

На правах рукописи



Дорожко Анастасия Леонидовна

**НЕОТЕКТОНИКА, ГЕОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ЗОНЫ
МОСКВЫ И ИХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

Специальность 25.00.36 — Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2014

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН

Научные руководители: доктор геолого-минералогических наук

Макаров Владимир Иванович

кандидат геолого-минералогических наук

Макеев Владимир Михайлович

Официальные оппоненты: **Рассказов Андрей Андреевич**

доктор геолого-минералогических наук,
профессор, РУДН, профессор кафедры
геоэкологии

Сим Лидия Андреевна

доктор геолого-минералогических наук,
ИФЗ РАН, ведущий научный сотрудник

Ведущая организация – Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ)

Защита состоится «_18_» апреля 2014 г. в 14 ч. на заседании диссертационного совета Д 002.048.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН) по адресу: 109004, Москва, ул. Николоямская, д. 51.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институте геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН по адресу: 101000, Москва, Уланский пер., д. 13, стр. 2.

Автореферат разослан «_17_» марта 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



кандидат геолого-минералогических наук
Батрак Глеб Игоревич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность исследований обусловлена недостаточной детальностью и комплексностью изучения неотектоники и геодинамических условий образования платформенных структур, включая малые урбанизированные территории, в том числе и при проведении геоэкологических изысканий. Существует несколько точек зрения на условия образования этих структур. Преобладает точка зрения, что древние структуры, преимущественно разломы фундамента и чехла платформ, определяют развитие территории на неотектоническом этапе, включая и современный. При этом, как правило, утверждается, что древние разломы оказывают различное воздействие на инженерные сооружения. Такой точке зрения противостоят представления о преимущественно изгибных формах движений и деформаций земной коры платформ, по крайней мере, на новейшем этапе (Макаров, 1996; 1997; Юдахин и др, 2003 и др.). Этим представлений придерживается и автор: в данной работе для территории г. Москвы доказано отсутствие унаследованности древних структур неотектоническими, а также отсутствие здесь новейших разрывов и присутствие изгибных деформаций и геодинамически активных зон.

Актуальной является проблема выявления закономерной обусловленности ряда потенциально опасных экзогенных процессов и гидрогеологических окон неотектоническими структурами, в частности, геодинамически активными зонами.

Самостоятельное значение имеет развитие и совершенствование методики выявления новейших и современных структур платформ, в том числе малых территорий в крупных масштабах.

Степень научной разработанности темы выявления и оценки неотектонических структур платформенных территорий и их унаследованности относительно высока. В последние десятилетия этими проблемами занимались и продолжают успешно заниматься Р.Е. Айсберг, Р.Г. Гарецкий, И.В. Ананьин, В.И. Бабак, В.В. Бронгулеев, А.В. Востряков, О.И. Гущенко, А.П. Дедков, А.К. Карабанов, М.Л. Копп, Н.И. Корчуганова, Н.П. Костенко, А.А. Никонов, В.И. Макаров, Н.В. Макарова, В.М. Макеев, Ю.А. Мещеряков, Б.Н. Можаяев, С.А. Несмеянов, Г.И. Раскатов, Л.Н. Розанов, Л.А. Сим, Т.В. Суханова, А.И. Трегуб, В.Г. Трифионов, Ю.К. Шукин, Ф.Н. Юдахин и др. Эти исследователи различными методами доказали существование неотектонических деформаций платформенных территорий на разных глубинных уровнях литосферы с определением их свойств и геодинамических условий образования.

Геологическими, геоэкологическими и тектоническими исследованиями территории Москвы занимались и занимаются такие исследователи, как В.И. Бабак, Е.А. Гаврюшова, И.В. Галицкая, Г.А. Голодковская, С.В. Григорьева, Б.М. Даньшин, В.Г. Заиканов, В.П. Зверев, А.В. Кожевников, В.Н. Кожевникова, И.А. Кожевникова, И.В. Козлякова, Ю.Т. Кузьменко, В.М. Кутепов, Э.А. Лихачева, В.И. Макаров, В.М. Макеев, О.К. Миронов, А.И. Москвитин, В.И. Осипов, Г.П. Постоев, Е.М. Сергеев, И.Н. Федонкина и мн. др. Ими внесен огромный вклад в изучение геологического, инженерно-геологического, неотектонического и структурно-геоморфологического строения Москвы, в решение ее геоэкологических проблем. Тем не менее, дискуссионными оставались вопросы о степени унаследованности новейшими структурами древних, в том числе и разломов фундамента, о

наличии здесь региональных геодинамически активных зон, а также о степени их воздействия на инфраструктуру города. На решение этих вопросов направлена данная работа.

Цель исследований. Основной целью работы является изучение пространственно-временных закономерностей формирования неотектонических структур территории Москвы, включая геодинамически активные зоны, и определение их геоэкологической значимости.

Задачи исследований. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Выделение в рельефе земной поверхности и в рельефе поверхности мезозойских отложений геоморфологических уровней для характеристики разновозрастных новейших структур;

2. Изучение соотношения разновозрастных комплексов неоплейстоценовых отложений для датировки выявленных уровней;

3. Исследование структуры древних (до новейших) горизонтов земной коры с целью определения степени унаследованности их новейшими и современными;

4. Геодинамический анализ происхождения и взаимодействия региональных неотектонических структур друг с другом с целью выявления региональных геодинамически активных зон;

5. Структурный анализ разновозрастных линеаментов с целью уточнения расположения геодинамически активных зон в пределах Москвы;

6. Анализ развития экзогенных процессов, распространения гидрогеологических окон и аномалий природного радона с целью определения степени их обусловленности геодинамически активными зонами.

Объектом исследований является геологическая среда г. Москвы в пределах московской кольцевой автодороги (МКАД).

Методология и методы исследований. Основным методом выделения неотектонических деформаций малых платформенных территорий является структурно-геоморфологический. Он позволяет на основе детального анализа строения рельефа заемной поверхности и погребенного рельефа поверхности дочетвертичных отложений, их взаимосвязи с подстилающими и перекрывающими отложениями определить историю развития каждого из них, а затем выявить даже незначительные проявления новейших тектонических движений. Для определения наличия или отсутствия унаследованности неотектоническими структурами древних проводился сравнительный анализ разновозрастных тектонических структурных планов исследуемой территории. Для выявления и оценки геодинамически активных зон использовался структурно-геодинамический метод, включающий линеаментный анализ.

В работе были использованы следующие методы исследований: 1) структурно-геоморфологический анализ погребенной поверхности мезозойских отложений и рельефа земной поверхности; 2) метод геолого-геоморфологического профилирования с учетом данных бурения, анализа мощностей и генетических типов четвертичных отложений; 3) структурно-тектонический и сравнительный анализы древних маркирующих горизонтов; 4) структурно-геодинамический метод; 5) анализ линеаментов, выделенных по

трем разновозрастным эрозионно-тектоническим поверхностям.

Научная новизна. Большой объем фактического материала, сконцентрированный на относительно малой территории, дал автору возможность не совсем традиционно подойти к решению поставленных задач. Например, для выделения разноплановых неотектонических структур впервые была использована погребенная на глубину от 3 до 66 м поверхность дочетвертичных отложений, которая была построена силами коллектива ИГЭ РАН в масштабе 1:10 000.

В данной работе впервые:

- в рельефе погребенной поверхности дочетвертичных отложений Москвы выделены пять структурно-геоморфологических уровней и определены их возраст и деформации;
- в пределах неотектонического этапа выделены два подэтапа и соответствующие им структурные планы;
- доказано отсутствие унаследованности неотектоническими структурами древних, в том числе Павлово-Посадского разлома фундамента;
- подтверждено наличие и уточнено расположение Москворецкой и Лихоборской геодинамически активных зон, для чего был применен анализ разновозрастных линеаментов;
- выявлена закономерная обусловленность опасных экзогенных процессов и гидрогеологических окон геодинамически активными зонами в условиях платформ.

Защищаемые положения:

1. На территории Москвы в течение неотектонического этапа сформировались два разновозрастных структурных плана, выраженные пологими изгибными структурами: 1) миоцен – эоплейстоценовый и 2) неоплейстоцен – голоценовый. Эти структурные планы различаются не только по возрасту, но и по морфологии и знаку вертикальных движений.

2. Анализ истории геологического развития территории Москвы показал, что оба новейших структурных плана являются новобразованными и не согласуются ни с одним из более древних, в том числе киммерийским, герцинским и докембрийским структурными планами.

3. Детальными структурно-геодинамическими исследованиями подтверждено и обосновано ранее выдвинутое предположение о существовании в неотектонической структуре территории Москвы двух геодинамически активных зон – Москворецкой и Лихоборской и определена их морфология.

4. Установлена закономерная концентрация опасных карстовых, карстово-суффозионных и оползневых процессов и гидрогеологических окон в геодинамически активных зонах, обусловленная повышенными трещиноватостью и градиентами крутизны склонов в этих зонах.

Достоверность научных положений и результатов исследований определяется высоким качеством и детальностью исходного фактического материала и использованием апробированной многими исследователями, в том числе и автором, методологической базы.

Практическая значимость. Геологическая среда Москвы постоянно и активно осваивается и эксплуатируется. Наличие зон с аномальной напряженностью, повышенной трещиноватостью и проницаемостью (геодинамически активных), а также закономерную

приуроченность к ним опасных экзогенных процессов и областей повышенной скорости фильтрации подземных вод необходимо учитывать при различных видах ее использования.

Апробация работы. Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях и семинарах: Международное рабочее совещание «Роль геодинамики в решении экологических проблем развития нефтегазового комплекса», ВНИМИ, С.-Петербург, 2003 г.; научно-производственная конференция «Инженерные изыскания в XXI веке», ФГУП ПНИИС, Москва, 2003 г.; XV молодежная научная конференция памяти К.О. Кратца «Геология и геоэкология Европейской России и сопредельных территорий», Санкт-Петербург, 2004 г.; конференция «Глубинное строение, геодинамика, мониторинг, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей. III научные чтения памяти Ю.П. Булашевича», ИГФ УрО РАН, Екатеринбург, 2005 г.; конференция «Новые идеи в науках о Земле», МГГРУ, Москва, 2005 г.; международная конференция «Современное состояние наук о Земле», памяти В.Е.Хаина, МГУ, Москва, 2011 г.; EngeoPro-2011 «Environmental Geosciences and Engineering Survey for Territory Protection and Population Safety», International Conference of IAEG. Moscow, 2011.

Публикации. По теме диссертации лично и в соавторстве было опубликовано 5 статей в рецензируемых журналах из перечня, рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ, 1 статья в иностранном журнале, 1 статья в иностранном сборнике, 1 статья в журнале и 24 статьи и тезиса в сборниках российских и международных конференций.

Структура и состав работы. Работа состоит из введения, 7 глав и заключения, изложенных на 140 страницах машинописного текста. Содержит 1 таблицу, 33 рисунка и список литературы, включающий 86 наименований.

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН под руководством д.г.-м.н. В.И. Макарова и заведующего лабораторией эндогенной геодинамики и неотектоники им. В.И. Макарова к.г.-м.н. В.М. Макеева.

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю к.г.-м.н. В.М. Макееву, доценту кафедры динамической геологии геологического факультета МГУ к.г.-м.н. Н.В. Макаровой, сотрудникам лаборатории эндогенной геодинамики и неотектоники ИГЭ РАН д.г.-м.н. С.А. Несмеянову, к.г.-м.н. П.С. Микляеву, к.г.-м.н. С.В. Григорьевой, И.В. Коробовой, В.С. Крыловой, В.Г. Синчук, сотрудникам института к.г.н. Е.А. Карфидовой, к.г.-м.н. Г.И. Батраку, коллективам лабораторий ИГЭ РАН под руководством акад. В.И. Осипова, к.г.-м.н. И.В. Козляковой, д.г.-м.н. И.В. Галицкой, к.ф.-м.н. О.К. Миронова, к.г.-м.н. В.Г. Заиканова.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** обосновывается актуальность выбранной темы, рассматривается степень ее научной разработанности, определяются цель, задачи и объект исследования, указываются методы исследования, подчеркивается новизна и практическая значимость работы, формулируются защищаемые положения, отмечается апробация результатов проведенного диссертационного исследования.

Первая глава «Краткий физико-географический и экологический очерк» посвящена описанию географических условий Москвы, а также ее промышленности и населения, с которыми связаны основные экологические проблемы города.

Москва входит в первую десятку самых населенных городов мира, по данным на 1 января 2013 г. ее население составляет почти 12 млн. чел. К развитым областям промышленного производства относится черная и цветная металлургия, химическая, легкая и полиграфическая промышленность. За последние годы особенно интенсивно в Москве происходит строительство как жилых, так и производственных (преимущественно офисных и торговых) объектов, в т.ч. «точечная застройка», приведшая к сокращению зеленых насаждений в жилых районах.

90% жителей столицы живут в неблагоприятных экологических условиях и ситуация с годами ухудшается. Наиболее неблагоприятна воздушная среда. Источники загрязнения – это транспорт, топливно-энергетическое хозяйство, производство. Кроме основных компонентов (сернистых, азотистых соединений, углеродных выбросов и пыли), в воздушной среде Москвы обнаружено более 200 специфических элементов, в том числе ртуть, свинец, кадмий, медь и др. Следующими по загрязнению являются почвы и поверхностные воды, что в значительной мере обусловлено загрязнением воздуха. Грунтовые воды почти повсеместно сильно загрязнены из-за снеготаяния, в результате значительных потерь из канализационных сетей, а также неучитываемого сброса жидких отходов на территории ряда промышленных предприятий.

Кроме химического загрязнения в наличии имеется весь спектр «физического загрязнения». Это наведенные электрические, магнитные, вибрационные, гравитационные, микросейсмические поля, а также повышенный в некоторых местах радиационный фон.

Геологическая среда города, преобразующаяся под влиянием неотектонических движений и деформаций, рассматривается с одной стороны, как возможный и естественный источник потенциальной опасности, а с другой – как некий субстрат, который закономерным образом организует распределение вредных химических элементов и физических полей. Например, зоны повышенной проницаемости и трещиноватости горных пород способствуют интенсивному проникновению агрессивных сильно загрязненных поверхностных вод в глубокие водоносные горизонты, развитию опасных для инженерных сооружений процессов (карст, суффозия и др.), коррозии подземных коммуникаций и т.д.

Во второй главе «История геологического изучения» последовательно рассматриваются: история геологических исследований территории Москвы, история неотектонических исследований платформенных территорий и состояние изученности геодинамически активных зон платформенных территорий.

В первой части главы приводится описание геологических исследований Москвы, начиная с работ Г.Е. Щуровского, затем Б.М. Даньшина (1947 и др.) и А.И. Москвитина (1936 и др.) и заканчивая исследованиями, проводимыми в ИГЭ РАН в течение двух последних десятилетий под руководством акад. В.И. Осипова. Основными этапами этих исследований можно считать выход монографии «Москва: геология и город» под ред. В.И. Осипова и О.П. Медведева (1997) и реализацией проекта по составлению «Комплекта тематических геологических крупномасштабных карт территории г. Москвы» (Осипов,

2011 и др.). Особое внимание уделено структурно-геодинамическому картированию Москвы, осуществлявшемуся в ИГЭ РАН под руководством д.г.-м.н. В.И. Макарова. Сделан вывод о том, что геологическая среда Москвы подробно изучается уже в течение многих десятилетий, в результате чего накоплен большой объем теоретических, прикладных и картографических материалов и знаний. Тем не менее, проблема выделения и локализации геодинамически активных зон, определения степени унаследованности этими зонами древних структур, в том числе разломов, характера и степени их воздействия на инфраструктуру города остается актуальной.

Во второй части главы дается краткая характеристика четырех, наиболее важных монографических трудов, посвященных неотектонике и геодинамике платформенных территорий. Это – монографии М.Л. Коппа «Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы» (2004), А.К. Карабанова с соавторами «Неотектоника и неогеодинамика запада Восточно-Европейской платформы» (2009), А.И. Трегуба «Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива» (2002), Ф.Н. Юдахина с соавторами «Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы» (2003).

В третьей части главы, где говорится о состоянии проблемы изученности геодинамически активных зон платформенных территорий, основное внимание уделено многочисленным разночтениям в понимании как этого термина в целом, так и отдельных его составляющих (Макаров и др., 2007). Сделан вывод о том, что меру современной тектонической активности отдельных элементов геологической среды платформенных территорий, обуславливающей степень опасного влияния на инженерные объекты, определяют, исходя, преимущественно, из представлений о блоковом строении земной коры и, соответственно, о наличии здесь активных разломов.

Третья глава «Геологическое строение, история развития и тектоническая структура территории в докайнозойское время» посвящена стратиграфии, тектонике и истории развития исследуемой территории в доновейшее время. Москва расположена в центральной части Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Породы слагают два этажа — кристаллический фундамент и осадочный чехол. Выделяется четыре докайнозойских структурно-формационных комплекса: 1) дорифейский, 2) среднерифейско-вендский, 3) среднедевонско-каменноугольный, 4) юрско-меловой.

Дорифейский структурно-формационный комплекс слагает кристаллический фундамент ВЕП. Он представлен гнейсами, сланцами, мигматитами, основными эффузивами и др. породами, в основном, архейского (AR) и, отчасти, раннепротерозойского (PR₁) возраста, интенсивно преобразованными *свекофенокарельской* складчатостью. Его мощность достигает 9 км. Тектоническое строение кристаллического фундамента Москвы изучалось преимущественно геофизическими методами такими исследователями, как Ю.Т. Кузьменко (1994 а,б и др.), И.В. Померанцева (2002 и др.), Е.М. Крестин (1986ф) и др. В южной части расположена северная ветвь Пачелмского авлакогена — Подмосковский авлакоген, а точнее его опущенный сегмент — Теплостанский грабен. Глубина залегания фундамента в его пределах достигает 2,8 км. Подмосковский авлакоген с севера ограничен Павлово-Посадским разломом сбросового типа, разделяющим его и Истринско-Кольчугинский выступ, а с юга, за пределами Москвы,

Раменским разломом, отделяющим его от Тумско-Шатурского выступа. Наибольшее значение в формировании структур осадочного чехла исследуемой территории традиционно придается Павлово-Посадскому разлому, т.к. смещение пород фундамента по нему достигает 1 км. В данной работе этот разлом включен в сравнительный анализ докайнозойских и неотектонических структурных планов.

Среднерифейско–вендский структурно-формационный комплекс, слагающий низы осадочного чехла ВЕП, представлен толщей эпиконтинентальных, преимущественно терригенно-осадочных, отложений среднего (R_2) и верхнего (R_3) рифея и нижнего (V_1) и верхнего (V_2) венда. Общая мощность достигает 2300 м. Накопление рифейских отложений происходило только в пределах Подмосковного авлакогена и связывается с интенсивными *байкальскими* тектоническими движениями, приведшими к его образованию.

Салаирский и следующий за ним *каледонский* тектоно-магматические циклы проявились общим поднятием территории, которое продолжалось в течение кембрия, ордовика, силура и раннего девона, что привело к частичному разрушению докембрийских пород. Отложения этого времени в разрезе отсутствуют.

Среднедевонско–каменноугольный структурно-формационный комплекс представлен лагунно-континентальными и морскими карбонатными отложениями девона и карбона. Девонская система представлена отложениями эмского яруса нижнего отдела (D_1) и полностью средним (D_2) и верхним (D_3) отделами. Каменноугольная система представлена полностью нижним отделом (C_1), московским ярусом среднего отдела (C_2) и полностью верхним отделом (C_3). Общая мощность комплекса не менее 1200 м. Отложения девона с угловым и стратиграфическим несогласием перекрывают все более древние отложения и структуры. Их накопление связывается с *герцинскими* прогибами, движениями этого времени образована Московская синеклиза. Исследуемая территория расположена на ее юго-западном крыле, которое характеризуется очень пологим ступенчатым моноклиналильным наклоном на северо-восток с градиентом в несколько метров на километр. В разрезе палеозоя Московской синеклизы в качестве опорного горизонта традиционно рассматривается кровля нижнего верейского горизонта среднего карбона. В процессе работы над диссертацией по данным 62 скважин была уточнена его структурная карта в пределах Москвы (рис. 1). Кровля верейского горизонта расположена в интервале абсолютных высот от -75 м на северо-востоке до 40 м на юге. Отчетливо выделяются тектонические структуры II и III порядков. К структурам II порядка относятся Подольский выступ (ПД) с характерными абсолютными высотами от 5 до 40 м и Северная впадина (СВ) с высотами от -75 до -25 м. Их разделяет Коломенская флексура субширотного простирания, осложняющая моноклиналильное падение слоев крыла Московской синеклизы на северо-восток. Ее наклон составляет 20-25 м/км. К структурам III порядка относятся осложняющие Северную впадину Филевское (Ф) поднятие и Болшевский (Бол), Нижнесетуньский (Нс) и Химкинский (Хм) прогибы. Структурой III порядка, осложняющей Подольский выступ, является Чертановский прогиб (Ч). Амплитуды структур III порядка колеблются в пределах 20-40 м.

Юрско-меловой структурно-формационный комплекс сложен сероцветными терригенными преимущественно морскими отложениями, которые с угловым и стратиграфическим несогласием залегают на отложениях карбона. Отложения перми и

триаса в разрезе отсутствуют. Юрская система представлена байосским, батским и келловейским ярусами среднего отдела (J_2) и полностью верхним отделом (J_3). Мел представлен бериасским, готеривским, барремским, аптским и альбским ярусами нижнего отдела (K_1) и сеноманским, коньякским и сантонским ярусами верхнего отдела (K_2).

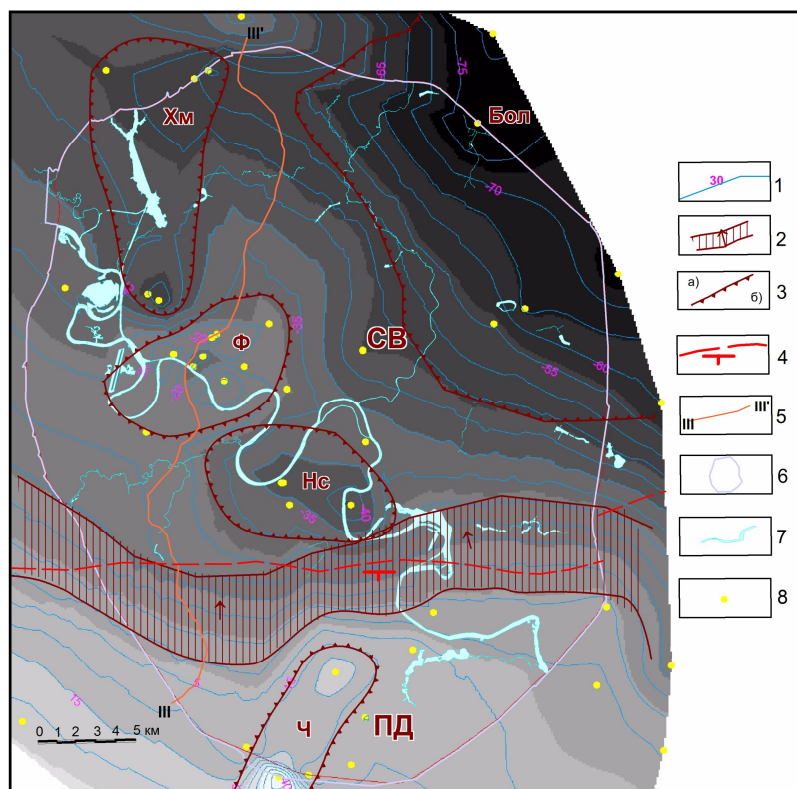


Рис. 1 Структурная карта кровли верейского горизонта среднего карбона (C_{2vr}), и кристаллического фундамента (частично) Москвы (по А.Л. Дорожко, Е.А. Карфидовой, Ю.Т. Кузьменко).

1 – изогипсы кровли верейского горизонта, м; 2 – Коломенская флексура; 3 – границы поднятий (а) и прогибов (б); 4 – Павлово-Посадский разлом фундамента, 5 – линия геолого-геоморфологического профиля III-III'; 6 – граница города по МКАД; 7 – гидросеть; 8 – скважины, достигшие верейского горизонта.

Буквами обозначены структуры II порядка: ПД – Подольский выступ, СВ – Северная впадина; структуры III порядка: Ф – Филевское, Ч – Чертановское поднятия; Бол – Болшевский, Хм – Химкинский, Нс – Нижнесетуньский прогибы.

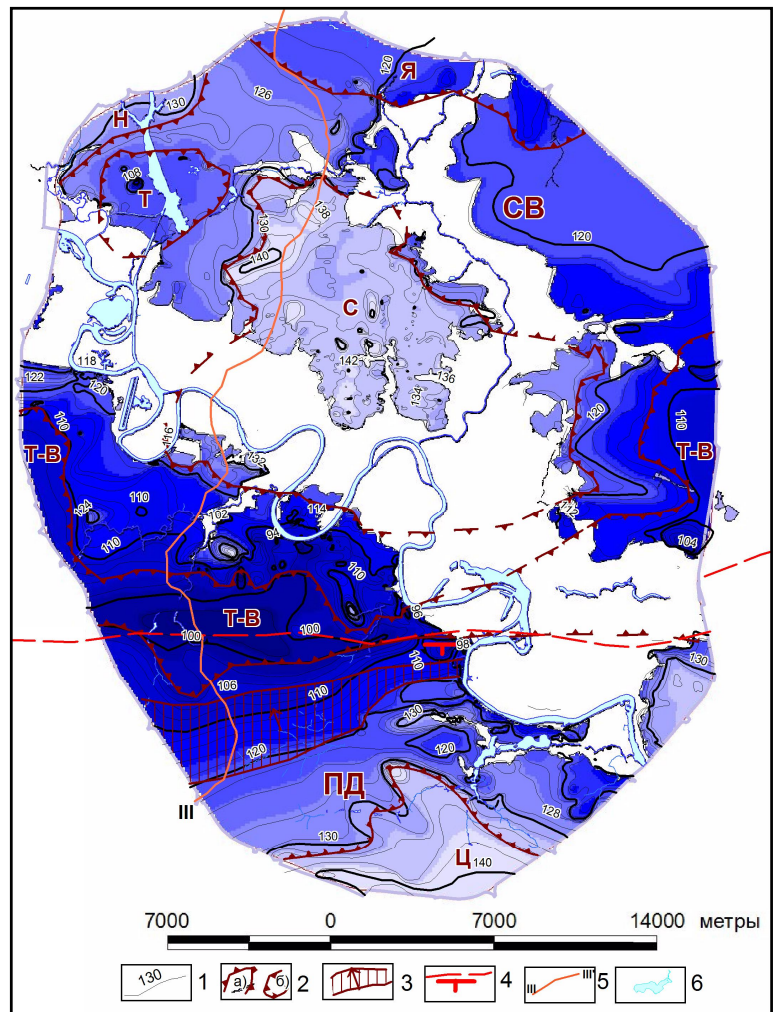
В разрезе мезозойских пород снизу вверх выделяются три литолого-стратиграфических комплекса: алеврито-песчаный (бат-среднекелловейский), глинистый (среднекелловейский-нижнекиммериджский) и алеврито-песчаный (титонско-меловой). Максимальная мощность комплекса около 160 м. Накопление этих отложений связано с прогибанием территории, вызванным движениями *киммерийского* тектоно-магматического цикла. В качестве горизонта, маркирующего тектоническую структуру юрско-мелового структурно-формационного комплекса, используется поверхность морских глинистых отложений келловей-оксфордского возраста (или подошва титонских (волжских) отложений верхней юры). Уточненная карта этой поверхности в пределах МКАД была построена в Институте геоэкологии РАН (рис. 2). Вслед за Е.А. Гаврюшовой, Е.С. Артемьевой и С.Н. Никитиным (Гос. геол. карта..., 2001ф; Москва..., 1997) выделяются структуры II порядка – Подольский выступ (ПД) на юге и Северная впадина (СВ) на севере территории. Эти структуры разделяются флексурой, сохранившейся в данном районе фрагментарно из-за частичного размыва вышележащих мезозойских образований и описываемого горизонта. Уклон флексуры достигает 8-10 м/км. Контуры и даже иногда знак структур третьего порядка, вероятно, из-за большей детальности исследований, несколько отличаются от общепринятых. Выделены Садовое (С) и Новоподрезковское (Н)

поднятия, Тушинский (Т) и Яузский (Я) прогибы в пределах Северной впадины, и Теплостанско-Выхинский прогиб (Т-В) и Царицынское поднятие (Ц) в пределах Подольского выступа (рис. 2).

Рис. 2 Структурная карта кровли келловей-оксфордских глинистых отложений и кристаллического фундамента (частично) Москвы (по А.Л. Дорожко, Е.А. Карфидовой, Ю.Т. Кузьменко).

1 – изогипсы кровли келловей-оксфордских отложений (м); 2 – контуры структур третьего порядка: а – поднятий, б – прогибов; 3 – флексура; 4 – Павлово-Посадский разлом фундамента, 5 – линия геолого-геоморфологического профиля III-III', 6 – гидросеть.

Буквами обозначены структуры II порядка, разделяемые флексурой: ПД – Подольский выступ, СВ – Северная впадина; структуры III порядка: Ц – Царицынское, С – Садовое, Н – Новоподрезковское поднятия; Т-В – Теплостанско-Выхинский, Т – Тушинский, Я – Яузский прогибы



Максимальные абсолютные отметки составляют 140-142 м в Садовом и Царицынском поднятиях, минимальные – 96-98 м в пределах Теплостанско-Выхинской впадины. Амплитуды тектонических структур третьего порядка, выделяемых по поверхности келловей-оксфордских глинистых отложений, составляют 10-30 м. Структуры третьего порядка осложнены структурами четвертого порядка – локальными поднятиями и впадинами.

Четвертая глава «Неотектоника и история развития кайнозойского структурно-формационного комплекса» посвящена описанию стратиграфии кайнозойских отложений, структурно-геоморфологическому анализу погребенной поверхности мезозойских (дочетвертичных) отложений и рельефа земной поверхности, в результате которых были выявлены разновозрастные неотектонические структурные планы.

На исследуемой территории палеогеновые, неогеновые и эоплейстоценовые отложения отсутствуют, кайнозойский этап представлен только отложениями неоплейстоценового и голоценового возрастов, преимущественно ледникового и водно-ледникового происхождения. Они развиты повсеместно, плащеобразно перекрывают поверхность подстилающих отложений и имеют достаточно выдержанную мощность 15-20 м, если не считать погребенных эрозионных врезов, где она значительно увеличивается и достигает

55 м. Выделяются нижнее, среднее и верхнее звенья неоплейстоцена и голоцен, при этом каждое звено представлено несколькими горизонтами. Присутствуют три ледниковых комплекса, представленные флювиогляциальными песчано-глинистыми отложениями времени наступания и отступления ледников и преимущественно глинистой основной мореной – сетуньский (QIst), донской (QIdns) и московский (QIIms); межледниковые отложения мучкапского (рославльская серия (QIrs)), окского (QIok), лихвинского (QIIIh) и микулинского (QIIImk) горизонтов нижнего и среднего неоплейстоцена, а также преимущественно песчаные аллювиально-флювиогляциальные и аллювиальные отложения трех надпойменных террас и поймы. Третья терраса (a,f³QIIms) (Ходынская) сложена аллювиально-флювиогляциальными отложениями времени отступления московского ледника среднего неоплейстоцена и расположена на абс. отм. 135-160 м. Вторая аллювиальная надпойменная терраса (Мневниковская) относится к калининскому горизонту (a²QIIIkl) верхнего неоплейстоцена, расположена на абс. отм. 130-140 м и имеет два уровня – высокий и низкий. Первая аллювиальная надпойменная терраса, (Серебряноборская), относится к ленинградско-осташковскому горизонту (a¹QIIIln-os) верхнего неоплейстоцена, абс. отм. ее поверхности – 126-130 м. Пойма сформировалась в голоцене (aQIV) и расположена на абс. отм. 115-125 м.

Карта подошвы неоплейстоценовых отложений (поверхности мезозойских отложений) была построена силами коллектива ИГЭ РАН в масштабе 1:10 000 в рамках крупномасштабного инженерно-геологического картирования территории Москвы (Осипов, 2011) с целью уточнения положения погребенных эрозионных врезов (палеодолин). При этом использовалась база данных более чем 80 000 скважин. Описываемая поверхность вырабатывалась в результате денудационных и эрозионно-денудационных процессов с позднего мела и до раннего неоплейстоцена, когда она была перекрыта ледниковыми и водно-ледниковыми отложениями сетуньского, а затем донского оледенений.

Для определения количества и возраста уровней и врезов погребенной поверхности был проведен ее структурно-геоморфологический анализ и анализ взаимосвязи перекрывающих ее отложений. При этом использовался метод Н.П. Костенко (1999 и др.), модернизированный и дополненный последующими исследователями с целью использования в платформенных условиях. Были построены два геолого-геоморфологических разреза по водоразделам современного рельефа – с юга на север и с запада на восток, и три геолого-геоморфологических профиля, по водоразделам погребенной поверхности мезозойских отложений. Это позволило взаимоувязать и датировать все выделенные фрагменты когда-то единых эрозионно-денудационных уровней, а также реконструировать эти уровни на профилях и разрезах. В результате по погребенной поверхности мезозойских отложений были выделены пять разновысотных разновозрастных уровней, имеющих различное происхождение.

Верхний, самый древний, *первый* уровень денудационного происхождения распространен ограниченно только на юге территории, в верхней части новейшего Теплостанского поднятия на абс. отм. 238-242 м. По данным Н.В. Макаровой и др. (2011) аналогичный уровень, расположенный на тех же высотных отметках на Клинско-Дмитровском поднятии, датируется как миоценовый. В исследуемом регионе были

выработаны две миоценовых, плиоценовая, эоплейстоценовая и четвертичные поверхности (уровни) (Карта поверхностей..., 1972). Абс. отм. описываемого уровня соответствуют второму (более молодому из миоценовых). Таким образом, возраст самого древнего сохранившегося денудационного уровня датируется, как миоцен-раннеплиоценовый ($N_1-N_2^1$) (рис. 3).

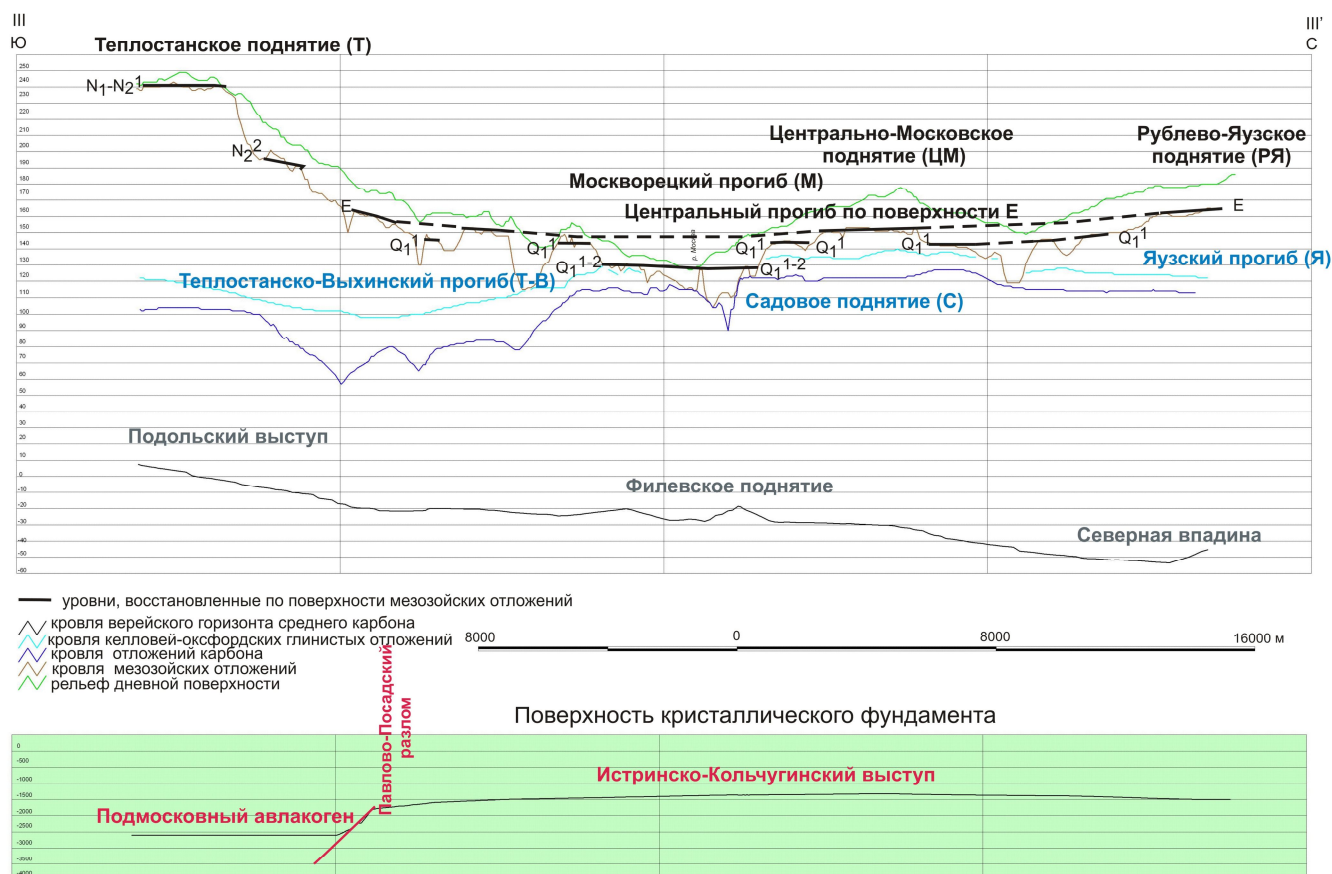


Рис. 3 Геолого-геоморфологический профиль по линии III-III'.

Шрифтом красного цвета обозначены структуры фундамента, серого – герцинские, синего – мезозойские, черного – новейшие (линия профиля на рис 1, 2, 4).

Ниже на абс. отм. 200-220 м, расположены фрагменты *второго* денудационного уровня, датированного, как позднеплиоценовый (N_2^2). Этот уровень распространен в пределах Теплостанского и Кунцевского новейших поднятий.

Ниже расположен *третий*, широко распространенный денудационный уровень. Поскольку он моложе вышележащего позднеплиоценового и древнее нижележащих неоплейстоценовых, генетически связанных с ледниками, то он был датирован нами, как эоплейстоценовый (Е). Его фрагменты сохранились не только в пределах Теплостанского и Кунцевского новейших поднятий на юге и юго-западе, но также в центральной, северо-западной и северо-восточной частях территории. Как правило, это хорошо выраженные в рельефе останцы с крутыми склонами, абс. отм. поверхности которых колеблются от 150 до 180 м (см. рис. 3). Несмотря на такой значительный разброс абсолютных высот, этот уровень уверенно восстанавливается на всех пяти разрезах и профилях, что дало

возможность построить карту его изогипс, по которым были выделены донеоплейстоценовые неотектонические структуры.

Ниже развиты еще два уровня и два палеовреза, образование которых связано с сетуньским и, возможно, донским оледенениями раннего неоплейстоцена. Если уровни представлены в виде фрагментов когда-то бывших едиными относительно ровных поверхностей, то палеоврезы – это узкие и часто глубокие, протяженные, часто оврагообразные долины. На исследуемой территории известны две палеодолины – Татаровская и Хорошевская. Их генетическая связь с водно-ледниковыми потоками наступающих и отступающих ледников известна давно и доказана многочисленными исследованиями (Кожевников, 1979 и мн. др.). Два нижних уровня пространственно тесно связаны с этими врезами и являются, вероятно, их педиментами.

Четвертый уровень имеет широкое распространение, его абс. отм. составляют 140-158 м. По данным бурения, этот уровень выполнен флювио- и лимногляциальными отложениями времени отступления сетуньского – наступания донского оледенений, которые практически повсеместно перекрыты донской мореной. То же самое относится и к более молодому, расположенному значительно ниже пятому уровню, также уверенно выделяющемуся на всех пяти профилях. Очевидно, что эти два уровня не могут иметь один и тот же послесетуньский-додонской возраст, поскольку разница абсолютных высот, на которых они расположены, достигает 40 м. Таким образом, можно считать, что четвертый уровень образован во время наступания сетуньского оледенения и имеет, соответственно, раннеоплейстоценовый досетуньский возраст и флювиогляциальное происхождение (Q_1^1). Отсутствие здесь флювиогляциальных отложений времени наступания сетуньского оледенения (по данным бурения) может быть объяснено их размывом (как и самой сетуньской морены) или трудностями, связанными с разделением флювиогляциалов времени наступания и отступления сетуньского ледника.

Пятый, самый молодой, уровень выделен в центральной и северо-западной частях исследуемой территории на абсолютных отметках 100-130 м. Его поверхность имеет хорошо выраженный наклон на юго-восток, что соответствует направлению основных тальвегов палеоврезов, пространственно и генетически связанных с этой поверхностью. Вероятнее всего, этот уровень выработали водно-ледниковые потоки времени отступления сетуньского и наступания донского оледенений, и он имеет послесетуньско-додонской возраст (Q_1^{1-2}).

Для выделения новейших структур были использованы деформации наиболее широко распространенного третьего денудационного уровня эоплейстоценового возраста (E). На рис. 4 показаны изогипсы этого уровня. Его абсолютные высоты изменяются от 180-170 м на юге, до 160 м на юго-западе, севере и северо-востоке и, наконец, до 150 м в центральной части территории и на северо-западе. По этим изогипсам выделяются Кунцевское и Теплостанское поднятия, разделенные Сетуньским прогибом в юго-западной части исследуемой территории, а также Северо-Восточное поднятие в северной части, вероятно, являющееся южным склоном обширного Клинско-Дмитровского поднятия. Кунцевское и Теплостанское поднятия имеют изометричную форму, абсолютные отметки Теплостанского поднятия достигают 240 м, Кунцевского – 185 м. Морфологию Северо-Восточного поднятия установить не удалось вследствие его ограниченного

распространения в пределах территории Москвы. Поднятия на юго-западе и северо-востоке разделены Центральным прогибом, занимающим всю центральную часть Московского региона и уходящим за его пределы. Вышеописанный структурный план имеет миоцен-эоплейстоценовый возраст.

В результате структурно-геоморфологических исследований, проведенных под руководством В.И. Макарова в лаборатории эндогенной геодинамики и неотектоники ИГЭ РАН была создана «Структурно-геодинамическая карта Москвы масштаба 1:25 000» (2007-2009 гг.). Карта создана на основе разнопланового анализа форм современного рельефа и неоплейстоцен-голоценовых отложений, как индикаторов неотектонических деформаций. В этой связи возраст деформаций, отображенных на этой карте, считается неоплейстоцен-голоценовым или современным (см. рис. 4).

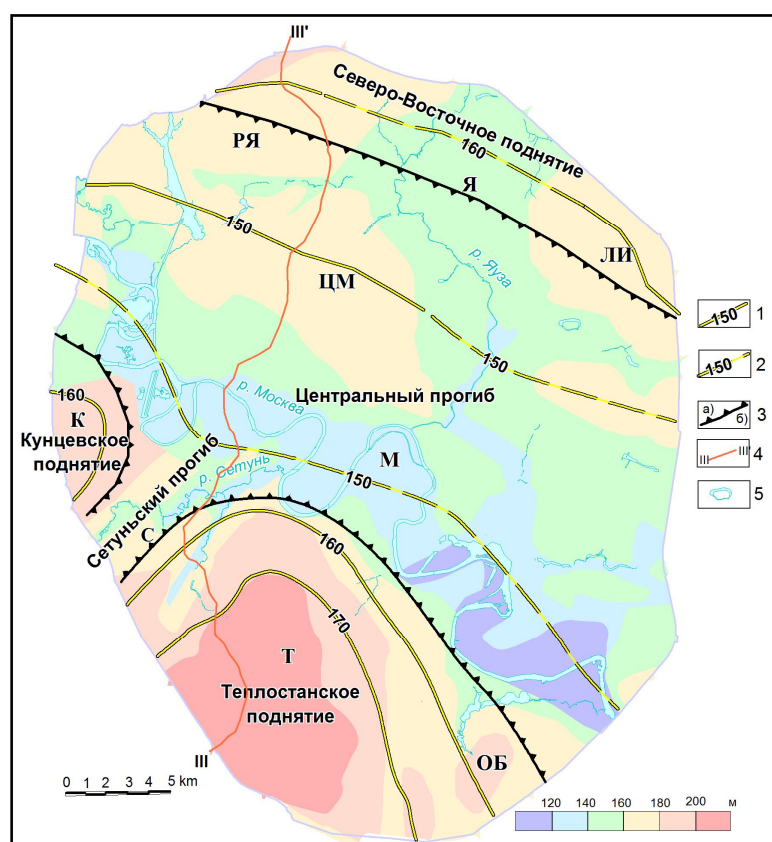


Рис. 4 Карта разновозрастных неотектонических структурных планов.

Миоцен-эоплейстоценовый структурный план. 1 – изолинии уровня эоплейстоценового возраста (Е), по погребенной поверхности мезозоя; 2 – то же предполагаемые; 3 – границы структур, а – прогибов, б – поднятий.

Неоплейстоцен-голоценовый структурный план. Буквами обозначены поднятия: Т – Теплостанское, К – Кунцевское, ЦМ – Центрально-Московское, РЯ – Рублево-Яузское, ЛИ – Лосиноостровско-Измайловское, ОБ – Орехово-Борисовское; прогибы: М – Москворецкий, Я – Яузский, С – Сетуньский. 4 – линия геолого-геоморфологического профиля III-III'; 5 – гидросеть.

Были выделены структуры первого, второго и третьего порядков. На рис. 4. цветом и буквенными обозначениями показаны структуры второго порядка.

Сравнительный анализ миоцен-эоплейстоценового и неоплейстоцен-голоценового структурных планов показал, что они совпадают друг с другом только частично. Теплостанское и Кунцевское поднятия и разделяющий их Сетуньский прогиб присутствуют в обоих структурных планах, а Центрально-Московское поднятие и сопряженные с ним Москворецкий и Яузский прогибы в более древнем миоцен-эоплейстоценовом структурном плане отсутствуют. На их месте развит достаточно обширный пологий Центральный прогиб. Таким образом, можно говорить только о частичной унаследованности молодым структурным планом более древнего.

Анализ истории неотектонических движений показал, что на исследуемой территории после длительного этапа меловой и палеогеновой пенепленизации, в миоцене начались

вертикальные тектонические движения, приведшие к формированию Теплостанского, Кунцевского и, вероятно, Клинско-Дмитровского поднятия, Сетуньского и Центрального прогибов. Затем, в раннем неоплейстоцене, начались локальные вертикальные движения в центральной части территории, приведшие к образованию на месте Центрального прогиба Центрально-Московского поднятия и сопряженных с ним прогибов, Москворецкого и Яузского. Теплостанское и Кунцевское поднятия и сопряженный с ними Сетуньский прогиб продолжили развиваться унаследованно. Возможно, неоплейстоцен-голоценовые движения имели колебательный характер, о чем говорят частые смены аллювиальных фаций озерными в отложениях, заполняющих погребенные впадины.

Из вышесказанного следует **первое защищаемое положение**: на территории Москвы в течение неотектонического этапа сформировались два разновозрастных структурных плана, выраженные пологими изгибными структурами: 1) миоцен – эоплейстоценовый и 2) неоплейстоцен – голоценовый. Эти структурные планы различаются не только по возрасту, но и по морфологии и знаку вертикальных движений.

Глава 5 «Сравнительный анализ древних и неотектонических структурных планов» посвящена сравнению древних (до новейших) структур с неотектоническими и определению степени их унаследованности.

На геолого-геоморфологическом профиле (см. рис. 3) показано взаимоотношение древних и новейших структурных планов. Структуры обоих новейших структурных планов не согласуются ни с Павлово-Посадским разломом фундамента, ни с герцинскими, ни с киммерийскими структурами. Новейшее Теплостанское поднятие формируется на месте рифейского Подмосковного авлакогена, северным бортом которого является Павлово-Посадский разлом; герцинского и киммерийского флексуорообразных перегибов; герцинских Чертановского поднятия, и Нижнесетуньского прогиба (Нс) (см. рис. 1); киммерийских Теплостанско-Выхинской (Т-В) впадины и Царицынского поднятия (Ц) (см. рис. 2). Новейшее Кунцевское поднятие развивается на месте относительно ровной ступени кровли верейского горизонта, а также над западной частью Теплостанско-Выхинского прогиба (Т-В). Миоцен-эоплейстоценовый Центральный прогиб, осложненный в неоплейстоценовое время Москворецким (М) и Яузским (Я) прогибами и Центрально-Московским (ЦМ) поднятием (см. рис. 4), развивается на месте герцинских – Филевского (Ф) и, частично, Химкинского (Хм) поднятий и Нижнесетуньского (Нс) и Болшевского (Бол) прогибов (см. рис. 1); киммерийских – Садового поднятия (С), Тушинского (Т) и восточной части Теплостанско-Выхинского (Т-В) прогибов (см. рис. 2). Считалось, что неоплейстоцен-голоценовое Центрально-Московское поднятие развивается унаследованно со времени образования юрского Садового поднятия. Исследования показали, что эти поднятия различны по возрасту, размерам и форме.

Таким образом, новейшие структуры не согласуются с древними ни по морфологии, ни по знаку вертикальных движений, ни по размерам. Подобная рассогласованность является следствием изменчивости геодинамических условий, которая наблюдается на протяжении всей истории формирования поверхности кристаллического фундамента, осадочного чехла и рельефа исследуемой территории. Древние структуры, в том числе Павлово-Посадский разлом, герцинский и киммерийский флексуорообразные перегибы, являются отмершими, пассивными на современном этапе эволюции земной коры и ни оказывают

непосредственного воздействия на инженерные сооружения Москвы.

Из этого следует **второе защищаемое положение**: анализ истории геологического развития территории Москвы показал, что оба новейших структурных плана являются новобразованными и не согласуются ни с одним из более древних, в том числе киммерийским, герцинским и докембрийским структурными планами.

Глава 6 «Геодинамика и геодинамически активные зоны» посвящена геодинамическому исследованию территории Москвы и других регионов ВЕП, в результате которого предшествующими исследователями и автором были выделены региональные геодинамически активные зоны (ГдАЗ), а также линеamentному анализу различных горизонтов земной коры, в результате которого на территории Москвы были уточнены расположение и морфология двух ГдАЗ – Москворецкой и Лихоборской.

Под геодинамически активными зонами понимаются преимущественно линейные объемы земной коры разного масштаба, в которых в силу различных причин существуют условия для концентрации и разрядки тектонических напряжений и повышенных градиентов движений и деформированности горных пород (Макаров, Дорожко и др., 2007). В данном случае это – зоны, развивающиеся в условиях динамического сопряжения структурных форм или неоднородных геолого-геофизических сред между собой на границах территорий с разными источниками деформаций и образования неотектонических структур. Автор диссертации придерживается концепции глубинных геодинамических систем. Их выделение основывается на геолого-геофизических исследованиях, включающих характеристики геофизических полей, особенности строения земной коры и верхней мантии, сейсмичности, тектоники, современных движений и т. д. (Макаров, 1996; Юдахин и др., 2003 и др.).

Установлено, что неотектонические структуры Москвы являются разнотипными по происхождению. Простираение неотектонических форм, их морфология и характер развития различны в разных частях исследуемой территории.

Северо-западная часть территории, включающая Рублево-Яузское новейшее поднятие (см. рис. 3, 4) расположена в пределах более обширного Клинско-Дмитровского сегмента Смоленско-Дмитровско-Ветлужского вала. Рублево-Яузское поднятие имеет восток – северо-восточное простираение и формируется под воздействием сдвиговых напряжений сжатия, наведенных со стороны Фенно-Скандинавской геодинамической системы.

Южная часть – Теплостанское и Кунцевское поднятия и Сетуньский прогиб – относится к обширному Наро-Фоминскому поднятию, которое так же, как и новейшие структуры, расположенные южнее его, имеет хорошо выраженное субширотное простираение. Согласно структурно-геоморфологическому плану Московско-Нижегородского района Русской плиты (Макаров, 1996; Москва..., 1997 и др.) эти структуры образуются под воздействием напряжений субмеридионального сжатия, наведенных со стороны Карпато-Кавказского сегмента Альпийской геодинамической системы.

Восточная и центральная части исследуемой территории, включающие Центрально-Московское и Лосиноостровско-Измайловское поднятие и Яузский прогиб, относятся к Мещерскому прогибу, который является частью крупной платформенной структуры — Окско-Донского прогиба. В последнее время все больше поддержки находит точка зрения о присутствии здесь автономного источника деформаций. Устойчивое прогибание является

следствием восходящих движений подкорового вещества, приводящих к сокращению мощности земной коры и ее растяжению. Таким образом, территория Москвы расположена в зоне сочленения трех региональных новейших структурных планов, имеющих различное происхождение и источники деформаций. Из этого следует предположение о наличии в пределах исследуемой территории двух новейших ГдАЗ северо-западного и субширотного простираний, разделяющих эти структуры. Наро-Фоминское поднятие и Мещерский прогиб разделяет выделенная В.И. Макаровым Москворецко-Рязанская линеаментная зона, интерпретируемая им, как геодинамически активная (Юдахин и др., 2003). Данные повторных GPS-измерений (Макаров, Бойков и др., 2010) показали наличие здесь правосдвиговых напряжений и деформаций растяжения, которые являются результатом воздействия с юго-запада со стороны Карпато-Кавказского сегмента Альпийской геодинамической системы, и с северо-востока – со стороны Окско-Донского прогиба. Предполагается, что эта зона имеет не только сдвиговую, но и сбросовую составляющую, т.к. она расположена на сочленении разнородных Наро-Фоминского поднятия и Мещерского прогиба.

Поскольку для ГдАЗ характерна повышенная или закономерным образом организованная трещиноватость пород, для уточнения их границ был использован метод линеаментного анализа различных горизонтов земной коры. При проведении крупномасштабного геологического картирования территории Москвы в ИГЭ РАН, кроме вышеописанных, была построена эрозионно-тектоническая поверхность отложений карбона. Таким образом, для территории Москвы по трем эрозионно-тектоническим поверхностям – поверхности отложений карбона, мезозойских отложений и рельефу земной поверхности – были выделены поля линеаментов различного возраста.

Самая древняя из исследуемых, поверхность отложений карбона, формировалась в течение длительного времени, начиная с конца гжельского яруса верхнего карбона и заканчивая байосским ярусом средней юры. При этом образовалась, так называемая, Главная доюрская ложбина, имеющая широтное простирание и в большей части достаточно прямолинейный рисунок. По ней выделены наиболее протяженные линеаменты *послекарбон-досреднеюрского* возраста. Кроме того, по этой поверхности дешифрируются относительно крупные линеаменты северо-западного и северо-восточного простирания, а также ряд более мелких линеаментов различной ориентировки (рис. 5).

Как уже упоминалось выше, по эрозионно-тектонической поверхности мезозойских отложений в раннеоценовое время выработались две разновозрастных палеодолины – Татаровская и Хорошевская – с многочисленными притоками, часть из которых имеет прямолинейный характер. По ним выделена значительная часть линеаментов *раннеоценового* возраста преимущественно северо-западного простирания. В северной части территории также выделяются протяженные линеаменты этого возраста, имеющие субширотное простирание. Средние по размеру линеаменты имеют, как правило, северо-восточное простирание. Самые короткие распространены по всей территории и имеют различное простирание с преобладанием северо-восточного и субширотного.

На «Структурно-геодинамической карте Москвы» отображены линеаменты, выделенные по топографическим картам. В дополнение к ним автором был проведен

линеamentный анализ цифрового рельефа со снятыми техногенными отложениями. Это дало возможность уточнить и актуализировать поле *современных* линеamentов, т. к. в условиях города с многовековой историей и, соответственно, многометровыми техногенными отложениями, проблема разделения линеamentов по происхождению очень актуальна. Рисунок современных линеamentов отличается от рисунка раннеплейстоценовых линеamentов. Преобладают линеamentы северо-восточного и северо-западного простираний, незначительное количество субширотных линеamentов расположено в северной и южной частях территории, и практически отсутствуют субмеридиональные.

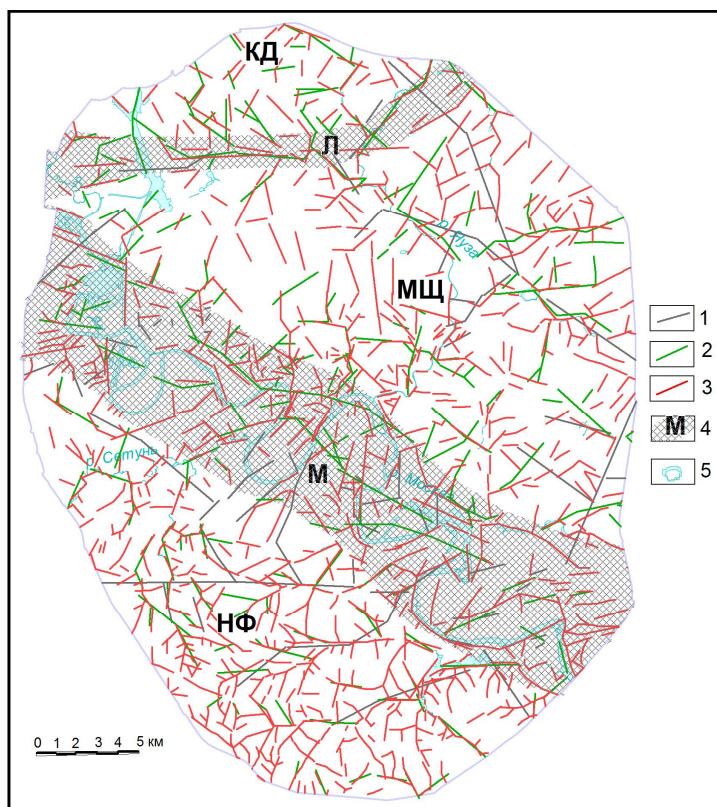


Рис. 5 Схема линеamentов и геодинамически активных зон.

Разновозрастные линеamentы, выделенные: 1 – по поверхности карбона (послекарбон-досреднеюрские), 2 – по поверхности мезозойских отложений (раннеплейстоценовые), 3 – по рельефу земной поверхности (современные). 4 – геодинамически активные зоны: М – Москворецкая, Л – Лихоборская. Региональные неотектонические структуры: НФ – Наро-Фоминское поднятие, МЦ – Мещерский прогиб, КД – Клинско-Дмитровское поднятие.

Сравнительный анализ разновозрастных полей линеamentов показал, что они в разной степени не согласуются друг с другом. Больше

всего отличается от остальных самое древнее поле линеamentов послекарбон-досреднеюрского возраста. Раннеплейстоценовые и современные линеamentы имеют много общего. Значительное количество протяженных раннеплейстоценовых линеamentов, унаследовано современными. В пределах долины р. Москвы точного совпадения разновозрастных линеamentов друг с другом не установлено, но наблюдается общее преобладание протяженных линеamentов северо-западного простирания. Наибольшая рассогласованность доплейстоценовых и современных линеamentов наблюдается в районе новообразованных Центрально-Московского и Лосиноостровского поднятий в центральной и восточной частях исследуемой территории.

При определении морфологии ГдАЗ в пределах Москвы предпочтение оказывалось раннеплейстоценовому и современному полям линеamentов. Граница Москворецкой (М) ГдАЗ северо-западного простирания уточнялась по преобладанию линеamentов этого простирания. Лихоборская ГдАЗ субширотного простирания, конкретизирована по результатам линеamentного анализа, в том числе по сгущению протяженных линеamentов аналогичного простирания (см. рис. 5).

Из вышесказанного следует **третье защищаемое положение**: детальными структурно-геодинамическими исследованиями подтверждено и обосновано ранее выдвинутое предположение о существовании в неотектонической структуре территории Москвы двух геодинамически активных зон – Москворецкой и Лихоборской и определена их морфология.

Глава 7 «Экзогенные процессы, гидрогеологические окна, поле радона и геодинамически активные зоны» посвящена исследованию связи распространения ряда потенциально опасных экзогенных процессов, гидрогеологических окон и поля радона с выделенными геодинамически активными зонами.

Для выявления закономерностей развития карстовых и карстово-суффозионных процессов в пределах ГдАЗ были привлечены не только данные по Москве, но и по Нижнеокскому району Русской плиты, где автор в составе коллектива лаборатории эндогенной геодинамики и неотектоники ИГЭ РАН проводила исследования (Макарова и др., 2012; Макеев и др., 2012). В этом районе повсеместно распространены гипсоносные карстующиеся породы уржумского яруса верхней перми. Нами был проведен анализ пространственно-временных закономерностей развития карстовых форм глубиной более 1 м, выявленных по результатам дешифрирования цифровой векторной топоосновы масштаба 1:2 000, материалов аэрофотосъемки того же масштаба и цифровых моделей рельефа на территории площадью 50 км² в районе пос. Навашино. Кроме того, были проведены структурно-геодинамический и линеаментный анализы, позволившие выделить две ГдАЗ – Монаковскую и Кутринскую. При этом были получены следующие результаты:

- ГдАЗ занимают 18,5% исследуемой площади;
- площадь суффозионно-карстовых и карстово-суффозионных воронок глубиной более 1 м, **расположенных в пределах ГдАЗ** составляет **46%** от площади всех воронок, выявленных на исследуемой территории.

Из этого следует, что, несмотря на незначительное распространение ГдАЗ, к ним приурочено почти половина всех карстовых форм исследуемой территории и, соответственно, *концентрация карстовых форм в пределах этих зон выше, чем вне их.*

На территории Москвы карст и карстово-суффозионные процессы, так же, как и оползневые процессы относятся к главным природным опасностям, которые влияют на устойчивость геологической среды и наносят материальный ущерб городскому хозяйству (Москва..., 97). В рамках крупномасштабного тематического геологического картирования территории Москвы в 2007-2009 гг. под руководством В.М. Кутепова была создана «Карта опасности древних карстовых форм и современных карстово-суффозионных процессов масштаба 1:10 000» (Кутепов и др., 2011). На ней отражены различные категории опасности древних карстовых форм и современных карстово-суффозионных процессов. На рис. 6 показаны некоторые тематические слои этой карты, отражающие наиболее опасные категории древних карстовых и современных карстово-суффозионных процессов и геодинамически активные зоны – Москворецкая (М) и Лихоборская (Л).

Пространственное соотношение ГдАЗ и карстовых и карстово-суффозионных форм следующее:

- ГдАЗ занимают около 30% исследуемой территории;
- площадь опасной категории распространения древних карстовых форм,

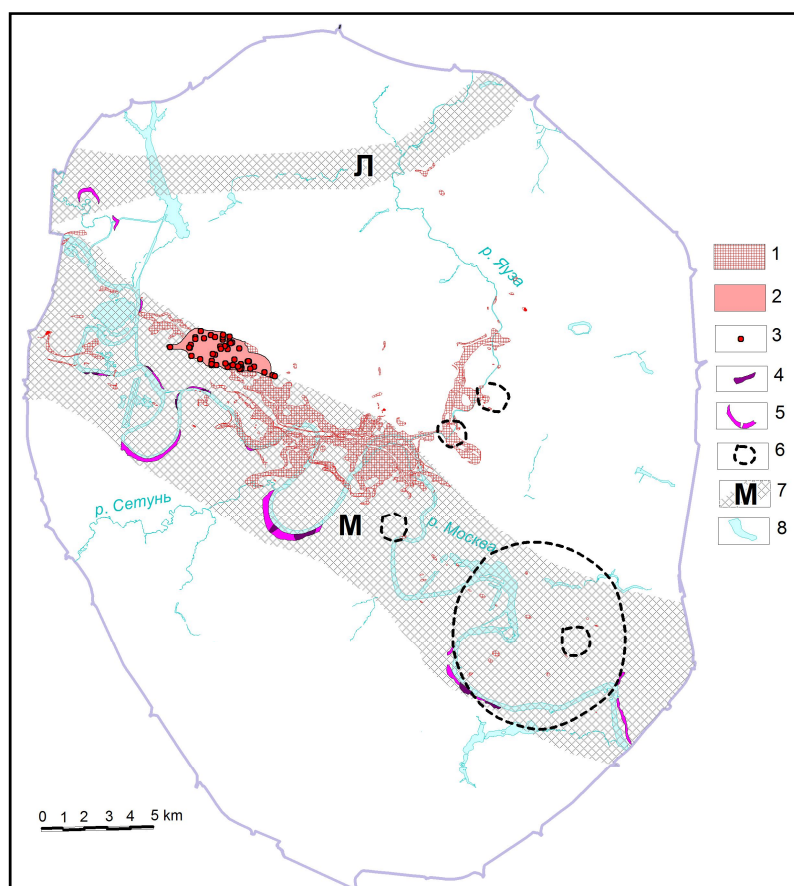
расположенной в пределах ГдАЗ, составляет 79% общей площади распространений опасной категории древних карстовых форм;

– площадь опасной категории распространения современных карстово-суффозионных процессов, расположенной в пределах ГдАЗ занимает 95% общей площади ее распространения;

– 42 из 50 зафиксированных карстово-суффозионных воронок, провалов и мульд оседания расположены в пределах ГдАЗ.

Рис. 6. Карта распространения карстовых, карстово-суффозионных, оползневых процессов, гидрогеологических окон и геодинамически активные зоны (по В.М. Кутепову, А.Л. Дорожко, Г.И. Батраку и др).

1 – опасная категория древних карстовых форм; 2 – опасная категория современных карстово-суффозионных процессов; 3 – современные карстово-суффозионные воронки, провалы, мульды оседания; 4 – крупные оползни активные; 5 – крупные оползни неактивные; 6 – купола растекания в подольско-мячковском водоносном горизонте; 7 – ГдАЗ: М – Москворецкая, Л – Лихоборская; 8 – гидросеть.



Это означает, что подавляющее большинство как древних, так и современных карстовых и карстово-суффозионных форм расположено в ГдАЗ.

Таким образом, в двух разных районах, наблюдается концентрация карстовых и карстово-суффозионных форм в пределах ГдАЗ. Однако эта связь является не только пространственной, но и закономерно обусловленной. Для ГдАЗ характерна повышенная трещиноватость и проницаемость пород, в том числе и карстующихся. Соответственно, в этих зонах такие породы больше подвержены растворению и выносу вещества с образованием карстовых пустот. Для Нижнеокского района – это повышенная трещиноватость и, возможно, даже раздробленность гипсоносных толщ уржумского яруса верхней перми, а для территории Москвы – это повышенная трещиноватость известняков карбона. Кроме того, закономерная приуроченность карстово-суффозионных процессов к ГдАЗ обусловлена большей скоростью фильтрации поверхностных и подземных вод, которая также связана с повышенной трещиноватостью, только теперь уже перекрывающих карстующиеся породы толщ. Соответственно, в ГдАЗ активной происходят процессы суффозионного выноса вещества из древних карстовых полостей и

дезинтегрированных карстующихся пород.

В Институте геоэкологии РАН в течение длительного времени изучаются оползневые процессы (Кутепов и др., 2001; Осипов, Постоев, 2007 и мн. др.). На рис. 6 показаны два тематических слоя «Карты развития подтопления и оползней территории Москвы», созданной в рамках проекта по крупномасштабному геологическому картированию Москвы. Они представляют наиболее опасные категории развития этих процессов – крупные активные и неактивные оползни. Практически все крупные оползни (97% площади распространения), как активные, так и неактивные расположены в пределах ГдАЗ. Закономерная обусловленность процессов оползнеобразования геодинамически активными зонами заключается в том, что ГдАЗ, как правило, развиваются в условиях сочленения поднятий с прогибами с образованием высокоградиентного рельефа (крутых уступов речных террас, склонов поднятий и т. д.). Наличие геологических и климатических факторов недостаточно для образования оползневых склонов. Необходимым условием для развития гравитационных процессов являются повышенные градиенты крутизны склонов рельефа. В данном случае Москворецкая ГдАЗ является границей Наро-Фоминского поднятия и устойчиво опускающегося Мещерского прогиба.

На карте «Карты границ гидрогеологических (гидрогеологических) окон в м-бе 1:10 000», создаваемой в лаборатории гидрогеологии ИГЭ РАН под руководством И.В. Галицкой при участии автора диссертации, отображаются гидрогеологические окна, выделенные на основании фильтрационных расчетов, гидрогеохимических признаков, гидрогеодинамических критериев и тектонического анализа. В гидрогеологических окнах за счет увеличения проницаемости отложений увеличивается расход перетекания подземных вод из одного горизонта в другой. Результатом этого может быть изменение уровня поверхности подземных вод на участке окна. На территории Москвы происходит перетекание подземных вод из надюрского водоносного горизонта в подольско-мячковский через толщу слабопроницаемых келловей-оксфордских и верхнекаменноугольных глин. В пределах окон, наряду с другими гидрогеологическими особенностями, может сформироваться некоторое поднятие уровня поверхности или купол за счет повышенной скорости фильтрации из вышележащих водоносных горизонтов (см. рис. 6). Было установлено, что большинство куполов растекания в подольско-мячковском водоносном горизонте расположено в пределах Москворецкой ГдАЗ, что свидетельствует о закономерной обусловленности определенных типов гидрогеологических окон геодинамически активными зонами. На этих участках за счет повышенной трещиноватости и, соответственно, повышенной проницаемости слабопроницаемых отложений скорость вертикальной фильтрации загрязненных вод из надюрского водоносного горизонта в подольско-мячковский может быть в несколько раз выше, чем на прилегающей территории.

В течение многих лет сотрудниками ИГЭ РАН, в том числе и автором диссертации, проводилось исследование поля природного радона Москвы с созданием базы данных плотности потока радона (ППР) (Дорожко, 2007; Dorozhko, 2010 и др.). Было установлено, что большая часть потока представлена так называемыми фоновыми значениями, как правило, не превышающими предельно допустимые концентрации. Всего было исследовано 805 участков (Микляев и др., 2012; 2013), в подавляющем большинстве

значения ППР не превышали 150 Бк/м²с. Это – фоновые значения ППР, зависящие от состава приповерхностных грунтов. Но на некоторых участках (42 из 805) ППР превышала фоновые значения на порядок и даже на два. Ввиду их некоторой скученности, было высказано мнение о приуроченности этих аномалий (факельных выбросов) к ГдАЗ. К сожалению, по результатам данных исследований это предположение в полной мере не подтверждается. Тем не менее, следует отметить, что приповерхностные грунты в Московорецкой ГдАЗ представлены, в основном, песчаным аллювием, и наличие здесь аномалий радона действительно трудно связать только с их составом. Возможно, эти аномалии связаны с Московорецкой ГдАЗ.

Из вышесказанного следует **четвертое защищаемое положение**: установлена закономерная концентрация опасных карстовых, карстово-суффозионных и оползневых процессов и гидрогеологических окон в геодинамически активных зонах, обусловленная повышенными трещиноватостью и градиентами крутизны склонов в этих зонах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований изучена история формирования территории Москвы в новейшее и доновейшее время и определено геоэкологическое значение ряда неотектонических структур. Результаты этих исследований заключаются в следующем:

1. В неотектоническом этапе впервые выделены два различных структурных плана – миоцен-эоплейстоценовый и неоплейстоцен-голоценовый. По погребенной поверхности мезозойских отложений впервые выявлено пять разновозрастных структурно-геоморфологических уровней. По деформациям одного из уровней, эоплейстоценового, являющегося опорным, установлен более древний из новейших, миоцен-эоплейстоценовый структурный план. Более молодой (неоплейстоцен-голоценовый) структурный план, выделенный по деформациям уровней рельефа земной поверхности, наследует его лишь частично. Неотектонические структуры обоих структурных планов имеют изгибный характер и отличаются друг от друга по возрасту, морфологии и знаку вертикальных движений.

2. Уточнено строение более древних (доновейших) структурных планов – рифейского, герцинского и мезозойского (киммерийского). Впервые показано, что они не согласуются друг с другом и отличаются от обоих неотектонических структурных планов, что говорит об изменчивости геодинамических условий в течение всей истории формирования структур поверхности кристаллического фундамента, осадочного чехла и рельефа. Сделан важный вывод об отсутствии влияния Павлово-Посадского разлома фундамента, а также герцинского и киммерийского флексуобразных перегибов, расположенных над ним, на формирование обоих неотектонических структурных планов. Это говорит о пассивности этих структур на современном этапе и об отсутствии их прямого воздействия на инженерные сооружения.

3. По результатам детального структурно-геодинамического анализа в пределах Москвы уточнено положение двух геодинамически активных зон – Московорецкой и Лихоборской, выделенных ранее В.И. Макаровым в региональном масштабе. Кроме структурно-геодинамического, для этого впервые был привлечен анализ разновозрастных линеаментов, выделенных по эрозионно-тектоническим поверхностям карбона, мезозоя и

рельефу земной поверхности. Самостоятельное значение имеет сравнительный анализ разновозрастных полей линеаментов. Установлено, что наиболее сильно отличается самое древнее, послекарбон-досреднеюрское поле линеаментов. Более молодые поля линеаментов, ранне-неоплейстоценового и современного возрастов, отличаются друг от друга не так существенно. Основные различия между ними наблюдаются в пределах неоплейстоцен-голоценовых структур, имеющих инверсионный неунаследованный характер.

4. Определено геоэкологическое значение геодинамически активных зон платформенных территорий, в частности, Москворецкой и Лихоборской. Установлено, что к ним закономерно приурочены концентрации опасных экзогенных процессов – карстово-суффозионных, карстовых и оползневых, а также гидрогеологических окон. Закономерность заключается в том, что для геодинамически активных зон характерна повышенная трещиноватость и флюидо- и газопроницаемость горных пород, которые способствуют развитию суффозионно-карстовых процессов и образованию гидрогеологических окон, и повышенные градиенты крутизны склонов, являющиеся необходимым условием для развития гравитационных процессов.

Теоретическая значимость работы определяется тем, что геодинамически активные зоны платформенных территорий относительно недавно попали в поле зрения научного сообщества и недостаточно изучены, особенно с точки зрения их прямого и опосредованного воздействия на инженерные объекты и живые организмы.

Проведенные исследования могут представлять методический интерес с точки зрения неотектонического картирования малых платформенных территорий в крупных масштабах.

Кроме того, данные исследования важны для прогнозирования развития опасных экзогенных процессов и загрязнения подземных вод в пределах геодинамически активных зон на платформенных территориях.

В дальнейшем необходимо проведение исследований характера и степени возможного воздействия Москворецкой и Лихоборской геодинамически активных зон на наземные и подземные инженерные сооружения г. Москвы, с целью выработки мер по предотвращению этого воздействия. Особенно это актуально для подземных объектов метрополитена и высотных зданий, расположенных или проектируемых в этих зонах.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи в российских периодических научных изданиях, включенных в список ВАК Минобрнауки РФ:

1. В.И. Макаров, В.И. Бабак, **А.Л. Дорожко**, В.М. Бондаренко, Н.В. Демин Влияние структурно-геологических особенностей на распределение подпочвенного радона и радона в подвалах жилых зданий (на примере района Чертаново г. Москвы) // Геоэкология. 2003. №2. С. 139-152.
2. Макаров В.И., **Дорожко А.Л.**, Макарова Н.В., Макеев В.М. Геодинамически активные зоны платформ // Геоэкология. 2007. №2. С.99-110.
3. **Дорожко А.Л.** Природный радон: проблемы и решения // Разведка и охрана недр. 2010. №8. С. 50-56.
4. Микляев П.С., Петрова Т.Б., Маренный М.А., Маренный А.М., **Дорожко А.Л.**, Макеев

В.М. Карта плотности потока радона на территории Москвы // АНРИ. 2012. №3. С. 15-24.

5. Микляев П.С., Макаров В.И., **Дорожко А.Л.**, Петрова Т.Б., Маренный М.А., Маренный А.М., Макеев В.М. Радоновое поле Москвы // Геоэкология. 2013. № 2. С. 153-172.

Статьи в иностранных периодических изданиях:

A. L. Dorozhko, V. M. Makeev Large-scale Structural and Geodynamic Mapping of Platform Territories on the Example of Moscow // Journal of Earth Science and Engineering. USA. 2013. 3. P. 527-539.

Статьи в российских периодических научных изданиях:

Дорожко А.Л., Макаров В.И. Радон, как потенциальный индикатор современной геодинамической активности территории Москвы // Уральский геофизический вестник. 2005. №8. С. 31-37.

Статьи в иностранных сборниках:

Anastassia L. Dorozhko Natural Radon Distribution in Soils, Influence on Living Organisms, and Radon Safety Measures in Russia // «Medical Geology. A Regional Synthesis», editors Olle Selinus. Geological Survey of Sweden and others. Springer Science+Business Media B.V. 2010. P. 247-254.

Тезисы докладов и материалы конференций:

1. Макаров В.И., Бабак В.И., **Дорожко А.Л.**, Бондаренко В.М. Геодинамически активные зоны и их связь с радоноопасностью на юге Москвы (Чертаново) // Сергеевские чтения. Вып. 4. М.:ГЕОС. 2002. С. 226-230.

2. **Дорожко А.Л.**, Бабак В.И., Бондаренко В.М., Григорьева С.В., Демин Н.В. Влияние структурно-геологических особенностей на распределение радона в подвалах жилых домов в московском районе Тушино // Сергеевские чтения. Вып. 5., М.: ГЕОС. 2003. С. 167-171.

3. **Дорожко А.Л.**, Макеев В.М. Сравнительный анализ новейших структур Татарстана и Москвы в аспекте геодинамической безопасности // Сергеевские чтения. Вып. 5., М.: ГЕОС. 2003. С. 85-89.

4. В.И. Бабак, В.М. Бондаренко, С.В. Григорьева, Н.В. Демин, **А.Л. Дорожко**, В.И. Макаров. Зависимость радоноопасности от структурно-геологических особенностей (на примере северо-восточного Подмосковья) // Оценка и управление природными рисками (Риск-2003). 2003. С. 47-52.

5. Макеев В.М., Макаров В.И., **Дорожко А.Л.** Оценка новейшей активности платформенных территорий по структурно-геодинамическим факторам. // IV Межд. раб. сов. «Роль геодинамики в решении экологических проблем развития нефтегазового комплекса». С.-Петербург: ВНИМИ. 2003. С.71-72.

6. Макеев В.М., Макаров В.И., **Дорожко А.Л.** Современные геодинамически активные зоны – новый объект для геофизических исследований // Межд. конф. «Научное наследие академика Г.А. Гамбурцева и современная геофизика». Тез. докл. М.: ОИФЗ. 2003. С. 48-49.

7. Макеев В.М., **Дорожко А.Л.** Типизация новейшей геодинамической активности платформенных территорий // Строение, живая тектоника и дислокации платформ и их горно-складчатых обрамлений. Мат. межд. конф. Москва. 2003. С. 154-157.

8. Макеев В.М., **Дорожко А.Л.** Новейшая и современная геодинамическая активность платформенных территорий // Инженерные изыскания в XXI веке. Материалы научно-производственной конференции. ФГУП ПНИИИС Госстроя России. Москва. 2003. С. 6-10.

9. **Дорожко А.Л.**, Макеев В.М. Неотектонические деформации и радоновая активность территории Москвы // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных

регионов: Мат. Всерос. конф. с междунар. участием: Т. I. Архангельск. Институт экологич. проблем Севера УрО РАН. 2004. С. 248-252.

10. **Дорожко А.Л.**, Makeev V.M. Новейшая структурная зональность и современная геодинамическая активность Московского региона // Мат-лы XV мол. научн. конф. памяти К.О.Кратца. С-Пб. 2004. С. 67-68.

11. Makeev V.M., Makarov V.I., **Дорожко А.Л.** Методические подходы к оценке новейшей и современной активности платформенных территорий // Сергеевские чтения. Вып. 6. М.: ГЕОС. 2004. С. 511-515.

12. Makarov V., Makeev V., Makarova N., **Dorozhko A.**, Ramazanova T. Geodynamic active zones - new object of researches in neotectonics of platforms // 32nd International Geological Congress. 2004.

13. **Дорожко А.Л.**, Макаров В.И. Радон, как потенциальный индикатор современной геодинамической активности территории Москвы // Мат. конф. "Глубинное строение, геодинамика, мониторинг, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей. III научные чтения пам. проф. Булашевича". Екатеринбург: Игф УрО РАН. 2005. С. 23-24.

14. Макаров В.И., Макарова Н.В., Makeev V.M., **Дорожко А.Л.**, Суханова Т.В. Геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы, их ранги и типы // Новые идеи в науках о Земле. Тез. докл. Москва: МГГРУ. 2005.

15. Макаров В.И., Makeev V.M., **Дорожко А.Л.** Новейшие и современные структурно-геодинамические условия территорий Восточно-Европейской платформы в связи с захоронением вредных промышленных отходов // Сергеевские чтения. Вып.7. М: ГЕОС. 2005. С.257-261.

16. **Дорожко А.Л.** Некоторые закономерности распределения природного радона на территории Москвы // Сергеевские чтения. Вып. 8. М.: ГЕОС. 2006. С. 160-164.

17. **Dorozhko A. L.**, Makarov V.I. Natural radon distributions order in Moscow region.// General Assembly of European Geosciences Union. Vienna, Austria. 2006.

18. Makeev V.M., Бабак В.И., Макаров В.И., Григорьева С.В., **Дорожко А.Л.** О возможном влиянии неотектонических структур и движений на оползневые процессы на склоне Воробьевых гор Москвы // Сергеевские чтения. Вып. 9. М.: ГЕОС. 2007. С. 136-141.

19. Макаров В.И., Makeev V.M., **Дорожко А.Л.**, Микляев П.С., Григорьева С.В. Тектоника и радоновое поле мегаполиса Москвы // Сейсмологические наблюдения на территории Москвы и Московской области. ГС РАН. 2011. С. 78-83.

20. Makeev V.M., Макаров В.И., **Дорожко А.Л.**, Коробова И.В. Тектоническая структура мегаполиса Москвы // Межд. конф. "Современное состояние наук о Земле" памяти В.Е.Хаина. Москва. МГУ. 2011. С. 1215-1221.

21. Miklyaev P.S., **Dorozhko A.L.**, Makarov V.I., Makeev V.M., Petrova T.B., Marenny A.M. Radon field of Moscow // International Conference of IAEG. EngeoPro-2011. Moscow. 2011. p. 214.

22. **Дорожко А.Л.**, Микляев П.С. Радоновое поле платформенных территорий на примере г. Москвы // Межд. научн.-практ. конф. "Актуальные проблемы современной геологии, геохимии и географии". Брест. 2011. С. 71-74.

23. **Dorozhko A.**, Makeev V, Korobova I. Structural and geodynamic researches of the urban territories on the example of the Moscow megapolis (Russia) // 7th EUREGEO. Bologna, Italy. 2012.

24. Микляев П.С., Петрова Т.Б., Makeev V.M., **Дорожко А.Л.** Опыт картирования плотности потока радона с поверхности грунта на территории Москвы // Мат-лы Межд. конф «Геориск-2012». М.: РУДН. 2012. Т. 1. С. 143-148.