

УДК 551.242.5

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА КИРОВСКО-КАЖИМСКОГО АВЛАКОГЕНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

© 2014 г. В. В. Удоратин

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН
167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54
E-mail: udoratin@geo.komisc.ru

Поступила в редакцию 31.10.2013 г.

Для Кировско-Кажимского авлакогена и прилегающих территорий на основе интерпретации данных сейсморазведочных работ и бурения, а также гравитационного и магнитного полей выполнено тектоническое районирование кристаллического фундамента. При выполнении районирования нами использовались прежние схемы и, по возможности, сохранялись устоявшиеся названия тектонических элементов.

Ключевые слова: *кристаллический фундамент, авлакоген, свод, выступ, депрессия.*

Рассматриваемая крупная платформенная структура, известная в литературе как Казанско-Кажимский палеопрогиб (авлакоген), трансформировавшаяся в позднейшее время своего развития в инверсионный Вятский мегавал (Вятскую зону дислокаций), является структурой I-го порядка Волго-Уральской антеклизы. Эта долгоживущая структура со сложной историей развития вытянута в субмеридиональном (уральском) направлении более чем на 600 км (от пос. Кажим на севере до г. Казань на юге) и имеет ширину от 40 до 150 км. Структура отчетливо выделяется по низким гипсометрическим глубинам залегания поверхности кристаллического основания и резкому увеличению мощности верхнедевонских отложений. Границы структуры, по мнению многих геологов, занимавшихся вопросами ее глубинного строения, имеют тектоническую природу и в породах кристаллического основания сопровождаются серией тектонических разломов глубокого заложения субширотного, северо-западного и северо-восточного направлений, секущих основание структуры на крупные блоки, с признаками их неоднократного подновления [1, 5]

Казанско-Кажимский прогиб территориально охватывает юг Республики Коми, центральные районы Кировской области и восточные районы Марийской Республики, разобщая Котельничско-Сысольскую и Татарско-Коми-Пермскую системы сводовых поднятий. На севере он прослеживается к Предтимаңью и раскрывается в сторону Вычегодского прогиба. Необходимо обратить внимание на южное замыкание Казанско-Кажимского авлакогена, граница которого исследователями очерчивается по-разному. В.М. Проворов, В.Я. Кучин, А.Н. Коротких и Ю.Н. Кальнов южное замыкание авлакогена ограничивают территорией Республики Ма-

рий Эл [3, 4]. Е.Д. Войтович полагает, что Казанско-Кажимский прогиб вдаётся своим южным окончанием в западную часть Татарстана на расстояние 130 км при ширине 80–90 км [2]. Сомнения в выделении здесь южного фрагмента авлакогена вызывают материалы региональных сейсморазведочных профилей МОГТ, на которых нет выразительного грабенообразного прогиба по отложениям низов осадочного чехла, как нет и инверсионного валообразного Вятского поднятия в отложениях перми-карбона, т.е. элементов-признаков, по которым, собственно, и выделяется авлакоген (В.И. Богацкий, Б.П. Богданов). Все эти признаки авлакоген носит только до широты г. Кирова, поэтому нами он рассматривается под названием Кировско-Кажимский авлакоген (ККА).

Тектоническое районирование кристаллического фундамента Кировско-Кажимского авлакогена (ККА) и прилегающих территорий выполнялось на основе интерпретации данных сейсморазведочных работ и бурения, а также гравитационного и магнитного полей.

Гравитационное и магнитное поля обусловлены различными физическими свойствами горных пород и вследствие этого сопоставление карт гравитационных и магнитных аномалий всегда позволяет получить дополнительные сведения о глубинном строении территории. В настоящее время достаточно определенно установлено, что гравитационные аномалии, в основном, обусловлены суммарным влиянием неоднородностей в строении и вещественном составе фундамента и платформенного чехла; магнитные аномалии отражают структуру и вещественный состав фундамента, так как породы осадочного чехла в большинстве случаев не магнитные. Таким образом, состав и строение по-

род фундамента наиболее рельефно отображается на картах магнитного поля, в особенностях структуры и характера которого также более отчетливо выражается влияние неоднородностей состава пород верхней части фундамента, по сравнению с аномалиями гравитационного поля.

Интерпретация материалов гравиметрической и магнитной съемки строилась по принципу от общего к частному: намечались площади специфической морфологии физических полей, выделение основных крупных тектонических элементов, трассирование зон тектонических нарушений.

Анализ *гравиметрического* поля обычно проводится по морфологии, амплитуде, знаку, простиранию и величине аномалий, по интенсивности горизонтального градиента поля и др.

Известно, что наблюдаемое гравитационное поле отражает всю сумму плотностей неоднородностей, вызванных различиями в геологическом развитии отдельных участков земной коры. В местах приподнятого залегания гранито-гнейсового слоя заметное влияние на гравитационное поле оказывает петрографическая его неоднородность, выражающаяся в появлении многочисленных локальных аномалий изометрической формы с большими градиентами. По мере погружения фундамента все большее влияние начинает оказывать мощность осадочного чехла. Увеличение мощности осадочного чехла вызывает уменьшение напряженности гравитационного поля. Глубокие прогибы в поверхности гранито-гнейсового слоя отражаются в наблюдаемом гравитационном поле пониженными значениями.

Сопоставление структур осадочного чехла, выявленных по материалам сейсмических и буровых работ, с гравитационными аномалиями свидетельствует о разнообразии их связей. Так, многие авторы подчеркивают, что структуры осадочного чехла могут, как проявляться, так и не проявляться в гравитационном поле. В большинстве случаев на изучаемой территории наблюдается прямое отображение структур в гравитационном поле, то есть, положительным структурам чехла отвечают положительные гравитационные аномалии, отрицательным – отрицательные.

В строении гравитационного поля исследуемой территории принимают участие разнообразные по форме, интенсивности и характеру аномалии, распределение которых отличается ярко выраженной зональностью.

За основу районирования *магнитного* поля принималась качественная характеристика особенностей магнитного поля: градиент, форма, размеры, знак, интенсивность и ориентировка аномалий.

Аномальное магнитное поле есть результат суперпозиций магнитных полей от магнитосодержащих пород глубоких горизонтов земной коры и осадочного чехла. Локальные интенсивные магнитные

аномалии, как правило, обусловлены интрузивными телами в фундаменте и в осадочном чехле. Эти тела в большинстве случаев приурочены к поверхности фундамента, реже, в виде интрузий внедрялись в осадочный чехол. Не исключена возможность магнитовозмущающих объектов на различных глубинах в самом фундаменте. Зоны обширных пониженных значений магнитного поля связываются с увеличением мощности немагнитных рифейских образований. Это хорошо видно при сопоставлении карты магнитного поля и карты изопахит рифейского комплекса, которая составлена по сейсмическим и гравиметрическим материалам. Изометрические аномалии, по всей вероятности, объясняются приближением к поверхности фундамента наиболее метаморфизованных кристаллических комплексов.

Совпадение простираний интенсивных магнитных аномалий и палеозойских структур осадочного чехла, как это было установлено из совместного анализа сейсмических и аэромагнитных данных, свидетельствует об унаследованности структурных планов фундамента и горизонтов осадочного чехла. Кроме того, в платформенном чехле имеются магнитоактивные осадочные горизонты, связанные с обогащением терригенных образований магнитными минералами. Они способны создавать слабоинтенсивные магнитные аномалии, особенно при достаточно крутых углах падения пород.

В результате, характер магнитного поля обусловлен несколькими магнитоактивными горизонтами, расположенными на различных глубинах: поверхность “гранитного” слоя, кровля байкальско-го фундамента, поверхность среднего терригенного комплекса, кровля верхнего терригенного комплекса. Влиянием последних нельзя пренебрегать, так как намагниченность пород в отдельных районах может достигать больших значений.

Гравитационное поле северо-востока *Волго-Уральской антеклизы* характеризуется, в основном, положительными аномалиями различной интенсивности, имеющими сложное мозаичное строение линейные, иногда несколько осложненные формы и практически меридиональное простирание. Полосовые аномалии четко обрисовываются повышенными градиентами силы тяжести (рис. 1).

Сысольский свод характеризуется интенсивными положительными аномалиями север-северо-восточного простирания. Относительные максимумы соответствуют наиболее приподнятым блокам фундамента. В пределах свода отмечаются пониженные участки, которые отражаются в гравитационном поле относительными минимумами.

По напряженности регионального магнитного поля в пределах северной части Волго-Уральской антеклизы выделяется Сысольская и Локчимо-Камская аномальные зоны. Сысольская зона граничит с Локчимо-Камской, преимущественно положи-

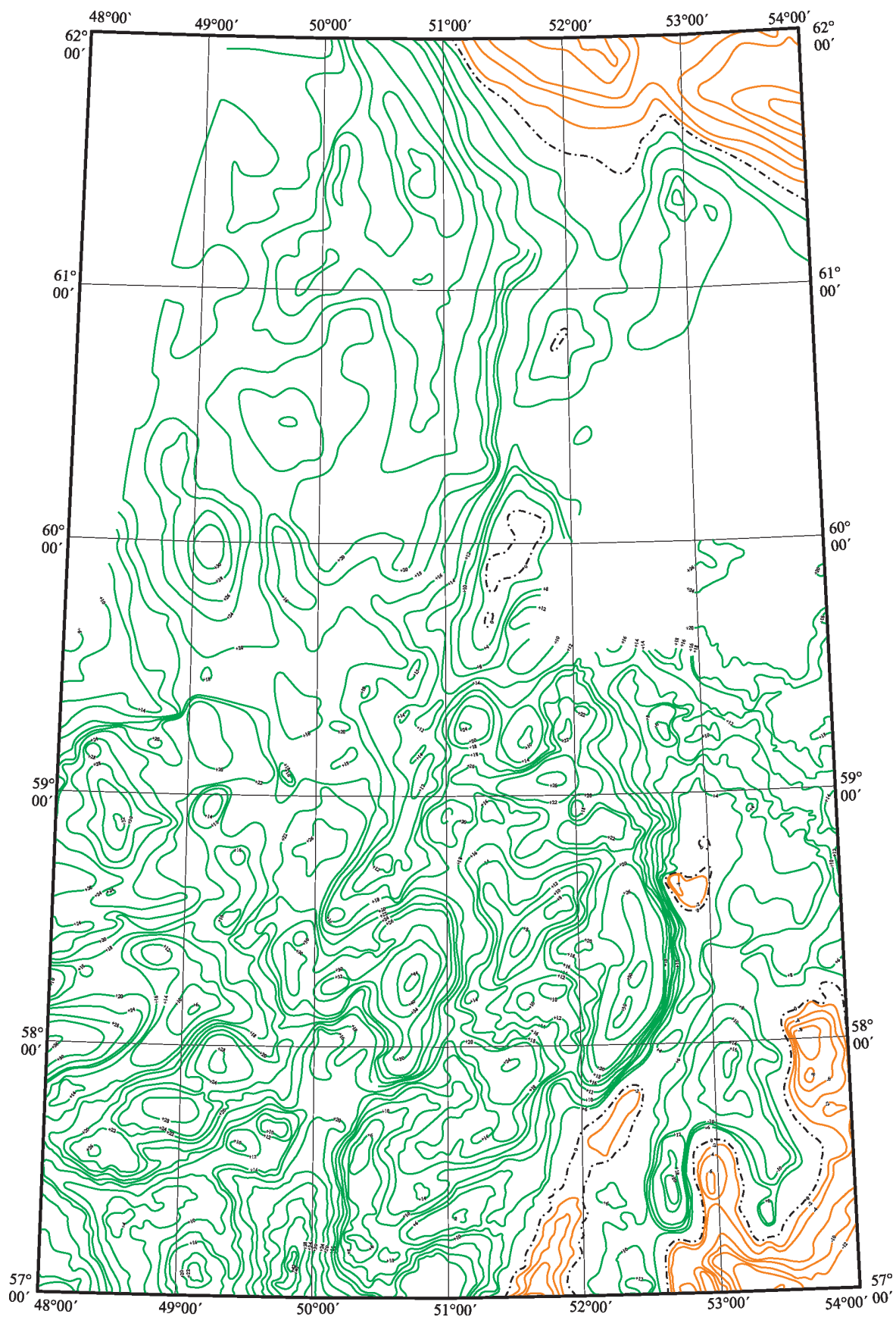


Рис. 1. Карта аномального гравитационного поля.

тельной зоной, с вытянутыми в северо-восточном направлении узкими аномалиями магнитного поля. Характерной чертой Сысольской зоны магнитного поля является мозаичное строение спокойного, преимущественно отрицательного магнитного поля, включающего в себя ряд плавных положительных аномалий самой разнообразной формы и ориентировки, сравнительно небольших размеров (рис. 2).

Таким образом, Сысольский свод представляется как крупное поднятие, состоящее из серии блоков фундамента, разделенные тектоническими нарушениями на отдельные приподнятые и опущенные блоки.

Кировско-Кажимскому прогибу соответствует аномальная зона пониженных значений поля силы тяжести, которая сливается на севере с минимумом, соответствующим Выгодскому прогибу. Данная аномалия поля силы тяжести совпадает в плане с отрицательными аномалиями магнитного поля и является отображением в потенциальных полях сильно дислоцированной зоны, осложненной по бортам региональными глубинными разломами. Наличие крупной отрицательной аномалии северо-восточного простирания подтверждает существование отрицательной формы рельефа фундамента Кировско-Кажимского прогиба. Состав фундамента сложный и разнородный, прорван интрузиями основного состава.

На севере ККА раскрывается в сторону Выгодского прогиба. Наличие крупных отрицательных аномалий гравиметрического поля, разделенных относительно положительными зонами позволяет предположить существование отдельных, наиболее опущенных участков фундамента, ограниченных субширотными разломами. Погружение фундамента со стороны прилегающих сводов происходит ступенями по серии тектонических нарушений сбросового типа, осложненных сдвигами. Вдоль узких полосовых аномалий магнитного поля, трассирующихся в меридиональном и северо-восточном направлениях, выделяются тектонические нарушения, предположительно связанные с внедрением интрузий основного и ультраосновного состава. Таким образом, узкий грабенообразный Кировско-Кажимский прогиб разделил когда-то единый массив фундамента на два крупных обособленных поднятия – Сысольское и Коми-Пермяцкое.

В гравитационном поле *Коми-Пермяцкого свода* выделяется положительная аномальная зона, характеризующаяся чередованием максимумов северо-северо-восточного простирания. В пределах свода выделяются поднятия, представленные относительно максимумами. В магнитном поле своду отвечают, в основном, положительные аномалии, несколько осложненные относительно минимумами.

Магнитное поле *Верхнекамской впадины* спокойное, изометрическое и характеризуется, как правило, отрицательными аномалиями. Для этой площади ха-

рактерны такие же спокойные и, в основном, положительные аномалии гравитационного поля.

При построении карты рельефа кристаллического фундамента нами использовались выполненные ранее структурные схемы по отдельным горизонтам осадочного чехла и кристаллического фундамента на различных площадях изучаемой территории. Особое внимание обращалось на временные и глубинные разрезы, полученные в последние годы, так как их качество значительно лучше.

Поверхность кристаллического фундамента характеризуется ступенчато-блоковым строением, верхняя часть которого достаточно сильно эродирована, поэтому структурные построения в отдельных случаях носят схематический характер, поскольку не всегда удается проследить отражающий горизонт от данной поверхности, особенно при его резком погружении в центральную часть авлакогена.

Зона сочленения ККА со смежными с запада и востока сводами носит дизъюнктивный характер. Лучше всего тектонические нарушения картируются сейсморазведкой МОГТ и, в основном, достаточно хорошо согласуются с данными физических полей.

На структурной схеме по отражающему горизонту AR – поверхности кристаллического фундамента архей-раннепротерозойского возраста выделяются следующие структуры I порядка Волго-Уральской антеклизы: Кировско-Кажимский авлакоген, Котельнический и Сысольский свод на западе, Коми-Пермяцкий, Немский своды и Камская моноклиналь на востоке (рис. 3).

На составленной схеме **Кировско-Кажимский авлакоген (II)** четко выделяется зоной опусканий, линейно вытянутой в север-северо-восточном направлении. Фундамент основной части авлакогена залегает на глубинах 2.4–2.6 км. Наиболее опущена северная часть ККА, где поверхность фундамента погружается до 5 км. По морфологии изолиний выделяется южный, центральный и северный блоки.

В пределах ККА по поверхности фундамента нами выделяются структуры второго порядка: *Локчимская (II₁)*, *Кажимская (II₂)*, *Слободская (II₃)*, *Верхошижемская (II₄) депрессии* (рис. 4, табл. 1).

Локчимская депрессия расположена на самом севере авлакогена, в области наибольшего погружения структуры (до 5 км), имеет размеры 120 × 70 км и северо-западное простирание.

Кажимская и Слободская депрессии расположены в центральной части авлакогена, фундамент залегает на глубинах до 2.4–2.6 км, размеры 100 × (35–40) км и 145 × (35–50) км, соответственно. Центральная часть авлакогена является самой узкой. Направление простирания структур север-северо-восточное.

Южную часть авлакогена занимает Верхнешижемская депрессия с размерами 85 × (40–60) км, имеющая уже более близкую к изометричной форму.

По характеру магнитного поля ККА разделяется на три части: северную, центральную и южную.

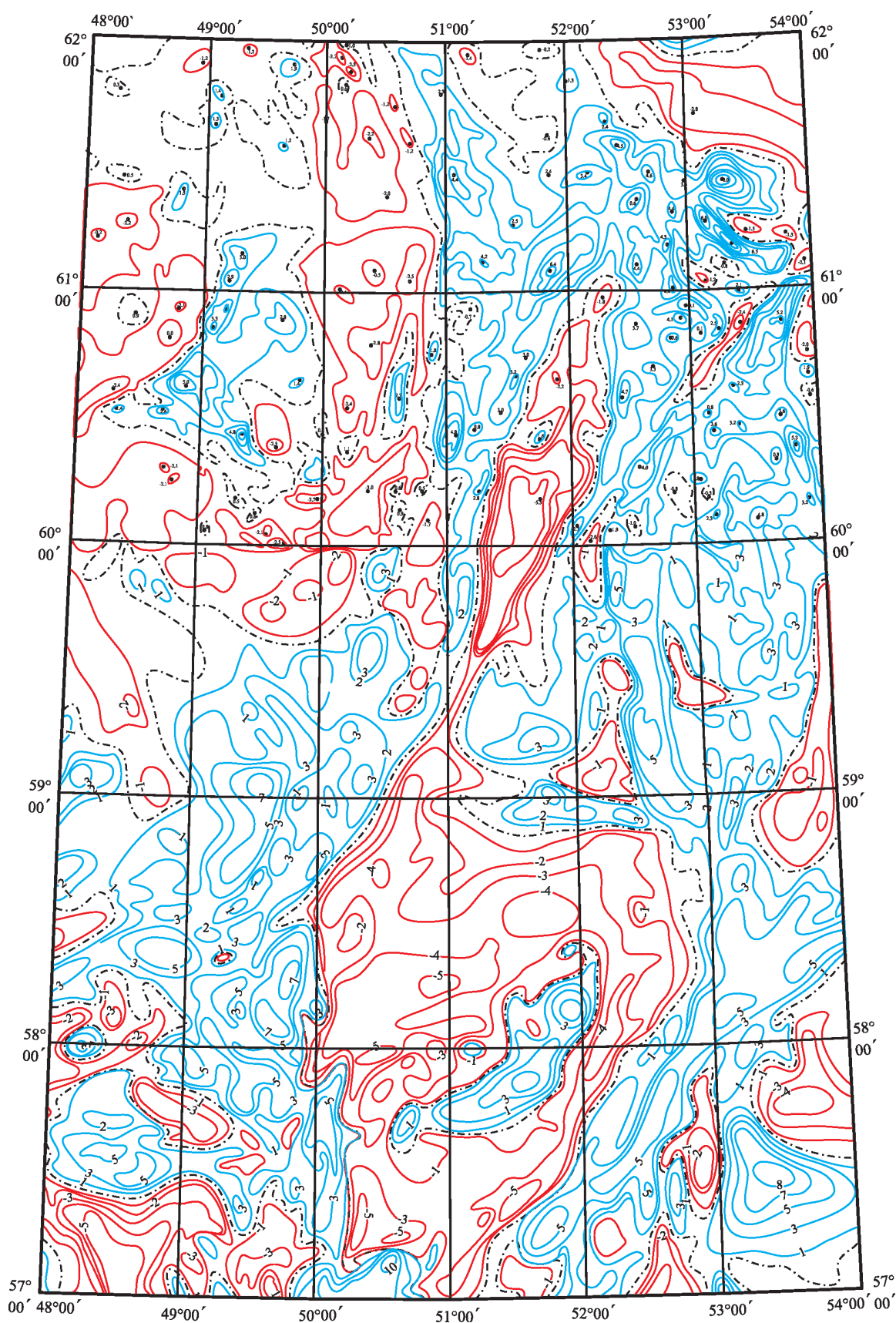


Рис. 2. Карта аномального магнітного поля.

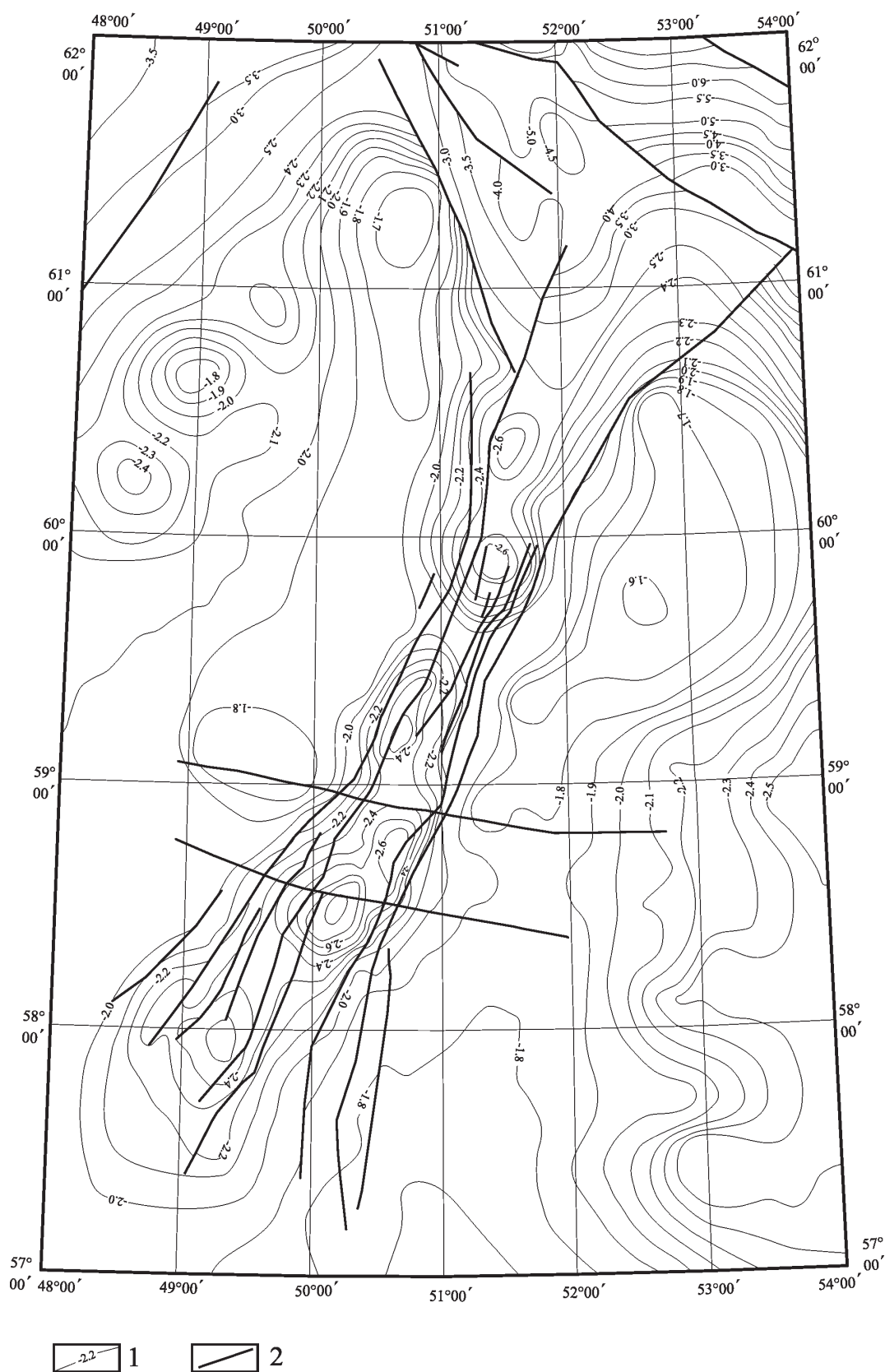


Рис. 3. Рельеф поверхности кристаллического фундамента ККА и прилегающих территорий.

1 — изогипсы поверхности фундамента, 2 — разломы.

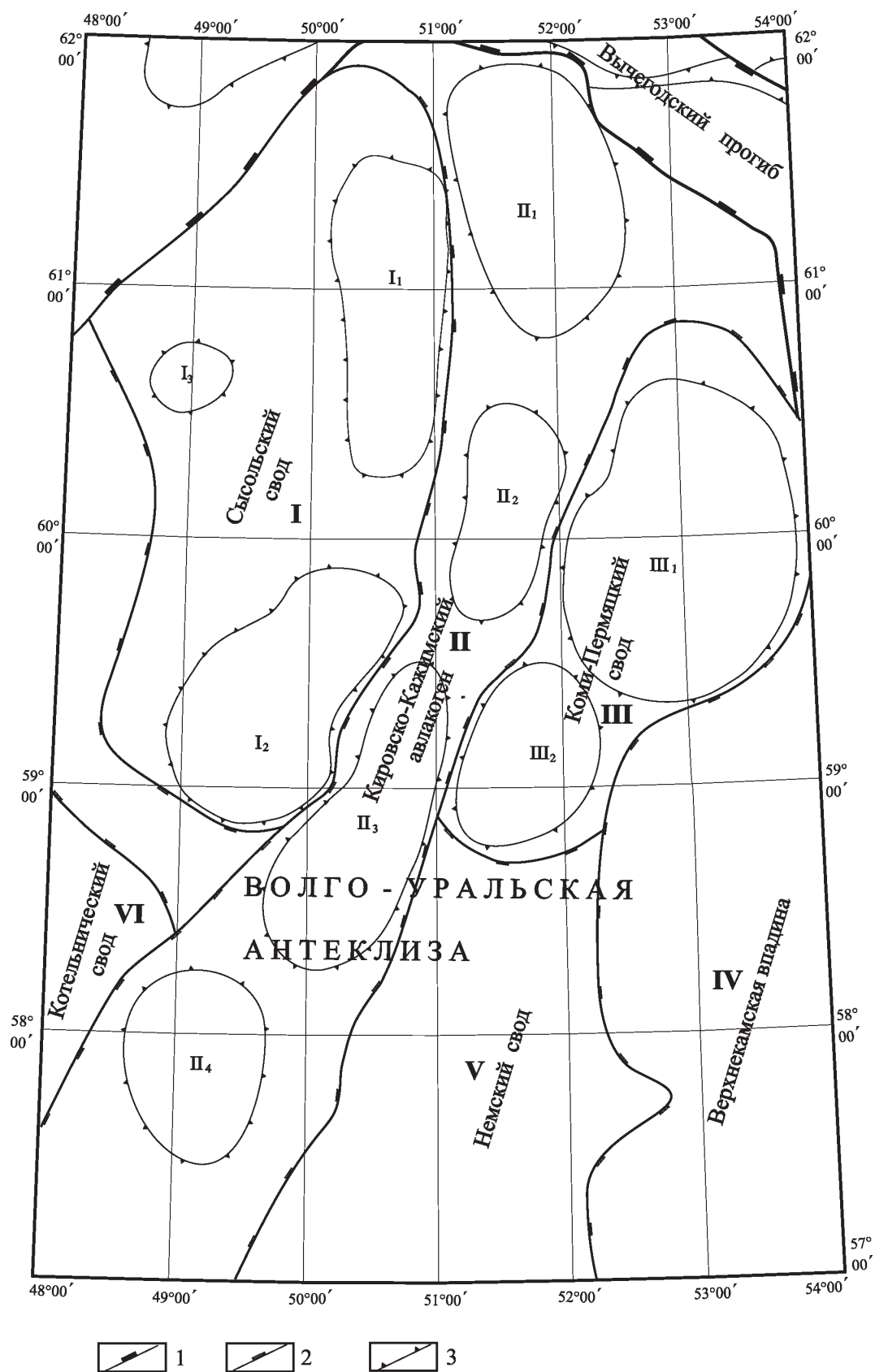


Рис. 4. Схема тектонического районирования ККА и прилегающих территорий.

1–3 – границы структур: 1 – надпорядковых, 2 – первого порядка, 3 – второго порядка.

Таблица 1. Структуры поверхности кристаллического фундамента Волго-Уральской антеклизы

Порядок		Тектонические элементы	Размеры, длина Ч ширина, км
I	II		
I	I ₁	Сысольский свод	340 Ч 130
	I ₂	Поингский выступ	140 Ч (40–60)
	I ₃	Летниковский выступ	130 Ч (45–70)
	I ₃	Лойминский выступ	35 Ч 30
II	II ₁	Кировско-Кажимский прогиб (авлакоген)	600 Ч (45–120)
	II ₂	Локчимская депрессия	120 Ч 70
	II ₃	Кажимская депрессия	100 Ч (35–40)
	II ₄	Слободская депрессия	145 Ч (35–50)
III	III ₁	Верхнешижемская депрессия	85 Ч (40–60)
	III ₂	Коми-Пермяцкий свод	260 Ч (75–110)
	III ₂	Лойненский выступ	140 Ч 105
	III ₂	Троицкий выступ	85 Ч 60
IV		Верхнекамская впадина	
V		Немский свод	
VI		Котельнический свод	

В магнитном поле наибольшим соответствием выделенным структурам характеризуются центральные Кажимская и Слободская депрессии. Они представлены вытянутыми в северо-восточном направлении отрицательным аномалиям магнитного поля. На севере положительная мозаичная аномалия магнитного поля соответствует Локчимской депрессии. На юге верхнешижемская депрессия отвечает мозаичной аномалии магнитного поля разных знаков.

Гравитационное поле ККА точно так же, как и магнитное, можно разделить на три части. Наиболее четко по морфологии выделяется центральная часть авлакогена, отвечающая Кажимской и Слободской депрессиям. Это вытянутые в северо-восточном направлении аномалии, соответствующие простиранию авлакогена. На севере наблюдается магнитная аномалия, похожая по морфологии на аномалию в центральной части ККА, только не замкнутая и имеющая северо-западное простирание. Верхнешижемской депрессии соответствует мозаичная аномалия, с рядом положительных максимумов. В целом, по направлению с юга на север значения гравитационного поля ККА падают.

Кировско-Кажимский авлакоген простирается в север-северо-восточном направлении на расстояние около 650 км, имея ширину 35–120 км. На севере он граничит с Вычегодским прогибом, разделяет Сысольский и Коми-Пермяцкий своды фундамента, на юге – сочленяется с Мелекесской впадиной, расчленяя Котельнический и Северо-Татарский своды. С запада ККА граничит с Сысольским и Котельническим сводами.

Сысольский свод (I) имеет размеры 340 × 130 км. Минимальные глубины залегания кристаллического фундамента составляют 1.7–1.8 км. В пределах свода выделяются структуры второго порядка: *Поингский (I₁)*, *Летниковский (I₂)* и *Лойминский (I₃)* выступы (рис. 4, табл. 1).

Поингский выступ имеет размеры 140 × (40–60) км при меридиональном простирании. Приподнятой части выступа соответствуют глубины 1.6–1.7 км (скв. Сысола-1 – 1616 м, скв. Грива-1 – 1777 м).

Летниковский выступ размером 130 × 45–70 км имеет минимальные глубины до поверхности фундамента 1.8 км (скв. 38-Ложжари – 1792 м, скв. 39-Ложжари – 1857 м).

Лойминский выступ представляет собой поднятие фундамента относительно изометричной формы размером 35 × 30 км с отметками глубин 1.8 км.

Магнитное поле Сысольского свода представлено мозаичной картиной аномалий разных знаков. Поингскому выступу соответствует зона пониженных значений магнитного поля, в южной части осложненная положительной аномалией. Летниковский выступ, наоборот, находится в зоне повышенных значений магнитного поля. Также и Лойминский выступ хорошо согласуется по морфологии с зоной высоких значений магнитного поля.

Сысольский свод характеризуется мозаичным повышенным гравитационным полем, в пределах которого отмечаются интенсивные максимумы аномалий силы тяжести. По морфологии гравитационного поля наибольшее соответствие находит Поингский выступ.

На составленной схеме четко выделяются все известные тектонические элементы: северная вершина Татарского свода, Сысольский, Котельнический, Камский своды, Верхнекамская впадина, Вычегодский прогиб.

Котельнический свод (VI) фиксируется по поверхности фундамента изогипсами с абсолютными отметками 1.9–2.0 км, вытянут в меридиональном направлении на 300 км при ширине 100–120 км. На западе граничит с Московской синеклизой, на юге – с Токмовским сводом. В пределах свода выделяют Парфеновский, Яранский и Санчурский выступы.

Коми-Пермяцкий свод (III) имеет асимметричное строение с крутым западным склоном и более пологим восточным. Общие размеры свода составляют 260 × (75–110) км. В пределах свода выделяются *Лойненский (Ш₁)* и *Троицкий (Ш₂) выступы* (рис. 4, табл. 1).

В гравитационном поле свода выделяется положительная аномальная зона, характеризующаяся чередованием максимумов северо-северо-восточного простирания. В магнитном поле своду отвечают, в основном, положительные аномалии, несколько осложненные относительными минимумами. Лойненский выступ характеризуется сложной мозаичной морфологией магнитного поля. Троицкому выступу соответствуют более правильные формы поля различных знаков.

С юго-востока ККА граничит с **Немским сводом (V)**, который имеет плавные очертания изолиний рельефа фундамента, залегающий на глубине 1.8 км.

В **Верхнекамской впадине (IV)** отмечается постепенное погружение поверхности фундамента с запада на восток до отметок 2.5 км.

С севера Кировско-Кажимский авлакоген погружается в Вычегодский прогиб, который, в свою очередь, погружается под структуры Тиманской гряды.

Работа выполнена при поддержке проектов № 12-И-5-2067 и № 12-У-5-1029 программы фундаментальных исследований РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Валеев Р.Н.* Авлакогены Восточно-Европейской платформы. М.: Недра, 1978. 152 с.
2. *Войтович Е.Д., Гатиятуллин Н.С., Тарасов Е.А.* Результаты поисков нефти в южной части Казанско-Кировского прогиба и перспективы дальнейших работ / Геологические особенности и перспективы нефтегазоносности Кировской области. Киров: 2000. С. 123–127.
3. *Проворов В.М.* Состояние и перспективы развития поисковых работ в северных районах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции // Малоизученные нефтегазоносные комплексы Европейской части России (прогноз нефтегазоносности и перспективы освоения). Тезисы докл. научно-практ. конф. М.: ВНИГНИ, 1997.
4. *Проворов В.М., Новоселицкий В.М., Шихов С.А.* К вопросу о структуре фундамента Пермского Прикамья и его связи с осадочным чехлом // Уч. Записки Пермского Университета. 1967. № 166. С. 69–81.
5. Тектоника центральной части Русской плиты. Объяснительная записка к структурно-тектонической карте центральных районов Русской плиты масштаба 1 : 1 000 000 / Ю.Т. Кузьменко, В.Н. Гордасников, Е.А. Гаврюшова и др. – М.: “Центргеология”, ВИЭМС, “Геоинформмарк”, 1991.

Рецензент В.М. Нечехин

Tectonic zoning of crystalline basement of the Kirov-Kazhim aulacogene and adjoining territories

V. V. Udoratin

Institute of Geology of Komi Science Centre, Urals Branch of RAS

The tectonic zoning of crystalline basement is performed for the Kirov-Kazhim aulacogene and adjoining territories based on seismic and drilling data and also gravitational and magnetic fields. We used previous schemes and, if possible, conventional names of tectonic elements.

Keywords: *crystalline basement, aulacogene, dome, horst, depression.*