

# ГЕОЛОГО-ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ЕГО ОТРАЖЕНИЕ В СТРУКТУРАХ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА

По результатам современной высокоточной аэромагнитной съемки выполнено геолого-тектоническое картирование архейско-нижнепротерозойского кристаллического основания и рельефа его поверхности. Откартирована зона тройного сочленения древних континентов: Фенноскандии, Сарматии и Волго-Уралии. Показывается унаследование рельефом современной дневной поверхности древних (докембрийских) геолого-тектонических форм, а также определяющее значение для структур фанерозойской части разреза и современной тектонической активности древней геолого-тектонической делимости.

В рамках программы по обновлению геофизической основы для новой серии листов Государственной геологической карты масштаба 1:200 000 на территории центральной части Восточно-Европейской платформы ГНПП "Аэрогеофизика" проводит современную комплексную высокоточную аэромагнитную съемку масштаба 1:50 000. Высокое качество используемых новейших технических средств, современные компьютерные технологии обработки и интерпретации данных позволяют получать принципиально новое качество геофизической информации о строении осадочного чехла, петрофизических характеристиках пород, слагающих верхнюю часть разреза кристаллического фундамента и глубине его залегания. Сопоставление выделяемых разноглубинных структурных форм в вертикальном разрезе, в свою очередь, приводит к выделению элементов прямой или обратной унаследованности структур, позволяющему, в ряде случаев, осуществить переход от статических к динамическим и ретроспективным системам.

В настоящей статье приводятся результаты геологической интерпретации новых данных по юго-западной части Московской синеклизы примерно в границах территории современной Московской области. На рис. 1 показана карта аномального магнитного поля этой территории и карта одной из его локальной составляющих.

## 1. Геолого-тектоническое строение верхней части разреза кристаллического фундамента

Выполненные исследования показали, что тектоническая структура верхней части разреза кристаллического фундамента представляет собой гетерогенное и гетерохронное образование, разделяющееся по петрофизическим характеристикам, предполагаемому составу и возрасту пород, типам, возрасту и характеру главных деформаций на отдельные структурно-вещественно-петрофизические области (СВПО). В пределах областей выделены одноименные стратифицированные вещественно-петрофизические комплексы слагающих их образований. Всего выделено шесть СВПО, с северо-запада на юго-восток: Лотошинская, Дмитровская, Московская, Серпуховская и Сокольническо-Веневская, рис. 2.

Наиболее древними по возрасту слагающих пород и

времени главных деформаций являются образования Лотошинской и Сокольническо-Веневской СВПО, наиболее молодой – Московской, образования Дмитровской и Серпуховской СВПО, по-видимому, занимают в геохронологической шкале промежуточное положение.

На схеме геолого-тектонического строения, рис. 3, для каждой СВПО показана относительная возрастная

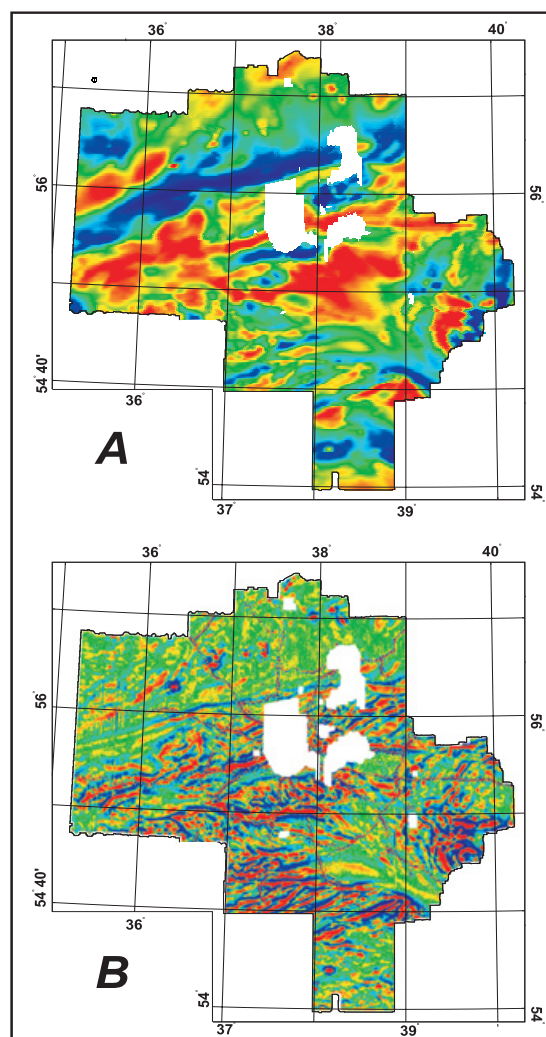


Рис. 1. Карта аномального магнитного поля (А) и его локальной составляющей (В) для территории Московской области.

последовательность залегания элементарных объектов картирования в вещественно-петрофизических комплексах, намечены субизометричные интрузивные тела, нарушающие первичную расслоенность, а также результаты интерпретации границ между выделяемыми образованиями с подразделением на нормальные геологические и тектонические различного порядка.

На рис. 4 приведена схема изменчивости петрофизических характеристик элементарных вещественно-петрофизических подразделений для каждой СВПО с учетом относительной последовательности формирования главных элементов геолого-тектонической делимости. Имеющиеся данные позволяют дать описание структурно-вещественно-петрофизических характеристик выделенных главных элементов тектонической делимости.

**Лотошинская структурно-вещественно-петрофизическая область** расположена в северо-восточной части района работ. Предполагаемый вещественный состав нижней части комплекса представлен переслаиванием амфиболитов, гнейсов амфибол-биотит-плагноклазовых с гранатом, местами мигматитизированных, метасоматитами, а верхней части – мигматитизированными гнейсами и мигматитами по гнейсам плагноклазовым и биотит-плагноклазовым. Интрузивные образования в пределах Лотошинской области устанавливаются только в зоне ее тектонического контакта с Дмитровской СВПО: отмечается несколько субизометричных тел пород, близких по физическим свойствам к плагногранитам или сиенитам.

Тектоническая структура области неоднородна. Вблизи границы с Дмитровской СВПО преобладают складчатые структуры линейной формы с простираем, параллельным этой границе. Как правило, вдоль границы фиксируется антиклинальная структура, сменяющаяся в северо-западном направлении синклиальной формой.

По мере удаления от шовной зоны складчатые формы теряют отчетливые признаки линейности и начинают приближаться по морфологии к брахиформам, т.е. основными пликативными формами, характерными для Лотошинской области являются брахиструктуры. Линейные же складчатые формы, сформировавшиеся, по-видимому, позднее, характеризуют зону тектонического контакта с относительно молодой складчатой областью. Из разрывных нарушений удалось зафиксировать преимущественно направления ортогональных к простираению осей складок, для которых характерны, в основном, вертикальные перемещения.

Сопоставляя вероятные состав, возраст и структурные особенности территории Лотошинской области с главными элементами тектонической делимости фундамента Восточно-Европейской платформы (Зоненшайн и др., 1990), можно предполагать, что вся эта область, в целом, является фрагментом наиболее древнего в структуре кристаллического фундамента архейского кратона (архона), реоморфизованного в протерозое – окаймленного купола.

**Сокольническо-Веневская структурно-вещественно-петрофизическая область** расположена в самой южной части территории и отчетливо разделяется на две подобласти: Сокольническую и Веневскую. В пределах Веневской пробурены две глубокие скважины, вскрывшие фундамент. Петрофизические и вещественные характеристики пород позволяют сопоставлять образования веневского комплекса с образованиями обоянской серии. Воз-

раст пород оценен как раннеархейский. Вероятный состав пород – переслаивание гнейсов и габбро-амфиболитов.

Для территории выхода на поверхность фундамента образований сокольнического комплекса также предполагается сопоставление с частью наиболее древних образований в регионе - с породами обоянской серии. Основываясь на этом, и на петрофизических характеристиках пород можно предполагать, что сокольнический комплекс представлен здесь, в основном, мигматитами и полимигматитами по гнейсам плагноклазовым, биотит-плагноклазовым с амфиболом. Эти образования соответствуют нижней части архейской акротемы. Развитие интрузивных образований предполагается только в пределах Веневской подобласти. Они представлены тремя субизометричными объектами с петрофизическими параметрами, близкими к плагногранитам или гранодиоритам.

Тектоническая структура Сокольническо-Веневской области может быть охарактеризована по тому небольшому фрагменту, который удалось изучить в рамках работ по проекту (Рис. 3). Здесь можно отметить относительную приподнятость ее южной части, тектонический контакт между субобластями, наличие линейных пликативных структур, осевые линии которых субпараллельны этому контакту. В пределах Веневской подобласти отмечается приуроченность интрузивных тел к осевым линиям антиклинальных складок. Совокупность приведенных характеристик: вероятные состав, возраст и структурные особенности Сокольническо-Веневской СВПО не исключают предположения о наличии здесь фрагмента наиболее древнего в структуре фундамента архейского кратона (архона), реоморфизованного в протерозое – ядра окаймленного купола (Сокольническая подобласть) и его оболочки (Веневская подобласть).

**Дмитровская структурно-вещественно-петрофизическая область** расположена на севере и северо-востоке территории. Изученные петрофизические и стратиграфические особенности образований слагающего ее комплекса, общая пространственная позиция территории позволяют предполагать, что нижняя часть дмитровского комплекса представляет собой толщу переслаивания амфиболитов и амфиболовых сланцев с вероятным распространением и мигматитов по этим образованиям. Для верхней части при аналогичном составе субстрата вероятно более существенное развитие мигматитизации.

Интрузивные образования в пределах Дмитровской СВПО проявлены наиболее значимо по сравнению с другими фрагментами (Рис. 3). Здесь намечаются контуры интрузивных тел, как субизометричных и секущих стратифицированные образования, так и линейных вытянутых, залегающих согласно со слоистостью метаморфического субстрата. Среди субизометричных секущих интрузивных образований намечаются: плагнограниты или сиениты, гранодиориты или диориты, габбро, диабазы, перидотиты. Отсутствие отчетливых дислокаций у выделенных тел свидетельствует об их относительно молодом, постскладчатом возрасте. Линейные интрузивные тела по физическим свойствам похожи на серпентинизированные габбро. Участие последних в складчатых структурах предполагает для них наиболее древний возраст по сравнению с другими магматическими образованиями.

Тектоническая структура Дмитровской СВПО (Рис. 3) в общем виде может быть охарактеризована как



Рис. 2. Главные элементы геолого-тектонической делимости верхней части разреза кристаллического фундамента Московского региона (структурно-вещественно-петрофизические области и зоны).

сложнопостроенное складчато-блоковое клиновидное сооружение горст-антиклинорного типа. Сопоставляя вероятные состав, возраст и структурные особенности Дмитровской СВПО с главными элементами тектонической делимости фундамента Восточно-Европейской платформы (Зоненшайн и др., 1990), можно предполагать, что вся эта область, в целом, является фрагментом позднеархейского зеленокаменного пояса.

**Сerpуховская структурно-вещественно-петрофизическая область** при первичном районировании по материалам аэромагнитометрии и гравиметрии была разделена на четыре части, отличающихся некоторыми специфическими особенностями (Рис. 2). Однако, анализ петрофизических характеристик стратифицированных вещественно-петрофизических образований не позволил выделить значимых различий между ними.

Результаты бурения, вещественно-петрофизические характеристики, а также пространственная позиция территории распространения серпуховского комплекса позволили сопоставлять его нижнюю часть с михайловской серией, а среднюю и верхнюю – с курской серией Воронежского кристаллического массива. В этом случае можно предполагать, что нижняя часть комплекса представлена парагнейсами по песчаникам и сланцам с прослоями мраморов, средняя часть – в основании сложена ортогнейсами по основным эффузивам, а выше – парагнейсами по песчаникам и сланцам, верхняя часть в основании содержит либо ортогнейсы по основным породам, либо железистые кварциты, и выше – переслаивание пара- и ортопород. По всему разрезу вероятно развиты мигматиты, возможно наиболее проявленные в верхней части. Из интрузивных образований выделено одно тело субизометричной формы, которое сопоставлено с плагиогранитами или сиенитами.

Тектоническая структура Серпуховской СВПО может быть охарактеризована как сложнопостроенное блоково-складчатое сооружение синклинорного типа. В ее пределах выделяются четыре крупных тектонических блока, отличающихся по некоторым особенностям деформаций: Серпуховская, Воскресенская, Пущинская и Шатурская

зоны (Рис. 2). Границы между зонами имеют извилистый вид, что может соответствовать разрывным нарушениям с пологим сместителем – надвигом. Ориентировка осей складок Серпуховской СВПО имеет веерообразный рисунок. Подобная структура, по-видимому, связана с обликанием складками Украинско-Воронежского (на юго-западе) и Волго-Уральского (на востоке) сегментов областей архейской кратонизации.

Сопоставляя состав, возраст и структурные особенности Серпуховской СВПО с главными элементами тектонической делимости фундамента (Зоненшайн и др., 1990), можно полагать, что область является фрагментом раннепротерозойского зеленокаменного пояса.

**Московская структурно-вещественно-петрофизическая область** образует широкую полосу восток-северо-восточного простирания, протягивающуюся через центральную часть территории. Приведенные (рис. 4) характеристики подразделений московского комплекса указывают на его четкое расчленение, прежде всего по плотности слагающих пород на две части: нижнюю и верхнюю.

Для Московской СВПО известны данные о кристаллическом фундаменте по 7 глубоким скважинам. Петрофизические характеристики предполагаемых в ней образований позволяют проводить достаточно уверенную их корреляцию с образованиями брянской серии нижнего протерозоя. В этом случае нижняя часть комплекса представляет собой переслаивание плагиогнейсов, в различной степени чарнокитизированных, а верхняя – гранулитов биотит-гиперстеновых,

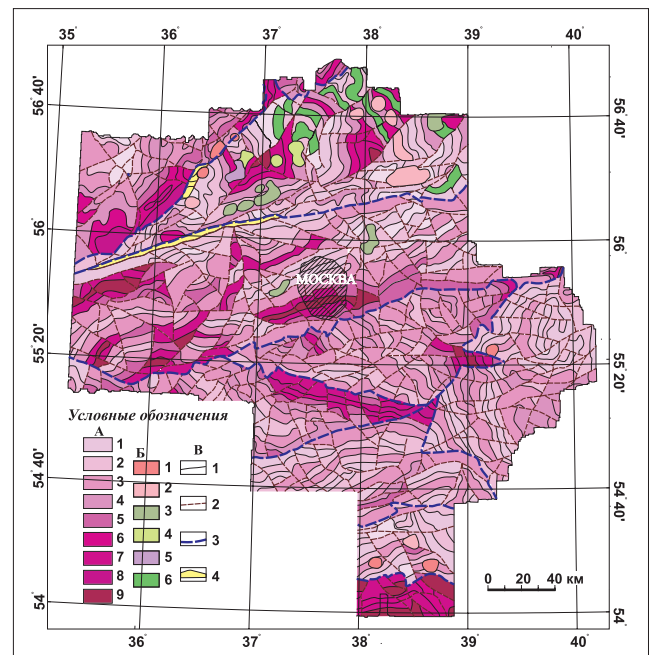


Рис. 3. Схема геолого-тектонического строения верхней части разреза кристаллического фундамента территории Московской области. А. Стратифицированные вещественно-петрофизические комплексы отдельно для каждой СВПО (1, 2, ... 7 – предполагаемая последовательность залегания сверху вниз). Б. Субизометричные интрузивные тела, нарушающие первичную расчлененность (1 – плагиограниты или сиениты, 2 – гранодиориты или диориты, 3 – габбро, 4 – диабазы, 5 – перидотиты, 6 – габбро серпентинизированное). В. Границы между выделенными образованиями: 1 – нормальные геологические, 2 – тектонические, 3 – то же между СВПО и зонами, 4 – зоны милонитизации и катаклаза в масштабе схемы.

плагноклаз-гиперстеновых, гранат-плагноклазовых с пачкой кристаллических сланцев в самой верхней части разреза. Из интрузивных образований здесь предполагается наличие двух тел, соответствующих габбро. Одно из них расположено в зоне Щелковских скважин, вскрывших кроме метаморфических пород габбро-нориты.

Тектоническая структура Московской СВПО достаточно проста (Рис. 3). Она образует собой крупную синклинорную форму, состоящую из линейных, параллельных, положительных и отрицательных складчатых форм. В целом, с запада на восток по простиранию можно отметить “омоложение” образований, слагающих осевую часть складчатой области, что указывает на ее погружение в этом направлении. Разрывные нарушения устанавливаются преимущественно вкрест простирания складчатости. Интрузивные образования габброидов приурочены к осевой части синклинория. Анализируя состав, возраст и структурные особенности территории Московской СВПО с главными элементами тектонической делимости фундамента (Зоненшайн и др., 1990), можно предполагать, что область, в целом, является фрагментом раннепротерозойского гранулитового пояса.

В структуре докембрийского основания Восточно-Европейской платформы территория Московской области занимает особую тектоническую позицию. Она охватывает область тройного сочленения главных тектонических блоков (континентов) платформы, которые (Bogdanova, 1993) именуются Фенноскандией (северо-восток), Волго-Уралией (юго-восток) и Сарматией (юго-запад). Проведенные исследования показали особенности строения зоны сочленения.

## 2. Структуры современного рельефа поверхности кристаллического фундамента

Главные структуры современного рельефа поверхности фундамента выделены в результате интерпретации материалов аэромагнитной съемки и разделены на положительные, переходные и субизометричные отрицательные и линейные отрицательные (Рис. 5).

*К главным положительным структурам* отнесены: Решетниковский вал, Тучковско-Черноголовкинский, Домодедовский, Серпуховско-Каширский, Северо-Мещерский, Рошальский выступы и Куровской гребень.

Решетниковский вал оконтурен на территории выделяемого ранее Нелидовского выступа. Вал отчетливо прослеживается в северо-восточном направлении от западной до северной границ площади аэросъемки. Средние абсолютные отметки его осевой части колеблются около –1200 м, создавая относительные превышения над окружающими структурами в 500 – 700 м. Конфигурация вала хорошо совпадает с зоной развития линейной складчатости в юго-восточной части Лотошинской области фундамента, которая выше описана как предполагаемая фронтальная часть надвига нижнеархейских пород на нижнепротерозойские. Отражение этой структуры фундамента в его рельефе, по-видимому, свидетельствует об активизации древнего надвига на этапе формирования рельефа.

Тучковско-Черноголовкинский выступ разделен на две части: западную и восточную с границей в районе Звенигородской депрессии. Абсолютные отметки западной части колеблются от –1500 до –1300 м, относительные превышения ( $\Delta H$ ) над структурами, расположенны-

ми к северу – 300 – 400 м, к югу – (Подмосковный авлакоген) измеряются первыми тысячами метров. Для восточной части выступа изменчивость абс. отметок рельефа колеблется от –1700 до –1300 м,  $\Delta H$  - аналогичны западной части. Вся территория выступа отчетливо совпадает с центральной частью Московской СВПО, а простирание линейных структур рельефа с простиранием осей складчатых форм в фундаменте.

Домодедовский выступ образует относительно небольшую положительную структуру. Абс. отметки поверхности фундамента колеблются от –1700 до –1500 м. Сопоставляя морфологические особенности выступа с геолого-тектоническим строением фундамента, можно увидеть целый ряд коррелирующих элементов. Это либо разрывные нарушения, либо оси пликативных структур, либо отдельные разновидности вещественно-петрофизических образований. Центральная часть выступа практически совпадает с наиболее эродированным (приподнятым) ядром антиклинальной складки.

Куровской гребень наименее контрастен. Обрамление гребня осевыми линиями складчатых форм фундамента свидетельствует о связи процесса формирования рельефа древней поверхности с тектоническими формами его внутреннего строения. Абс. отметки наиболее приподнятой части гребня не превышают, по-видимому, –1600 м,  $\Delta H$  над расположенными южнее структурами 100-200 м, над осевыми частями фрагментов Подмосковного авлакогена – 2 – 2,5 тыс. м.

Серпуховско-Каширский выступ представлен фрагментом на юго-западе исследованной площади. Средние абс. отметки в пределах его поверхности плавно возрастают с северо-запада на юго-восток с –1200 м до –1000 м. На этом фоне отмечаются небольшие вытянутые и неправильной формы поднятия и впадины с генеральным простиранием их осевых линий в ВСВ направлении. Относительные превышения между ними обычно около 100 м. Сопоставление общего контура и локальных структур рельефа выступа с геолого-тектоническим строением фундамента указывает на наличие целого ряда коррелирующихся элементов. Общая конфигурация выступа совпадает с площадями Серпуховской и Пушкинской структурно-фациальных зон.

Северо-Мещерский выступ границей субмеридионального простирания разделяется на две части: восточную, более приподнятую, и западную, опущенную. Для восточной части выступа характерны абс. отметки поверхности фундамента –1100 – –900 м, для западной – 1400 – –1100 м. Поверхность выступа осложнена локальными линейными впадинами и поднятиями с амплитудой около 100 м. Локальные положительные и отрицательные формы поверхности выступа хорошо согласуются с линейными ядрами складок в фундаменте, местами полностью совпадая в плане. Да и сам контур поднятия хорошо совпадает в плане с ядром антиклинорной структуры в складчатом основании.

*Переходные и субизометричные отрицательные формы* представлены соответственно ступенями: Микулинской, Запрудненской, Рузско-Софринской, Новомосковской и депрессиями: Звенигородской, Кривандинской, Шатурской, Воскресенской; Нарофоминским желобом и Коломенскими валами, табл. 1.

*Главные линейные отрицательные структуры*

представлены Гжатско-Сергиев-Посадским, Подмосковным, Пачелмским авлакогенами и сопряженными с последними двумя Егорьевским и Барыбинским желобами.

Гжатско-Сергиев-Посадский авлакоген пересекает исследованную территорию с запада на восток. В его пределах уверенно выделяются три отрезка: западный, относительно погруженный с отметками до -3500 - -3000 м; центральный, наиболее узкий и менее погруженный фрагмент - -2500 - -2000 м; и восточный, плавно погружающийся на восток. На этом фоне в районе г. Софрино наблюдается локальный максимум глубины до 4000 м. Рассматривая положение авлакогена по отношению к структурам фундамента (Рис. 2) можно видеть его четкую приуроченность к зоне тектонического контакта Московской и Дмитровской СВПО. Совпадение южной границы грабена с зоной разлома, а всего его контура с зоной приразломных дислокаций Дмитровской СВПО наглядно свидетельствует о связанных механизмах образования этих структур.

Подмосковный авлакоген также пересекает исследованную площадь с запада на восток параллельно Гжатско-Сергиев-Посадскому. По простирацию в зависимости от изменчивости глубины по осевой линии может быть разделен на несколько фрагментов. Самый крайний, западный фрагмент, вероятно, имеет отметку центральной части днища около -4000 м. Далее, после небольшой перемычки на восток до г. Москвы происходит достаточно плавное погружение структуры от -2500 - 2000 м до -4000 - -3500 м в ее самой глубокой части. Затем намечается общее поднятие днища грабена до отметки -2000 - -2500 м на востоке площади. По приуроченности к структурам складчатого основания Подмосковный авлакоген также четко совпадает с границей Московской СВПО, но залегает не за пределами этой области, а внутри нее. Значительная часть авлакогена (центральная) отчетливо совпадает с осью линейной антиклинальной складки.

Пачелмский авлакоген расположен в южной половине изученной площади. Его днище плавно погружаются на юго-восток от абс. отметок около -2000 м до -4000 м.

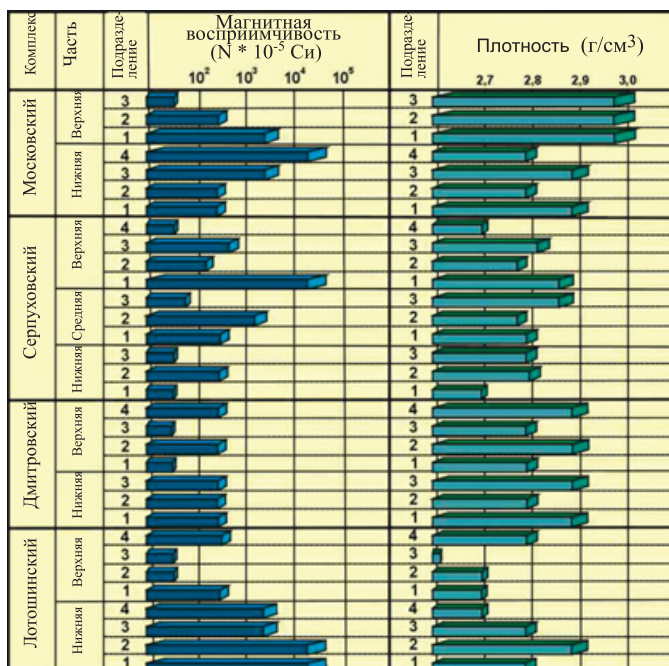


Рис. 4. Петрофизические характеристики главных стратифицированных вещественно-петрофизических комплексов региона.

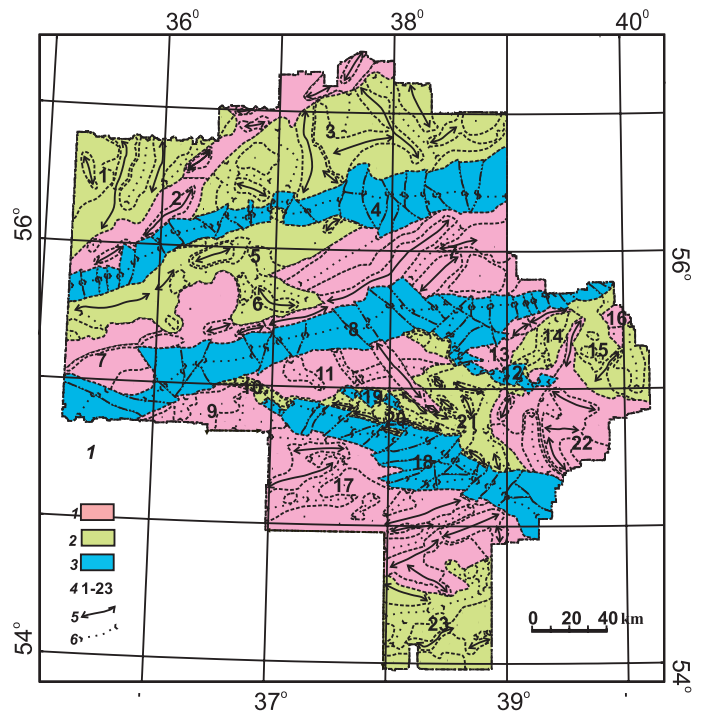


Рис. 5. Схема структур рельефа поверхности кристаллического фундамента. Положительные формы: 2 - Решетниковский вал, 7 - Тучковско-Черногловкинский выступ, 9 - северная часть Серпуховско-Каширского выступа, 11 - Домодедовский выступ, 13 - Куровской гребень, 16 - Рошальский выступ, 17 - центральная и южная части Серпуховско-Каширского выступа, 22 - Северо-Межерский выступ; Переходные и субизометричные отрицательные формы: 1 - Микулинская ступень, 3 - Запрудненская ступень, 5 - Рузско-Софринская ступень, 6 - Звенигородская депрессия, 10 - Нарофоминский желоб, 14 - Кривандинская депрессия, 15 - Шатурская депрессия, 20 - Коломенские валы, 21 - Воскресенская депрессия, 23 - Новомосковская ступень; Линейные отрицательные формы: 4 - Гжатско-Сергиев-Посадский авлакоген, 8 - Подмосковный авлакоген, 12 - Егорьевский желоб, 18 - Пачелмский авлакоген, 19 - Барыбинский желоб.

На этом фоне отмечаются отдельные блоки, нарушающие плавное падение осевой линии днища. При сопоставлении контура структуры с тектоническим строением фундамента обнаруживается (Рис. 3) его весьма четкое совпадение (до пересечения с участком меридионального колена р. Оки) с границами крупной антиклинальной складки в восточной части Серпуховской структурно-фациальной зоны. При этом северо-восточная граница грабена отчетливо совпадает с границей крупного тектонического нарушения, разделяющего две структурно-фациальные зоны Серпуховской СВПО.

Интересно, что и отмеченные выше осложнения в падении днища авлакогена в ЮВ направлении хорошо разграничиваются крупными разрывными нарушениями в фундаменте. Приведенные сопоставления позволяют

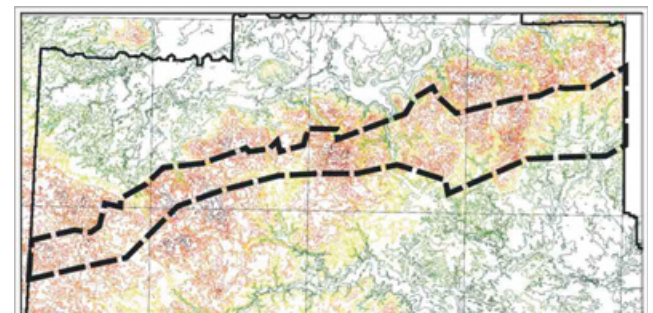


Рис. 6. Границы Гжатско-Сергиев-Посадского авлакогена (черный пунктир) и современный дневной рельеф.

рассматривать Пачелмский авлакоген, как структуру явно инверсионную по отношению к породам фундамента.

Егорьевский и Барыбинский желоба образуют небольшие ответвления от главных структур и напоминают по внешнему виду фрагменты структуры типа “ласточкин хвост” – типичную структуру в зонах замыкания авлакогенов.

### 3. Особенности отражения глубинных тектонических структур в рельефе современной дневной поверхности и неотектонических явлениях

Приведенные данные о глубинном строении изученной территории при сопоставлении с основными формами рельефа современной дневной поверхности региона позволили заметить целый ряд специфических пространственных совпадений. Прежде всего, главные положительные структуры современного рельефа Московской области самым явным образом отражают глубинные неоднородности особых тектонических зон фундамента. И оказалось, что они пространственно соответствуют древним авлакогенам.

На рис. 6 подобное соответствие иллюстрируется на примере Гжатско-Сергиев-Посадского авлакогена, где показан контур авлакогена (по результатам аэромагнитной съемки), а цветом обозначен современный дневной рельеф. При сопоставлении видно, что границам древнего авлакогена практически полностью соответствует Клиско-Дмитровская гряда современного рельефа. Выше показано, что пространственная позиция авлакогена четко связана с тектонической границей между Дмитровской и Московской структурно-вещественно-петрофизическими областями между архейским и раннепротерозойским комплексами.

Аналогично в современном дневном рельефе обозначена позиция Пачелмского авлакогена, отражающегося не только положительными структурами рельефа, но и ортогональной формой современной речной сети в его контурах, явно указывающей на молодые положительные движения в контурах структуры. И эта позиция авлакогена отчетливо связана со структурами древнего кристаллического основания.

Приведенные примеры указывают на общую современную активность древних структур фундамента, проявляющихся вдоль границ между главными докембрийскими тектоническими блоками. Но и внутри древних крупных блоков фундамента часто фиксируются особые пространственные сочетания структурных форм, указывающие на специфическую

унаследованность современным дневным рельефом древних тектонических образований.

Один из наиболее показательных примеров такого сочетания - территория на востоке Московской области, являющаяся центром распространения современных торфяных болот Шатурского района (Рис. 7). Область максимального развития торфяных болот явным образом приурочена к ядру синклинойной складки в докембрийском основании. Этой отрицательной структуре соответствует впадина в рельефе поверхности фундамента. Следовательно, здесь зафиксирована четкая прямая унаследованность современным дневным рельефом древних погребенных структурных форм.

Другой пример приведен по центральной части региона (Рис. 8). Русло современной реки четко совпадает в плане с осевой линией крупной синклинойной складки в докембрийских метаморфических образованиях. И это же русло отчетливо совмещается с осевой зоной крупной линейной впадины в рельефе кристаллического основания, т.е. имеет место прямое унаследование современным рельефом древних структур. Подобные примеры могут иллюстрироваться далее и далее. Весьма показательным оказывается направление течения верхней (до г. Москва) части р. Москва, кото-

Наименование структуры и средние отметки поверхности фундамента	Локальные формы рельефа поверхности фундамента	Особенности корреляции форм рельефа и структур фундамента
Микулинская ступень. -1600 – -1400 м	Линейные положительные и отрицательные формы субмеридионального простирания с относительными амплитудами до 200 м.	Общее совпадение ступени с полого дислоцированной частью Лотошинской СВПО. Локальные формы рельефа ступени обнаруживают совпадение с пликвативными структурами фундамента. Знак деформаций рельефа и структур фундамента противоположный.
Запрудненская ступень. От -2000 – -1800 м на западе до -2100 – -2200 м (на востоке)	Субизометричные и линейные разноориентированные поднятия с амплитудой около 100 м.	Помимо общего совпадения направлений ориентации осей тектонических структур в фундаменте и в его рельефе, отмечается практически полное совпадение осевых линий ряда структурных форм на двух рассматриваемых уровнях.
Русско-Софринская ступень и Звенигородская депрессия. Около -1700 – -1600 м	Превышения локальных форм над базисом до 200 м.	Для ступени – общая параллельность осевых линий складок в кристаллическом фундаменте и локальных структурных форм его рельефа. Для депрессии – внешние ограничения хорошо совпадающие с разрывными нарушениями в фундаменте..
Нарофоминский желоб. -1800 – -1600 м	Небольшая отрицательная структура, на границе нескольких крупных структурных форм	В фундаменте приурочивается к ядру антиклинальной складки и крупному разрывному нарушению, разделяющему Серпуховскую и Воскресенскую зоны Серпуховской СВПО.
Кривандинская депрессия. От -1600 м в крайних частях до -2000 м в центральной части	В СЗ части округлы с относительной амплитудой около 100 м. В ЮВ части – линейный субмеридиональный прогиб с относительной глубиной более 200 м.	Кривандинской депрессии соответствует восточная часть Шатурской структурно-фациальной зоны Серпуховской СВПО. Осевые части депрессии совпадают с осевыми частями крупных синклиналичных структур.
Шатурская депрессия. -2000 – -1800 м	Прогиб с северо-восточным простиранием оси.	В геологической структуре фундамента хорошо совпадает с узкой синклиналичной складкой.
Воскресенская депрессия. На западе -1800 – -1600 м, на востоке -1700 – -1500 м	Локальные линейные положительные структуры ССЗ простирания и с относительными превышениями около 100 м.	Наблюдается достаточно отчетливая площадная корреляция конфигурации депрессии с синклинойной структурной формой складчатого основания.
Коломенские валы. -1800 – -1500 м	Относительные превышения в пределах 100–200 м.	Тяготеют к крупному тектоническому нарушению в фундаменте – границе между Серпуховской и Воскресенской зонами Серпуховской СВПО.
Новомосковская ступень. от -1500 до -1200 м	Сквозная ветвящаяся локальная структура с относительной глубиной до 200 м.	Общая ориентировка осей складок в фундаменте и линейных структур рельефа его поверхности достаточно близки, хотя конкретные оси и знаки чаще не совпадают

Табл. Основные характеристики переходных и субизометричных отрицательных форм рельефа поверхности фундамента.

рая с севера обтекает в В-СВ направлении положительную форму современного рельефа над Подмосковным авлакогеном. Прорезая эту форму в районе г. Москва, река принимает юго-восточное направление течения в соответствии с простираем главных складчатых форм в кристаллическом основании. Реки Нара и Протва скатываются с той же положительной структуры в том же направлении.

Особый интерес в сопоставлении древних и современных структурных форм может быть обозначен для участка Решетниковского надвигового вала. Здесь можно зафиксировать целый ансамбль пространственно сопряженных геологических образований, сформированных в широком диапазоне геологической истории. С одной стороны, это шовная зона между двумя крупными тектоническими блоками, которая обусловила формирование в ЮВ части Лотошинской СВПО линейных северо-восточного простираения преднадвиговых складок в архейском основании. В поверхности рельефа фундамента эта шовная зона проявилась линейным валом также СВ простираения. А в современном рельефе осевая водораздельная линия легла еще более к юго-востоку от шовной надвиговой границы, как бы подчеркивая не только факт проявленности субгоризонтальных тектонических дислокаций, но и предоставляя возможность определения угла падения сместителя и амплитуды подвижек.

Сопоставление карты рельефа подошвы новейших отложений Московской области (Рис. 9) с приведенными нашими данными о глубинном геолого-тектоническом строении территории позволяет увидеть много общего. Так, для всего Гжатско-Сергиев-Посадского авлакогена отмечается положительная деформация подошвы новейших толщ. То же характерно для западной части Подмосковского авлакогена и северо-западной части Пачелмского. Современное опускание территории фиксируется на севере Московской области, которая пространственно совпадает с Лотошинской и Дмитровской СВПО кристаллического основания.

Интересным оказывается сопоставление вертикальных амплитуд рассматриваемых разноуровневых тектонических деформаций. Так, ширина сложной синклинойной формы в кристаллическом основании (Рис. 7) близка к 20 км, что даже при средних углах падения крыльев структуры указывает на ее амплитуду не менее 10 – 15 км. Для выделенной на этом месте субизометричной Кривандинской депрессии в рельефе поверхности фундамента отрицательная амплитуда близка к 400 – 500 м. В современном же рельефе земной поверхности превышения водоразделов над местностью развития Шатурских болот измеряются первыми десятками метров. Близкие соотношения амплитуд отрицательных структурных форм фиксируются и на рис. 8.

Для территории Клиньско-Дмитровской гряды, представляющей собой молодую положительную инверсионную структуру над Гжатско-Сергиев-Посадским авлакогеном, характерны превышения современного дневного рельефа над окружающими территориями в 100 и более метров. Для авлакогена здесь, напротив, характерны отрицательные амплитуды близкие и превышающие 1 – 1.5 км.

Полученные данные о масштабах вертикальных амплитуд для структур различного уровня глубинности позволяют предполагать, что амплитуды структур кристаллического основания (от многих км до первых десятков км) и рельефа его поверхности (первые и многие сотни метров) различаются примерно в 20 – 40 раз, а амплитуды структур ре-

льефа фундамента и современной земной поверхности (от первых до нескольких десятков м) в 10 – 20 раз. Можно ожидать, что и в осадочном чехле платформы на изученной территории значительная часть деформаций характеризуется амплитудами, уменьшающимися снизу вверх по разрезу.

И.Б. Карасик и А.К. Певнев (1997) приводят данные о скоростях современных вертикальных движений по территории Москвы и окрестностей, измеренных по результатам повторного нивелирования в 1957 и 1978 г.г. Южная и юго-западная части города отделены от остальной территории линией, скорость вертикальных движений вдоль которой резко изменяется на 1 – 1,5 мм в год. Южная и ЮЗ части города испытывают относительное воздымание, а остальная часть – опускание. Эта линия совпадает с границей между Тучковско-Черноголовкинским выступом фундамента на севере и Подмосковным авлакогеном на юге, которая, в свою очередь, совмещается с крупным разрывным нарушением в фундаменте на границе раннепротерозойских синклинойной и антиклинойной форм, что может свидетельствовать о продолжающейся его активности до настоящего времени.

## Заключение

1. Кристаллическое основание территории Московской области представляет собой зону сочленения между древними континентами: Фенноскандией, Волго-Уралией и Сарматией. В пределах зоны выделены несколько основных геолого-тектонических областей, формирование которых может быть отнесено к трем главным фазам развития платформы в архейско-раннепротерозойское время. Выделены Лотошинская и Сокольническо-Веневская структурно-вещественно-петрофизические области, которые, вероятно, образуют наиболее древние фрагменты Фенноскандии и Сарматии, соответственно. Для них предполагается раннеархейский возраст и формационная принадлежность к образованиям, связанным с окаймленными гранитными куполами.

Далее от центра древних континентов откартированы Дмитровская и Серпуховская структурно-вещественно-петрофизические области. Предполагается, что эти области в позднеархейское время нарастили по обрамлению раннеархейские континенты и формационно относятся к зеленокаменным поясам. При этом, для Дмитровской СВПО предполагается широкое развитие магматических образований различного состава, в то время как практически вся территория Серпуховской СВПО практически амагматична. Важным является то, что структурно-вещественно-петрофизические характеристики образований Серпуховской области, обрамляющие древние архоны Сарматии и Волго-Уралии, практически не отличаются.

Наиболее молодой по возрасту формирования кристаллического основания является структура Московской СВПО. Она прямолинейно рассекает все ранее сложившиеся соотношения между древними структурно-вещественно-петрофизическими областями, имея наиболее дискордантные соотношения с областями, расположенными на юге и относительно более согласные с северными. Предполагаемый возраст консолидации структур Московской СВПО – ранний протерозой, наиболее вероятная формационная позиция – гранулитовый пояс.

Внутри выделенных областей адекватно масштабу проведенной аэромагнитной съемки и глубине залегания под чехлом кристаллического основания выделены

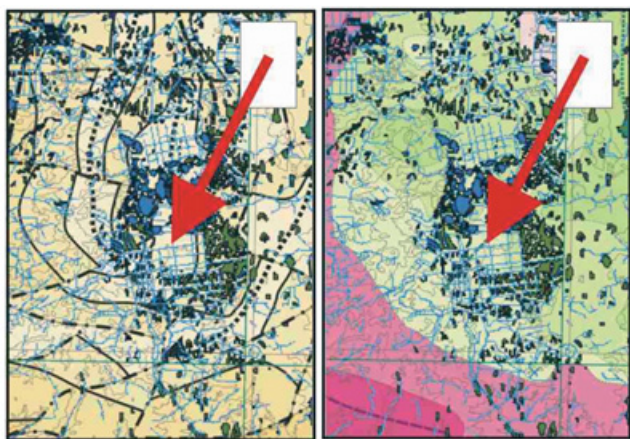


Рис. 7. Сопоставление современных особенностей поверхности (болота, торфяные скопления) со структурой кристаллического основания (слева) и рельефом его поверхности (справа). Стрелка указывает на центр древних структурных форм.

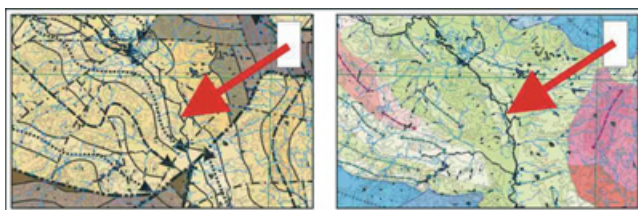


Рис. 8. Сопоставление современных особенностей поверхности рельефа с древними структурными формами по участку Воскресенской депрессии: геолого-тектоническая карта кристаллического основания (слева) и схема рельефа поверхности фундамента (справа). Стрелка указывает на современное русло реки Москва.

и откартированы элементарные вещественно-петрофизические неоднородности и образуемые ими пликативные и дизъюнктивные нарушения, оказавшиеся специфическими для каждой из областей.

2. Современный рельеф поверхности кристаллического фундамента в значительной степени унаследован от его древнего геолого-тектонического плана. При средней глубине залегания метаморфогенного основания около 1.4 – 1.8 км здесь прорисовываются три главные структурные формы, разрезающие древний пенеплен на отдельные части. Это Гжатско-Сергиев-Посадский, Подмосковский и Пачелмский авлакогены. И здесь важно, что пространственная позиция каждого из них определяется структурой кристаллического основания. Так, первый из названных авлакогенов оказывается приуроченным к шовной зоне между Дмитровской и Московской структурно-вещественно-петрофизическими областями фундамента, второй – к границе между Московской и Серпуховской СВПО, третий – к границе между крупными блоками в пределах Серпуховской области.

Внутри фрагментов древнего пенеплена локальные формы современного рельефа фундамента, как правило, также хорошо согласованы со структурными неоднородностями его геолого-тектонического строения, т.е. рельеф поверхности фундамента может рассматриваться как рельеф структурный.

3. Рельеф современной дневной поверхности также в существенной мере оказывается структурным и тесно связанным с поверхностью и геолого-тектоническим планом фундамента. Эта связь обычно опосредована через рельеф поверхности фундамента и проявляется либо в прямой,

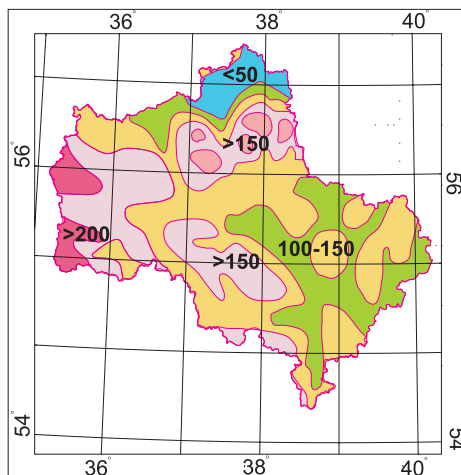


Рис. 9. Рельеф (метры) подошвы новейших отложенной территории Московской области по Мецержякову Ю.А.

либо в инверсионной форме. Практически во всех изученных ситуациях наиболее крупные формы рельефа современной дневной поверхности оказываются тем или иным образом связаны со структурами фундамента.

4. Сопоставленные с архейско-нижнепротерозойским структурным планом данные по неотектонической и современной тектонической активности территории позволили увидеть динамику и масштабы действия механизмов унаследования. Неотектонические структурные формы явно коррелируются со структурами фундамента и современные процессы преобразования рельефа также определяются его геолого-тектоническими неоднородностями. Соотношение общих масштабов тектонических деформаций уменьшается снизу вверх примерно в логарифмическом масштабе.

5. Из изложенного следует, что для центральной части Восточно-Европейской платформы, вдали от крупных молодых складчатых форм, главными элементами, определяющими развитие деформаций осадочного чехла, вплоть до формирования и изменения структурных форм современного дневного рельефа, являются элементарные геолого-тектонические образования фундамента, сформированные, главным образом, в дофанерозойское время. Картирование кристаллического основания проведено по результатам современных высокоточных аэромагнитных съемок.

## Литература

- Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. *Тектоника литосферных плит территории СССР*. В 2 кн. М. Недра. 1990. Кн. 1.  
 Карасик И.Б., Певнев А.К. О современных движениях земной коры в Москве. *Геодезия и картография*, №5, 1997. 25-31.  
 Bogdanova S., The three-segment hypothesis for the East European Craton. *Abstr. EUG VII*, Strasbourg, 4-8 April, 1993 Terra Nova, 5. 313.

**Владимир Анатольевич  
Цыганов**

Главный геолог ГНПП  
“Аэрогеофизика”. Доктор  
г.-м. н., Академик РАЕН.



Окончил Московский геологоразведочный институт им. С. Орджоникидзе по специальности “Геологическая съемка и поиски месторождений полезных ископаемых”. Опубликовано 87 научных работ. Область научных интересов: надежность геолого-исследовательских систем, геологическая психология, геологическая интерпретация аэрогеофизических данных.