

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ ПЛИТЫ

Э.М. Горбунова, Г.Н. Иванченко

Анализ региональных структур центральной части Русской плиты выполнен на основе комплексирования данных по геологическому и геоморфологическому картированию территории, визуальному и автоматизированному дешифрированию космоснимков. Прослеживается частичная взаимосвязь между глубинным строением и структурами, выделенными в рельефе поверхности кристаллического фундамента и неоднозначно проявленными в осадочном чехле. Выполненные исследования позволили наметить основные черты неотектонического плана территории, локализовать и проследить геодинамическую активность отдельных морфоструктур.

Общие сведения

Геодинамическое районирование центральной части Русской плиты выполнено на основе анализа структурных планов фундамента, осадочного чехла и рельефа [Иванченко, Горбунова, 2009]. Центральным объектом наблюдений является территория геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево» (ГФО «Михнево»), в пределах которой проводятся комплексные измерения геофизических полей.

В геоморфологическом плане район исследований находится в пределах Москворецко-Окской равнины. На уровне осадочного чехла территория ГФО «Михнево» расположена севернее Нелидово-Рязанской субширотной зоны (НРШЗ) [Горбунова, Иванченко, 2004], трассирующей северную субширотную границу переходной зоны между Московской синеклизой и Воронежской антеклизой. По поверхности кристаллического фундамента рассматриваемый регион тяготеет к осевой части глубинной ЮВ-СЗ межблоковой зоны корово-мантийного заложения.

Региональные изменения геодинамических условий на разных этапах геологической истории отражены в эволюции сложноструктурированной геологической среды района исследований и проявились азимутальными различиями разновозрастных структурных планов, изменениями формы тектонических дислокаций или степени их активности. Геодинамическая активность ряда морфоструктур на неотектоническом этапе развития подчеркнута положением протяженных линеаментов и линий анизотропии, сопряженных с кольцевыми формами.

Методика исследований

Для выделения границ геоблоков и межблоковых зон на уровне кристаллического фундамента и в осадочном чехле привлечены данные геофизических исследований и геологического картирования территории. На основе собранных материалов построены геологические и структурно-геоморфологические разрезы [Гос. геол. карта М-37, (38), 2001; Гос. гел. карта N-37, (38), 1999]. Для выявления и уточнения положения локальных структурных форм и разрывно-трещинных зон составлены карты-схемы по опорным горизонтам осадочного чехла.

На следующем этапе исследований выполнен сравнительный анализ эволюции региональных структур, выделенных на поверхности кристаллического фундамента и прослеженных в осадочном чехле и рельефе. Для оценки новейших структурно-геодинамических условий области исследований привлечены методы визуального и автоматизированного дешифрирования (программа Lessa) космических изображений системы Landsat [Zlatopolsky, 1992].

В рисунке современной поверхности выявлено широкое распространение своеобразных линейных структур, условно названных малыми (элементарными) линеаментами, которые используются для построения протяженных линеаментов разных направлений и роз-диаграмм. В процессе обработки роз-диаграмм выделяются преимущественно доминирующие направления осей в виде малых линеаментов, в последующем сгруппированные в протяженные линии анизотропии, сконцентрированные в компактные, часто плавно изогнутые линеаментные зоны или зоны анизотропии. Наряду с протяженными линеаментными формами прослежен ряд «кольцевых» образований, представленных различиями роз-диаграмм, позволяющих выделить области преимущественного изменения форм роз-диаграмм малых линеаментов.

Статистический анализ и структура полей линеаментов (наличие градиентных зон изменений характеристик форм линеаментов) подтверждают выраженность региональных тектонических блоков и граничных зон в ландшафте. Сравнительный анализ всей совокупности результатов дешифрирования космических снимков территории исследований с глубиной залегания подошвы земной коры, разновозрастными структурными планами поверхности кристаллического фундамента, опорных горизонтов осадочного чехла и рельефа земной поверхности использован для оценки геодинамической активности рассматриваемых разнорядковых структур.

Глубинное строение

Блоково-иерархическое строение центральной части Русской плиты характеризуется наличием двух мегаблоков 1-го порядка, северо-восточным и южным, кото-

Палеоре́льеф кристаллического фундамента (абс.отм., км)

<0,0	0,0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	>-3,0 км
------	-----	------	------	------	------	------	------	----------

- 44 1
- Ю 2
- ПА 3
- ЛЗ 4
- МНУ 5
- Тула 6

134

В пределах рассматриваемых мегаблоков выделяются геоблоки 2-го порядка, ограниченные разломами корового заложения. В южном мегаблоке центральное положение занимает Лосевская зона надвигового типа, разделяющая Курский (западный) и Хоперский (восточный) геоблоки, характеризующиеся различным структурно-вещественным составом. Северная граница южного мегаблока трассируется Нелидово-Рязанской субширотной зоной. В северном геоблоке прослежена межблоковая зона сложного состава с изменяющимся простираем: с юго-востока частично освоена Сасовским грабеном, с севера представлена толщей милонитизированных пород.

Изостатическое равновесие структурного плана территории исследований обусловлено изменением глубины поверхности Мохоровичича: опускание под мегаблоками и поднятие под межблоковыми зонами. Выделяются два локальных прогиба поверхности Мохоровичича изометричной формы, несколько удлиненные в субмеридиональном направлении и достигающие глубины 50 км под мегаблоками [Юдахин и др., 2003]. Под межблоковыми зонами прослеживается поднятие поверхности Мохоровичича, не превышающее 40 км под узлом сочленения.

Рельеф поверхности кристаллического фундамента характеризуется общим плавным погружением в северо-восточном направлении: от 100–150 м на юге и юго-западе территории до 2 км на севере (рис. 1). В пределах Подмосковского и Пачелмского авлакогенов отмечается значительное переуглубление поверхности кристаллического фундамента до 3–4 км соответственно. Наиболее резкие перепады глубин тяготеют к разломам, ограничивающим авлакогены, и к внутренним разломам, разделяющим авлакогены на горсты и грабены.

В южной части территории наиболее приподнятое положение поверхности кристаллического фундамента приурочено к зоне глубокого залегания поверхности Мохоровичича, что, вероятно, свидетельствует об изостатическом равновесии южного мегаблока. На северо-востоке территории пониженные отметки палеорельефа кристаллического фундамента совпадают с глубоким залеганием поверхности Мохоровичича, что указывает на изостатическую нестабильность северного мегаблока.

Осадочный чехол

В осадочном чехле отдельные структуры фундамента находят свое отражение, глубинные границы мегаблоков проявлены довольно «размытыми» зонами локализации деформаций. Границам структур поверхности кристаллического фундамента (авлакогенам, в целом, и их ступеням) соответствуют отдельные линейные поднятия, структурные террасы, флексуры, зафиксированные по реперным горизонтам. Последние свидетельствуют о геодинамической активности плиты на разных этапах геологической истории развития региона.

Надпорядковые структуры осадочного чехла – Воронежская антеклиз и Московская синеклиза – представляют собой пару сопряженных структур с устойчивыми тенденциями к нисходящим движениям синеклизы и восходящим – антеклизы. В структурно-геологическом плане граница между Воронежской антеклизой и Московской синеклизой смещена на юг относительно положения глубинной ЮВ-СЗ межблоковой зоны корово-мантийного заложения и имеет преимущественно субширотное направление (рис. 2).

Граница между рассматриваемыми структурами обозначена условно в плане, так как представляет собой переходную зону, расположенную на общем склоне,

приуроченном к смене гармоник складчатости в геологическом разрезе. Положение переходной зоны маркируется системой субширотно ориентированных валов и прогибов. С севера выделенная переходная зона ограничена Нелидово-Рязанской шовной зоной, которая прослежена и на платформенном этапе осадконакопления.

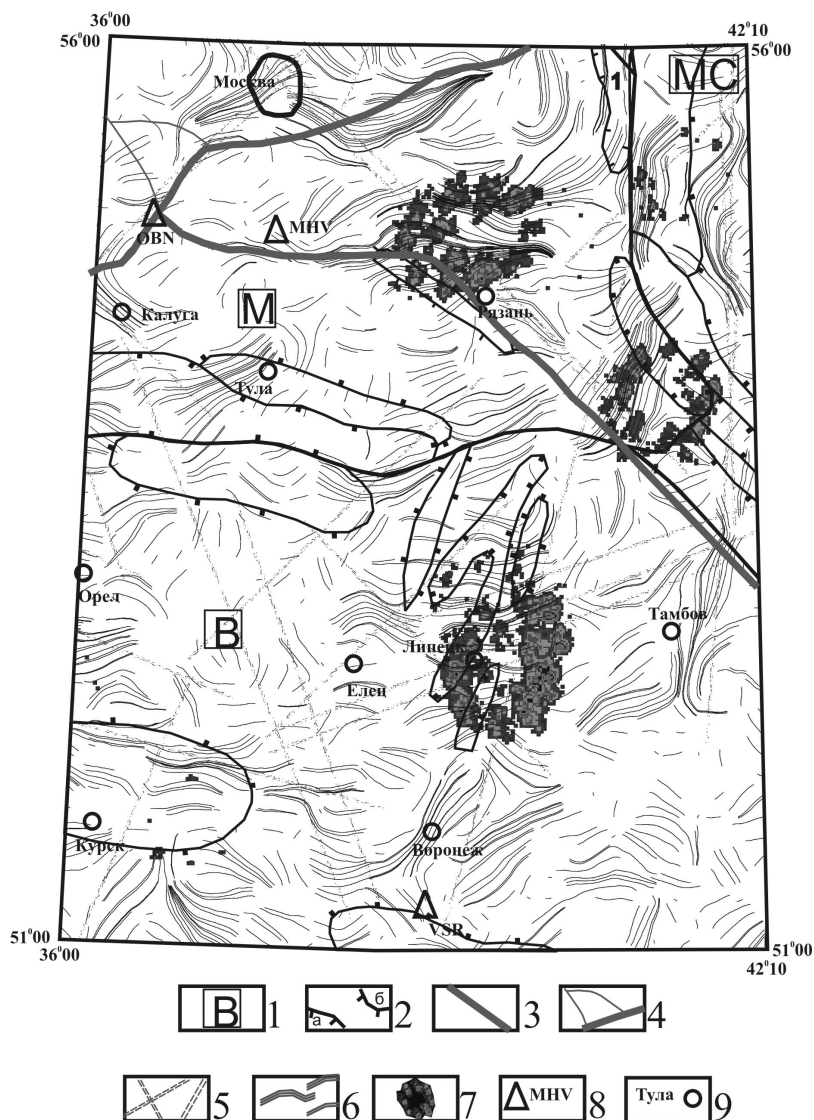


Рис. 2. Совмещенный план структур осадочного чехла и линеаментных форм (1, 2) – осадочный чехол: 1 – надпорядковые структуры: М – Московская синеклиза, В – Воронежская антеклиза, МС – Муромско-Сердобская зона линейных структур; 2 – пликативные структуры: а – прогибы, б – валы; (3, 4) – элементы неотектонического строения: 3 – границы неотектонических блоков; 4 – Обнинская морфоструктура; (5–7) – линеаменты и линеаментные формы: 5 – протяженные линеаменты, 6 – линии анизотропии, 7 – «кольцевые» структуры; (8) – сейсмические станции ГС РАН: ОВН – «Обнинск», МНУ – «Михнево»; 9 – города)

В пределах Воронежской антеклизы осадочный чехол характеризуется высоким гипсометрическим положением кровли кристаллического фундамента, сокращенными мощностями палеозойских и мезозойских образований с моноклинальным залеганием на северо-восток, полным отсутствием рифейских и вендских отложений.

Московская синеклиза хорошо выражена в условиях распространения вендских и фанерозойских отложений и распределения их мощности. Она наложена на погребенные структуры докембрийского фундамента (Подмосковный авлакоген, северо-западная часть Пачелмского авлакогена).

Межблоковые зоны, выделенные на уровне кристаллического фундамента, трассируются системой валов и впадин в осадочном чехле. В пределах северного мегаблока система надпорядковых структур ориентирована субмеридионально и приурочена к западной границе Муромско-Сердобской зоны (северная часть Окско-Цнинского вала). В южном мегаблоке северо-западная граница Лосевской зоны надвигового типа также контролируется субмеридионально ориентированными валами и прогибами.

Морфоструктурный план

На неотектоническом этапе происходило становление рельефа. Крупные неотектонические структуры отличаются разной степенью согласованности со структурными планами осадочного чехла и поверхности кристаллического фундамента [Иванченко, Горбунова, 2009]. Среднерусская возвышенность, унаследованно формирующаяся в пределах Воронежской антеклизы, характеризуется восходящим типом движения. К области распространения Московской синеклизы тяготеют Москворецко-Окская равнина и Мещерская низменность. Окско-Донская равнина, распространенная в восточной части территории, сформирована в пределах Муромско-Сердобской зоны линейных структур, выделенной на уровне осадочного чехла.

Граница между Среднерусской возвышенностью, Москворецко-Окской равниной и Мещерской низменностью соответствует ранее выделенной межблоковой зоне корово-мантийного заложения ЮВ-СЗ простираения и представлена равнинной территорией, в пределах которой распространены Заокская и Заосетренская равнины. В качестве северной субширотной границы Среднерусской возвышенности выступает субширотная линеаментная зона – НРШЗ, трассируемая комплексом отложений и форм рельефа долины р. Оки и расположенная южнее ГФО «Михнево» [Горбунова, Иванченко, 2004].

На плане линеаментных форм НРШЗ выражена системой субширотно ориентированных линий анизотропии и является границей между Москворецко-Окской относительно опущенной древнеледниковой равниной и существенно иначе построенным Заокским высоким эрозионно-денудационным плато (Среднерусская возвышенность), соответствующим северному склону свода Воронежской антеклизы (рис. 2). Подмосковная равнина тяготеет к межблоковой зоне З-ЮЗ – В-СВ простираения.

Положение выделенных переходных зон в рельефе частично совпадает с линейными границами между разновысотными ступенями, обозначенными на карте геоморфолого-тектонического районирования [Карта..., 1984], но характеризуется большей областью распространения. На северо-западе территории прослеживается длительно живущая структура, соответствующая сочленению глубинных разломов корово-мантийного заложения, выраженная в осадочном чехле областью сопряжения блоков разного порядка. В морфоструктурном плане – тяготеет к дизъюнктив-

ному узлу активизированных линеаментов, унаследовано эволюционирующих на протяжении всей истории геологического развития региона (рис. 3). В пределах рассматриваемой области сочленения протяженных линейных структур расположена ГС РАН «Обнинск».

Изменчивость рельефа Московского региона и геодинамическая обстановка отражены в рисунке и структуре поля линеаментных форм. В современном ландшафте линеаменты и линеаментные формы с различной степенью достоверности отражают отдельные элементы глубинных структур (прежде всего их ориентировку), в отдельных случаях они отвечают распространению и условиям залегания слоев осадочного покрова и способствуют структурно-геодинамическим реконструкциям.

В пределах рассматриваемой территории прослежены серии разноориентированных линеаментных зон. Преобладают зоны СВ-ЮЗ направления, согласованные, в целом, с общим геолого-структурным планом территории (рис. 2). Вкрест простираения основных структур трассируется линеаментная зона ЮВ-СЗ простираения – Москворецкий линеамент, состоящая из серии субпараллельных протяженных линеаментов, на которой замыкается часть протяженных линеаментов северо-восточного направления.

В области сопряжения ЮВ-СЗ зоны с СВ-ЮЗ протяженными линеаментами установлено соответствующее изменение плана линий тока, разворот северо-восточного плана простираения на северо-западный. Фрагментарно Москворецкий линеамент соответствует положению границы переходной зоны на уровне осадочного чехла и межблоковой зоны корово-мантийного залегания ЮВ-СЗ простираения, косвенно свидетельствует о геодинамической активности отдельных участков, проявляющихся на разновозрастных структурных планах территории исследований.

Вдоль восточной границы рассматриваемой территории прослежена вытянутая в субмеридиональном направлении область сгущения линий анизотропии, приуроченная к Окско-Цнинской системе валов и прогибов (рис. 2). Погребенные рифейские авлакогены характеризуются ортогональным положением линий анизотропии относительно их простираения. Над Пачелмским авлакогеном ориентировка линий анизотропии северо-восточная, подчеркивающая поперечную сегментацию этой отрицательной структуры. Вдоль простираения Подмосковского авлакогена ориентировка и степень сгущения линий анизотропии изменяется неравномерно.

Лосевская зона надвигового типа выражена в поле малых линеаментов сгущениями линий анизотропии, расположенными вкрест простираения рассматриваемой зоны. Сопоставление условий формирования Лосевской зоны на уровне кристаллического фундамента, осадочного чехла и рельефа указывает на смещение восточной границы по направлению к центральной части положительной структуры – Воронежской антеклизы. Положение ее западной границы заверено сериями протяженных линеаментов.

Геодинамически активные районы характеризуются разной степенью согласованности планов поверхности кристаллического фундамента и осадочного чехла и выражены в поле линеаментов в виде «кольцевых» образований (рис. 1, 2). На севере территории выделенная «кольцевая» структура приурочена к сочленению Осетринского линеамента, Нелидово-Рязанской линеаментной зоны с Москворецким протяженным линеаментом и подчеркнута сгущением линий анизотропии. Положение рассматриваемой структуры на уровне осадочного чехла контролируется флексуорообразным перегибом, по поверхности фундамента тяготеет к периклинальному замыканию Пачелмского авлакогена.

Восточная «кольцевая» структура приурочена к зоне пересечения ортогонально ориентированных протяженных линеаментов, сопровождаемых повышением плотности линий анизотропии, и расположена над узлом сопряжения Московской синеклизы, Воронежской антеклизы и Муромско-Сердобской зоной линейных структур, распространенных в осадочном чехле. Положение узла сопряжения проецируется на уровне фундамента в область примыкания Сасовского грабена к Пачелмскому авлакогену.

Южная «кольцевая» структура находится в месте пересечения систем протяженных линеаментов субмеридионального и З-ЮЗ – В-СВ направлений и характеризуется сгущением линий анизотропии. Положение южной «кольцевой» структуры в осадочном чехле совпадает с системой линейных складок, а на уровне кристаллического фундамента – с осевой частью Лосевской зоны. Следует отметить, что под северной и южной «кольцевыми» структурами прослеживаются переуглубления поверхности Мохоровичича до глубины 50 км.

В современном поле напряжений особое положение занимает субмеридиональный линеамент, трассирующий размещение серии «кольцевых» образований: наряду с четко выраженными восточной и южной «кольцевыми» структурами вдоль него также прослежен ряд второстепенных кольцевых структур. Выявленная закономерность, вероятно, свидетельствует об активности протяженного субмеридионального линеамента, контролирующего смену рисунка линий анизотропии.

Заключение

Иерархично-блоковое строение территории исследований характеризуется наличием двух мегаблоков и мобильными зонами корово-мантийного заложения. При сопоставлении рельефа поверхности кристаллического фундамента с поверхностью Мохоровичича прослежено площадное совпадение структурных планов.

Положение поднятия, разделяющего изометричные зоны с контрастным положением глубин залегания поверхности Мохоровичича, трассируется серией глубинных разломов корово-мантийного заложения, контролирующих положение Пачелмского и Подмосковского рифейских авлакогенов. На уровне осадочного чехла мобильная зона глубокого заложения соответствует переходной зоне между Московской синеклизой и Воронежской антеклизой.

Пространственная неоднородность свойств геолого-геофизической среды косвенно выражена в линеаментных формах анизотропии, частично проявляющих ориентировку глубинных структур. Расположение «кольцевых» структур предопределено особенностями строения кристаллического фундамента и осадочного чехла и, вероятно, свидетельствует о наличии геодинамически активных морфоструктур в современном поле напряжений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 10-05-00917-а).

Литература

Горбунова Э.М., Иванченко Г.Н. Структурно-тектоническое районирование Приокского участка Нелидово-Рязанской шовной зоны с привлечением данных дистанционного зондирования // Динамика взаимодействующих геосфер: сб. научных трудов ИДГ РАН М.: ГЕОС, 2004. С. 91–104.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист М-37, (38) – Воронеж. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. 363 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист N-37, (38) – Москва. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 1999. 344 с.

Иванченко Г.Н., Горбунова Э.М. Морфоструктуры и геодинамическая обстановка как факторы, влияющие на геолого-геофизические параметры среды // Проблемы взаимодействия геосфер: сб. научных трудов ИДГ РАН М.: ГЕОС, 2009. С. 123–130.

Карта геоморфолого-тектонического районирования нечерноземной зоны РСФСР (под общ.ред.ак.Сергеева Е.М.) М.: ГУГК СМ СССР, 1984.

Юдахин Ф.Н., Шукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 300 с.

Zlatopolsky A. Program LESSA (Lineament extraction and stripe statistical analysis) Automated linear image features analysis – experimental results // Computers and Geosciences. 1992. Vol. 18, No. 9. P. 1121–1126.