разломом.

Наиболее глубокое залегание кристаллического фундамента отмечается на востоке – до 600м (Борисоглебский район). Для сравнения, в районе г. Воронежа кристаллический фундамент вскрыт на глубинах 180—220 метров. Докембрийские образования представлены архейской и протерозойской акротемами. В пределах территории Липецкой и Воронежской областей Хоперский мегаблок представлен Калачско-Эртильским макроблоком (КЭМ) который, отличается от сопредельных структур по целому ряду позиций.

1. В земной коре КЭМ мощностью 43-46км наблюдается сокращенная мощность гранито-гнейсового слоя 16-18 км

2. Для верхнего стратифицированного уровня коры макроблока характерны флишеидная углеродисто-терригенно-сланцевая формация и метаморфизм зеленосланцевой фации, в то время как в мегаблоке КМА преобладают породы нижнего архея, а в ЛШЗ – архей-раннепротерозойские вулканиты дацит-андезит-диабазового состава.

3. В отдельных микроблоках этой структуры развиты биотит-плагиоклазовые и инъекционные гнейсы эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма с четко выраженными признаками их образования в процессе гнейсификации и гранитизации песчанисто-сланцевых пород воронцовской серии.

4. В отличие от рифтогенных раннепротерозойских комплексов КМА и ЛШЗ в КЭМ они формировались в менее напряженном режиме перикратонных впадин.

5. Синхронные с вмещающей толщей магматические образования представлены в большей степени интрузивными фациями, в то время как на КМА, ЛШЗ в рифтогенах превалируют вулканогенные их аналоги.

Выделены Мамонско-Шишовский, Новохоперско-Архангельский, Новогольско-Жердевский блоки. В Эртильском районе вскрыты бурением прорывающие воронежскую свиту перидотиты, пироксениты, серпентиниты, габбро щукавского комплекса, а на востоке Воронежской области — наиболее поздние внедрения габбродолеритов (траппов) новогольского комплекса, с возрастом 1805 ± 5 млн лет фиксирующие начало платформенного этапа развития региона.

3.1.4 Структурно-формационное расчленение осадочного чехла

Характеристика структурных и стратиграфических подразделений осадочного чехла дается на основе региональной стратиграфической шкалы, шкалы местных подразделений, а также обобщающих работ А.Д Савко и др.

Верхний структурный этаж ВКМ сложен палеозойским, мезозойским и кайнозойским комплексами.

Палеозойский структурный комплекс отделен от докембрийского резким угловым несогласием, залегая с уклоном в сторону Московской синеклизы. В целом наблюдается значительная степень подобия рельефа поверхности фундамента структуре палеозойских образований. Структурная моноклираль девонских отложений имеет поверхность, осложненную структурными перегибами, впадинами и валлообразными поднятиями. Эти структуры, как правило, сопровождаются зонами повышенной трещиноватости и закарстованности в породах лебедянского, елецкого, задонского и нижележащих горизонтов. К примеру, все крупные водозаборы и родники Липецкой области приурочены к мощным трещиноватым зонам преимущественно северо-восточного направления, как правило, в зонах флексурных перегибов. Отложения каменноугольной системы имеют средний наклон слоёв, близкий к наклону поверхности кристаллического фундамента.

Мезозойский структурный комплекс представлен юрскими и меловыми отложениями, залегающими на палеозойских образованиях с чётко выраженным перерывом и угловым несогласием.

Кайнозойский структурный комплекс представлен двумя структурными подэтажами: палеогеновым и неоген-четвертичным, отделёнными от более древних палеозойских и мезозойских пород чётко выраженным перерывом.

Девонская система

Девонские отложения развиты на всей территории Липецкой и Воронежской областей, отсутствуя лишь на крайнем юге последней, и залегают на коре выветривания пород кристаллического фундамента. Выделяются три отдела девонской системы, однако наибольшим развитием пользуются отложения среднего и низов верхнего девона. Мощность девонских образований колеблется от первых десятков до 400 м.

Каменноугольная система

Отложения каменноугольной системы развиты на юге Воронежской области и на севере Липецкой. Их южная денудационная граница проходит вблизи линии Алексеевка—Россошь—Богучар—Калач—Борисоглебск. Они залегают на эрозионной поверхности докембрийского фундамента и лишь в виде узкой полосы вдоль денудационной границы перекрывают верхнедевонские образования. Каменноугольная система представлена нижним отделом, в составе которого выделяются турнейский и визейский ярусы. Каждый из них начинается с терригенных пород и заканчивается карбонатными. Общая мощность каменноугольных отложений у границ выклинивания составляет первые метры и быстро нарастает по направлению на юг до 100 и более метров. Анализ распространения каменноугольных пород по площади показывает, что ранее они были развиты намного шире, а воды каменноугольного визейского моря покрывали всю Воронежскую область. Однако в предмезозойское время территория Воронежской антеклизы была денудирована, в результате чего карбоновые отложения были смыты.

Мезозойская эратема.

Мезозойская эратема представлена отложениями юрской и меловой систем. Юрские отложения более широко присутствуют на севере Липецкой области, а в Воронежской области наблюдаются в Острогожском и Репьевском районах в виде небольших участков, выполняющих эрозионные врезы в палеозойском фундаменте. Меловые отложения нижнего отдела распространены на большей части территории. Отложения верхнего отдела представлены мелами и мергелями, распространенными в основном на СРВ и Калачской возвышенности в пределах Воронежской области и отсутствуют только на востоке в Окско-Цнинской впадине, где были уничтожены преднеогеновым размывом.

Юрская система

Представлена батским и, возможно, байосским ярусами среднего отдела. В Липецкой области присутствует нижняя часть келловейского яруса. Юрские толщи с размывом фрагментарно залегают на девонских, и сложены кварцевыми песками, алевритами и серыми нередко углистыми каолиновыми глинами. Пески аллювиальные, обычно косослоистые, разнозернистые, глины озерно-болотные

Стратиграфической особенностью юрской системы является так называемый «рудный горизонт», обнаруживаемый местами в Липецкой области в обнажениях и скважинах на водоразделе рек Дон и Воронеж. Горизонт сложен ожелезненными песками и суглинками с псевдоморфозами по остаткам древней болотной растительности, выполненными гетитом и гидрогетитом. Выходы горизонта на поверхность отмечаются в районах с. Ситовка и п. Лев Толстой. Некогда горизонт имел промышленное значение, как источник железных руд.

Меловая система

В ее составе выделяются нижний и верхний отделы. В литологическом отношении отмечаются две резко различные толщи: нижняя терригенная в объеме неокомского надъяруса, аптского, альбского и сеноманского ярусов и верхняя, преимущественно карбонатная, в составе туронского, коньякского, сантонского и кампанского ярусов. Верхний отдел распространен лишь в Воронежской области в пределах Среднерусской и Калачской возвышенностей.

Кайнозойская эратема

Представлена отложениями палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем.

Палеогеновая система.

Отложения палеогеновой системы имеют развитие преимущественно в Воронежской области, где представлены всеми отделами. В основании разреза залегают фосфатно-железисто-глинистые отложения хоперского горизонта. Являются раннепалеогеновой корой выветривания по

верхнемеловым карбонатным породам. Мощность горизонта в среднем 1 м. В карстовых полостях и зонах трещиноватости может достигать нескольких метров.

Неогеновая система

С неогенового периода (23,3 млн. лет назад) начинается новейшая геологическая история региона, которая совершалась уже для значительной площади ВА в континентальных условиях при нарастающем похолодании и иссушении климата.

Миоцен. После ухода олигоценового моря на низменной и плоской равнине, наклоненной к югу, заложилась первая река, которая отличалась слабо локализованным стоком, неустойчивым руслом и малыми размерами. Они чередовались с мелководными остаточными озерами и эрозионными останцами; в конечном итоге ими была образована раннемиоценовая аллювиальная равнина, переходящая к северу в поверхность выравнивания. Останцы этого аллювия и поверхности выравнивания сохранились на сниженных вершинах водоразделов Среднерусской возвышенности.

В среднем миоцене произошло резкое понижение базиса эрозии, и в центральной части Окско-Донской впадины заложилась глубокая субмеридиональная долина, принадлежавшая главной речной системе Восточно-Европейской равнины и имевшая верховье севернее г. Москвы. В пределах Воронежской области она прослеживается по линии Жердевка—Грибановка—Борисоглебск—Поворино и далее к югу по левобережью Хопра.

В результате правосторонней миграции русла и структурной предопределенности была сформирована великая Окско-Донская аллювиальная равнина, а в долинах рек — серия миоценовых террас. В основную долину в миоцене трижды ингрессировало море, оставившее лиманные отложения байчуровской, сосновской и горелкинской свит. Миоценовые аллювиальные образования основной долины получили

наименование каменнобродской (селезнинской), уваровской и тамбовской свит.

В верхнем миоцене накапливались отложения усманской свиты (N_{1us}) распространенные в виде фрагментов, фиксирующих сравнительно неглубокие долины с абсолютными отметками дна 100-110м.

Плиоценовые (N_2) аллювиальные отложения в составе усманской серии разделены на толщи трех свит: урывской, белогорской и тихососновской и кривоборские слои. Кроме аллювиальных и лиманных отложений, значительное место занимают неогеновые элювиальные образования, представленные красноцветными глинами с прослоями ископаемых почв.

Четвертичная система

В четвертичном периоде (квартере), начавшемся 1,8 млн лет назад, происходило становление всех основных элементов современных геосистем. Квартер подразделяется на два надраздела — плейстоцен и голоцен, первый из которых включает разделы — эоплейстоцен и неоплейстоцен. Разделы плейстоцена делятся на звенья и далее на ступени (или горизонты региональной шкалы), выделение которых обусловлено ритмикой климатических изменений. В это время последовательно чередуются межледниковые и ледниковые эпохи (хроны). Однако из всех криохронов наиболее значительным был донской, в котором материковое оледенение было максимальным. Его Донская лопасть по Окско-Донской низине и левобережью Хопра опускалась к югу до устья р. Медведицы. Вне оледенения оставалась только южная часть Воронежской области, которая в то время была ареной накопления лессов и перигляциального аллювия. В дегляциации Донской лопасти выделяется несколько стадий, с которыми связаны конечные морены, зандровые и другие водно-ледниковые образования. Из последних особенно грандиозна Воронежская флювиогляциальная гряда, слагающая Доно-Воронежское междуречье к югу от с. Хлевное и далее ниже устья Воронежа протягивающаяся по левобережью Дона и несколько южнее устья р. Икорец.

Если в доледниковое время, как и в плиоцене, Дон обходил с севера Калачскую возвышенность и затем следовал по левобережью Хопра, то после отступления ледника в своем среднем течении он принял современное положение.

Голоцен (от 10 тыс. лет и донныне) — это последнее межледниковье, экстремум потепления которого относится к интервалу времени 4600—6200 лет назад. На Дону в это время формировался аллювий современной поймы, высокой и низкой, высотой соответственно 5—7 и 3—5 м. На водораздельных пространствах сформировался современный почвенный покров.