

*На правах рукописи*

**Соколов Сергей Александрович**

**СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И  
НЕОТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ  
ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА**

Специальность 25.00.01 – Общая и региональная геология

**Автореферат**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук**

Москва – 2013

Работа выполнена на кафедре общей геологии и геологического картирования в Федеральном Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ)

**Научный руководитель:** доктор геолого-минералогических наук  
Корчуганова Нелля Иосифовна (МГРИ-РГГРУ)

**Официальные оппоненты:** доктор геолого-минералогических наук  
Полянский Борис Владимирович (МГРИ-РГГРУ)  
кандидат геолого-минералогических наук  
Макеев Владимир Михайлович (ИГЭ РАН)

**Ведущая организация:** Научно-исследовательский институт геологии  
Воронежского государственного университета  
(НИИГ ВГУ)

Защита состоится 30 октября 2013 года в 15.00 на заседании диссертационного совета Д 212.121.03 при Российском государственном геологоразведочном университете им. Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ) по адресу г. Москва ул. Миклухо-Маклая, д. 23, ауд. 4-73

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГРИ-РГГРУ.

Автореферат разослан «\_\_\_» сентября 2013 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат геолого-минералогических наук

В.Н. Комаров

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### *Актуальность*

Изучение неотектонического строения территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ), на которой находятся много городов, населенных пунктов, промышленных объектов, в связи с развитием представлений о влиянии смежных орогенных поясов на развитие платформ и геодинамически активных зонах, не утрачивает своей актуальности. На сегодняшний день существуют различные представления о новейшей тектонике территории ВКМ, в том числе о роли разломов фундамента и чехла в формировании неоструктур.

### *Цель работы:*

- изучение структурно-геоморфологического строения и неотектоническое районирование территории Воронежского кристаллического массива

### *Задачи:*

- выявление выраженных в рельефе разноранговых новейших деформаций и тенденций их развития;
- анализ связи новейших деформаций с основными структурами фундамента и чехла;
- изучение неотектонического строения Окско-Донского прогиба и проявленности в нем структур чехла;
- компьютерная обработка поля линеаментов и анализ выраженности в этих материалах новейших структурных форм

### *Методика исследований*

При проведении исследований проводился сбор и анализ фондовых и опубликованных материалов, связанных с тематикой данной работы: неотектонике района, геологическому строению, тектоническим особенностям, геоморфологии, геофизическим и тектонофизическим исследованиям. Неотектонические исследования платформ затруднены в связи с малыми амплитудами новейших движений, их слабой контрастностью, широким распространением конденудационных и конседиментационных структур. В работе применялись дистанционные методы структурно-геоморфологического анализа рельефа территории, основанном на топографических картах, материалах дистанционного зондирования (цифровой рельеф и космоснимки). Полученные результаты дополнялись и подкреплялись геолого-геоморфологическим профилированием

территории. Выявленный новейший структурный план сопоставлялся с древними для установления степени унаследованности и закономерностей тектонического развития территории. Проведены дешифрирование линеаментов по картам гидросети, топографическим картам, цифровым моделям рельефа и космоснимкам и специализированная компьютерная обработка полученных материалов в авторской программе Д.Г.Загубного Lineament [Загубный, 2004] с целью анализа проявленности новейших тектонических форм.

### ***Защищаемые положения***

***1. Области поднятий, выделенные при неотектоническом районировании, различаются структурно-геоморфологическим строением и характеризуются изгибовыми деформациями. В новейшем строении территории ВКМ проявлены структуры фундамента и глубинные неоднородности земной коры.***

***2. Новейшее строение Окско-Донского прогиба имеет сегментировано-зонально-секториальное строение, в котором проявлены структуры осадочного чехла.***

***3. В материалах компьютерной обработки линеаментного поля нашли отражение основные верхнекоровые конэрозионные новейшие структурные формы, в том числе сейсмогенные зоны.***

### ***Новизна работы***

Впервые для территории ВКМ составлены структурно-геоморфологические карты, на которых показаны новейшие структуры в границах, оформившихся в рельефе в четвертичное время, а амплитуды отражают поднятия конэрозионной стадии развития новейших деформаций.

Выявлено, что преобладающим типом новейших деформаций являются своды, валы, структурные ступени – изгибовые деформации. Впервые для этой территории выявлены складки покрова и складки основания.

Впервые выполнена компьютерная обработка линеаментного поля, анализ которого подтвердил различия в особенностях структурно-геоморфологического строения областей поднятий, а также выявил сейсмогенные зоны.

### ***Практическая значимость.***

Полученные результаты могут быть использованы для сейсмрайонирования территории, выявления областей геоэкологических опасностей, геопатогенных зон, а также при прогнозно-минерагенических исследованиях.

**Структура диссертации.** Диссертация общим объемом 114 страниц, состоит из введения, 6 глав и заключения, включает 40 иллюстраций, 7 таблиц и списка литературы из 111 наименований.

**Апробация.** Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях «Молодые – наукам о Земле» (Москва, 2010 и 2012 гг), «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, 2011 г), «Современные вопросы геологии» (Москва, 2011 г), «Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского» (Санкт-Петербург, 2011) «Проблемы региональной геологии Северной Евразии» (Москва, 2012 г),. Основное содержание диссертации отражено в 10 опубликованных работах (в том числе 3 в реферируемых журналах по перечню ВАК).

**Благодарности.** Неоценимую помощь в работе над диссертацией оказали сотрудники ИМГРЭ (г.Москва) Д.Г.Загубный, в виде помощи в подготовке и сборе материалов дистанционного зондирования, компьютерной обработке линеаментного поля, В.А.Килипко (предоставление материала и всесторонняя поддержка в работе). Автор благодарен сотрудникам кафедры общей геологии и геологического картирования РГГРУ (г. Москва) за активную поддержку, консультации и многократное обсуждение материалов работы, сотрудникам кафедры геологии полезных ископаемых РГГРУ (г. Москва) проф. Л.Д.Оникиенко за активное участие, консультации и поддержку в работе, доц. Н.Ю.Васильву за внимание к исследованию и многочисленные консультации. За помощь в сборе материалов и организации исследований автор благодарен сотрудникам геологического факультета ВГУ (г. Воронеж) проф. В.М.Ненахову, проф. А.И.Трегубу и проф. Л.Т.Шевыреву. За помощь в сборе материалов автор признателен Р.В. Грушину. Автор выражает особую признательность своему научному руководителю проф. Н.И.Корчугановой (РГГРУ, г. Москва) за колоссальную поддержку и всестороннюю помощь в работе.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Воронежский кристаллический массив (ВКМ) представляет собой приподнятую часть фундамента Восточно-Европейской платформы, обособленную системой авлакогенов, крупных глубинных разломов и Прикаспийской впадиной. Его поверхность залегает на глубине 100 – 150 м в осевой зоне массива, плавно погружаясь до отметок 1 – 1,5 км на периферии, на границе с Прикаспийской низменностью глубина составляет 4 – 5 км. В строении фундамента выделяются

мегаблоки Курской магнитной аномалии (КМА) и Хоперский и разделяющая их Лосевская шовная зона. Мегаблоки разбиты глубинными разломами на структуры более высоких рангов.

Чехольный комплекс представлен отложениями палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Палеозойский разрез слагают девонская и каменноугольная система, первая распространена повсеместно на территории ВКМ, в осевой зоне антеклизы мощность девона крайне мала, но к периферии увеличивается до сотен метров. Каменноугольная система распространена на крыльях антеклизы. Мезозойский комплекс представлен отложениями средней-верхней юры и меловой системы. Юрские образования распространены повсеместно, кроме осевой зоны ВКМ. Меловые же отложения перекрывают почти всю территорию массива, за исключением наиболее северных площадей. Кайнозой представлен комплексом палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений. Палеоген распространен на южном крыле Воронежской антеклизы. Неогеновая система развита в Окско-Донской равнине, долине нижнего Дона, на юге Среднерусской возвышенности и на Волго-Хоперском междуречии.

### **Представления о неотектоническом строении территории ВКМ**

Первые представления о неотектоническом строении территории ВКМ были представлены на неотектонической карте территории СССР в масштабе 1:5000000, составленной под редакцией Н.И.Николаева и С.С.Шульца [Н.И.Николаев, 1959], на ней нашли отражение наиболее крупные структурные элементы территории ВКМ, показаны общие амплитуды тектонических движений. Исследование неотектоники данного региона было заложено работами Г.И.Раскатова. Им была построена неотектоническая карта, отличающаяся существенно большей детализацией, рассмотрена связь новейших структур с более древними элементами тектонического строения [Г.И.Раскатов 1969].. Большой вклад в изучение неотектоники ВКМ внес А.И.Трегуб, в работах которого даны интерпретация и подробное описание неотектонических структур Воронежского кристаллического массива. Значимые исследования неотектоники, структурно-геоморфологического строения, геодинамики и тектонофизики территории ВКМ принадлежат В.И.Макарову, М.Л.Коппу, Л.А.Сим, Л.Т.Шевыреву и др.

Начало этапа новейшей тектонической активизации на территории ВКМ связывается с завершением мел-палеогеновой пенепленизации, наступившей после

регрессии позднемелового моря и оценивается разными исследователями в 20 – 23 млн. лет [Г.И.Раскатов 1969; Трегуб 2005; Макаров 2006; Шевырев 2004]. В истории формирования неотектонической структуры выделяется несколько стадий рельефообразования, каждая из них связана с общим поднятием и расчленением территории, такие стадии завершались угасанием тектонических движений и формированием поверхности выравнивания. Выделяют раннемиоценовый, средне-позднемиоценовый, плиоценовый и четвертичный этапы рельефообразования.

### **Строение неоген-четвертичного комплекса отложений территории ВКМ**

В неоген-четвертичном структурно-вещественном комплексе выделяются три фациальные зоны, развитые на территории юга Среднерусской возвышенности, в Окско-Донской низменности и на Волго-Хоперском междуречии.

Отложения неогена Среднерусской возвышенности представлены отложениями раннего миоцена, распространенного на юге территории – полтавская свита. На юге она имеет морское происхождение, к северу сменяется континентальным. Более поздние отложения распространены крайне ограниченно, они принимают участие в строении долин наиболее крупных рек.

На территории Окско-Донской равнины комплекс неогеновых отложений тесно связан с развитием и миграцией русла палео-Дона. Неогеновые отложения делятся на три крупных комплекса аллювиальных или аллювиально-морских отложений, отмечающих постоянную в неогене миграцию области аккумуляции на запад.

Неогеновые отложения Волго-Хоперского водораздела представлены обширными аллювиальными и аллювиально-морскими долинами, отличными от отложений Окско-Донской равнины, на настоящем этапе развития втянутыми в относительно активные поднятия.

Четвертичные отложения тесно связаны с развитием ледника, перекрывавшего большую часть территории ВКМ, так что комплекс ледниковых и водно-ледниковых отложений почти полностью перекрывает область проведения исследований. Так же в строении четвертичных отложений принимают участие доледниковый и послеледниковый комплексы в основном аллювиальных отложений.

### **Неотектоническое районирование территории Воронежского кристаллического массива**

В основу проведенного неотектонического районирования территории ВКМ положено изучение конэрозионных структурных форм, проявившихся в рельефе к

современной эпохе. Выделяются мегаподнятия: *Воронежское и Приволжское*, и разделяющий их *Окско-Донской прогиб* (рис. 1, 2).

*Воронежское мегаподнятие* орографически соответствует Среднерусской и Смоленской возвышенностям Восточно-Европейской равнины. В общих чертах оно сопоставляется с мегаблоком КМА фундамента, лишь юго-восточная часть поднятия протягивается субширотной полосой через Лосевскую шовную зону в пределы территории Хопёрского мегаблока.

*Приволжское мегаподнятие*, заложившееся на месте Токмовского свода фундамента и частично ВКМ, расположено на территории ВКМ только своими наиболее южными частями, которые сопоставляются с Хоперским мегаблоком фундамента, однако его граничная структура, Пачелмский авлакоген, в современном структурно-геоморфологическом строении не выражена.

В пределах территории ВКМ Приволжское (ПР) мегаподнятие представлено Балашово-Саратовской (БС) областью поднятий, которая делится на Ртищевско-Хоперское (БС-I) и Приволжско-Медведицкое (БС-II) поднятия. В строении первого выделяются разделенные Воронским и Хопёрским прогибами Ворона-Цнинское (*ВЦ*), Ворона-Хопёрское (*ВХ*), Ртищевское (*Рт*) и малоамплитудное, сложенное кайнозойскими комплексами пород Еланьское (*Ел*) поднятия. К юго-востоку расположена отделённая Доно-Медведицкой (*ДМ*) протяженной зоной прогибов Приволжско-Медведицкая (*Пр*) зона поднятий, в которой выделяются Доно-Медведицкое и Приволжское поднятия (рис. 1).

*Окско-Донской прогиб*, соответствующий одноименной низменности, расположен между Среднерусской и Приволжской возвышенностями.

### **Структурно-геоморфологическое строение Воронежского мегаподнятия**

Воронежское мегаподнятие зонами эрозионно-тектонических прогибов делится на три области поднятий, различающиеся структурно-геоморфологическим строением: Брянско-Смоленскую, Среднерусскую и Доно-Донецкую. Брянско-Смоленская область поднятий отделяется от Среднерусской протяженной Жиздра-Деснинской зоной относительных прогибаний, заложившейся по разломной границе между Брянским и Ливенско-Ефремовским макроблоками КМА. Брянско-Смоленская область на севере дискордантно накладывается на границу ВКМ и продолжается на север, за его пределы (рис. 1).

*Брянско-Смоленская* (БС) область в структурном отношении представляет собой пологосводообразное поднятие, наибольшие амплитуды (>250 м) приурочены к северной части области и снижаются в юго-западном направлении, согласно с погружением поверхности фундамента. В Брянско-Смоленской области выделяются две зоны поднятий: западная – Смоленская (БС-I), отличающаяся субмеридиональным простиранием локальных структур и наибольшими амплитудами (до 270 м), и восточная – Брянская (БС-II), в которой преобладают структуры северо-западного и северо-восточного простираний, а амплитуды поднятий меньше. Каждая из них состоит из структур более высоких порядков.

*Среднерусская* область поднятий с запада ограничена Жиздра-Деснинской зоной эрозионно-тектонических прогибов, северная граница проходит по ярко выраженному уступу в рельефе, маркирующему Зарайско-Сердобский разлом фундамента, а юго-восточнее - по бортовой зоне Пачелмского авлакогена. На востоке Оскол-Тихососненская долинообразная зона относительных прогибов отделяет Среднерусскую область поднятий от Доно-Донецкой. Граница с Окско-Донским новейшим прогибом наследует Лосевско-Мамонский разлом фундамента и выражена в рельефе уступом.

Среднерусская область поднятий в структурном отношении представляет собой пологий свод (складку основания). Наибольшие амплитуды приурочены к северной части свода и достигают более 250 м. Осевая зона современного поднятия смещена относительно осевой зоны свода фундамента примерно на 135 км к северо-западу (рис. 2). В строении Среднерусской области поднятий выделяются три крупных самостоятельных поднятия, разделенных протяженными зонами эрозионно-тектонических прогибов: Орловско-Тульское, Курско-Белгородское и Михайловское (рис. 1).

Орловско-Тульское оvoidное поднятие, амплитуды которого составляют 200–250 м и более, делится на структуры более высоких порядков, представленные Центральным сводом (диаметр 190–200 км), границы которого с юга и востока маркированы Доно-Соснинской зоной прогибов, Щёкинским и Тульско-Калужским поднятиями, Лебедянь-Липецкой субмеридиональной структурной ступенью, ограниченной с запада долиной Дона.

Максимальные амплитуды Курско-Белгородского поднятия, достигающие 250 м, приурочены к своду, вытянутому в северо-западном направлении согласно с

простираем зеленокаменных поясов и приуроченных к ним нижнепротерозойских грабен-синклиналей. Свод нарушен продольной узкой протяженной субмеридиональной зоной прогибов, делящей его на восточное Курско-Щигровское поднятие, состоящее из локальных высокоамплитудных валов и сводов, и западное – Льговско-Обояньское поднятие. Кривецко-Псёлский прогиб изолирует полуизометричное Белгородское поднятие. На востоке Курско-Белгородской области расположено Оскольское поднятие умеренных амплитуд.

В Михайловской зоне поднятий, протягивающейся в субмеридиональном направлении, выделяются северная группа наклонных к западу валов, отличающихся значительными амплитудами (Дмитровская), и южная (Крупецкая). Наибольшие амплитуды Дмитровской группы валов приходятся на пространственное совпадение с Михайловским звеном Белгородско-Михайловской линейной зоны синформного типа фундамента, по отношению к которой новейшие структуры дискордантны.

*Дано-Донецкая область* поднятий дискордантно наложена на границы мегаблока КМА фундамента, Лосевскую шовную зону и прослеживается в юго-восточном окончании Хоперского мегаблока. Максимальные амплитуды поднятий достигают 250-260 м, плавное погружение происходит в южном и юго-восточном направлении, в сторону Прикаспийской низменности. На новейшем этапе активизации здесь обособились две зоны поднятий: Острогжско-Калачская (ДД-I) и Первомайско-Чирская (ДД-II) (рис.1). Эти структуры в целом наклонены в сторону Днепровско-Донецкого прогиба и полого – в сторону Прикаспийской впадины. Острогжско-Калачская зона поднятий Чернокалитвинским прогибом северо-западного простираения разделена на северное, относительно монолитное поднятие и южное, состоящее из сводов и валов и разделяющих их прогибов. Калачское (К) поднятие отделено прогибом. Первомайско-Чирская зона поднятий, с северо-запада ограниченная Верхнекалитвенско-Вешенской дугообразной зоной прогибов, подразделена на Верхне- и Нижне-Чирское (ВЧ и НЧ) поднятия, амплитуды которых снижаются к юг–юго-востоку, согласно с наклоном поверхности фундамента.

Особенностью новейшего строения Дано-Донецкой области поднятий является её структурно-геоморфологическая зональность, наиболее ярко проявленная в юго-восточной части, где происходит резкое погружение поверхности фундамента, а характерные для неё валообразные поднятия высоких порядков, очевидно, являются складками покрова.

## **Связь новейшего структурного плана территории ВКМ со структурой фундамента и глубинными неоднородностями земной коры**

В процессе формирования новейшего структурного плана территории ВКМ, развивающегося под влиянием субмеридионального сжатия, вызванного процессами, протекающими в альпийском складчатом поясе, и активного прогибания Прикаспийской впадины [М.Л.Копп, 2005, В.И.Макаров и др., 2006], нашли отражение крупнейшие неоднородности земной коры.

По плотностным характеристикам на территории ВКМ выделяется ряд геоблоков [Надежка, 2008], их положение четко коррелируется с наиболее крупными структурными элементами неотектонического строения территории. Большую часть территории ВКМ занимают Курский и Воронежский геоблоки. Положение Курского геоблока совпадает с территорией Среднерусской области поднятий, максимальные амплитуды поднятий которого приурочены к областям наименьшей плотности земной коры. Доно-Донецкая область поднятий, Окско-Донской прогиб и Приволжский мегасвод приурочены к Воронежскому, более тяжелому геоблоку. В строении данного геоблока выделяются две области максимальных плотностей, пространственно приуроченные к Доно-Донецкой области поднятий и Приволжскому поднятию, а седловина, разделяющая области максимальных плотностей, маркирует современный Окско-Донской прогиб. На западе территории ВКМ с Курским геоблоком граничит узкая протяженная зона повышенной плотности. Этой области в структурно-геоморфологическом строении соответствует Жиздро-Деснинская зона эрозионно-тектонических прогибаний, отделяющая Среднерусскую область поднятий от Брянско-Смоленской.

### ***Первое защищаемое положение:***

**Области поднятий, выделенные при неотектоническом районировании, различаются структурно-геоморфологическим строением и характеризуются изгибовыми деформациями. В новейшем строении территории ВКМ проявлены структуры фундамента и глубинные неоднородности земной коры.**

## **Новейшее тектоническое строение Окско-Донского прогиба**

Окско-Донской прогиб, орографически соответствующий одноименной равнине, имеет коленообразную форму в плане. Северную часть Окско-Донской низменности, ограниченную на юге долиной р. Оки, занимает Мещерская

низменность. Меридиональный северный (Окско-Донской) сегмент прогиба протягивается от Калачской возвышенности до долины р. Клязьмы. Его юго-восточное продолжение (Хопёрско-Донский сегмент) расположено между долинами рек Ворона и Иловля. В прогиб включают также Нижнедонскую равнину [Копп, 2005].

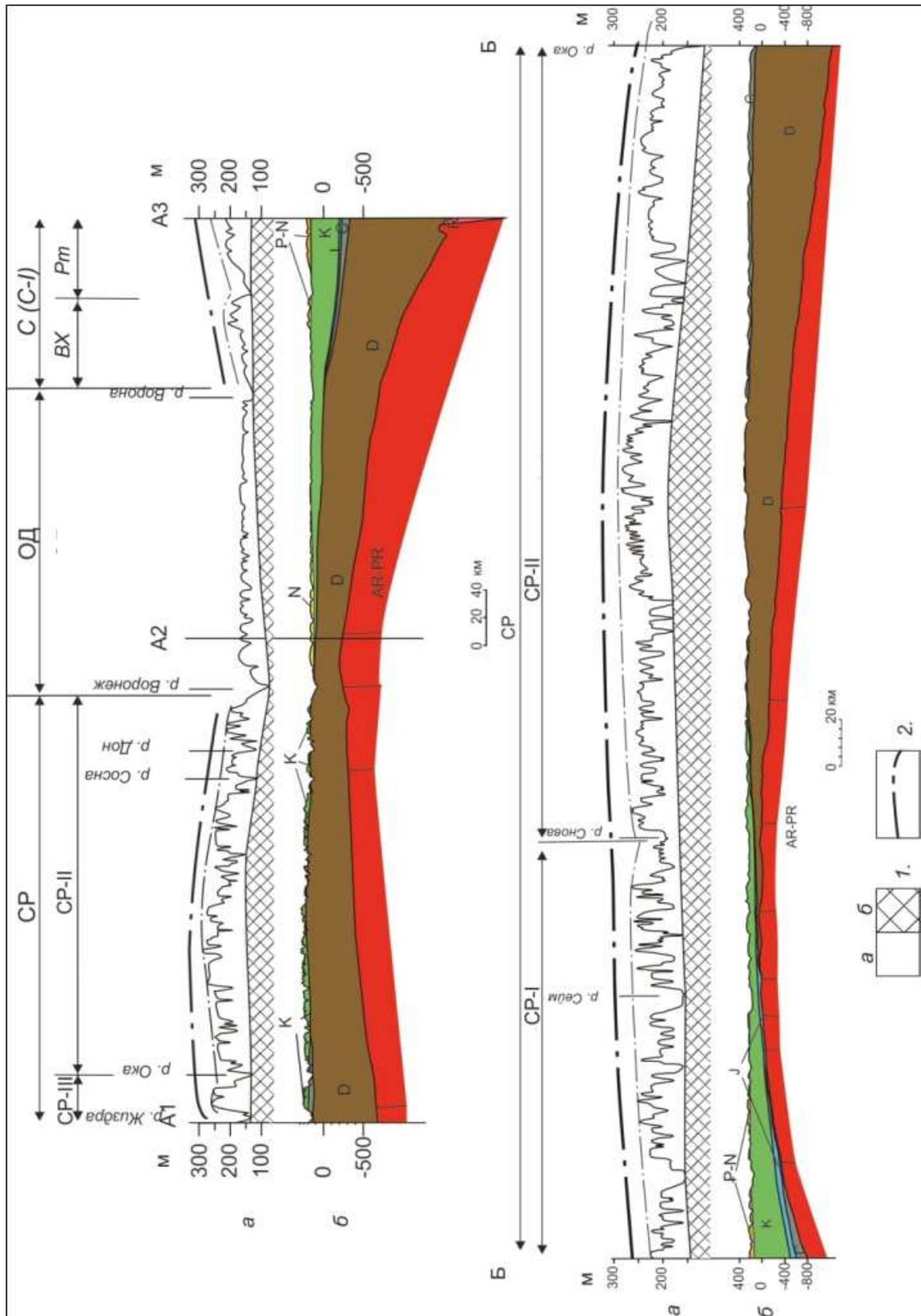
*Северный сегмент Окско-Донского прогиба.* Он дискордантно наложен на северо-восточный край ВКМ и в целом согласно с простираем отложений чехольного комплекса Воронежской антеклизы. Западный борт его маркируется Лосевско-Мамонским разломом фундамента, входящим в Лосевскую шовную зону. Прогиб выполнен неоген-четвертичными отложениями общей мощностью ~ 200 м. Неогеновые отложения здесь подразделяются на три комплекса: миоценовый, верхнемиоценовый-среднеплиоценовый и верхнеплиоценовый. В современном геологическом строении прогиба отчетливо проявлено общее смещение в плиоцене площадей аккумуляции в его западную часть.

*Юго-восточный сегмент прогиба (Хопёрско-Донской)* расположен к юго-западу от Калачского поднятия и простирается согласно с наклоном осадочного платформенного чехла и отличается от северного отсутствием нижне-среднемиоценового комплекса неогеновых отложений, что, вероятнее всего, говорит о более позднем его заложении. Он выполнен верхнемиоцен-нижнеплиоценовым и средне-верхнеплиоценовым комплексами неогена. Первый комплекс занимает более широкую территорию с захватом областей, относимых к Приволжскому поднятию. Средне-верхнеплиоценовый комплекс смещен на запад, определяя асимметрию строения юго-восточного сегмента прогиба.

Четвертичные отложения Окско-Донского прогиба представлены сложным комплексом континентальных отложений [Трегуб, 2010]. Почти вся изучаемая территория была покрыта Донским ледниковым языком, что определило разрез четвертичных отложений, в котором выделяются три комплекса: доледниковый, ледниковый и послеледниковый.

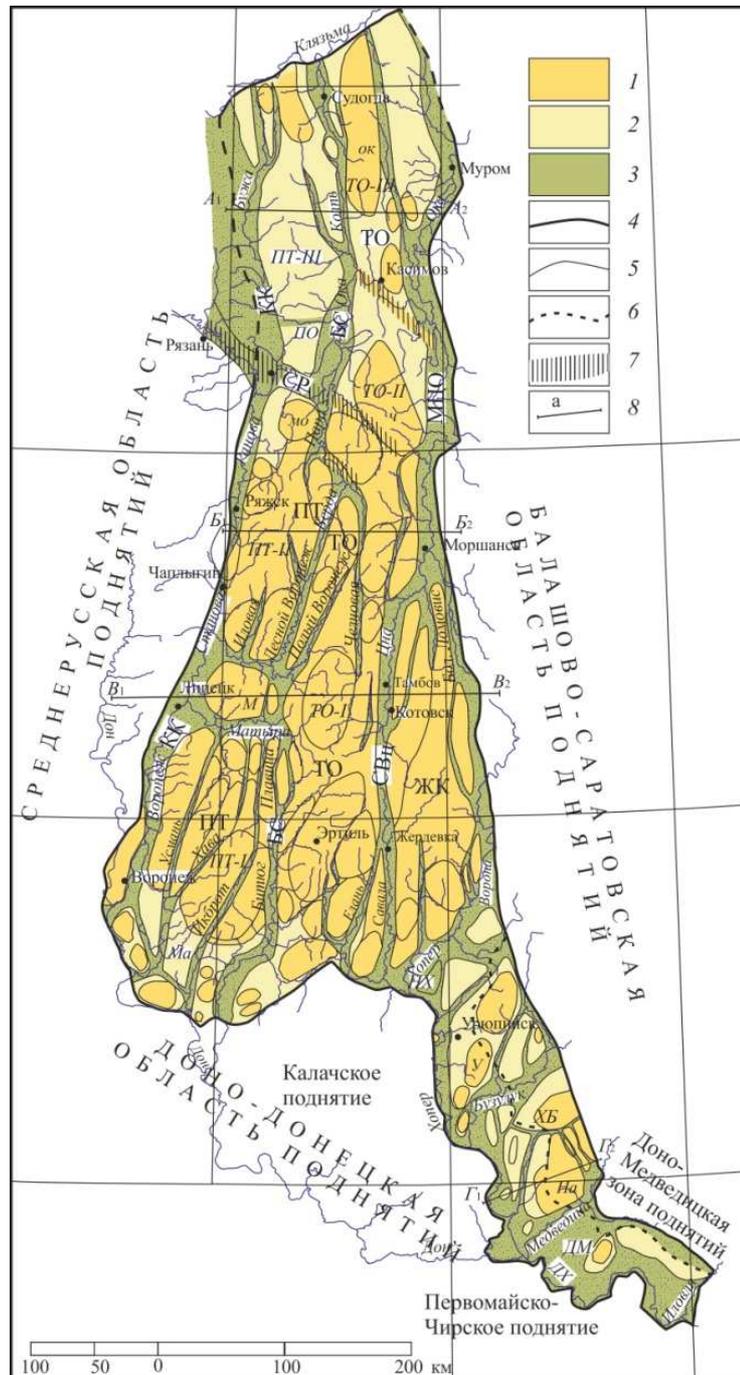
Прогиб разделяет Среднерусскую, Доно-Донецкую области новейших поднятий, относящихся к Воронежскому мегаподнятию, с одной стороны, и Балашово-Саратовскую, принадлежащую Приволжскому мегаподнятию, – с другой. С интенсивным воздыманием последней связана асимметрия прогиба с наклоном на





**Рис. 2** Геолого-геоморфологические профили территории ВКМ, а – геоморфологический профиль; б – геологический разрез

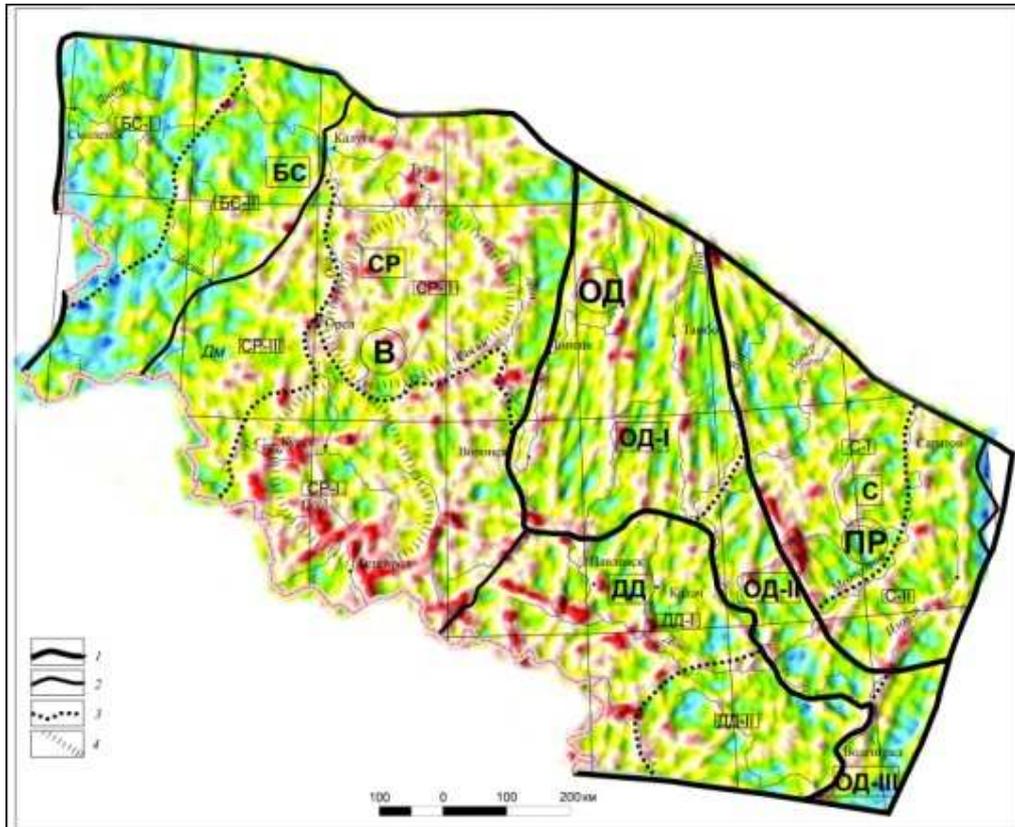
1. – территория ВКМ а – расчлененная эрозией, б – не затронутая денудацией; 2 – новейшая деформация.



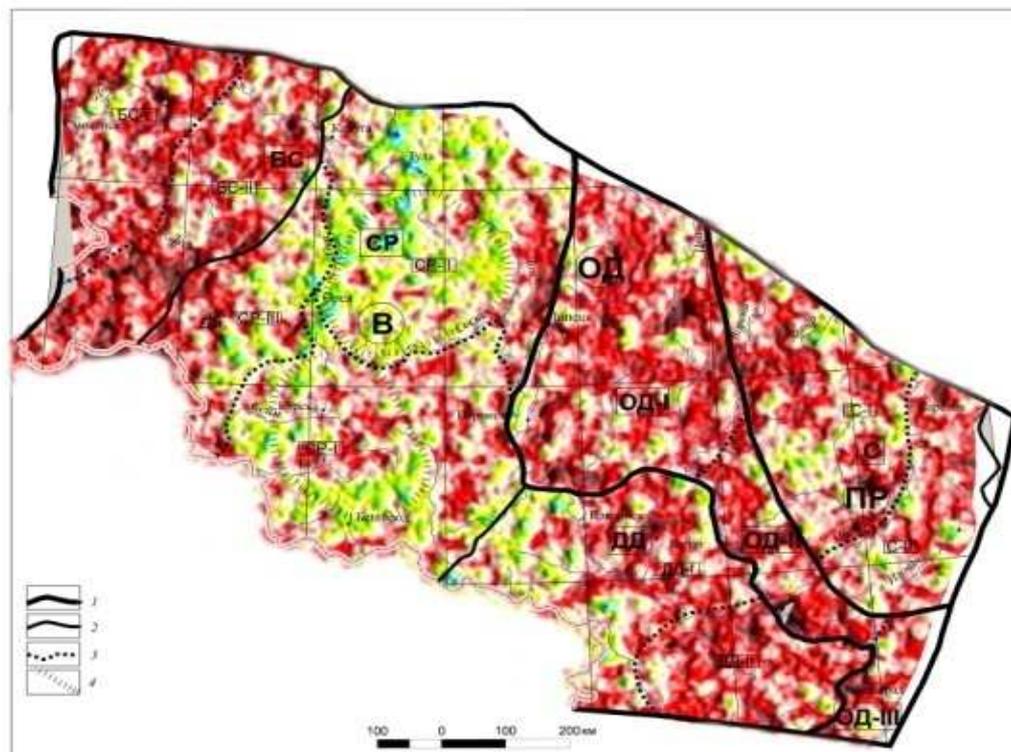
**Рис. 3. Современный структурный план Окско-Донского прогиба**  
**[Корчуганова, Соколов, Загубный, 2012]**

1 – 2 – системы поднятий: 1 – умеренных, 2 – слабых; 3 – зоны относительных прогибов; 4 – границы Окско-Донского прогиба в четвертичное время; 5-6 – границы: 5 — поднятий и впадин, 6 – распространения миоцен-плиоценового комплекса отложений; 7 – линеamentные зоны; 8 – линии разрезов (на рис.). Буквенные обозначения — названия структур

**Буквенные обозначения: Структуры второго порядка: системы поднятий:** ПТ - Панино-Тумская, ТО – Тамбовско-Окская, ЖК – Жердевско-Котовская; **зоны прогибаний, прогибы, впадины:** КК – Кривоборско-Клепиковская, БС – Битюг-Судогдская, ТВц – Токай-Верхнедонецкая, МЦО – Мучкапско-Цнинско-Оксуая, НХ – Новохоперская, ДХ – Доно-Хоперский, СР – Спасск-Рязанский, ХБ - Хопер-Бузулукская, НД – Арчединско-Донская; **структуры третьего порядка: секторы:** ПТ-I - Аннинско-Шукавкинский, ПТ-II – Первомайский, ПТ-III – Тумский, ТО-I – южный, ТО-II – центральный, ТО-III – северный; **структурные ступени:** У – Урюпинская, На – Новоанинская, ПО – Пра-Окская; **впадины:** ДХ Доно-Хоперская, Ма - Масскальская; **поднятия:** М – Матырское; **частные структуры:** мо – Мосоловское поднятие, ок – Окско-Клязменский вал, ч – Чучковское поднятие



А.



Б.

**Рис. 4. Визуализация обработки линеamentного поля: А - Поиск центра радиальных структур (окно диаметра 100 км, сглаживание – 10 км); Б - анизотропия линеamentной сети (окно диаметра 20 км, сглаживание – 10 км).**

Составили: Загубный Д.Г., Соколов С.А

Границы: 1.- надранговые (В – Воронежское поднятие, ПР – Приволжское поднятие, ОД – Окско-Донской прогиб) 2 – областей поднятий

запад и юго-запад. Западные борта прогиба в рельефе выражены отчетливо, в отличие от противоположных.

### **Современная структура Меридионального (Окско-Донского) сегмента прогиба**

В современной структуре Меридиональной зоны прогиба проявлена продольная зональность, выраженная в меридиональном простирании эрозионно-тектонических зон поднятий и прогибов, охарактеризованная в работе [Макарова и др., 2002] и дополненная и уточненная нашими исследованиями (рис. 3). Эрозионно-тектонические зоны поднятий и относительных прогибаний прослеживаются через весь сегмент, испытывая ундуляции и изменение ширины на пересечении с поперечными поднятиями и прогибами, и состоят из структур более высоких порядков.

В Меридиональном сегменте прогиба выделяются северная (Окско-Клязьминская) и южная (Окско-Донская) части. Заложение прогиба к югу от широтного отрезка долины р. Оки датируется ранним миоценом; к северу от этой широты прогиб проградировал в четвертичное время. К этой границе приурочен широкий Спасск-Рязанский прогиб, образованный на месте Пачелмского авлакогена фундамента северо-западного простирания и Рязано-Саратовского прогиба в палеозойском чехле.

Выделяются зоны прогибов: Кривоборско-Клепиковская (КК), Битюг–Судогдская (БС) (Битюг-Колпинская, по [Раскатов, 1969]), Токай-Верхнецнинская (ТВц) и Мучкапско-Цнинско-Окская (МЦО). Зоны поднятий (с запада на восток): Панино-Тумская (ПТ), Тамбовско-Окская (ТО), протягивающиеся через весь прогиб, и расположенная только в южной части – Жердевско-Котовская (ЖК). Зоны эрозионно-тектонических прогибов и поднятий состоят из частных структур более высоких порядков.

Кривоборско-Клепиковская эрозионно-тектоническая зона прогибаний (КК), сопряженная со склоном крупной Среднерусской области новейших поднятий, в районе г. Воронеж наследует Кривоборское погружение фундамента, по линии Воронеж-Липецк – депрессию в девонских отложениях, а по долине р. Бужа – синклинальный изгиб в каменноугольных и юрских отложениях.

Панино-Тумская зона поднятий (ПТ) протягивается от Острогожского поднятия на юге до долины р. Клязьмы. Поперечными зонами прогибов зона поднятий

разделена на три крупных сектора, строение каждого осложнено локальными структурами. Большая часть частных структур конседиментационного развития, они наследуют структуры палеозойского и мезозойского возраста: валы, структурные ступени, градиентные зоны, формируя как прямые так и обращенные структурные формы.

Битюг–Судогдская зона прогиба (БС) прослеживается по широким меридиональным долинам р.р. Битюг, Эртиль, Лесной Воронеж, Пара, Колпа. В южной части зона наследует флексурную зону фундамента и ярко выраженное сокращение мощности в мезозойских отложениях, а в Окско-Клязьменской части, по долине р. Колпа – Судогдский прогиб.

Тамбовско-Окская зона поднятий (ТО) делится на три части: южную, наиболее протяженную общего меридионального простирания; центральную, границы которой имеют северо-западное простирание; и северную меридионального простирания. Строение выделенных структурных единиц осложнено значительным количеством структур более высоких порядков, различной степени унаследованности. Так южный сектор в целом наследует мезозойскую впадину; обособляющееся в секторе Эртильское поднятие наследует поднятие в девонских отложениях. Геометрия и строение структур центрального сектора Тамбовско-Окской зоны поднятий обусловлены влиянием Пачелмского авлакогена и структур осадочного чехла.

Токай-Верхнецнинский прогиб (ТВц), прослеживающийся по долине р. Токай на верховья долины р. Цны на 200 км и выраженный в палеозойской структуре флексурой, отделяет Жердевско-Котовскую (ЖК) зону поднятий, в строении которой обособляются по Бурнавско-Кершскому долинообразному прогибу Котовское (К), наследующее палеозойский прогиб, и Жердевское (Ж) поднятия, которые протягиваются только до коленообразного изгиба р. Цны. Структуры более высоких порядков поднятия часто имеют унаследованное развитие: так, Дубровский вал Котовского поднятия развивается над поднятием, прослеживающимся как в палеозойской, так и мезозойской структуре, а выделяемая в Жердевском поднятии Мигулинско-Новохоперская зона наследует положение разлома в девонских отложениях.

Мучкапско-Цнинско-Окская зона относительных опусканий, являющаяся граничной для современного Окско-Донского прогиба, хорошо выражена только в

северной части, от г. Моршанска по долинам рек Цна и Ока, где она имеет меридиональное простирание.

Таким образом, данным исследованием была подтверждена и уточнена продольная зональность Меридионального сегмента Окско-Донского прогиба, выявлена его поперечная сегментированность. Активность Пачелмского авлакогена фундамента и Рязано-Саратовского прогиба в палеозойском платформенном чехле проявилась в особенностях новейшего тектонического строения Окско-Донского прогиба, но не повлияла на проградацию его в четвертичное время к северу. Новейшие поднятия в Окско-Донском прогибе представлены преимущественно валами, многие из которых конседиментационного развития.

### **Современная структура Хоперско-Донского сегмента прогиба**

Юго-восточный (Хопёрско-Донской) сегмент Окско-Донского прогиба заложен в среднем миоцене и имеет резко асимметричное строение, связанное с активным развитием новейшего Приволжского мегаподнятия. К границе с меридиональным сегментом приурочена субширотная Новохоперская впадина (НХ).

В современной структуре сегмента можно выделить две относительные впадины, различающиеся геолого-геоморфологическим строением: Хопер-Бузулукскую (ХБ) и Арчединско-Донскую (НД). Западной границей первой на всем протяжении является долина р. Хопра, подмывающего Калачское поднятие; западной границей южной, в которой отсутствуют отложения миоцена - нижнего плиоцена, — долина Дона. Доно-Хоперская (ДХ) впадина шириной до 12-15 км прослеживается по всей длине Хоперско-Донской зоны Окско-Донского прогиба.

Хопер-Бузулукская впадина выполнена средне-верхнеплиоценовыми и развитыми в восточной части миоцен-нижнеплиоценовыми отложениями и отличается выдержанной шириной. В зоне выделяются три структурные ступени, разделенные долинообразными прогибами, различаются амплитудами плиоцен-четвертичных тектонических движений и геоморфологическим строением.

Таким образом, юго-восточный сегмент современного Окско-Донского прогиба имеет асимметричное строение с обособлением двух секторов, различающихся структурно-геоморфологическим строением.

Проведенные исследования позволили сформулировать второе защищаемое положение:

**Новейшее строение Окско-Донского прогиба имеет сегментировано-зонально-секториальное строение, в котором проявлены структуры осадочного чехла.**

## **Анализ и компьютерная обработка линеаментного поля территории ВКМ**

Под линеаментами обычно понимают линейные неоднородности земной коры и литосферы, проявленные на земной поверхности прямо (разломами) или опосредованно (геологическими и ландшафтными аномалиями). Повышенная трещиноватость в горных породах, отраженная в материалах дистанционного зондирования линеаментами, может быть обусловлена ротационными напряжениями вращающейся Земли и приливными силами Луны и Солнца (планетарная трещиноватость) либо эндогенными причинами. Как убедительно показано В.И. Макаровым [Макаров, 1997], в пределах платформенных областей разрывные дислокации (с заметными смещениями слоев, которые возможно измерить) имеют подчинённое значение и сводятся преимущественно к трещинному крипу. Рассматриваемый нами регион в течение всего позднего кайнозоя оставался платформой, которой присущи незначительные амплитуды и градиенты движений. По данным [Макаров и др., 2007], даже крупнейшие докембрийские разломы кристаллического основания, связанные с авлакогенной стадией развития будущих платформ, в чехле не проявлены как разломы или проявлены в нём в качестве очень пологих флексур конседиментационного типа, т. е. весьма малоградиентных как в пространстве, так и во времени изгибных дислокаций чехла. Линеаменты, которые нередко интерпретируются как разломы, унаследовано развивающиеся на новейшем этапе, могут отражать как тектоническую, так и планетарную трещиноватость, разработанную эрозионно-денудационными процессами, различить которые сложно.

Линеаменты дешифрировались нами по данным цифрового рельефа SRTM, полученным НАСА радарной стереосъёмкой поверхности Земли, разрешающая способность которой 1 с или порядка 30 м по меридиану, топокартам, картам гидросети и др.. Компьютерная обработка поля линеаментов в программе Lineament [Загубный, 2004] выявила некоторые его характеристики.

Алгоритмы, использовавшиеся для поиска центра радиальных структур с помощью окон разного диаметра, выделили линеаментные зоны различных

простирающихся. Они характерны для новейшего структурного плана Окско-Донского прогиба. Наглядно проявилась линеаментная зона, отличающаяся повышенной сейсмической активностью с верхнекоровыми (глубина эпицентров  $\approx 5$  км) невысокого энергетического класса землетрясениями [Надежка и др., 2008, 2010], протягивающаяся от Курска в юго-восточном направлении вдоль границы Орловско-Тульского и Курско-Белгородского новейших поднятий. Также явно линеаментной зоной проявлен Лосевско-Мамонский разлом фундамента, граничный для Среднерусской области новейших поднятий и Окско-Донского прогиба [Корчуганова, Соколов, Загубный, 2012]. Богучаро-Ливенская шовная зона, прослеживающаяся по линии Воронеж—Павловск, граничная для Россошанской жесткой глыбы фундамента, наиболее четко проявилась в пределах Доно-Донецкой области поднятия. Линеаментными зонами проявлены также граница Приволжского поднятия, Доно-Медведицкий прогиб и др.

Плотность линеаментов рассчитывалась круглым скользящим окном разного диаметра (5, 10, 20, 50 км) и подвергалась выравниванию для вычисления локальной составляющей. Как правило, повышенной плотностью линеаментов отличаются участки с наиболее раздробленной и проницаемой земной корой, а зоны линеаментов обычно приурочены к таким участкам. Повышенной плотностью линеаментов проявляются практически все границы новейших структурных форм. Расчёт анизотропии линеаментной сети (рис. 6.7, 6.8, 6.9) проявил области с изотропной ориентировкой трещиноватости, характерные главным образом для крупных сводов Среднерусской области поднятий.

#### *Третье защищаемое положение:*

**В материалах компьютерной обработки линеаментного поля нашли отражение основные верхнекоровые конэрозионные новейшие структурные формы, в том числе сейсмогенные зоны.**

#### **Выводы**

В результате проведенного исследования было установлено, что на территории ВКМ на новейшем этапе тектонического развития сформировалось два региональных надранговых поднятия: Воронежское и Приволжское, и разделяющий их Окско-Донской прогиб. В пределах Воронежского поднятия выделяются Брянско-Смоленская, Среднерусская и Доно-Донецкая области, различающиеся структурно-геоморфологическим строением. Брянско-Смоленская и Среднерусская области

поднятий представляют собой крупные сводообразные структуры, вытянутые в субмеридиональном направлении. В строении первой преобладают валы северного и северо-западного простирания. Среднерусская область состоит из двух крупных оvoidных сводообразных структур, осложненных локальными структурами различной морфологии, и вытянутой зоны поднятий, представленной валами северо-восточного простирания. В Доно-Донецкой области поднятий проявлена яркая зональность, обусловленная прогибанием Прикаспийской впадины и выраженная в структурно-геоморфологическом строении валами, разделенными узкими долинообразными прогибами.

В строении Балашово-Саратовской области выделяются Ртищевско-Хоперское и Приволжско-Медведицкое поднятия, осложненные сводо- и валообразными локальными структурами и относительными прогибами.

При значительных различиях в структурно-геоморфологическом строении выделенных областей поднятий выделяется ряд общих закономерностей:

- все они отражают изгибовые деформации земной коры разного порядка: крупные пологие изгибы фундамента и перекрывающего его отложений чехла являются «складками основания» (Среднерусская область); отложения чехла большой мощности в районе резкого погружения фундамента (юго-восток Доно-Донецкой области) формируют складки покрова; локальные структуры представлены преимущественно сводами и валами;

- максимальные амплитуды воздыманий приурочены к северным частям областей поднятий;

- не все граничные структуры ВКМ проявлены в новейшем строении. Отмечается наложенный характер новейших структур и продолжение их за пределами территории ВКМ (Брянско-Смоленская область, Балашово-Саратовской область Приволжского мегаподнятия, Окско-Донской прогиб).

Исследования выявили, что основные черты новейшего структурного плана территории Воронежского кристаллического массива обусловлены характером распределения глубинных неоднородностей земной коры и мантии, а также всей историей геологического развития территории.

Изучение структурно-геоморфологического строения Окско-Донского прогиба позволило подтвердить, что заложившийся в раннем миоцене, в неоген-четвертичное время прогиб значительно эволюционировал. В результате проведенных исследований

было скорректировано и уточнено его продольно-зональное строение, выявлены локальные структуры, рассмотрена их связь со структурами чехла. Выявлено ступенчатое строение Юго-восточного сегмента Окско-Донского прогиба, структуры высоких порядков, отображены современные границы.

Северный сегмент прогиба резко несогласно наложен на чехольный комплекс антеклизы, однако в общих чертах наследует положение Лосевской шовной зоны фундамента, частные же структуры имеют как наложенный характер, так и унаследованный конседиментационный. В структуре Меридионального сегмента прогиба проявляется поперечная делимость, выраженная погруженными ступенями, поперечными прогибами и седловинами, разделяющими продольные зоны поднятий на структуры более высоких порядков.

Исследование поля линеаментов территории ВКМ показало, что при его специализированной компьютерной обработке проявляются все основные неотектонические морфоструктуры, а также ряд погребенных элементов строения ВКМ и его граничных структур. При обработке линеаментного поля проявились современные сейсмогенные области.

Впервые построены структурно-геоморфологические карты территории Воронежского кристаллического массива, отражающие новейшие структуры в границах, оформившихся в четвертичное время, и амплитуды поднятий конэрозионной стадии развития новейших деформаций.

Выявлено, что преобладающим типом новейших деформаций являются пликативные: своды, валы, структурные ступени. Впервые выявлены складки основания и складки покрова.

Впервые были проведены компьютерная обработка поля линеаментов, и их анализ, выявивший выраженность основных новейших структурных форм в материалах обработки, а также связь зон линеаментов с современными сейсмогенными зонами.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации.**

#### **Статьи в периодических научных изданиях (список ВАК)**

1. Корчуганова Н.И., Соколов С.А., Загубный Д.Г. Геологическое строение и современная структура Окско-Донского прогиба // Известия вузов. Геология и разведка. 2012. №1. С. 3-9.

2. Корчуганова Н.И. Загубный Д.Г., Соколов С.А. Неотектоническое районирование Русской плиты // Разведка и охрана недр. 2012. №2. С. 13-19.

3. Корчуганова Н.И., Соколов С.А., Загубный Д.Г. Верхнекоровые новейшие деформации территории Воронежского кристаллического массива и их отражение в линеаментном поле // Известия вузов. Геология и разведка. 2012. №5. С. 5-12.

#### Тезисы докладов и материалы конференций

1. Соколов С.А. Структуры Орловско-Курского макроблока Воронежской антеклизы. // Материалы конференции «Молодые – наукам о Земле». М. РГГРУ, 2010, С. 75

2. Соколов С.А. История геологического развития и новейшая структура центральной части территории Воронежского кристаллического массива // Материалы «Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского», С.-Петербург, ВСЕГЕИ, 2011. С. 37-41.

3. Соколов С.А., Корчуганова Н.И. Новейшая тектоника Окско-Донского прогиба // Материалы конференции «Новые идеи в науках о Земле». М. РГГРУ, Т. 1, 2011. С. 52.

4. Соколов С.А. Линеаментная тектоника территории центральной части Воронежского кристаллического массива // Материалы конференции «Новые идеи в науках о Земле». М. РГГРУ, Т. 1, 2011. С. 52.

5. Соколов С.А. Отражение в современном рельефе структур фундамента Воронежского кристаллического массива // Материалы конференции «Молодые – наукам о Земле». М. РГГРУ, 2012, С. 37-39.

6. Корчуганова Н.И., Соколов С.А. Структурно-геоморфологическое районирование территории Воронежского кристаллического массива // Материалы конференции «Проблемы региональной геологии Северной Евразии», М. РГГРУ, 2012. С. 39-40

7. Соколов С.А. Новейшее тектоническое строение и история формирования Окско-Донского прогиба // Материалы конференции «современные вопросы геологии». М. ГЕОС, 2011, С. 173-177.