

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРНОГО ПЛАНА ОКСКО-ЦНИНСКОГО ВАЛА В ФАНОРОЗОЕ

Проведен сравнительный анализ структур разноглубинных горизонтов Окско-Цнинского вала от кристаллического основания до современной поверхности включительно, определены геодинамические условия формирования разновозрастных деформаций и их изменение во времени, определена степень структурно-геодинамической унаследованности или дискордантности разноглубинных и разновозрастных деформаций.

Данные по структуре Русской плиты свидетельствуют о весьма разнообразных структурных соотношениях разновозрастных горизонтов (этажей) земной коры, которые проявляют сложную эволюцию геодинамических условий развития территории. Это отражается на формировании отдельных длительно развивающихся платформенных структур, которые в процессе развития испытывают неоднократные перестройки структурных планов. При оценке современного напряженного состояния земной коры на какой-либо территории важно выявить не только источник напряженного состояния и механизм формирования современных структур, но и определить степень переработки древних структур в новых тектонических условиях. Наиболее значительные изменения структурных планов характерны для структур, развивающихся в пределах синеклиз, в частности, Московской, что связано с тектоническими процессами, происходящими, вероятно, как в недрах платформы, так и под воздействием на нее в разные геологические этапы сопредельных активных областей.

В качестве примера длительного развития платформенных структур с неоднократной перестройкой структурного плана взят Окско-Цнинский вал. Он является структурой II порядка, осложняющей юго-восточную прибортовую часть Московской синеклизы при сочленении ее с Токмовским сводом. Выделенный еще в конце XIX в. Н.М. Сибирцевым, вал исследовался Н.А. Богословским, А.Д. Архангельским, А.П. Карпинским и многими другими учеными, а также рядом геологов при геолого-съёмочных работах в 30-х—50-х гг. XX в. В результате сравнительно хорошо изучена древняя

структура вала. Что же касается новейшей тектоники и других особенностей последних этапов развития этой области, то они изучены весьма слабо.

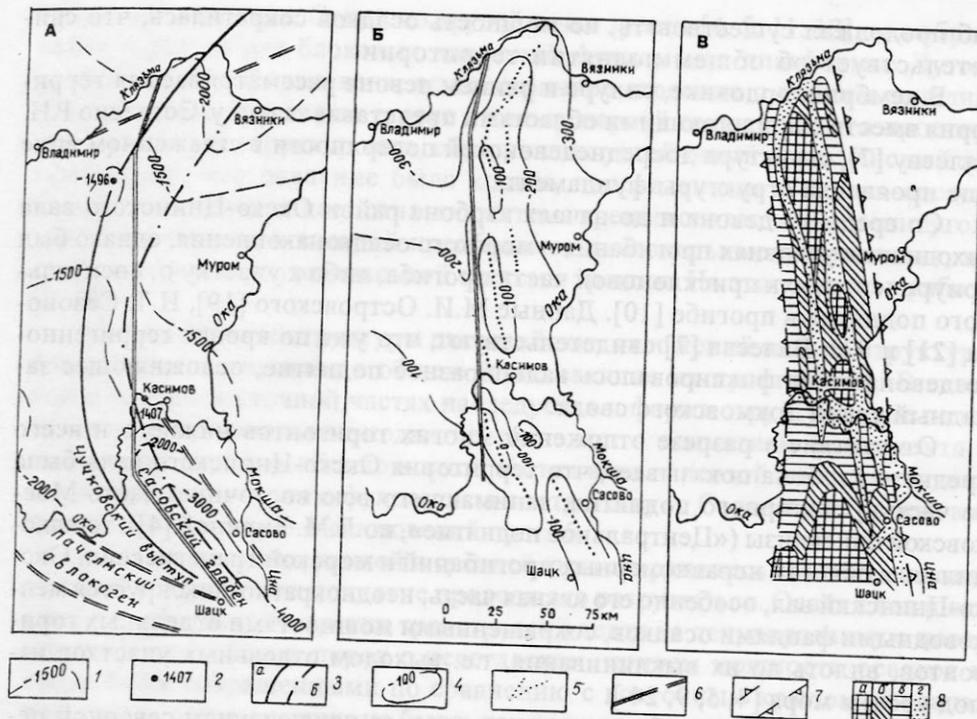
В задачи данного исследования входили: 1) выполнение сравнительного анализа структур разноглубинных срезов (горизонтов) Окско-Цнинского вала, начиная с кристаллического основания (фундамента) до современной поверхности включительно; 2) определение геодинамических условий формирования разновозрастных деформаций и их изменения во времени; 3) определение степени структурно-геодинамической унаследованности или дискордантности разноглубинных и разновозрастных деформаций.

Кристаллический фундамент в пределах Окско-Цнинского вала, по данным бурения и геофизики [9], сложен дислоцированными магматическими и метаморфическими породами: гранитами, гранодиоритами, гранито-гнейсами и гнейсами, местами диабазами и габбро-пироксенитами. Его структура неоднородна. Тектоническое строение фундамента в северной и южной частях Окско-Цнинского вала существенно различно. В северной, Окско-Клязьминской, части, в районе Муром и Касимова выровненная поверхность фундамента полого спускается с Токмовского свода на запад, образуя так называемое Окско-Клязьминское плато (по В.Н. Троицкому и др. [4, 9, 10]) с отметками до — 1500 м. На западе эта поверхность сечется малоамплитудной (100—200 м) флексурно-разрывной зоной субмеридионального простирания (опущено западное крыло), выраженной узкой зоной аномального магнитного поля. Плато с севера, запада и юго-востока огибают дугообразные зоны прогибания и поднятия, оконтуривающие Токмовский свод (рисунок, А). Зона прогиба, которая начинается пологим понижением (до —2000 м) на северо-востоке у долины р. Лух, следует на юго-запад и затем на юг, пересекая указанную флексурно-разрывную зону. На широте Касимова она поворачивает на юго-восток и, быстро погружаясь, переходит в Сасовский грабен — северное ответвление Пачелмского рифейского авлакогена. Западнее расположена дугообразная зона поднятия. Начинаясь севернее р. Клязьмы у г. Южа, она протягивается сначала на юго-запад к г. Коврову и пос. Непейцино и далее на юг к г. Гусь-Хрустальный, где образует восточное субмеридиональное расширение Тумско-Шатурского выступа, южнее переходящего в Чучковский выступ [16].

В южной части Окско-Цнинского вала главная структура фундамента — Сасовский грабен, входящий в систему Пачелмского авлакогена. Сасовский грабен имеет северо-западное простирание, а севернее г. Касимова, резко сужаясь, поворачивает на север и переходит в упомянутую выше флексурно-разрывную зону. В Сасовском грабене фундамент опущен до (—3500) ÷ (—4000) м [16]. Ширина грабена составляет 25—35 км. Он асимметричен: восточное крыло более пологое по сравнению с западным. Ограничивающие грабен согласные с ним разломы северо-западного простирания представляют сбросы с амплитудой до 2000 м. По мнению Р.Н. Валева [7], грабен секут разломы северо-восточного простирания, имеющие сдвиговый характер. От основного Пачелмского авлакогена грабен отделяется Чучковским выступом клинообразной формы. В пределах выступа фундамент находится на глубинах от —2300 до —1500 м.

Юго-восточнее г. Касимова в фундаменте выделяется еще несколько локальных дугообразных зон поднятий и прогибов, параллельных описанным, но они малоамплитудны и далеко не прослеживаются.

Образование Пачелмского авлакогена и его Сасовской ветви связано с авлакогенной или рифтовой стадией развития Восточно-Европейской плат-



Разновозрастные и разноглубинные структурные элементы Окско-Цнинского вала: А — поверхность кристаллического основания, Б — герцинская структура, В — современная структура; 1 — изогипсы поверхности архейско-протерозойского фундамента, 2 — скважина и глубина до поверхности фундамента, м, 3 — осевые линии зон поднятия (а) и опускания (б) поверхности кристаллического основания, 4 — изогипсы по кровле верейского горизонта среднего карбона, 5 — оси второстепенных поднятий в каменноугольных отложениях; 6 — глубинные разрывные нарушения, 7 — границы современного поднятия Окско-Цнинского вала, 8 — обобщенные ступени относительно поднятых (а — 160—180 м, б — 140—150, в — 130—140) и опущенных (з) зон

формы [5, 7, 25], датированной рифеем и ранним вендом (от 1650 до 650 млн. лет). В течение рифея горизонтальное растяжение коры дважды сменялось сжатием на рубежах раннего—среднего и среднего—позднего рифея [17, 18]. Считается, что уже тогда могло начаться инверсионное развитие структур над авлакогенами, в результате которого выполняющие их осадки стали «выпучиваться», что позже привело к формированию многих надавлакогенных валов. На образование и конфигурацию описанных зон поднятий и прогибов в зоне Окско-Цнинского вала значительное влияние, вероятно, оказывал Токмовский свод.

В начале плитного поздневенд-фанерозойского этапа структурный план района претерпел изменения, вызванные прогибанием, охватившим обширные площади Восточно-Европейской платформы. Над Пачелмским авлакогеном начал развиваться менее контрастный Рязано-Саратовский прогиб. В районе Окско-Цнинского вала отмечается совпадение как положительных, так и отрицательных структурных элементов, установленных по поверхности верхневендских отложений, со структурами фундамента. По данным [8], Касимовский прогиб того времени наследует Сасовский грабен, несколько отклоняясь от его простирания к северо-западу (против часовой стрелки). Однако в отличие от предшествующего этапа наиболее прогнутая часть прогиба находилась не на юге, а севернее. В конце венда прогиб

гиб продолжал существовать, но мощность осадков сократилась, что свидетельствует об общем поднятии территории.

В кембрии, ордовике, силуре и раннем девоне рассматриваемая территория вместе с прилегающими областями представляла сушу. Согласно Р.Н. Валееву [7], структура досреднедевонской поверхности в сглаженном виде еще проявляла структуры фундамента.

Со среднего девона и до начала карбона район Окско-Цнинского вала находился в условиях прогибания и морского осадконакопления, однако был приурочен либо к присклоновой части прогиба, либо к участку относительного поднятия в прогибе [10]. Данные М.И. Островского [19], Н.Т. Сазонова [21] и Р.Н. Валеева [7] свидетельствуют, что уже по кровле терригенного девона здесь фиксировалось валообразное поднятие, осложняющее западный склон Токмовского свода.

Отсутствие в разрезе отложений многих горизонтов нижнего и всего среднего карбона показывает, что территория Окско-Цнинского вала была то частью обширного поднятия, занимавшего всю восточную часть Московской синеклизы («Центральное поднятие», по Л.М. Бириной [4]), то находилась в области неравномерных прогибаний и морской трансгрессии. Окско-Цнинский вал, особенно его южная часть, неоднократно фиксируется мелководными фациями осадков, сокращенными мощностями отдельных горизонтов, вплоть до их выклинивания, т.е. выходом отдельных участков из-под уровня моря [4, 5, 9, 24].

В пермский период большая часть вала, за исключением северной периферии и восточного крыла, испытывала устойчивое поднятие. Однако и область опускания представляла собой мелководные участки морского бассейна, где подводному поднятию отвечали сокращенные мощности осадков. Окончательное формирование вала как наземной формы началось, вероятно, в конце перми, когда на всем протяжении вала установились континентальные условия.

Таким образом, в результате позднепалеозойских тектонических движений на юго-восточном склоне Московской синеклизы были сформированы Окско-Цнинский вал и сопряженные с ним прогибы — Владимиро-Шилловский на западе и Вязниковско-Ковернинский на востоке [9]. В герцинской структуре Окско-Цнинский вал представляет собой асимметричную антиклиналь с пологим ($1-2^\circ$) восточным и относительно крутым ($7-8^\circ$) западным крыльями. Он протягивается от долины р. Клязьмы на севере до пос. Морсово на юге более чем на 350 км. В плане вал имеет форму пологой выпуклой на запад дуги.

Ядро антиклинали сложено каменноугольными отложениями, ось ее постепенно погружается к северу, в связи с чем в этом направлении на поверхность выходят все более молодые горизонты каменноугольной системы. Крылья вала на севере образованы пермскими породами, а на юге, где последние отсутствуют, юрскими и меловыми. Главное поднятие осложнено многочисленными структурами III порядка, приуроченными к западному крылу (см. рисунок, Б) и представленными кулисно подставляющими одна другую очень пологими антиклиналями и разделяющими их седловинами. Западные крылья этих антиклиналей, как и у основного поднятия, круче восточных.

Формирование вала в палеозое одни исследователи [1, 3, 13] связывают с тангенциальным давлением с востока, со стороны активного пояса

Уральского орогена. Согласно другой точке зрения [4, 5, 11, 12], вал образовался в результате блоковых движений фундамента платформы. Дугообразная в плане форма вала, асимметричное строение с крутым западным крылом свидетельствуют скорее в пользу первой точки зрения, а простирающиеся локальные структуры вала, образующие устойчивый левокулисный ряд, показывают, что давление было косым, направленным с северо-востока. Сказанное подтверждает отчасти система трещиноватости в каменноугольных известняках, в которой преобладают диагональные направления, при слабом развитии ортогональной системы трещин. На это указано в работах [2, 20].

Сопоставление структуры палеозойских отложений вала со структурой фундамента показывает в общем согласованное их простираение. В северной и северо-восточной частях наследуется и форма структуры, где палеозойское антиклинальное поднятие совпадает с поднятием фундамента. В центральной же и особенно южной частях вала палеозойскому поднятию в структуре поверхности фундамента соответствует Сасовский грабен, а по поверхности венда — Касимовский прогиб.

В течение триаса, ранней и средней юры сохранялись континентальные условия и герцинское поднятие продолжало разрушаться. Осадки келловейской и оксфордской морских трансгрессий легли на денудированную поверхность палеозойских пород с несогласием, причем мощности осадков на своде были сокращенными по сравнению с восточным крылом (на западном крыле седиментации не было, так как оно не заливалось морем).

В меловую эпоху прогибанием были захвачены лишь отдельные участки крыльев вала — восточного в районе Касимова и западного в районе Шацка, т.е. вал был проявлен уже по всей длине как поднятие, разделявшее морские бассейны (Московской синеклизы на северо-западе и Прикаспийской синеклизы на юго-востоке) и служившее источником сноса обломочного материала. В течение юрского и мелового времени неоднократно происходили пологие деформации изгиба, о чем свидетельствуют залегание соответствующих отложений и угловые несогласия между ними.

В плиоцене, после длительного этапа эрозионно-денудационного выравнивания рельефа в позднем мелу, палеогене и миоцене, началась активизация развития Окско-Цнинского вала. Формирование его новейшей структуры продолжалось в течение всего четвертичного периода. Современный вал в целом представляет собой хорошо выраженное в рельефе пологое сводообразное поднятие субмеридионального простираения [15]. При этом сохраняется общая асимметрия структуры: западное крыло круче восточного. В отличие от герцинской структуры наиболее поднята северная часть.

Основное поднятие состоит из продольных относительно поднятых и опущенных второстепенных зон, фиксируемых основными элементами рельефа, деформациями эрозионно-денудационных уровней и эрозионно-аккумулятивных и аккумулятивных речных террас, характером экзогенных процессов (см. рисунок, В). Стадийность формирования структуры в целом и отдельных ее зон выражена развитием на склонах поднятия разновозрастных ступеней рельефа — от позднемиоценовой до голоценовых. Продольная зональность подчеркивается ярко проявленными меридиональными линейными элементами, играющими значительную роль в современной структуре и рельефе вала и представленными прежде всего речной сетью, в том числе древними погребенными глубокими и широкими долинами.

Продольная зональность осложнена поперечными зонами, границы которых проявлены отчетливыми линеаментами, причем в северной части вала преобладающими являются линеаменты северо-восточных простираний, в южной — северо-западных простираний [15, 23].

О продолжающемся современном поднятии вала свидетельствуют расширение свода, скатывание с него соответственно к западу и востоку современных продольных речных долин Судогды, Колпи, Унжи, Тетруха, резкое оживление эрозионных процессов на склонах вала.

По отношению к древним структурам новейшее поднятие вала является несогласным. В общем прямолинейное оно сечет дугообразно огибающие Токмовский свод протерозой-палеозойские формы, согласуясь с ними по простиранию лишь на центральном участке, севернее antecedentного участка Оки. В северной части вала субмеридиональное простирание новейшего поднятия несогласно относительно северо-восточного, характерного для палеозойской и протерозойской структур. Еще более резко несогласие проявлено в южной части вала, где он пересекает простирания в северо-западном—юго-восточном направлении протерозойские и палеозойские структуры Пачелмского авлакогена и Рязано-Саратовского прогиба, уходя за их пределы на юг.

Морфология современной структуры вала в общем плане позволяет связывать его формирование с субширотным сжатием, направленным, как и в палеозое, со стороны Токмовского свода. Однако обращает на себя внимание своеобразие морфологии субмеридиональных речных долин, маркирующих отрицательные зоны новейшей тектонической структуры, которое позволяет интерпретировать их как зоны растяжения. Последние же не согласуются с направлением указанного выше сжатия. Кроме того, независимость неотектонического структурного плана вала относительно более древних структур, выход его на юг за пределы структур Токмовского свода и Рязано-Саратовского прогиба в область меридионального Окско-Донского неотектонического прогиба, а также очевидное пространственное и морфологическое единство с последним позволяют предполагать генетическую связь четвертичной структуры Окско-Цнинского вала и с развитием этого прогиба. Некоторые общие представления о геодинамических условиях развития рассматриваемой территории под воздействием Кавказского сегмента Альпийской геодинамической системы рассмотрены нами в работах [14, 15].

Таким образом, на протяжении длительной истории развития структурная обстановка в пределах Окско-Цнинского вала менялась в соответствии с изменявшимися геодинамическими условиями. Наиболее отчетливые и резкие изменения произошли в позднем венде, в начале и в конце палеозоя, а также в плиоцене. Степень переработки древних структур молодыми наиболее высока в южной части вала. Мы предполагаем, что на таких участках, которые характеризуются особенно резкими структурными несогласиями разновозрастных и разноглубинных слоев, современное напряженное состояние геологической среды может быть аномальным по интенсивности, направленности векторов главных напряжений и дифференцированности. Это может быть причиной повышенной активности геологических процессов, которые в той или иной мере зависят от напряженного состояния и влияют на инженерно-геологические, экологические и другие условия среды.

1. Архангельский А. Д. Об Окско-Цнинском вале и Рязано-Костромском прогибе // Изв. Моск. отд. Геолкома. Петербург. 1919. Т. 1.
2. Баева Р. И., Николаева Т. В. Азимутальные простирания планетарных трещин в разновозрастных комплексах пород // Разведка и охрана недр. 1997. № 1.
3. Бакиров А. А. Главнейшие черты тектонического развития внутренней части Русской платформы // К геологии центральных областей Русской платформы. М., 1951.
4. Бирнина Л. М. Нижнекаменноугольные отложения центральной части Московской синеклизы (строение, залегание и условия образования). М., 1953.
5. Богданов А. А. Об основных структурных элементах земной коры // Тектоника платформ и складчатых областей. М., 1976.
6. Богословский Н. А. Общая геологическая карта России, лист 73 // Тр. Геолкома. Нов. сер. СПб., 1906. В. 16.
7. Валеев Р. Н. Авлакогены Восточно-Европейской платформы. М., 1978.
8. Владимиров Т. В., Капустин И. Н., Федоров Д. Л. Особенности тектоники верхневендских отложений Московской синеклизы в связи с проблемой их нефтегазоносности // Геотектоника. 1998. № 6.
9. Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Московская, листы N—37—VI, XII, XVIII, XXIV. Объяснительные записки. М., 1977, 1978, 1964, 1970.
10. Геологическое строение центральных областей Русской платформы / Под ред. С.К. Нечитайло. Л., 1957.
11. Дорохов В. Я. К вопросу о генезисе платформенных структур II и III порядков // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1960. № 1.
12. Жуков В. А. Тектоника и структура Московской палеозойской котловины // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1945. Т. XX (5).
13. Карпинский А. П. Каменноугольные отложения южной половины Окско-Цнинского вала // Изв. Мосгеолтреста. 1937. Т. 4.
14. Макаров В. И. Региональные особенности новейшей геодинамики платформенных территорий в связи с оценкой их тектонической активности // Недр Поволжья и Прикаспия. Саратов. 1996. В. 13.
15. Макарова Н. В., Макаров В. И., Гептнер Т. М., Суханова Т. В. Новейшая тектоника Окско-Цнинского вала // Вест. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1999. № 3.
16. Международная тектоническая карта Европы и смежных областей м-ба 1 : 2 500 000. 2-е изд. М., 1981.
17. Милановский Е. Е., Никишин А. М., Фурнэ А. В. Рифейская эволюция Восточно-Европейского кратона // Докл. РАН. 1994. Т. 339. № 4.
18. Никишин А. М., Фурнэ А. В., Циглер П. Рифейско-вендская геологическая история и геодинамика Восточно-Европейского кратона // Вест. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1997. № 4.
19. Островский М. И. Новые данные о геологическом строении Центральных областей Русской платформы в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности // Тр. ВНИГНИ. 1970. В. 81.
20. Пермяков Е. Н. Тектоническая трещиноватость Русской платформы. М., 1949.
21. Сазонов Н. Т. Тектоническое строение Центральных областей Русской платформы на основании анализа структурной карты по кровле терригенных отложений визейского горизонта // Тр. ВНИГНИ. 1970. В. 81.
22. Сибирицев Н. М. Общая геологическая карта России. Лист 72 // Тр. Геолкома. 1896. Т. XV. № 2.
23. Суханова Т. В., Макарова Н. В. Отражение новейшей структуры Окско-Цнинского вала на космических снимках // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Мат. конференции, посвященной 90-летию Г.П. Горшкова. М.: МГУ, 1999.
24. Хохлов П. С. Тектоника и история формирования зоны Керенско-Чембарских и Сурско-Мокшинских дислокаций. М., 1955.

25. Ш а т с к и й Н. С. О древнейших отложениях складчатого чехла Русской платформы и об ее структуре в древнем палеозое // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1952. № 1.

Московский государственный университет

Институт геозкологии РАН