

На правах рукописи

Макеев Владимир Михайлович

**СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОСТИ
ОСОБО ОПАСНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ
НА ДРЕВНИХ ПЛАТФОРМАХ**

Специальность 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение
и грунтоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Москва – 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН).

Официальные оппоненты:

Копп Михаил Львович,

доктор геолого-минералогических наук,

ФГБУН Геологический институт РАН, главный научный сотрудник

Корженков Андрей Михайлович,

доктор геолого-минералогических наук, ФГБУН Институт физики Земли имени О.Ю.Шмидта РАН, заведующий лабораторией

Пендин Вадим Владимирович,

доктор геолого-минералогических наук, профессор, ФГБОУ ВПО "Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе", декан гидрогеологического факультета

Ведущая организация

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральное агентство по недропользованию, Федеральное государственное унитарное геологическое предприятие «ГИДРОСПЕЦГЕОЛОГИЯ»

Защита состоится «13» мая 2015 г. в 15 час. 00 мин. на заседании Диссертационного совета Д 002.048.01 в Институте геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН) по адресу: 109004, Москва, ул. Николоямская, д. 51.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГЭ РАН по адресу: 101000, Москва, Уланский пер., д. 13, стр.2. и на сайте Института геоэкологии www.geoenv.ru.

Автореферат разослан « » 2015 г.

Ученый секретарь

Диссертационного совета Д 002.048.01,
кандидат геолого-минералогических наук



Батрак Глеб Игоревич

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Актуальность. Актуальность исследований платформенных территорий обусловлена фундаментальными и практическими проблемами.

Фундаментальные исследования направлены на выявление закономерностей и причин пространственно-временного формирования неотектонических структур. Выявление неотектонических структур (морфологии), оценка и прогноз их современной активности представляют большую трудность. Незначительность амплитуд, скоростей и градиентов деформаций трудно устанавливаются обычными методами. Особенно не всегда ясны геодинамические условия формирования неотектонических структур. Изучение этих процессов, особенно в ограниченных строительством районах, может быть продвинуто на основе структурно-геоморфологического метода, признающего прерывистость неотектонических движений во времени. Разновозрастные и разнородные поверхности с циклическим характером развития являются реперами для качественной и количественной оценки этих структур. Исследование деформаций этих поверхностей позволяет установить морфологию структур, их амплитуды и скорости за суммарный новейший этап и за отдельные стадии четвертичного времени. Одновременно осуществляется исследование вещественно-структурных условий и геодинамических условий формирования неотектонических структур.

Решение практических проблем направлено на обеспечение рационального размещения особо опасных и технически сложных объектов, имеющее решающее значение для безопасного использования территорий, защиты окружающей среды и населения. Наиболее сложны проблемы выявления и оценки активных (интенсивных) дислокаций (геодинамически активных зон и проч.) в платформенных условиях, поскольку они способны неожиданно нарушить устойчивость массивов инженерных объектов, включая АЭС. В этой связи опасность аварии на этих объектах, приводящая к экономическому ущербу, невозможным потерям и к тяжелым экологическим последствиям, обуславливает необходимость обеспечивать высокие уровни устойчивости районов размещения этих объектов.

Изыскания направлены на исключение непригодных и ограниченно непригодных территорий во избежание негативных последствий из-за аварий на объектах, в т.ч. на радиационно опасных. Примером таких последствий являются авария на Чернобыльской АЭС, событие на Ровенской АЭС, закрытие строящейся Крымской АЭС, авария на АЭС-2 Фукусима, разрушение плотины в Тайване и т.д. Плотина в Тайване, построенная в зоне возможных очагов землетрясений (зона ВОЗ), разрушилась при землетрясении Chi-Chi в 1999 г. Авария на Чернобыльской АЭС не была связана с опасными геодинамическими процессами. Ошибка была сделана в расположении станции, построенной на

водопроницаемых грунтах. Она привела к необходимости срочного и дорогостоящего строительства после аварии противодиффузионных завес и дамб, ограждающих р. Припять, и экранов под корпусом реакторного отделения. Положительный пример качественных изысканий – Армянская АЭС, которая построена в зоне высокой геодинамической активности. Качественный уровень изысканий и проектных решений позволили выдержать мощное Спитакское землетрясение. Атомная станция продолжает работать и поныне в штатном режиме. Таким образом, оценка структурно-геодинамических условий размещения инженерных объектов направлена на обеспечение их безопасности.

Степень научной разработанности темы. В.И. Макаровым, С.А. Несмеяновым, Н.В. Макаровой, Н.И. Корчугановой, М.Л. Коппом, Л.А. Сим, В.Г. Трифоновым, В.И. Уломовым, А.К. Карабановым, А.И. Трегубом, А.А. Никоновым, А.И. Кожуриным, В.М. Макеевым и мн. др. разработаны различные методологические подходы для изучения геодинамических условий. Авторы по-разному исследуют платформенную территорию, но качественные и количественные показатели, такие как морфология структур, их размеры, ориентация и знак движений с учетом современных амплитуд, скоростей и градиентов деформаций, остаются неисследованными на должном уровне.

В.И. Макаровым и С.А. Несмеяновым сформулированы новые научные направления исследований: соответственно структурно-геодинамическое и инженерной геотектоники. Данная диссертация развивает их исследования применительно к особо опасным и технически сложным объектам.

Цель исследований. Определение пространственно-временных закономерностей формирования неотектонических структур и оценка их современной активности в связи с обеспечением устойчивости особо опасных и технически сложных объектов.

Задачи исследований.

1) Анализ и оценка вещественно-структурных условий, включая зоны дислокаций, как возможных очагов повышенных концентраций и разрядки напряжений.

2) Выявление структурно-геоморфологических (неотектонических) условий, определение возраста неотектонических структур, суммарных (новейших) и постадийных скоростей и амплитуд деформаций.

3) Определение соотношения неотектонических структур с древними донеотектоническими в связи с выявлением зон повышенных напряжений и их разрядки.

4) Определение геодинамических условий формирования неотектонических поднятий и прогибов, районирование неотектонических структур относительно современных сил и процессов.

5) Анализ линеаментов для определения современных геодинамических условий.

6) Выявление геодинамически активных зон, как потенциально опасных с точки зрения активизации эндогенных и экзогенных процессов.

7) Оценка структурно-геодинамической устойчивости территорий особо опасных и технически сложных объектов и разработка концепции геодинамической устойчивости.

Объекты исследований: Островецкий, Монаковский и Курчатовский районы, расположенные соответственно в пределах Белорусского, Токмовского и Воронежского устойчиво развивающихся сводовых поднятий Восточно-Европейской платформы. Предмет исследований – структуры и их качественная и количественная оценка.

Методология и методы исследований связываются с признанием формирования в платформах неотектонических деформаций изгибного типа, сгруппированных по принципу однородности в геодинамические системы или зональность. Работа строится на основе структурно-геодинамических исследований, включающих следующие методы: 1) структурно-геоморфологический (неотектонический) и дистанционный, 2) структурно-кинематический и 3) методы полевых маршрутных исследований. В основу исследований положен принцип прерывистого развития деформаций и формирования разноплановых, разномасштабных (разноранговых, разноглубинных) и разновозрастных структур.

Структурно-геоморфологический метод нацелен на исследование рельефа, новейших отложений и неотектонических структур. Новейшие отложения рассматриваются с точки зрения возраста, состава, мощности и т.п. Картографируются сопряженные с ними геоморфологические ступени на принципах цикличности их образования. В пред-полевой период на ключевые участки исследований строятся структурно-геоморфологические профили и разрезы с целью установления неотектонических структур и оценки поэтапных амплитуд и скоростей движений. Эти данные нужны для определения возраста структур, условий их формирования и тенденций развития. В полевых условиях исследуются экзогенные процессы и формы рельефа, измеряются трещиноватость и разрывы.

Работы проводятся с учетом всего комплекса структурных, геоморфологических, неотектонических и геодинамических исследований с привлечением разномасштабных топографических карт, космо- и аэросъемок, геолого-геофизических и гидрогеологических материалов.

Структурно-кинематический метод применяется для выявления поля современных напряжений по системам сопряжено развивающихся трещин и линеаментов.

Структурно-геодинамические исследования проводятся в широком временном диапазоне от рассмотрения древних структурных этажей (тектоно-магматических цик-

лов), включая их вещественное наполнение, до современных условий их нахождения с выявлением закономерностей их развития. Последовательный анализ эволюции геодинамических систем, отвечающих разным тектоно-магматическим циклам, позволяет оценить древние вещественно-структурные неоднородности (условно пассивные структуры) в изменяющихся геодинамических условиях, включая их позицию относительно современных источников тектонических сил и процессов. В современном поле напряжений они могут стать потенциальными концентраторами повышенных напряжений и деформаций.

Научная новизна.

1) Впервые создана концепция геодинамической устойчивости, нацеленная на обеспечение безопасности особо опасных и технически сложных объектов, на основе качественной и количественной оценки древних (докайнозойских) и новейших геодинамических условий.

2) Впервые разработан метод построения карт азимутальной и угловой рассогласованности опорных осадочных горизонтов (структурной рассогласованности) с целью выявления современной активности древних дислокаций.

3) Впервые произведено картографирование погребенных и приповерхностных эрозионно-денудационных и эрозионно-аккумулятивных (опорных) поверхностей для выявления изгибных деформаций и их качественной и количественной оценки в сводовых поднятиях.

4) С целью оценок устойчивости особо опасных объектов впервые созданы структурно-геоморфологические карты и разрезы к ним, карты структурно-геодинамического районирования. Определены геодинамические условия формирования неотектонических структур и установлены ранее не выделявшиеся в пределах сводовых поднятий специфические геодинамически активные зоны, как опасные с точки зрения активизации эндогенных и экзогенных процессов.

5) На исследуемые районы созданы базы данных буровых скважин, позволяющие строить разновозрастные поверхности, исследовать состав и мощности отложений и выявлять признаки неотектонической активности.

Защищаемые положения:

1. Впервые установлены докайнозойские (древние) дислокации, способные концентрировать современные напряжения и деформации в зависимости от их близости к источнику тектонических сил и позиции (ориентации) этих дислокаций. Древние дислокации и связанные с ними вторичные неотектонические дислокации относятся к категории принципиально важных, активных вещественно-структурных неоднородностей, требующих учета и контроля, поскольку являются опасными для инженерных объектов.

2. По деформациям опорных структурно-геоморфологических поверхностей и цикличности развития рельефа, впервые качественно и количественно оцениваются неотектонические поднятия и прогибы изгибного типа. На основе постадийных (поэтапных) оценок возраста, амплитуды и скорости неотектонических поднятий устанавливается закономерное увеличение интенсивности движений от ранних неотектонических стадий к поздним.

3. На основе структурно-геодинамического метода и с учетом структурно-вещественных и структурно-геоморфологических исследований впервые определены геодинамические условия формирования неотектонических (новейших) структур. Геодинамическое районирование сводовых поднятий относительно современных сил и процессов позволило установить специфические геодинамически активные зоны, как опасные относительно активизации эндогенных и экзогенных процессов.

4. Установлены вещественно-структурные, неотектонические (структурно-геоморфологические) и геодинамические условия, определяющие устойчивость территорий особо опасных и технически сложных объектов. На основе оценок этих условий впервые разработана концепция геодинамической устойчивости. Методологическая основа концепции – геодинамические системы разного типа.

Достоверность результатов исследований и защищаемых положений определяется высоким качеством и детальностью исходного фактического материала. В основу работы положены базы данных по буровым скважинам и данные более чем 25-летних полевых исследований платформенных территорий. Обобщение огромного фактического материала выполнено на основе структурно-геодинамического подхода, разработанного в рамках концепции глубинных геодинамических систем в лаборатории эндогенной геодинамики и неотектоники ИГЭ РАН. Методологическая база этих систем апробирована в ходе 20-летнего использования разными исследователями. Результаты структурно-геодинамических исследований регулярно докладывались на международных конференциях в течение длительного времени.

Практическая значимость связывается с локализацией, оценкой и прогнозом опасностей структурно-геодинамической природы, исходящих от активизированных древних дислокаций, геодинамически активных зон, тектонических линейментов, кольцевых структур, зон повышенной трещиноватости и проч. Влияние неотектонических структур на устойчивость территорий размещения особо опасных и технически сложных объектов может быть в разных аспектах.

Дислокации могут быть опасны в связи с превышением амплитуд, скоростей и градиентов деформаций и проч. относительно нормативно установленных. Геодинамически активные зоны, как концентраторы повышенных напряжений и их разрядки, мо-

гут быть опасными относительно сейсмопроявлений, выраженных повышенной сейсмической активностью (зоны ВОЗ). Линеаменты и их зоны опасны с точки зрения интенсивного развития в их пределах овражной и ложбинной сети, оползневых склонов, повышенной трещиноватости и водно-флюидной проницаемости. В целом эти структуры опасны относительно развития в них вторичных экзогенных процессов: карста, суффозии, газодинамических явлений и т.д.

Геодинамическая устойчивость рассматривается в аспекте влияния неотектонических структур, геодинамически активных зон, линеаментов и других дислокаций и процессов на устойчивость атомных станций. Структурно-геодинамические исследования направлены на исключение непригодных и ограниченно непригодных территорий во избежание негативных последствий от возможных аварий на инженерных объектах.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на различных научных конференциях и совещаниях: Структурно-геодинамическая зональность запада Восточно-Европейской платформы / Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых. 4-6 апреля 2013 г. Минск, Беларусь; Новейшая тектоника Нижнеокского района (Русская плита) / Проблемы природопользования. Итоги и перспективы. Минск, 21-23 ноября 2012 г.; Опыт сравнительной оценки сейсмического потенциала и районирования платформенной территории Северной Евразии / Проблемы сейсмотектоники. Материалы XVII Всерос. конференции с межд. участием. Воронеж-Москва. 2011; Новейшие и современные структурно-геодинамические условия территорий Восточно-Европейской платформы в связи с захоронением вредных промышленных отходов / Сергеевские чтения, Москва, 2005; Геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы, их ранги и типы / VII Международная конференция “Новые идеи в науках о Земле”, посвященная 85-летию Моск. госуд. геологоразвед. ун-та (МГРИ-МГГРУ), 2005; Приволжская система новейших геодинамически активных зон / 11-я Международная конф. «Строение, геодинамика и минерагенические процессы литосфере». Сыктывкар, Институт геологии Коми НЦ Уро РАН, сентябрь 2005; Неотектонические основы геодинамической безопасности / Оценка и управление природными рисками. Всероссийская конференция «Риск – 2003». Москва. 2003; Новейшая и современная геодинамическая активность платформенных территорий / Инженерные изыскания в XXI веке. Научно производственная конференция. Москва, ФГУП ПНИИИС, Москва. 2003; Оценка новейшей активности платформенных территорий по структурно-геодинамическим факторам / Роль геодинамики в решении экологических проблем развития нефтегазового комплекса. С. Петербург. ВНИМИ, 2003; и на мн. др. конференциях.

Публикации. По теме диссертации лично и в соавторстве опубликовано более 100 работ. Из них две монографии. В рецензируемых журналах, согласно перечню, рекомендованному ВАК Минобрнауки РФ, опубликовано 15 статей и 1 статья в иностранном журнале. Остальные опубликованы в качестве статей в различных журналах, сборниках и в виде тезисов российских и международных конференций.

Структура и состав работы. Работа состоит из введения, пяти глав и заключения, изложенных на 415 страницах машинописного текста. Содержит 8 таблиц, 83 рисунок и список литературы, включающий 395 наименований. Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН.

Благодарности. Автор глубоко признателен первому заведующему лабораторией эндогенной геодинамики и неотектоники ИГЭ РАН дгмн В.И. Макарову, наставнику, научному руководителю, определившему направление и цель исследований много лет назад.

Автор благодарит главного научного сотрудника лаборатории эндогенной геодинамики и неотектоники ИГЭ РАН дгмн С.А. Несмеянова и доцентов кафедры динамической геологии МГУ им. М.В. Ломоносова кгмн Н.В. Макарову и кгмн Т.В. Суханову за плодотворную совместную работу, огромную помощь и советы.

Автор выражает благодарность директору ИГЭ РАН академику В.И. Осипову, зам. директоров по науке дгн А.С. Викторову, дгмн С.В. Козловскому, ученому секретарю кгмн Н.А. Румянцевой и кгмн Г.И. Батраку за доброжелательное отношение, постоянное внимание, помощь.

Автор благодарит коллектив лаборатории эндогенной геодинамики и неотектоники кгмн А.Л. Дорожко, И.В. Коробову, В.С. Крылову, В.Г. Синчук, кгмн П.С. Микляева, кгмн С.В. Григорьеву, О.А. Воейкову, А.А. Мурого за работу, помощь, советы и поддержку.

Автор благодарен коллективу лаборатории геоинформатики и компьютерного картографирования: кгмн О.К. Миронову, кгн Е.А. Карфидовой, С.Н. Полеводовой, М.Н. Комаревской и К.И. Фесселю за помощь в работе.

Автор благодарен кхн В.С. Путилиной, дгмн Г.П. Постоеву, кгмн В.Г. Заиканову, кгмн А.Д. Жигалину, С.Ф. Васютинской, М.А. Андрианову, О.Г. Поповой за поддержку и советы и наставления, а также М.Ю. Макеевой за терпимость и понимание.

Я благодарен АО Нижегородской инжиниринговой компании «Атомэнергопроект» и зав. отделом инженерных изысканий В.Н. Леденеву за поддержку и финансирование исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение рассматривает актуальность темы диссертации, степень ее научной обоснованности, цель и задачи, объект и предмет исследований, методы исследований, новизну и практическую значимость диссертации, защищаемые положения и апробацию темы диссертации.

Глава 1. Обзор изученности условий формирования новейших структур и критериев оценки устойчивости особо опасных и технически сложных объектов.

Геодинамические условия формирования неотектонических структур и их оценка рассматриваются с точки зрения влияния этих условий (происхождения и механизмов) на устойчивость особо опасных и технически сложных объектов.

Структурно-геодинамическим проблемам, рассматриваемым в диссертации, посвящены работы многочисленных исследователей, таких как: Е.В. Артюшков, Р.Е. Айзберг, А.С. Алешин, Т.П. Белоусов, Е.Г. Бугаев, И.П. Варламов, Р.Г. Гарецкий, М.А. Гончаров, Б.А. Гантов, А.Ф. Грачев, С.В. Григорьева, А.С. Гусельцев, О.И. Гущенко, А.Л. Дорожко, А.В. Егоркин, А.Д. Жигалин, В.А. Зайцев, А.Г. Золотарев, Д.С. Зыков, А.К. Карабанов, Н.В. Короновский, А.И. Кожурин, М.Л. Копп, Н.И. Корчуганова, Н.П. Костенко, С.Л. Костюченко, П.Н. Кропоткин, О.Ю. Кузьмин, В.Н. Леденев, М.Г. Леонов, Ю.Г. Леонов, Н.А. Логачев, В.И. Макаров, Н.В. Макарова, В.М. Макеев, П.С. Микляев, Е.Е. Милановский, А.А. Наймарк, С.А. Несмеянов, А.М. Никишин, А.А. Никонов, М.Ю. Никитин, Н.И. Николаев, П.Н. Николаев, В.И. Осипов, Л.В. Панина, В.П. Палиенко, А.И. Полетаев, Л.П. Полканова, Г.И. Раскатов, А.А. Рассказов, Л.М. Расцветаев, Г.И. Реснер, Е.А. Рогожин, М.В. Родкин, Л.А. Сим, Т.В. Суханова, Арк. В. Тевелев, Т.Ю. Тверитинова, А.И. Трегуб, В.Г. Трифионов, В.И. Уломов, Н.А. Флоренсов, П.В. Флоренский, В.Е. Хаин, Н.С. Шатский, С.В. Шварев, С.С. Шульц, Ю.К. Щукин, Ф.Н. Юдахин, А.Л. Яншин и мн. др. исследователи.

Глава состоит из двух разделов: 1) обзора представлений о геодинамических условиях формирования неотектонических структур и 2) обзора нормативных документов по оценке геодинамической устойчивости особо опасных и технически сложных объектов.

1. Обзор представлений о геодинамических условиях формирования неотектонических структур. На формирование новейших (неотектонических) структур существует, главным образом, две точки зрения: 1) традиционная, рассматривающая формирование структур в условиях вертикальных блоковых движений и 2) современная, основанная на тектонике литосферных плит и блоков.

С позиции вертикальных блоковых движений платформенные территории впервые исследованы Н.И. Николаевым и В.И. Бабаком в 60-70-х годах прошлого столетия. Их исследования впервые показали, что земная кора платформ подвергается поднятиям и опусканиям, несмотря на относительно короткий новейший этап ее развития. Древние разломы фундамента и его чехла рассматриваются как активизированные, по которым происходят движения и повышенная концентрация напряжений и деформаций. На основе этих представлений к настоящему времени создано большое количество карт неотектонического содержания, которые не привели к решению фундаментальных и практических задач. В частности, сейсмичность платформенного типа, как индикатор активности, не подтверждает наличие блокоразделов.

Тектоника литосферных плит и блоков является современной концепцией, позволяющей рассматривать формирование неотектонических структур платформенных территорий с позиции латерально действующих сил и процессов. В ее рамках разработана концепция глубинных геодинамических систем, которая предполагает, что изгибные структуры имеют преимущественное развитие над разломными. Эти представления впервые высказал А.П. Карпинский и А.Д. Архангельский. Затем они получили развитие в работах В.И. Макарова и его последователей (Макаров, 1996; Юдахин, Щукин и др. 2003). В рамках представлений о формировании структур в условиях геодинамических систем впервые был выделен новый тип специфических структур – геодинамически активные зоны, как альтернатива разломам, выделяемым в орогенах.

Платформенные неотектонические структуры характеризуются малыми пространственными и временными градиентами скоростей деформаций. Выявление и оценка их – большая проблема в связи с практическими задачами. Платформенные территории интенсивно осваиваются в отличие от горных и, в частности, на них строятся радиационно опасные и технически сложные объекты. Недоучет или неверная оценка интенсивно развивающихся дислокаций влечет за собой катастрофические последствия. Неслучайно исследования последних десятилетий направлены на выявление геодинамически активных зон, диаклазовых швов, крипа и проч., поскольку с ними связывается активизация эндогенных и экзогенных процессов опасного ряда. Выявление и оценка этих дислокаций направлены на разработку теории платформенных деформаций и решения ряда задач инженерно-геологического характера.

2. Обзор нормативных документов по оценке геодинамической устойчивости особо опасных и технически сложных объектов.

В соответствии с градостроительным кодексом РФ (статья 48.1) к объектам повышенного уровня ответственности относятся особо опасные и технически сложные и уникальные объекты. К ним относятся: ядерные установки, пункты хранения ядерных

материалов и радиоактивных веществ, гидротехнические сооружения и др. Согласно требованиям МАГАТЭ, методология проведения инженерно-геологических изысканий должна основываться на соблюдении принципов нормативно-методического обеспечения, применении современных методов и технических средств полевых и камеральных работ, научно-методическом сопровождении изысканий и проч. В то же время эти требования соблюдать сложно, поскольку Постановлением правительства РФ № 87 предпроектные изыскания отменены (Постановление..., 2008).

Анализ нормативных документов, касающихся особо опасных и технически сложных объектов, показал, что они требуют актуализации и корректировки. Традиционно не допускается размещать АЭС: а) на площадках, расположенных непосредственно на активных разломах, б) на площадках, сейсмичность которых при МРЗ превышает 8 баллов (MSK-64); в) в геодинамических зонах с градиентом скоростей больше 10^{-9} - 10^{-6} ; г) в районах развития термокарстовых, суффозионных и карстово-суффозионных процессов и проч.

Островецкий, Монаковский и Курчатовский районы, исследуемые в диссертации, относятся к категории ближних районов АЭС (с радиусом 30-50 км). Согласно нормативным документам, на стадии исследований ближних районов исключается наличие активных разломов (без указания на его величину смещений), максимального расчетного землетрясения (МРЗ) > 7-9 баллов по шкале MSK 64, геодинамических зон на площадке с градиентами скоростей $>10^{-6}$ - 10^{-9} , и скоростей современных вертикальных движений 10 мм/год и горизонтальных 50 мм/год. Эти опасные деформации исключаются на ранней стадии исследований, т.е. на стадии поиска пунктов АЭС (на предпроектной стадии).

Основным документом, регламентирующим инженерные изыскания строительства АЭС, является СППНАЭ-87. В нем допустимый уклон в основании реакторных отделов или градиент допустимых деформаций не должен превышать 0.001-0.003. Скорости современных тектонических движений не должны превышать 5 мм/год. Градиент скорости современных движений в геодинамических зонах не должен быть выше 10^{-9} – 10^{-6} . Максимальные значения параметров геологических и инженерно-геологических процессов и явлений определяются в интервале времени, равном 1 млн. и 10 000 лет (Основные..., 1987; Учет..., 2005; Оценка..., 2001 и др.). Допустимые деформации направлены на исключение непригодных и ограниченно непригодных территорий во избежание негативных последствий от возможных аварий на инженерных объектах

На основании этого и др. документов в диссертации производится оценка структурно-геодинамической устойчивости Островецкого, Монаковского и Курчатовского районов.

Глава 2. Доканозойские вещественно-структурные условия и их геодинамическая оценка.

Глава состоит из трех разделов: 1) оценки вещественно-структурных условий кристаллического фундамента и осадочного чехла, 2) метода выявления структурной рассогласованности опорных горизонтов осадочного чехла и 3) рассогласованности деформаций опорных горизонтов и ее геодинамической оценки.

Древний кристаллический фундамент и его осадочный чехол характеризуется вещественно-структурной расслоенностью и неоднородностью (Тектоническая..., 1990), которые относительно действующих новейших сил и процессов занимают разную позицию. В результате одни дислокации активизируются и становятся опасными, другие остаются пассивными, геодинамически неактивными. При инженерно-геологических изысканиях на особо опасных инженерных объектах, как правило, исследования проводятся по принципу, если не оценена активность древнего разлома – он опасен. В итоге исследуются все дислокации, попавшие в ближний район АЭС. Признак активизированного древнего разлома – наследование его зонами линеаментов (зонами повышенной трещиноватости), связь с очагами землетрясений, интенсивными экзогенными процессами и проч. Древние вещественно-структурные условия исследуются в Островецком, Монаковском и Курчатовском районах, расположенных в пределах устойчиво развивающихся сводовых поднятий ВЕП: Белорусского, Токмовского и Воронежского. Сводовым поднятиям отвечают антеклизы: Белорусская, Волго-Уральская и Воронежская (рис. 1).

1. Оценка вещественно-структурных условий кристаллического фундамента и осадочного чехла.

Островецкий район расположен на северо-востоке Гродненской области Республики Беларусь, в 18 км на северо-восток от г. Островец. В геологическом отношении он находится на западе ВЕП и приурочен к северо-западному склону Белорусского сводового поднятия. Склон отвечает сочленению Белорусской антеклизы и Балтийской синеклизы.

В кристаллическом фундаменте выделено большое количество докембрийских разломов, но из всех активизированным оказался единственный разлом – Ошмянский (Разломы..., 2007). С ним связывается историческое землетрясение с эпицентром вблизи ст. Гудогай, которое произошло в 1908-1909 г. (6-7 баллов по шкале MSK-64). Центром геофизического мониторинга НАН Беларуси в октябре 1987 г. было инструментально зарегистрировано слабое землетрясение с эпицентром, расположенным в 10 км к востоку от Островца, что позволило отнести Ошмянский разлом к сейсмогенной зоне (зона ВОЗ).

Поверхность архей-протерозойского кристаллического фундамента наклонена на север с градиентом вертикальных деформаций 0.002-0.003. На различных срезах, построенных по поверхностям опорных горизонтов чехла: ордовика, силура и девона – разломы не проявляются, в т.ч. не выражен активизированный Ошмянский разлом. Градиент вертикальных деформаций по кровле среднекембрийских отложений составляет 0.004-0.01, кровли силурийских отложений 0.002-0.006, поверхности девонских отложений 0.0003.

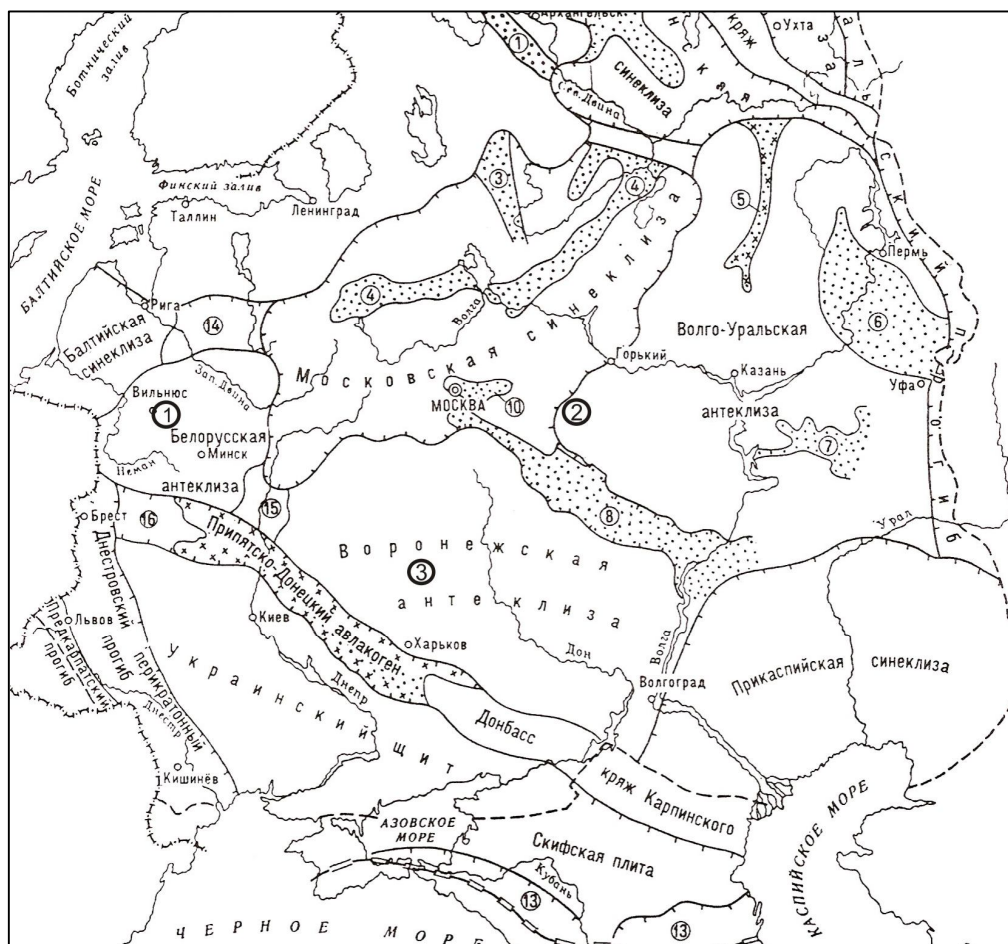


Рис. 1. Районы исследований на схеме тектонического районирования Восточно-Европейской платформы (ВЕП) [Юдахин и др., 2003]. Кружками показаны районы: 1 – Островский, 2 – Монаковский, 3 – Курчатовский.

Монаковский район расположен в Нижегородской и Владимирской областях РФ в районе г. Муром. Он находится в пределах Токмовского сводового поднятия. Поверхность докембрийского кристаллического фундамента наклонена на северо-запад с градиентом деформаций 0.002. Градиенты деформаций поверхностей осадочного чехла следующие: кровли щелковской толщи каменноугольного возраста 0.006-0.007, подошвы уржумского яруса среднепермских отложений 0.008-0.01, западного крыла Баландинской пермской депрессии 0.006-0.007 и Рыльковского поднятия 0.01. Павловский

разлом фундамента, частично входящий в пределы исследуемого района, не является подвижным, поскольку не выражен в структурах осадочного чехла и неотектонической зональности. Малинковский прогиб поверхности фундамента наследуется Вязниковско-Каверинским каменноугольным прогибом и Баландинской пермской депрессией. Эти отрицательные формы в свою очередь наследуются Окско-Мокшинским (Муромским) неотектоническим прогибом. Наследование устанавливается по ориентировке и знаку движения.

Курчатовский район расположен в Курской области. В структурно-тектоническом отношении Курчатовский район находится в пределах Щигровского выступа Воронежского сводового поднятия. Юго-западный склон кристаллического фундамента относительно круто погружается в сторону Днепровско-Донецкого авлакогена, северо-восточный – полого в сторону Московской синеклизы. Максимальные абс. отметки наиболее приподнятой части свода в пределах Курчатовского района достигают 108 м, а минимальные – минус 220 м. Таким образом, градиент деформаций по поверхности фундамента составляет от 0.005 до 0.01. Градиент деформаций по девонским отложениям составляет 0.002, каменноугольным отложениям – 0.009, мезозойским – 0.0004-0.005 и по подошве полтавской свиты – 0.0003-0.0008. В чехле развиты пологие складки, ступени и флексуры, которые являются в основном древними, отмершими. Некоторая часть из них наследуется неотектоническими структурами. Размеры складок различаются: ширина от 2,5 км до 12,5 км, амплитуда от 5 м до 38 м.

2. Метод выявления структурной рассогласованности опорных горизонтов осадочного чехла разработан впервые с целью выявления зон повышенной напряженности и разрядки этих зон (Макеев и др., 2013). Он основывается на расчетах азимутальной (между простираниями изолиний) и угловой разности (между углами падения) двух анализируемых опорных горизонтов или поверхностей. Исследование проводится от древних к молодым горизонтам осадочного чехла попарно. Структурная рассогласованность горизонтов оценивалась в лаборатории геоинформатики и компьютерного картографирования ИГЭ РАН на основе программно-технологического обеспечения ArcGIS – ArcView, модулей Spatial Analyst и 3DAnalyst и необходимых дополнительных скриптов.

3. Рассогласованность деформаций опорных горизонтов и ее геодинамическая оценка. Эти исследования выполнены в трех районах: Островецком, Монаковском и Курчатовском.

Островецкий район характеризуется зонами структурной рассогласованности (азимутальной и угловой), выделенными между кристаллическим фундаментом и ордовиком, силуром и девоном, силуром и подошвой четвертичных отложений (рис. 2).

Докембрийские разломы фундамента не проявляются ни по простиранию, ни по локализации в зонах (ареалах) структурной рассогласованности. Исключением является Ошмянский рифейский разлом – единственный из тринадцати разломов, который выражается в максимальных структурных рассогласованиях кровли силура и подошвы четвертичных отложений. При этом он не отличается от других разломов ни по возрасту, ни по простиранию, ни по любым другим характеристикам.

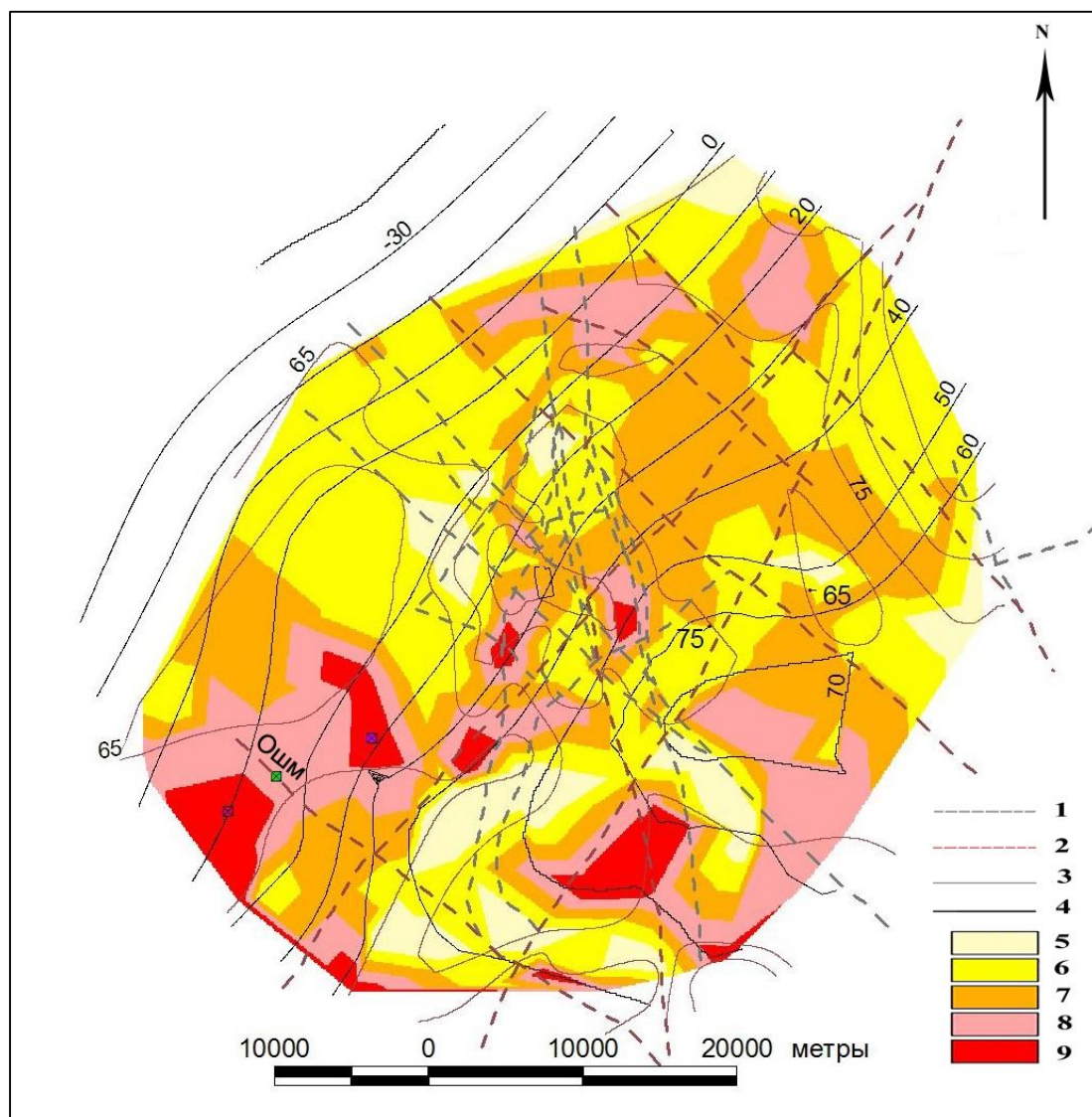


Рис. 2. Ареалы структурного рассогласования между кровлей силурийских отложений и подошвой четвертичных отложений. Пунктиром показаны разломы: 1 – кристаллического фундамента, 2 – осадочного чехла; 3 – подошва четвертичных отложений, 4 – кровля силурийских отложений. Зоны (ареалы) рассогласования разновозрастных поверхностей, согласно пяти классам: 5 – первый класс ($-30 < \alpha < 30$ и $150 < \alpha < 180$), 6 – второй класс ($30 < \alpha < 45$ и $135 < \alpha < 150$), 7 – третий класс ($45 < \alpha < 60$ и $120 < \alpha < 135$), 8 – четвертый класс ($60 < \alpha < 75$ и $105 < \alpha < 120$), 9 – пятый класс ($75 < \alpha < 105$). Ошм – Ошмянский разлом.

В отличие от других разломов, над ним устанавливается аномально повышенная мощность ледниковых отложений, достигающая 200 м при средней мощности по району 60-100 м, т.е. он устойчиво и неоднократно находился в зоне интенсивного четвертичного ледникового осадконакопления, выраженной прогибом. Это позволило связать его современную активизацию с гляциоизостатическим фактором следующим образом. Неоднократная повышенная ледниковая динамическая нагрузка и разгрузка на юго-западную часть исследуемого района, привела к разупрочнению Ошмянского древнего разлома, ставшего к новейшему времени вещественно-структурной неоднородностью, и появлению в нем вторичной повышенной нарушенности (трещиноватости, проницаемости и проч.). В условиях тектонических напряжений эта разупрочненность оказалась достаточной, чтобы он смог стать концентратором повышенных напряжений и сейсмической разрядки. В литературе известны примеры подобного типа активизаций или оживлений древних разрывных зон. Среди них: Даугавпилский, Вильнюсский, Шилутско-Полоцкий и др. (Гарецкий и др. 1999; Сейсмотектоника ..., 2009)

В Монаковском районе исследована структурная рассогласованность между герцинскими структурами и структурами поверхности докембрийского фундамента. Осевые линии герцинских поднятий и впадин косо секут простирания изогипс поверхности фундамента, создавая таким образом перекрестно-структурный план. Наиболее градиентная зона – Павловский докембрийский разлом, у которого амплитуда сброса составляет 250-500 м, не проявился ни в деформациях герцинского структурного этажа, ни в неотектонической зональности. Баландинская пермская депрессия единственная, согласующаяся по простиранию и знаку движения с Меленковским докембрийским прогибом, которые, в свою очередь, наследуются Окско-Мокшинским неотектоническим прогибом. Причиной такой избирательной активности является локализация их на границе Окско-Донского неотектонически активного прогиба (источника тектонических напряжений), включающего в себя Окско-Мокшинский прогиб, и Токмовского сводового поднятия. В этой связи Меленковский прогиб, как и Ошмянский разлом Островецкого района, относится к категории принципиально важных, активизированных неоднородностей, требующих учета и контроля в связи с обеспечением устойчивости инженерных объектов.

Подобного типа активизация древних дислокаций известна в других частях Окско-Донского активного прогиба. К примеру, на участке Воронеж-Липецк Лосевско-Мамоновский докембрийский разлом наследуется западной границей этого прогиба. В результате он сейсмогенен. Манычский и Северо-Донецкие девонские разломы также активизированы, но в связи с близостью их расположения к Кавказской неотектониче-

ской области. Они хорошо выражаются в простираниях неотектонической зональности (Макаров и др., 2004; Макарова и др., 2002;).

Курчатовский район характеризуется структурной рассогласованностью между подошвой отложений туронского яруса верхнего мела и подошвой полтавской свиты олигоцена, отвечающей новейшему суммарному полю напряжений. Железногорский раннепротерозойский разлом и ступень, выраженная в поверхности кристаллического фундамента связи с резким наклоном ее на юг, не отражаются в зонах структурных рассогласований и в неотектонической зональности рельефа. На этом основании сделан вывод, что эти дислокации ныне неактивны. Причиной этому – фактор удаленности исследуемого объекта от источников неотектонических сил и напряжений: Кавказско-Карпатского и Черноморско-Каспийского и Окско-Донского. Железногорский и Лосевско-Мамоновский разломы по возрасту и древним условиям формирования аналогичны, но последний активизирован и сейсмичен, первый нет. Лосевско-Мамоновский разлом локализован на границе Окско-Донского активного прогиба и Воронежского сводового поднятия, и по отношению к прогибу является согласным. Существуют другие примеры, указывающие на действие фактора удаленности. Древние разломы Московского, Днепровско-Донецкого и Среднерусского авлакогенов неактивны и несейсмичны, поскольку находятся на большом удалении от источников неотектонических напряжений.

Таким образом, докайнозойские (древние) дислокации способны концентрировать современные напряжения и вызывать вторичные деформации в зависимости от их близости к источнику тектонических сил и позиции (ориентации) этих дислокаций. Древние дислокации и связанные с ними вторичные неотектонические деформации (зоны повышенной трещиноватости, линеаменты и проч.) относятся к категории принципиально важных, активных вещественно-структурных неоднородностей, требующих учета и контроля в аспекте обеспечения устойчивости особо опасных и технически сложных объектов.

Согласно этим исследованиям обосновывается *первое защищаемое положение*: впервые установлены докайнозойские (древние) дислокации, способные концентрировать современные напряжения и деформации в зависимости от их близости к источнику тектонических сил и позиции (ориентации) этих дислокаций. Древние дислокации и связанные с ними вторичные неотектонические деформации относятся к категории принципиально важных, активных вещественно-структурных неоднородностей, требующих учета и контроля, поскольку являются опасными для инженерных объектов.

Глава 3. Структурно-геоморфологические условия: качественная и количественная оценка.

Качественная и количественная характеристика структурно-геодинамических условий нацелена на оценку активности эндогенного и экзогенного факторов, определяющих устойчивость и безопасность рассматриваемых территорий. Полученные в ходе исследований цифровые данные обосновывают степень безопасности территорий, предназначенных для строительства особо опасных и технически сложных объектов

Глава состоит из двух разделов: 1) методики составления структурно-геоморфологических карт, 2) цикличности, поэтапных амплитуд и скоростей поднятий и неотектонических структур.

1. Методика составления структурно-геоморфологических карт.

Структурно-геоморфологический анализ рельефа – это изучение состава и мощности новейших отложений, определение их возраста, выявление неотектонических структур, динамики и тенденций их современного развития и изменения. В рамках структурно-геоморфологического метода строятся геолого-геоморфологические профили и разрезы, проходящие вкрест и вдоль простирания основных форм рельефа и основных геологических структур. По рельефу выделяются разновысотные ступени, которые представляют собой поверхности выравнивания разного генезиса: эрозионно-денудационные, эрозионно-аккумулятивные и аккумулятивные. Их возраст датируется в соответствии с возрастом пород, на которых они выработаны, и в соответствии с перекрывающими их отложениями. На основании геолого-геоморфологических разрезов устанавливается этапность развития рельефа, зависящая от неотектонических движений, а также климата. Определяются поднятия, прогибы и их параметры: морфология, размеры, ориентировка и знак движений.

Геоморфологические ступени рассматриваются как циклические, что позволяет рассчитать поэтапные амплитуды врезаний, поднятий и скорости поднятий. Расчет производится по формуле С.А. Несмеянова, принимающей, что амплитуды поэтапных поднятий прямо пропорциональны глубинам врезов: $A: D = a: d$, где A – общая амплитуда новейшего поднятия, D – величина вреза за весь неотектонический этап, a – амплитуда за определяемый этап, d – величина вреза за этот этап (Несмеянов, 1971, 2012). Продолжительность циклов приводится по данным Б.А. Борисова (Борисов, 2007). Основными реками в Островецком районе являются Виляя, в Монаковском районе – Ока и в Курчатовском районе – Сейм.

Для оценки современной активности структур полевыми и камеральными методами изучались современные экзогенные процессы: эрозия, аккумуляция, оползание, подпруживание, просадочность, суффозионно-карстовые и др. процессы. Анализировались созданные этими процессами формы рельефа: овраги, оползневые склоны, ложби-

ны, поймы и т.п., часто с мало заметным выражением на площади, но крайне важные, развивающиеся по зонам трещиноватости.

2. Цикличность, поэтапные амплитуды и скорости поднятий и неотектонические структуры.

В разделе характеризуются дочетвертичный и четвертичный рельеф и отложения Островецкого района; рельеф, отложения и экзогенные процессы Монаковского района; рельеф и отложения Курчатовского района.

Дочетвертичный, четвертичный рельеф и отложения Островецкого района. В исследуемом районе выделено два этажа рельефа – поверхностный (четвертичный) и погребенный (дочетвертичный). Поверхностный рельеф в основном аккумулятивный и эрозионно-аккумулятивный, сформированный во время развития двух покровных оледенений, имевших место в конце среднего неоплейстоцена (сожское оледенение) и в начале позднего неоплейстоцена (поозерское оледенение). Кроме того он включает отложения аллювиального, озерного и проч. генезиса.

Погребенный рельеф классифицируется на дочетвертичный и четвертичный. Дочетвертичный рельеф в основном эрозионно-денудационный, представлен фрагментами древней мезозойской (донеогеновой) денудационной поверхности выравнивания и ступенями рельефа, образованными в новейшее время при неравномерном поднятии территории и врезании долин, которые в настоящее время погребены. Четвертичный рельеф включает погребенные долины, а также разновозрастные аккумулятивные равнины (поверхности), сложенные ледниковыми и водно-ледниковыми (флювиогляциальными) отложениями.

Поверхностный рельеф и отложения представлены сожской мореной, которая состоит из двух фаций (типов) – краевой (или конечной) морены и основной. Отложения этих фаций рассматриваются с точки зрения их состава, мощности и абс. отм. положения подошвы и кровли. По этим отложениям во время отступления сожского ледника и наступания поозерского сформировались вторичные денудационные моренные равнины с тремя уровнями: 270-300 м, 230-250 м, 170-180 м. При проведении полевых работ были обнаружены значительные деформации флювиогляциальных отложений, которые были отнесены к скибовым гляциодислокациям. Эти дислокации срезаются горизонтально лежащей сожской мореной и в современном рельефе не проявлены.

Обширные зандры (флювиогляциальные равнины) образованы при таянии сожского и поозерского ледниковых покровов. Зандры сожского оледенения представлены двумя генерациями: древней, высокой (170-180-200 м) и молодой низкой выровненной, (150-165 м). Образование двух генераций равнин связано с тектоническим подъемом территории в конце сожского оледенения. Зандры поозерского оледенения представле-

ны также двумя генерациями: древней (150-160 м), и молодой (130-145 м). Последняя вложена (врезана) в более высокую равнину на глубину 10-20 м.

Аллювиальные отложения представлены двумя террасами и поймой. Первая терраса имеет высоту от 4-5 до 6-8 м. Мощность аллювия 3-5 м. Возраст террасы - вторая половина позднего неоплейстоцена (поздневалдайский). Вторая терраса имеет высоту 10-14 м и ширину до 2-3 км. Мощность аллювия не более 10 м, в среднем 3-5 м. Возраст террасы – первая половина позднего неоплейстоцена (ранневалдайский). На р. Вилия выделяется два уровня поймы: низкая (0,5-1 м) и высокая (1,2-1,5 м). Мощность пойменных отложений 5-7 м.

Дочетвертичная поверхность выработана преимущественно на палеозойских и мезозойских породах, которые срезаны единой поверхностью выравнивания, сформировавшейся на протяжении позднего палеозоя, почти всего мезозоя до позднего мела на юге и юго-западе, а на отдельных участках и до миоцена. Это мезозойский пенеплен, развитый на громадной площади Восточно-Европейской платформы, а затем погребенный. Поверхность пенеплена слабо деформирована и находится на 60-65 м (в пределах Константиновской гряды на 100 м). В целом она имеет пологий уклон к югу и к западу.

Неогеновые отложения, перекрытые чехлом четвертичных отложений, имеют мощность 15-45 м. Кровля располагается на абс. отм. 64-85 м, подошва на отм. 60-88 м. Превышение, отождествляемое с деформацией, составляет 21-28 м. По этим отложениям выработано три ступени. Высокая раннеплиоценовая ступень находится на абс. отм. 80-85 м. К северу она повышается до 90 м, к югу понижается до 55 м. В раннеплиоценовую поверхность врезана на 10-20 м позднеплиоценовая поверхность с абс. отм. около 70 м. В нее неглубоко (до 10-15 м) врезаны погребенные долины, которые, по аналогии с погребенными долинами соседней Литвы, имеют раннеоплейстоценовый или позднеплиоцен-раннеоплейстоценовый возраст.

Новейшая структура района стала развиваться с раннего плиоцена, когда в миоценовые континентальные отложения врезались русла. Амплитуды врезов не превышали 10-20 м, а общая амплитуда поднятия за плиоцен и, возможно, ранний неоплейстоцен (эоплейстоцен?) составила 30-35 м. За четвертичное время произошло поднятие на 50-55 м (85 м – высота раннеплиоценовой поверхности, 35 м – врез эоплейстоцена). Скорость за плиоцен-раннеоплейстоценовое время составляет 0,006 мм/год (продолжительность плиоцена около 5 млн. лет плюс продолжительность эоплейстоцена 1 млн. лет), за четвертичное время – 0,06 мм/год (продолжительность неоплейстоцена плюс голоцен около 800 000 лет; делим 50 м на 800 000 лет).

Глубины речных позднеоплейстоцен-голоценовых врезов прямо пропорциональны амплитудам поднятия. Возраст второй террасы р. Вилии относится к первой по-

ловине позднего плейстоцена. Река Вилия врезана в поверхность сожской морены не менее чем на 30 м (абс. отм. сожской морены на этом отрезке 150-160 м, а отм. поверхности террасы 130 м). Учитывая, что средняя мощность аллювия террасы в среднем равна 14 м, получаем скорость вреза за первую половину позднего плейстоцена 0,6 мм/год. Во вторую половину позднего плейстоцена она составила 0,3 мм/год. В течение голоцена Вилия врезается со скоростью около 0,6 мм/год.

По дочетвертичной поверхности и по ступеням рельефа установлены поднятия и прогибы. Установлено, что поднятия, возникшие в плиоцене, продолжали расти и в четвертичное время. Об этом свидетельствует уменьшение мощности флювиогляциальных отложений на склонах и сводах поднятий и увеличение их мощности в прогибах. Рисунок изогипс подошвы четвертичных отложений и неотектонических структур не согласуется с докембрийскими разломными зонами чехла и фундамента. Разломы независимы от рисунка неотектонических структур и линеаментов. Современный рельеф с его возвышенностями, грядами и межгрядовыми понижениями также не согласуется с рисунком разломных зон. В то же время северный склон Ошмянской гряды круто сопрягается с серией узких долинных зандров, согласующихся с Ошмянским разломом.

Рельеф, отложения и экзогенные процессы Монаковского района. Рельеф представлен плато и его склонами. Наивысшие абсолютные отметки рельефа – 130-131 м, а низшие – 70 м (урез р. Оки). Плато сложено породами уржумского яруса верхней перми и перекрыто четвертичными отложениями преимущественно ледникового и водноледникового генезиса, относящимися к ранненеоплейстоценовому донскому оледенению или криушскому горизонту местной стратиграфической шкалы.

На плато и его склонах развиты водноледниковый, ледниковый рельеф и рельеф, созданный временными и постоянными потоками. На территории они распределены согласно структурным условиям: первый и второй типы развиты в пределах поднятий и их склонов, а третий – в прогибах.

Водноледниковый и ледниковый типы рельефа, выполненные отложениями мощностью 5-10 м, наложены на более древние четвертичные поверхности (ступени), образовавшиеся в доледниковое время. Ступени рельефа отвечают эрозионно-денудационным и эрозионно-аккумулятивным циклам, вложенным друг в друга. Выделяется три эрозионно-денудационных ранненеоплейстоценовых ступени (уровня). Первый уровень (начало первой половины раннего неоплейстоцена) образует основную водораздельную поверхность с абс. отм. 130-128 м (120 м без учета четвертичных отложений). Второй уровень (конец первой половины раннего неоплейстоцена) развит на абс. отметках 127-125 м (118 м), третий уровень (начало второй половины раннего неоплейстоцена) спускается до 120 м (116 м).

В рельефе выделяются четыре эрозионно-аккумулятивных надпойменных цикловых террасы. Их образование связано с циклическими изменениями климата (чередование межледниковых и ледниковых эпох), сопровождающимися прерывистыми положительными тектоническими движениями. Высота первой террасы ($a^1\Pi_{1,2}$) 12-13 м. Абсолютные отметки ее поверхности увеличиваются с 80-82 до 88 м. Высота второй террасы ($a^2\Pi_{3,4}$) 15-17 м, абс. отм. изменяются от 85-87 м до 100-105 м. Высота третьей террасы ($a^3\Pi_{1,2}$) 20-25 м, абс. отм. изменяются от 93-95 до 105-110 м. Высота четвертой террасы ($a^4\Pi_{1,2}$) около 40 м, а абс. отм. увеличиваются с 115-116 м до 119 м. Третья и четвертая террасы на склонах долин расщепляются на ряд дополнительных уровней, высота которых отражает неравномерный рост Монаковского поднятия. На основании этих и других данных установлены средние скорости поднятий по этапам развития рельефа. На основании относительной глубины цикловых врезов и их возраста вычислены средняя скорость врезания по этапам, которая может быть сопоставима со скоростью неотектонических поднятий.

Рельеф представлен оврагами и ложбинами, нередко формирующимся по линейно-ментным (трещиноватым) зонам. В оползневых склонах хорошо устанавливаются стенки отрыва – «заколы» или тыловые швы оползневых тел. К ним приурочены эрозионные ложбины, замкнутые суффозионные понижения и карстовые воронки. Прямолинейность тыловых швов, как и стенок отрыва, обусловлена зонами повышенной трещиноватости.

Пространственно-временные закономерности развития карстовых форм основывается на изучении структурно-геоморфологических условий. Среди отрицательных форм широко развиты два типа: воронки и впадины. К воронкам относятся преимущественно изометричные формы, глубина которых превышает 2 м, а к впадинам – формы глубиной 0,5-2 м. Среди всех отрицательных форм преобладают впадины – 1236, воронок насчитывается 456 (табл. 1). Длина впадин колеблется от 3-5 до 100-400 м. У воронок наибольший диаметр превышает 100 м, а глубина – 6-7 м. С повышением абсолютной высоты рельефа количество впадин и воронок уменьшается. Шире всего они развиты в поймах рек, на первой и второй террасах. На третьей террасе плотность поверхностных форм снижается в 3,5 раза до значения 14,4 воронки на кв. километр. На более низком III раннеплейстоценовом уровне, возможно, еще связанным с погребенными долинами рек Куляковки, Леди и Б. Кутры, этот показатель снижается по сравнению с поймой в 12,5 раз и составляет 4 шт./км². На I и II эрозионно-денудационных уровнях отрицательные формы отсутствуют.

Согласно структурно-геоморфологическим разрезам выделены неотектонические структуры: Монаковское, Филинское и Клиновое поднятия и Монаковско-Кутринский прогиб, которые являются неразрывными, осложняющими региональное Павловское

поднятие. Для выявления линеаментов использованы космо- и аэрофотоснимки, топографические карты, цифровые карты рельефа, экспозиций склонов, а также данные бурения, геологические разрезы, геофизические профили и проч.

Табл. 1. Развитие суффозионно-карстовых форм в зависимости от рельефа

Тип суффозионно-карстовых форм		Формы рельефа																				Всего			
		Овраги			Образные террасы	Ложбины			Линеаменты	Пойма		I терраса		II терраса		III терраса		Поверхность IV террасы	Эрозионно-денудационные уровни и их абс. высоты (м)				Оползни		Склоны урвней и террас
		Устье	Средняя часть	Верховье		Устье	Средняя часть	Верховье		Тыловой шов	Поверхность	Тыловой шов	Поверхность	Тыловой шов	Поверхность	Тыловой шов	Поверхность		Тыловой шов	Поверхность	Поверхность I уровня, 130-128		Поверхность II уровня, 127-125	Поверхность III уровня, 120-116	
Впадины	кол-во	24	68	23	4	32	132	25	26	63	266	12	98	3	11		4	9	36	62	152	38	53	95	1236
	%	1.94	5.5	1.86	0.32	2.59	10.68	2.02	2.1	5.1	21.5	0.97	7.93	0.24	0.89		0.32	0.73	2.91	5	12.3	3.07	4.29	7.69	100
Воронки	кол-во	5	14	8	2	14	19	12	9	85	93	11	48	4	6	1			1	1	26	31	33	33	456
	%	1.1	3.07	1.75	0.44	3.07	4.17	2.63	1.97	18.64	20.39	2.41	10.53	0.88	1.32	0.22			0.22	0.22	5.7	8.11	7.24	7.24	100

Большая часть линеаментов отражают планетарную трещиноватость, образованную в коренных и четвертичных отложениях, меньшая часть – это тектонические дислокации. Наиболее крупными из них являются Монаковская и Кутринская транзитные зоны линеаментов. Они проявляют признаки современных деформаций растяжения, подтверждаемые интенсивным развитием в их пределах оползневых и суффозионно-карстовых процессов.

Рельеф и отложения Курчатовского района (среднее течение р. Сейм). Новейший комплекс отложений начинается с полтавской (берекской) свиты и продолжается шапкинской свитой, плиоцен-четвертичными отложениями и пятью речными террасами. Их гипсометрическое положение и мощность отражают направленность неотектонических движений (рис. 3, 4).

Полтавская (P₃-N₁pl) свита развита на южном и северном водоразделах р. Сейм. На фоне общего повышения подошвы свиты с юга на север с 220 м абс. высоты до 250 м наблюдаются плавные ее снижения к долинам рек Реута и Сейма почти до 200 м абс. высоты. Ее мощность от первых метров до 13-14 м (35 м). Абс. высота подошвы шапкинской свиты миоцена изменяется от 227 м (215 м) на юге до 249 м на севере. Мощность ее не постоянна – 1-6 м. Плиоцен-четвертичные отложения имеют два, реже три уровня с абсолютными высотами от 230 до 215 и 200 м. К долине Реута подошва отложений снижается с 185 до 160 м абс. высоты. На левом берегу Сейма она снижена до 150-148 м. Общая мощность отложений местами превышает 40 м. Особенное значение имеют четвертичные аллювиальные отложения рек Сейм и Реут, т.к. их состав и мощность являются показателями четвертичных тектонических движений.

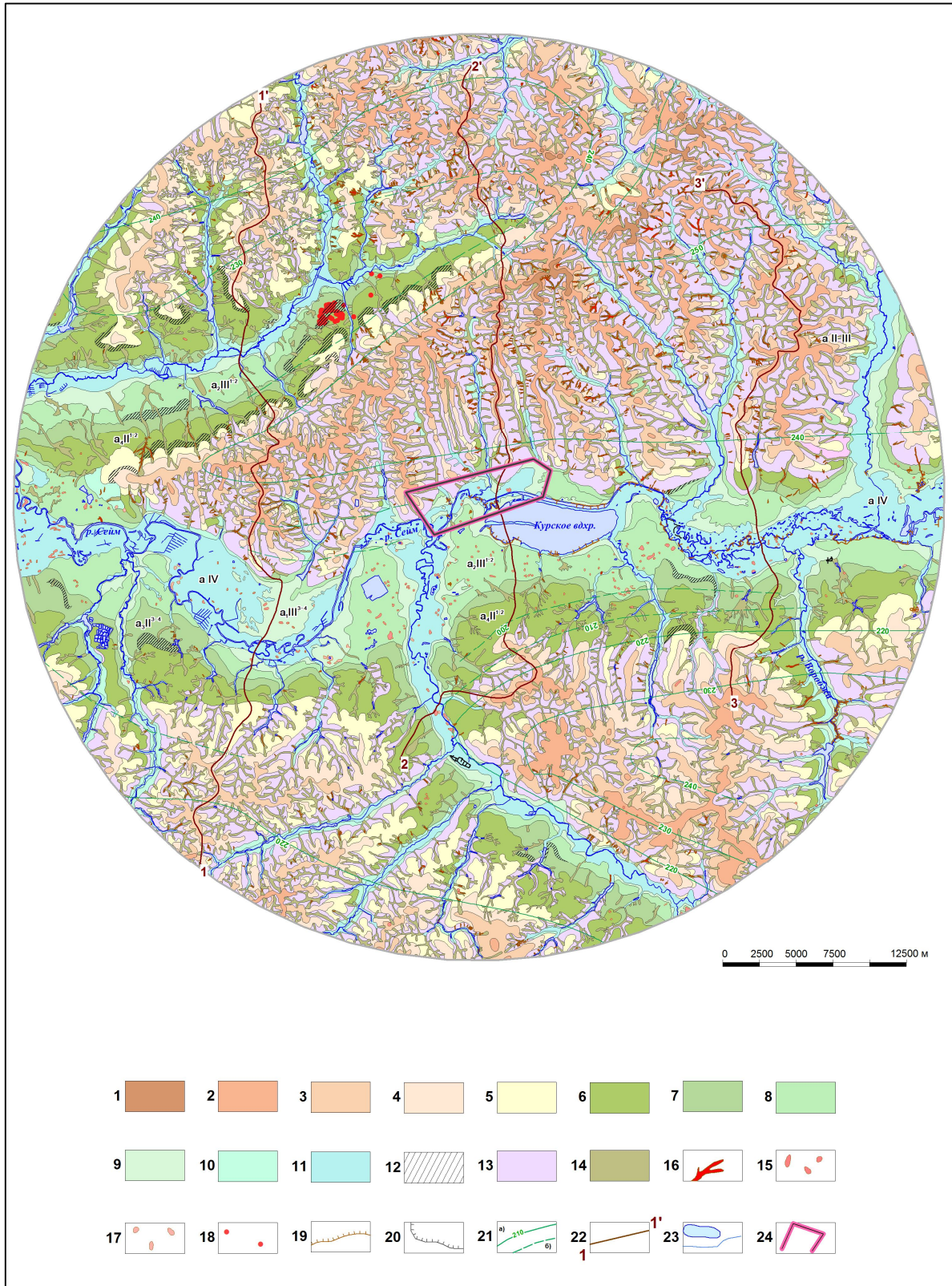


Рис. 3. Структурно-геоморфологическая (неотектоническая) карта Курчатовского района. I. Типы рельефа. Эрозионно-денудационные и эрозионные поверхности, разновозрастные с чехлом лессовидных суглинков (водоразделы разных порядков и их абсолютные отметки). 1 – среднемиоценовая поверхность >260 м (N_1^2), 2 – позднемиоценовая поверхность 240-235 м (N_1^3), 3 – плиоценовая поверхность 225-230 м (N_2), 4 – эоплейстоценовая поверхность 215-220 м (E). Эрозионные, эрозионно-аккумулятивные и аккумулятивные поверхности речных и балоч-

ных террас с относительными превышениями и их склоны. 5 – раннеплейстоценовая (V терраса) 50-60 м, 6 – первой половины среднего неоплейстоцена (IV терраса) 45-46 м, 7 – второй половины среднего неоплейстоцена (III терраса) 30-35 м, 8 – первой половины позднего неоплейстоцена (II терраса) 17-20 м. Низкий $a_2^1 III^{1-2}$ и высокий уровни $a_2^2 III^{1-2}$. 9 – второй половины позднего неоплейстоцена (I терраса) 10-15 м, 10 – комплекс террас, нерасчлененных по возрасту, 11 – голоценовая пойма 2-6 м, 12 – склоны речных террас, 13 – склоны речных долин, балок и оврагов, по возрасту нерасчлененные, 14 – днища оврагов и балок голоценового возраста. II. Формы рельефа. 15 – промоины, рытвины. Западины различного генезиса, выделенные 16 – по топографической карте, 17 – по результатам дешифрирования космоснимков, 18 – просадочные формы, 19 – бровки обрывов, 20 – карьеры. III. Прочие обозначения. 21 – изобазы суммарных неотектонических движений, 22 – линии геолого-геоморфологических профилей, 23 – объекты гидрографии: озера, пруды, реки, каналы, родники; 24 – площадка АЭС.

Наиболее важен в этом отношении, аллювий, слагающий низкие террасы и пойму, т.к. в его строении отражаются самые молодые позднеплейстоценовые и современные тектонические движения. Пятая терраса выделяется в интервале абс. высот 200-210 м. Высота четвертой террасы составляет 40-45 м. Общая мощность ее аллювия достигает 20-22 м. Третья терраса имеет высоту 30-35 м. Мощность аллювия увеличивается с востока на запад с 10-12 м до 20-23 м. В этом же направлении понижается высота залегания подошвы аллювия с абс. отметок 156,5-161,5 м до 131 м. Вторая терраса состоит из двух уступов высотой от 9-12 до 18 м (13-14 и 20-21 м). Мощность аллювия колеблется от 10-17 м на низкой террасе до 24-26 м на высокой. Первая терраса выделяется в интервале высот от 6-9 до 10-12 м. Мощность аллювия увеличивается вниз по течению Сейма от 5-14 до 18-27 м. Аллювиальные голоценовые отложения слагают поймы рек и ручьев, высота которых от 1-2 до 5-6 м. Общая мощность аллювия с 10-12 м до 20 м. Обычная мощность пойменного аллювия р. Сейм составляет 12-13 м, что характерно для равнинных рек Восточно-Европейской платформы. В то же время мощность аллювия изменяется до 18-20 м. Это связано с подпруживанием русла р. Сейм растущим поднятием, выраженным приподнятым положением коренных пород.

По генезису выделяются эрозионно-денудационные, эрозионные, эрозионно-аккумулятивные и аккумулятивные поверхности, которые создают ступенчатое строение рельефа. Амплитуды новейших тектонических движений оцениваются на их строении. Общая амплитуда поднятия составляет 250-260 м (наивысшие абс. отм. рельефа). Следовательно, средняя скорость поднятия с начала его формирования в среднем миоцене за 7-8 миллионов лет составляет около 0,04 мм/год. Река Сейм находится на абс. отм. 140-141 м. Величина вреза (амплитуда рельефа) составляет 110-119 (120) м.

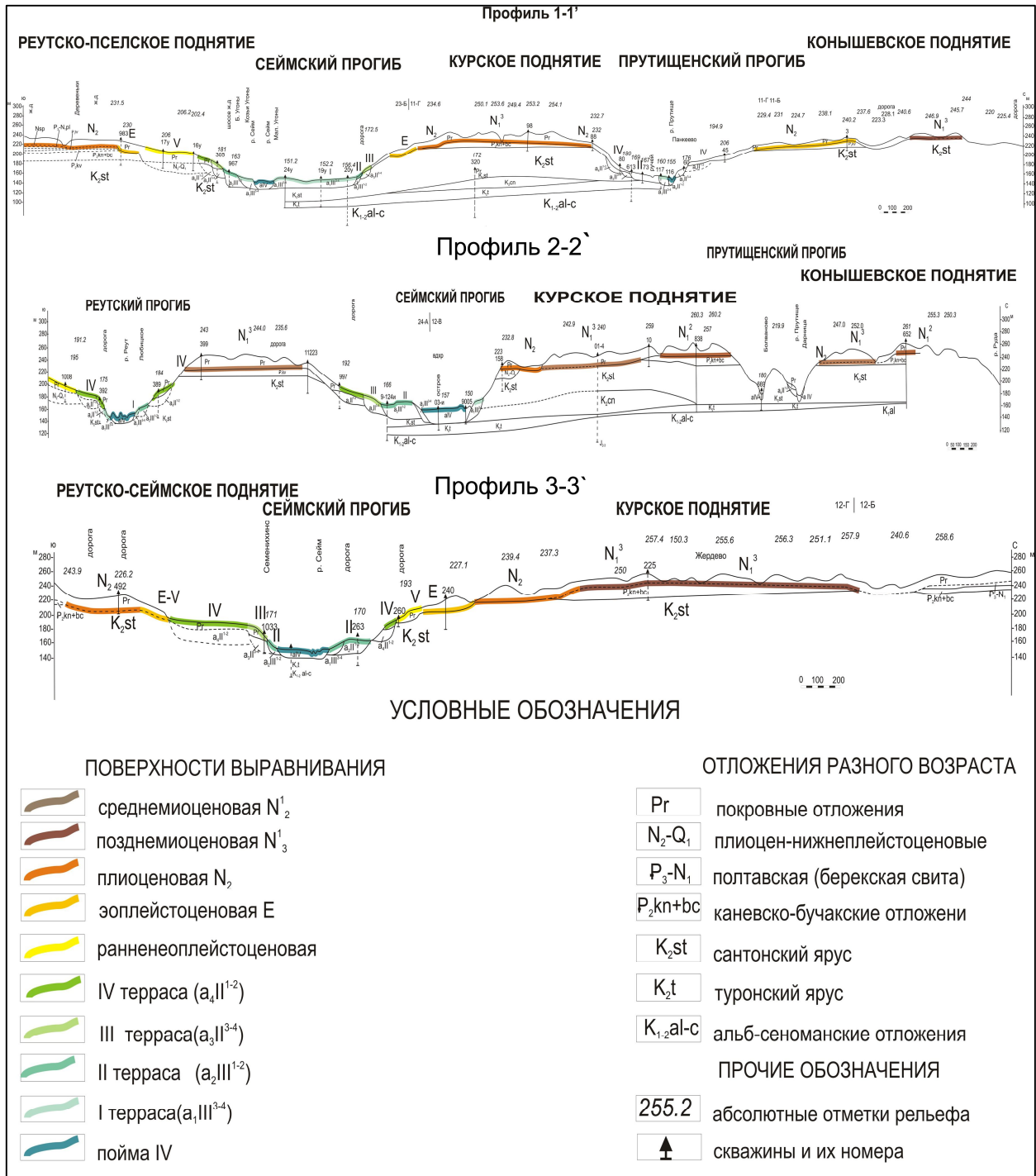


Рис. 4. Геолого-геоморфологические профили. Положение профилей показано на структурно-геоморфологической карте (см. рис. 3).

Скорость поднятия за средний и поздний миоцен не определяется, поскольку лесовой покров скрывает истинную глубину – она может быть больше или меньше, судя по отрывочным данным бурения. Разность высот между гипсометрическими отметками поверхностей может быть 20 м. Кроме того, невозможно с точностью сказать о продолжительности в цифрах времени формирования каждой из миоценовых поверхностей. То же относится к плиоценовой и эоплейстоценовой поверхностям. Амплитуды поднятий

за отдельные отрезки четвертичного времени определяются на основании глубины врезов террас и поймы р. Сейм с учетом мощности заполняющих их аллювия. Значения глубин врезов для первой половины среднего неоплейстоцена равны: 30 м, для второй половины среднего неоплейстоцена – 35 м, для первой половины позднего неоплейстоцена – 30 м, для второй половины позднего неоплейстоцена – 25 м, для голоцена 20 – 25 м. Исходя из этих цифр, применяя формулу С.А Несмеянова, получаем следующие значения амплитуд поднятий за указанные отрезки четвертичного периода. За первую половину среднего неоплейстоцена она равна 43 м, за вторую половину среднего неоплейстоцена – 49 м, за первую половину позднего неоплейстоцена 42 м, за вторую половину позднего неоплейстоцена – 35 м, за голоцен – порядка 28-32 м (Несмеянов, 1971, 2012). На основании этих значений амплитуд поднятий определена приблизительная скорость поднятия за каждый указанный отрезок времени. За средний неоплейстоцен она равна соответственно 0,2 и 0,4 мм/год, за поздний неоплейстоцен – соответственно 0,6 и 0,8 мм/год, а за голоцен она – около 3 мм/год.

Новейшие структуры исследуемого района представлены поднятиями и сопряженными с ними прогибами. Это пологие изгибные структуры, определенные по деформациям подошвы полтавской свиты. Большая часть структур имеет асимметричное строение: южные склоны круче северных.

Таким образом, в Островецком, Монаковском и Курчатовском районах на основе структурно-геоморфологических исследований выявлены разнотипные поверхностные и погребенные эрозионно-денудационные и аккумулятивные ступени (уровни), отражающие цикличность развития рельефа, стадийность, прерывистость движений и степень их дифференцированности (табл. 2, 3).

Табл. 2. Общая (суммарная) скорость неотектонических поднятий

Районы исследований	Общая амплитуда поднятий за новейший этап	Общая скорость поднятия
Островецкий район (условия преимущественного сжатия)	50-55 м за четвертичное время	0,06 мм/год
Монаковский район (условия преимущественного растяжения)	128-130 м за четвертичное время	0,016 мм/год
Курчатовский район (условия преимущественного сжатия)	250-260 м за среднемиоцен-четвертичное время	0,04 мм/год

По этим данным выявлены различные по морфологии и возрасту неотектонические структуры в их истинных контурах и деталях, определены их суммарные и поэтап-

ные количественные показатели – амплитуды, скорости и градиенты новейших и современных деформаций. Установлено увеличение скоростей поднятий от ранних к поздним стадиям неотектонических движений, обусловленное устойчивыми длительно развивающимися сводовыми поднятиями.

Табл. 3. Постадийные амплитуды и скорости деформаций

Районы исследований	Амплитуды поднятий за отдельные этапы, (м)		Скорости поднятий за отдельные этапы (мм/год)
	Q ₄	5-8?	
Островецкий район	Q ₄	5-8?	0,6
	Q ₃ ³⁻⁴	12-13	0,06
	Q ₃ ¹⁻²	40-44	
	Q ₂ ³⁻⁴		
	Q ₂ ¹⁻²		
	Q ₁		
Монаковский район	Q ₄	22 (26)	2,0-2,2
	Q ₃ ³⁻⁴	21 (26)	0,5-0,6
	Q ₃ ¹⁻²	25 (30)	0,3-0,36
	Q ₂ ³⁻⁴	30	0,2
	Q ₂ ¹⁻²	41 (42)	0,26
	Q ₁		
Курчатовский район	Q ₄	30 (28-32)	3,0
	Q ₃ ³⁻⁴	35	0,8
	Q ₃ ¹⁻²	42	0,6
	Q ₂ ³⁻⁴	49	0,4
	Q ₂ ¹⁻²	43	0,2
	Q ₁		

В трех рассмотренных районах постадийная скорость тектонических движений закономерно увеличивается от среднечетвертичного времени к голоцену. Начиная с 70-50 тыс. лет и поныне она резко увеличивается на порядок у всех трех исследуемых районов (рис. 5).

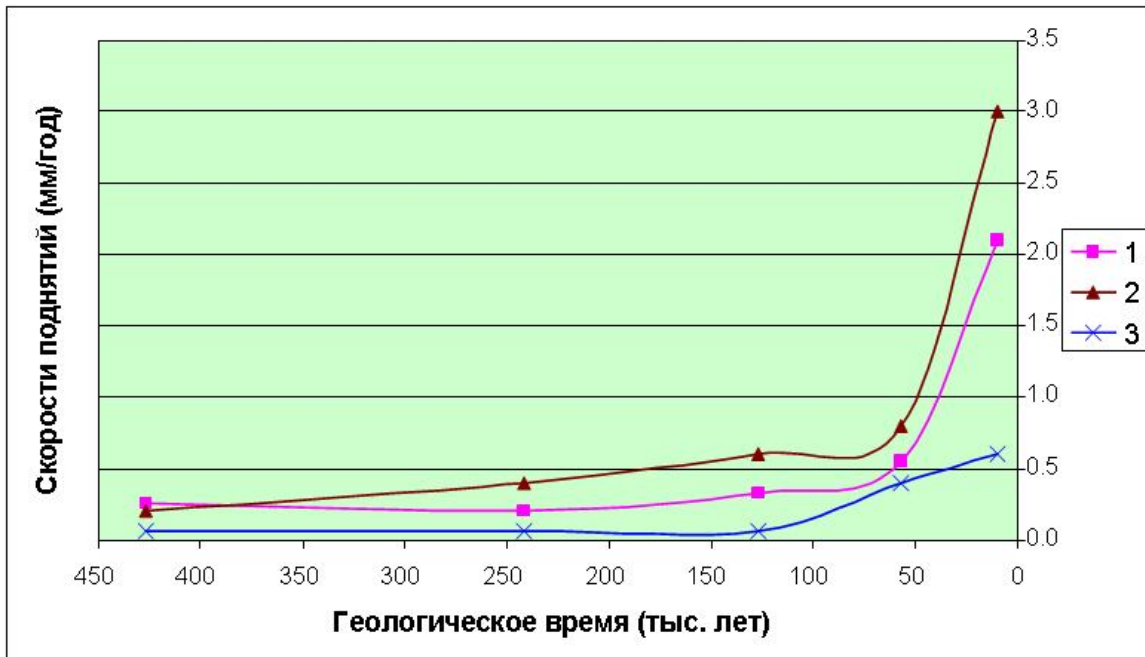


Рис. 5. Постадийная скорость неотектонических движений.

1 – Курчатовский район, 2 – Монаковский район, 3 – Островецкий район.

Постадийные (поэтапные) амплитуды поднятий, скорости врезаний и поднятий характеризуют геодинамические условия исследуемых районов как благоприятные для размещения в них особо опасных и технически сложных объектов (СППНАЭ-87).

Из приведенного фактического материала следует *второе защищаемое положение*: по деформациям опорных структурно-геоморфологических поверхностей и цикличности развития рельефа, впервые качественно и количественно оцениваются неотектонические поднятия и прогибы изгибаемого типа. На основе постадийных оценок возраста, амплитуды и скорости неотектонических поднятий устанавливается закономерное увеличение интенсивности движений от ранних неотектонических стадий к поздним.

Глава 4. Геодинамические условия формирования неотектонических структур.

В основе определения геодинамических условий формирования неотектонических структур лежат представления об глубинных геодинамических системах, которые объединяют центральные области активных геодинамических процессов (очаги) и те пассивные области, на которые распространяется их динамическое воздействие (Макаров, 1996). Условия формирования неотектонических структур и тенденций их развития рассматриваются на основе вещественно-структурных и структурно-геоморфологических исследований, объединяемых в структурно-геодинамические ис-

следования. В работе используется принцип от общего к частному. Геодинамические условия формирования неотектонических структур рассматриваются с точки зрения обоснования происхождения этих структур и установления полей современных напряжений, отвечающих за устойчивость территорий размещения инженерных объектов.

Глава состоит из двух разделов: 1) геодинамических систем, геодинамически активных зон, линеаментов и современных полей напряжений; 2) сейсмичности платформенных территорий.

1. Геодинамические системы, геодинамически активные зоны, линеаменты и современное поле напряжений.

Геодинамические условия формирования неотектонических структур *Белорусско-го сводового поднятия* характеризуются напряжениями сжатия и растяжения. Первые исходят со стороны Карпатско-Кавказской неотектонической области, вторые – со стороны Восточно-Балтийской среднечетвертичной рифтовой зоны (Гарецкий и др., 1999; Карабанов и др., 2009; Макеев и др., 2013). С севера во встречном направлении к Карпатско-Кавказской области устанавливаются напряжения сжатия, исходящие со стороны Фенноскандинавского устойчиво развивающегося поднятия (Макаров, 2003, Сим, 1996). Под влиянием разнородных полей напряжений формируются неотектонические структуры, различающиеся по морфологии, простиранию и размерам. Среди них выделена протяженная Волковыско-Лепельская геодинамически активная зона, проявленная в рельефе Черноморско-Балтийским водоразделом. Она находится на продолжении Смоленско-Дмитровско-Ветлужской буферной зоны сдвиговых деформаций, которая была впервые выделена В.И. Макаровым. Формирование этой зоны происходит в условиях косоугольного сжатия, наведенного с разных сторон – со стороны Фенноскандинавской и со стороны Карпатско-Кавказской областей. От буферной зоны по обе стороны (в северо-западном и юг – юго-восточном направлениях), формируются асимметричные неотектонические структуры, наклоненные соответственно к котловине Балтийского моря (к Восточно-Балтийской рифтовой зоне) и Припятско-Сожскому прогибу.

В поперечном направлении к простиранию неотектонических структур формируются Шауляйско-Торопецкая зона глубинных деформаций, Псковско-Жлобинская геодинамически активная зона и Рижско-Брестская зона линеаментов секущего типа. Они пересекают неотектонические структуры и дискордантны по отношению к ним, что позволяет считать их выражением глубинного структурного плана, как результата взаимодействия Карпатской и Скандинавской геодинамических систем. С ними связываются образование зон повышенной концентрации напряжений, зон повышенной трещиноватости и флексур.

Локальное поле напряжений Островецкого района установлено на основании анализа линеаментного поля и по методике Л.А. Сим (Сим, 1991). Диагональные линеаменты, отражающие отчасти тектоническую трещиноватость в связи с их согласованностью с древними разломами фундамента, позволяют установить современное поле напряжений. В добавление к этому учитываются своеобразие отложений и форм рельефа. Это позволило установить, что северо-западные линеаменты отвечают зонам растяжения, северо-восточные линеаменты – зонам сжатия. Ортогональные линеаменты развиваются в условиях сжатия.

Таким образом, формирование региональных структур связано со среднечетвертичными напряжениями растяжения, ось которых ориентирована в северо-запад—юго-восточном направлении. Локальные структуры формируются в условиях северо-западных напряжений сжатия и северо-восточного растяжения. Согласно работам П.Н. Николаева, разнотипность полей напряжений рассматривается как их расслоенность по возрасту и рангу (Николаев, 1977, 1992), по В.И. Макарову – как их суперпозиция (Макаров, 1996, 2003).

Геодинамические условия формирования неотектонических структур *Токмовского сводового поднятия* рассматриваются на примере Нижнеокского региона, расположенного в северо-западной его части. В регионе выделяется три геодинамических области: 1) Восточная, 2) Западная и 3) Центральная, которые отличаются друг от друга по размерам и ориентации неотектонических структур и рисунку линеаментной сети. Следовательно, геодинамические условия их формирования также различны (рис. 6).

Восточная область представлена субширотными пологими поднятиями и прогибами, которые формируются в условиях давления, исходящего как с юга со стороны Токмовского свода, так и с севера со стороны Смоленско-Дмитровско-Ветлужского вала. В Западной области преобладают субмеридиональные поднятия и прогибы, формирующиеся в условиях растяжения. Они генерируются Окско-Донским неотектонически активным прогибом. Центральная область локализуется на границе несогласного сочленения друг с другом структур Восточной и Западной областей, которая отвечает Окско-Мокшинскому прогибу или Нижнеокской геодинамически активной зоне. Степень переработки этим прогибом более древних структур высока – он наследует Баландинскую депрессию, Вязниково-Каверинский и Меленковский прогибы, сформированные на разных структурных этапах. Линеаментная сеть трех разных неотектонических районов подтверждает геодинамические условия формирования неотектонических поднятий и прогибов.

Таким образом, поле напряжений характеризуется разным типом: сжатием и растяжением. Первое связывается с ростом Токмовского поднятия и встречным сжатием,

наведенным со стороны Смоленско-Дмитровско-Ветлужского вала. Второе – результат активности Окско-Донского прогиба. Интерференция разнородных полей напряжений, возможно, приводит к активизации интенсивных экзогенных процессов в регионе.

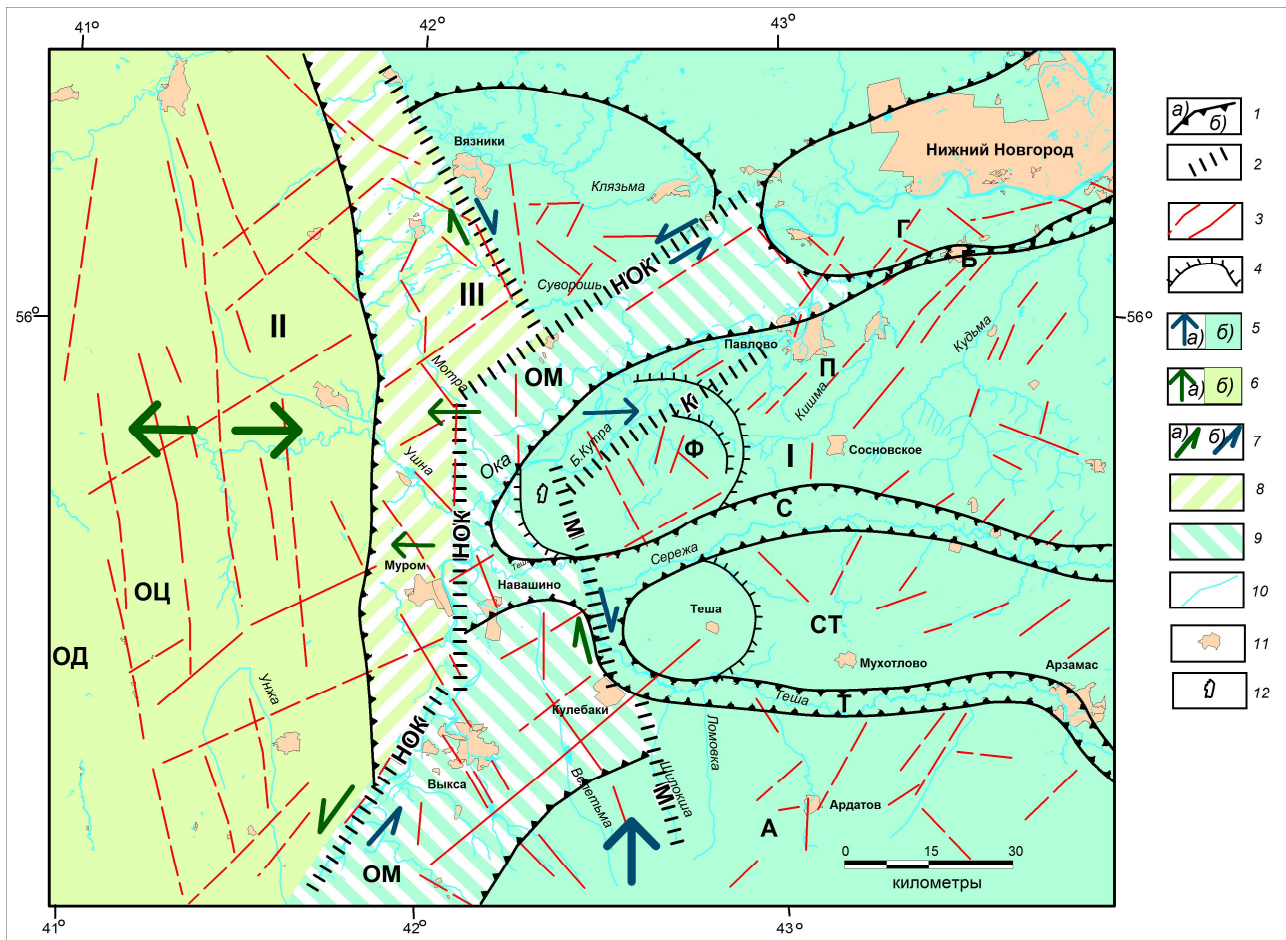


Рис. 6. Геодинамические условия формирования новейших тектонических структур Нижнеокского региона. 1 – границы обобщенных нетектонических поднятий а), прогибов б); 2 – линеаментные зоны; 3 – линеаменты; 4 – контуры кольцевых структур; 5 - направление главного давления со стороны Токмовского свода а) и его зона дислокаций б). Меньшего размера стрелки – второстепенные напряжения; 6 – направление главного растяжения со стороны Окско-Донского геодинамически активного прогиба а) и его зона дислокаций б). Меньшего размера стрелки – второстепенные напряжения; 7 – сдвиговые напряжения, вызванные активностью Окско-Донского геодинамически активного прогиба а) и Токмовского поднятия б); 8 – геоморфологические ступени, развивающиеся со стороны Окско-Донского геодинамически активного прогиба; 9 – геоморфологические ступени, развивающиеся со стороны Токмовского свода; 10 – гидросеть; 11 – населенные пункты; 12 – площадка АЭС. Римскими цифрами обозначены неотектонические области: I – Восточная (Монаковская), II – Западная (Окско-Цнинская), III – Центральная (Окско-Мокшинская). Буквами обозначены поднятия: П – Павловское, СТ – Степуриновское, А – Ардатовское, Г – Горбатовское, ОЦ – Окско-Цнинский вал, Ф – Филимоновский купол. Прогибы: С – Серезинский, Т – Тешинский, ОД – Окско-Донской, ОМ – Окско-Мокшинский, Б – Богородский. Линеаментные зоны: М – Монаковская, К – Кутринская. НОК – Нижнеокская геодинамически активная зона (ГДАЗ).

Геодинамические условия формирования неотектонических структур *Воронежского сводового поднятия* рассматриваются исходя из анализа морфологии поднятий и прогибов, объединяемых по однородности происхождения в геодинамические системы, и рисунка современных линеаментов. Выделяются: Южная (Черноморско-Каспийская), Центральная (Воронежско-Гульская), Западная (Карпатская) геодинамические системы. И две зоны: Смоленско-Дмитровско-Ветлужская (Северная) и Окско-Донская.

Южная геодинамическая система представлена линейными структурами и радиально-концентрическими куполами (рис. 7), развитие которых связывается с различными напряжениями. Линейные поднятия и прогибы формируются в связи с напряжениями, исходящими с юга, возможно, со стороны внешней Черноморско-Каспийской системы прогибов. Особенностью их развития является асимметричность и дугообразность, отчасти вызванная активностью тектоно-гравитационного фактора. Радиально-концентрические купола являются автономными, центрального типа.

Центральная геодинамическая система характеризуется преимущественным развитием радиально-концентрических куполов (макс. диаметр 175 км) над линейными структурами. Их рост от центра к периферии сопровождается образованием дуговых и радиальных линеаментов. Сочетание кольцевых поднятий и линейных структур предполагает суперпозицию напряжений разной природы: внешнего и автономного. Источниками первых напряжений могут быть Карпатская, Черноморско-Каспийская и Окско-Донская области. Автономные источники - это внутренние, подкоровые. На границе Центральной и Южной геодинамических систем выделяется Сеймская геодинамически активная зона (ГдАЗ).

Смоленско-Дмитровско-Ветлужская и Окско-Донская зоны детально изучены в работах В.И. Макарова, Н.В. Макаровой и Т.В. Сухановой (Макаров, 2003, Макарова и др., 2012; Суханова 2000) и здесь не рассматриваются. Западная геодинамическая система характеризуется преимущественным развитием отчасти дугообразных поднятий и прогибов с выпуклостью в северо-восточном направлении. Своеобразное развитие этих структур позволяет предполагать, вслед за белорусскими геологами, их связь с Карпатской неотектонической областью.

Курчатовский район расположен в зоне сочленения трех неотектонических структур: Сеймско-Девицкого прогиба, Сеймско-Пселского поднятия и Поныринского радиально-концентрического поднятия (рис. 8). Геодинамическая характеристика этих структур приводится выше.

Линеаментное поле различно в северной и южной части исследуемого района. В северной части отчетливо проявляются субмеридиональные линеаменты, в южной части

– диагональные линеаменты. Значительная часть линеаментов и трещиноватость, измененная в меловых и четвертичных отложениях, отвечают планетарной трещиноватости. Железногорский разлом кристаллического фундамента в линеаментных зонах не выражается. Согласно методу Л.А. Сим, который основан на данных о закономерной ориентировке трещин-линеаментов оперения в зоне динамического влияния сдвига (Сим, 1991), Сеймская геодинамически активная зона характеризуется как правосдвиговая.

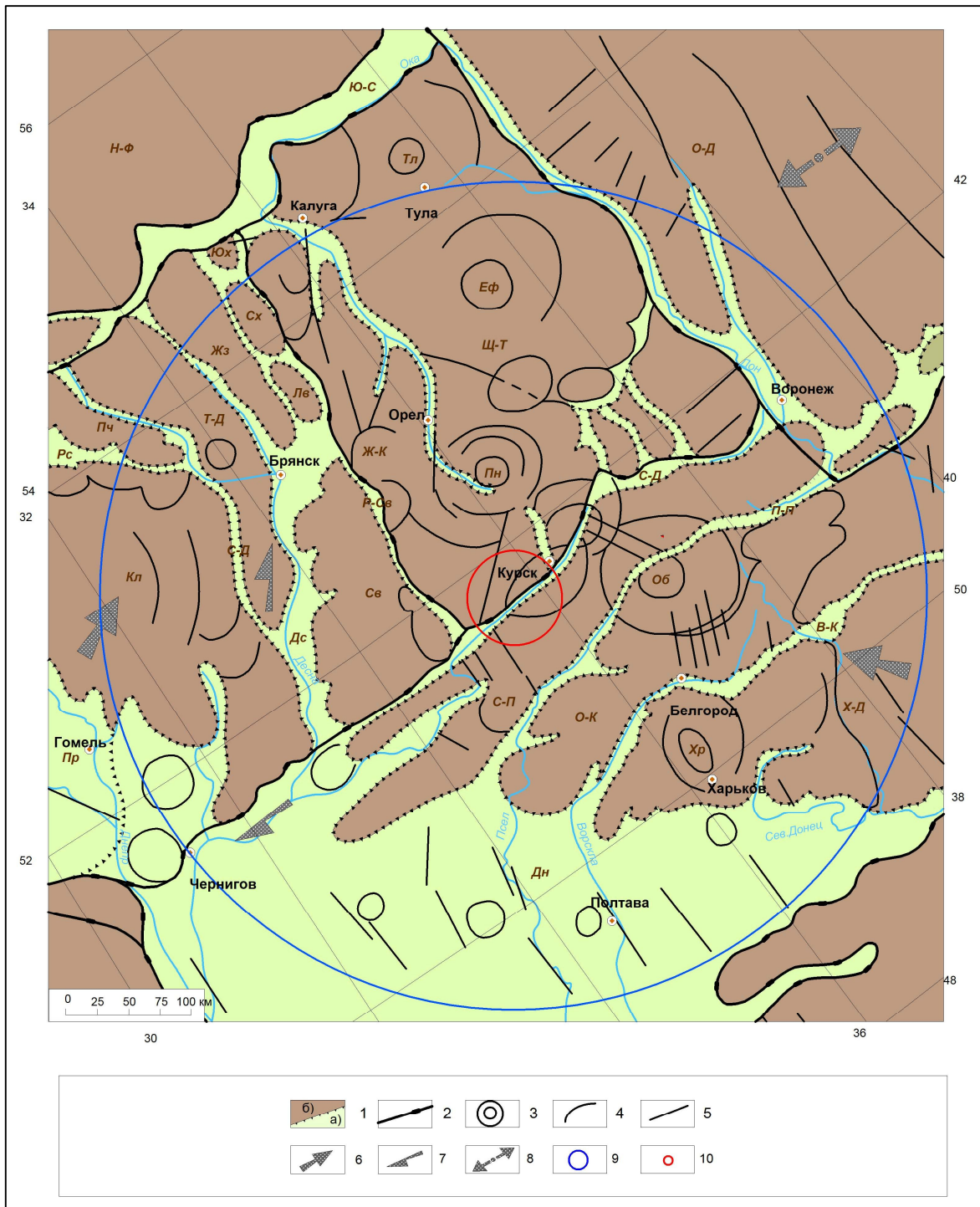


Рис. 7. Структурно-геодинамическая зональность Воронежского сводового поднятия и сопредельной территории. 1 — поднятия а), прогибы б), хорошо выраженные в рельефе. 2 —

Зоны структурных и азимутальных несогласий, которые могут рассматриваться как геодинамически активные зоны. Геодинамические системы. 1) Центральная (Воронежско-Тульская): Щ-Т — Щигровско-Тульское поднятие, Ж-К — Железногорско-Козельское поднятие, К-К — Курско-Калужский прогиб. Кольцевые поднятия: Пн — Поныринская, Еф — Ефремовская, Тл — Тульская. 2) Западная (Карпатско-Припятская): Св — Севское поднятие (ступень), Сх — Сухиничское поднятие, Юхновское поднятие, Лв — Ловатское поднятие, Жз — Жиздринское поднятие, Т-Д — Трубчевско-Дятьковское поднятие, Пч — Починокское поднятие, Кл — Клинцовское поднятие, Пр — Припятский прогиб, Р-Св — Рессета-Свапский прогиб, Дс — Деснинско-Водвинский прогиб, С-Д — Судость-Деснинский прогиб, Рс — Рославлинский прогиб. 3) Южная (Черноморско-Каспийская): С-П — Сеймско-Пселское поднятие, С-Д — Сеймско-Девицкий прогиб (Сеймская геодинамически активная зона - ГДАЗ), П-П — Пселско-Путубанский прогиб, О-К — Оскольско-Калачское поднятие, В-К — Ворско-Калитвинский прогиб, Х-Д — Харьковско-(Северо)Донецкое поднятие. Кольцевые поднятия: Об — Обнинское, Хр — Харьковское. 4) Северная (Смоленско-Дмитровско-Ветлужская): Ю-С — Юхнов-Серпуховской прогиб, Нф — Нарофоминское поднятие. 5) Дн — Днепровский прогиб, 6) О-Д — Окско-Донской прогиб (геодинамически активная зона). Радиально-кольцевые структуры купольного типа (кольцевые поднятия) и их названия. Еф — Ефремовская, Об — Обоянская, Пн — Поныринская, Хр — Харьковская, Тл — Тульская. Линеаменты. 3 — кольцевые, 4 — дугообразные, 5 — прямолинейные, в т.ч. структурные линии, подчеркивающие отдельные детали поднятий и прогибов. Геодинамические условия. 6 — направления преобладающих динамических усилий. 7 — сдвиговые деформации, 8 — ориентировка максимальных напряжений растяжения, 9 — большой круг: дальний район АЭС-2 в радиусе 300 км; 10 — маленький круг — Курчатовский район.

При этом ось сжатия ориентирована в юго-восток–северо-западном направлении, ось растяжения — в северо-восток–юго-западном направлении. Отчасти эта зона подвержена дополнительному тектоно-гравитационному эффекту растяжения.

2. Сейсмичность платформенных территорий. Сейсмичность рассматривается согласно данным каталога землетрясений за 2007-2012 гг. (Землетрясения..., 2007-2014). В Белорусском сводовом поднятии повышенная концентрация очагов землетрясений приурочена в основном к его северной половине, где происходит суперпозиция феноскандинавских и восточно-балтийских полей напряжений и деформаций.

Осложняющим дополнительным фактором является напряженность гляциоизостатической природы. Суперпозиция этих напряжений вызывает землетрясения в активизированных разломных зонах древнего заложения: Ошмянском, Даугавпилском, Вильнюсском и др. разломах. В Воронежском сводовом поднятии повышенная концентрация очагов землетрясений приурочена к его восточной части в связи с активизацией Ливенско-Богучарской сутурной зоны. Активизация вызвана позицией и наследованием сутурной зоны Окско-Донским неотектонически активным прогибом. Удаленный от этого

прогиба Железногорский древний разлом, аналогичный по возрасту и позиции, не-сейсмичен.

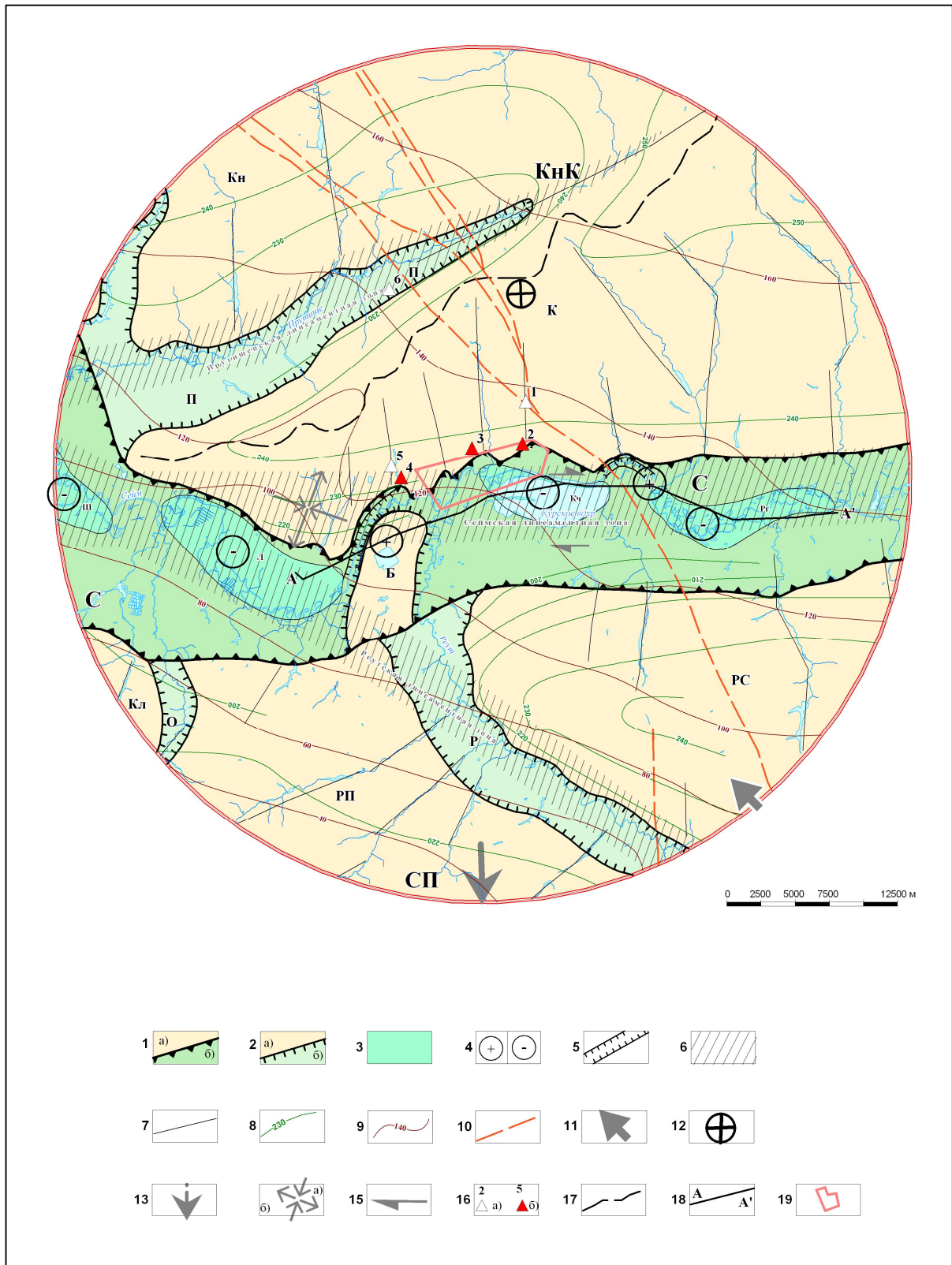


Рис. 8. Структурно-геодинамическая карта Курчатовского района. I. Структуры новейшие. 1 – основные: а) поднятия, б) прогибы. Названия структурных форм: поднятия: КнК – Конышевско-Курское, СП – Сейсмско-Пселское; С – Сеймский прогиб. 2 – локальные: а) поднятия, б) прогибы. Названия локальных структурных форм. Поднятия: К – Курское, Кн – Конышевское.

шевское, РС – Реутско-Сеймское, РП - Реутско-Пселское, Кл – Колонтаевское, Б – Быковское. Прогибы: Р – Реутский, П - Прутищенский, О – Ольговский. 3 – Участки локальных относительных прогибов и повышенной аккумуляции современного аллювия в Сеймском прогибе. Названия: Рг – Рогозинское, Кч – Курчатовское, Л – Львовское, Ш – Шерекинское. 4 – участки а) повышенного и б) пониженного залегания кровли отложений туронского и сантонского ярусов верхнего мела в Сеймском прогибе. 5 – antecedentные участки р. Сейм, 6 – зоны линеаментов, 7 - основные линеаменты, 8 – изобазы суммарных неотектонических движений. II. Структуры донеотектонические. 9 – изогипсы подошвы отложений туронского яруса верхнего мела, 10 – зона Железногорского разлома кристаллического фундамента (Геологическая..., 1967), 11 – направление субгоризонтальных региональных напряжений сжатия, 12 – субвертикальное напряжение сжатия, 13 – эффект проявления гравитационной тектоники (направление деформаций растяжения), 14 – современное поле напряжений Сеймской линеаментной зоны, полученное по структурно-геоморфологическим данным: а) ось сжатия, б) ось растяжения, 15 – сдвиговое напряжение сжатия. IV. прочие обозначения. 16 – участки измерения плотности потока радона (цифра номер участка): а) с фоновыми значениями, б) с повышенными значениями; 17 – линии водоразделов р. Сейм, 18 – линии геологических профилей (Обоснование..., 2001), 19 – площадка АЭС.

В Токмовском сводовом поднятии наибольшая плотность землетрясений тяготеет к его юго-западной части. В ней Окско-Донской неотектонически активный прогиб пересекается с Пачелмским рифейским авлакогеном, что возможно является причиной повышенной концентрации напряжений и их разрядки в этой части исследуемого региона.

Таким образом, закономерности пространственного распределения землетрясений показывают, что удаленность древних разломов от источников неотектонических сил и напряжений является фактором, обеспечивающим отсутствие в них землетрясений. Из вышесказанного следует *третье защищаемое положение*: на основе структурно-геодинамического метода и с учетом структурно-вещественных и структурно-геоморфологических исследований впервые определены геодинамические условия формирования неотектонических (новейших) структур. Геодинамическое районирование сводовых поднятий относительно современных сил и процессов позволило установить специфические геодинамически активные зоны, как опасные относительно активизации эндогенных и экзогенных процессов.

Глава 5. Структурно-геодинамическая устойчивость территорий особо опасных и технически сложных объектов.

Глава состоит из двух разделов: 1) оценки структурно-геодинамической устойчивости и 2) концепции структурно-геодинамической устойчивости.

Геодинамическая устойчивость – это способность территорий размещения инженерных объектов сохранять свое физическое состояние, включая прочность и равновесие в пределах установленных норм при всех видах внешних и внутренних воздействий (Ломтадзе, 1999; Гражданская защита, 2008 и др.). В этой связи рассматриваются вещественно-структурные неоднородности, неотектонические деформации и геодинамические условия их формирования в аспекте обеспечения безопасности особо ответственных объектов.

Основным документом, регламентирующим инженерные изыскания для строительства АЭС, является СППНАЭ-87. Этот документ предусматривает следующие критерии устойчивости АЭС. Площадка АЭС должна размещаться в пределах тектонически целькового блока, не нарушенного разломами. Предельно допустимый уклон (крен), или градиент допустимых деформаций в основании реакторных отделов не должен превышать 0.001-0.003. Относительные смещения со скоростями современных тектонических движений не должны превышать 5 мм/год. Максимальные значения параметров геологических процессов и явлений определяются в интервале времени 1 млн. лет и 10 000 лет. Что касается сеймотектонических факторов и активных разломов, то они следующие: МРЗ > 7-9 баллов по шкале MSK 64, современные движения земной коры (СВДЗ) с экстремальными скоростями вертикальных движений 10 мм/год и горизонтальных 50 мм/год. Если деформации превышают эти значения, они относятся к категории опасных.

1. Оценка структурно-геодинамической устойчивости проводится по исследуемым районам.

Островецкий район характеризуется деформациями поверхности кристаллического фундамента и опорных горизонтов чехла. Древние разломы, выраженные в поверхности фундамента и в отложениях кембрия, проявлены небольшими уступами высотой до 15 м, что приводит к увеличению градиента деформаций с 0.003 до 0.02. Несмотря на то, что деформации уступов превышают допустимые значения, в вышележащих отложениях чехла – в девонских и миоценовых – они не устанавливаются. Следовательно, они неактивны и градиент их деформаций не может быть увеличен за счет согласованности с неотектоническими структурами по знаку движений. Градиенты деформаций отложений новейшего комплекса (миоценовых) характеризуются также допустимыми значениями. Ошмянская геодинамическая зона считается зоной ВОЗ ($M=4.0-4.5$). С точки зрения нормативных документов магнитуда зоны отвечает допустимым значениям. Скорости деформаций за разные этапы неотектонических движений составляют: за четвертичное время 0.06 мм/год, голоценовое время 0.06 мм/год и геодезические скорости от 0.3 до 0.5 мм/год. Эти скорости соответствуют допустимым значениям. Геодинамические ус-

ловия характеризуются преимущественными напряжениями растяжения, которые могут быть причиной для повышенной водно-флюидной проницаемости.

Монаковский район не совсем благоприятен с точки зрения повышенных градиентов деформаций, установленных по отложениям осадочного чехла. Возможно, что они отчасти вызваны согласованным развитием неотектонических структур и древних герцинских. По поверхности кристаллического фундамента они не превышают допустимые и составляют 0.002, но по каменноугольным и пермским отложениям их величины превышают допустимые и составляют от 0.008 до 0.01. Скорости деформаций за четвертичное и современное время, включая измеренные геодезическими методами, отвечают допустимым значениям. Они составляют соответственно: 0.016 мм/год, 2.0-2.2. мм/год, минус 4.0 плюс 2.0. В условиях преимущественных напряжений растяжения развитие получили суффозионно-карстовые процессы, приуроченные, главным образом, к первой террасе и в пойме. Они усугубляются наличием Монаковской зоны повышенной трещиноватости. В этой связи в исследуемом районе структурно-геодинамические условия не совсем благоприятны для инженерных объектов.

В *Курчатовском районе* градиенты деформаций, установленные по поверхности фундамента и поверхностям чехла, в целом благоприятны, т.е. отвечают нормативным значениям, несмотря на повышенный уклон кристаллического фундамента, и поверхностей каменноугольных отложений. По фундаменту он составляет от 0.005 до 0.01, по поверхности каменноугольных отложений – 0.009. Повышенные значения связываются с общей тенденцией увеличения падения этих поверхностей на юг в сторону Днепровско-Донецкого авлакогена, и не связываются с локальными дислокациями. Суммарный градиент деформаций за новейший этап, установленный по полтавской свите позднепалеоген-раннемиоценового возраста, крайне низок 0.0003-0.0008. Скорости движений за четвертичный и голоценовый этапы, включая современные геодезические, также не превышают допустимые соответственно: 0.04 мм/год, 3.0 мм/год, минус 1.1 до плюс 0.8 мм/год. Геодинамически активная зона, которую наследует р. Сейм является несейсмичной.

Таким образом, Курчатовский район – наиболее устойчив по структурно-геодинамическим условиям, Островецкий район относительно устойчив и Монаковский район менее устойчив из них. Для всех трех исследованных районов общим является увеличение постадийных скоростей поднятий в течение четвертичного времени, которое связывается с расположением исследуемых районов в пределах устойчиво развивающихся сводовых поднятий. В них деформации за новейший этап могут складываться по причине существования суперпозиции разнородных, но однотипных напряжений и деформаций.

2. Концепция структурно-геодинамической устойчивости. Интенсификация инженерно-хозяйственной деятельности обуславливает прогрессирующее сокращение сроков инженерных изысканий. В этих условиях все труднее проводить качественные структурно-геодинамические исследования. Выход видится в унификации и ужесточении перечня необходимых и обязательных исследований, направленных на оценку устойчивости особо опасных и технически сложных объектов.

В этой связи в рамках данного исследования разработана концепция геодинамической устойчивости инженерных объектов, сформулированная следующим образом: *вещественно-структурные, неотектонические и геодинамические условия определяют устойчивость территорий особо опасных и технически сложных объектов. Качественная и количественная оценка этих условий производится на основе признания геодинамических систем разного типа.* Цель концепции – обоснование геодинамической безопасности территорий размещения АЭС результатами вещественно-структурных, структурно-геоморфологических и структурно-геодинамических исследований. В основу концепции положены три следующих принципа с перечислением видов работ, обеспечивающих устойчивое и безопасное нахождение инженерного объекта в течение всего срока его жизни.

1) Докайнозойские (древние) дислокации способны концентрировать современные напряжения и деформации в зависимости от их близости к источнику тектонических сил и позиции (ориентации) этих дислокаций. Древние дислокации и связанные с ними вторичные неотектонические деформации относятся к категории принципиально важных, активных вещественно-структурных неоднородностей, требующих учета и контроля, поскольку определяют устойчивость территорий размещения инженерных объектов, т.е. являются негативными (опасными) для них.

Вещественно-структурные исследования направлены на анализ закономерностей строения разновозрастных пород, слагающих структурные этажи, на основе априорной информации, а также специальных полевых исследований с целью изучения залегания пород, трещиноватости и разрывов. Специально исследуются опорные горизонты осадочного чехла для выявления дислокаций различного типа, градиентов деформаций (уклонов) и выявления пространственно-временных закономерностей их изменения вверх по разрезу с учетом структурной рассогласованности первичного и вторичного характера.

Особое значение приобретает оценка степени согласованности неотектонических структур с древними с учетом фактора близости/удаленности этих структур от источников неотектонических сил и процессов и позиции (композиции) их относительно этих источников. На этой основе выявляются принципиальные латеральные и вертикальные

активизированные вещественно-структурные неоднородности: разломы, поднятия и впадины и проч., которые требуют учета и контроля в связи с их опасностью для территорий размещения особо опасных и технически сложных объектов.

2) Опорные геоморфологические поверхности подвергаются главным образом изгибным деформациям, которые качественно и количественно оцениваются с учетом прерывистости их развития во времени. На основе постадийных амплитуд, скоростей, градиентов деформаций и их тенденции развития определяется геодинамическая устойчивость территорий размещения особо ответственных и технически сложных объектов.

В рамках структурно-геоморфологических исследований характеризуется рельеф, новейшие отложения и экзогенные процессы, устанавливаются различные по генезису и возрасту геоморфологические ступени и строятся геолого-геоморфологические профили и разрезы для определения стадийности деформаций, их морфологии (очертаний, размеров, ориентировки и знака движений) и возраста. На основании циклического строения ступеней устанавливаются амплитуды, скорости и градиенты деформаций. Негативные экзогенные процессы рассматриваются с целью оценки тенденций их развития.

3) Геодинамические условия формирования структур определяются на основе структурно-геодинамического метода и с учетом вещественно-структурных и структурно-геоморфологических исследований. Разнотипные силы и процессы определяют формирование специфических (неразломных) геодинамически активных зон, как опасных относительно эндогенных и экзогенных процессов.

В рамках структурно-геодинамических исследований устанавливается современное поле напряжений (возраст и происхождение), проводится структурно-геодинамическое районирование, определяется степень согласованности разновозрастных структурных планов, выявляются геодинамически активные зоны, анализируются линеаменты и зоны повышенной трещиноватости.

Вышеперечисленный комплекс работ обеспечивает решение ключевых задач устойчивости и безопасности оснований особо опасных и технически сложных объектов. Из этого следует *четвертое защищаемое положение*: установлены вещественно-структурные, неотектонические и геодинамические условия, определяющие устойчивость территорий особо опасных и технически сложных объектов. На основе оценок этих условий впервые разработана концепция геодинамической устойчивости. Ее методологической основой являются новейшие геодинамические системы разного типа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью выявления пространственно-временных закономерностей формирования неотектонических структур и оценки их геодинамической устойчивости исследовались

вещественно-структурные, структурно-геоморфологические (неотектонические) и геодинамические условия. Получены четыре следующих принципиально важных в научном и практическом отношениях результата.

1) Вещественно-структурные условия, исследованные в Островецком, Монаковском и Курчатовском районах, характеризуются более или менее стабильными градиентами деформаций. Поверхность кристаллического фундамента характеризуется градиентом деформаций в основном 0.002-0.005. В отдельных случаях он увеличивается до 0.01. По палеозойским отложениям они составляют от 0.001(0.01) до 0.008, мезозойским отложениям – 0.0004-0.005, новейшим отложениям (полтавская свита) – 0.0003-0.0008. В целом отмечается постепенное уменьшение градиента деформаций от поверхности кристаллического фундамента к альпийскому структурному этажу включительно, что не является закономерным для более короткого отрезка времени – четвертичного.

2) Неотектонические поднятия и прогибы Островецкого, Монаковского и Курчатовского районов характеризуются суммарной скоростью четвертичных деформаций, которая составляет соответственно: 0.06, 0.016, 0.04 мм/год. Скорость деформаций за голоценовое время, крайне важная для определения устойчивости территорий размещения инженерных объектов, в Островецком, Монаковском и Курчатовском районах составляет соответственно 0.6, 2.0-2.2, 3.0 мм/год. При этом она максимальна в Курчатовском районе, в котором формируется поле напряжений преимущественного сжатия. От раннечетвертичного времени по голоцен включительно устанавливается увеличение скорости поднятий.

3) В Островецком районе локальное поле напряжений характеризуется сжатием, исходящим со стороны Карпатской неотектонической области. По древнему Ошмянскому разлому отмечается формирование вторичных нарушений гляциоизостатической природы. В Монаковском районе выявлено преимущественное развитие напряжений растяжения, которое исходит со стороны Окско-Донской неотектонически активной впадины. Это может быть причиной для активизации негативных суффозионно-карстовых процессов. В Курчатовском районе устанавливаются преимущественные напряжения сжатия разного происхождения, которые приводят к формированию радиально-концентрических куполов и линейно вытянутых поднятий и прогибов. В районе отсутствуют проявления негативных эндогенных и экзогенных процессов. Просадочные формы, локализующиеся в прогибах, имеют локальное распространение.

4) Общим для Островецкого, Монаковского и Курчатовского районов является увеличение постадийных скоростей поднятий от среднечетвертичного времени к позднечетвертичному, включая голоцен. Согласно нормативным документам, они не превышают предельно допустимые значения, что позволяет относить исследованные рай-

оны к более или менее устойчивым. Увеличение скорости деформаций можно связать с расположением этих районов в пределах растущих сводовых поднятий.

Исследования, проведенные в разных по геологическому строению районах, позволили впервые разработать концепцию геодинамической устойчивости территорий размещения особо опасных и технически сложных объектов, позволяющую рассматривать разнородные факторы и условия в их совокупности. Принципы концепции сформулированы в виде защищаемых положений.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

1. Макарова Н.В., Макеев В.М., Суханова Т.В., Дорожко А.Л., Коробова И.В., Карфидова Е.А. Новейшая тектоника и геодинамика юго-западного крыла Воронежской антеклизы // Вестник московского университета. 2015. № 1. С. 10-19.
2. Макеев В.М., Григорьева С.В. Структурно-геодинамические условия области сочленения южной части Сибирских платформ и Алтае-Саянского орогена // Геоэкология. 2015, № 1. С. 47-57.
3. Макеев В.М., Макарова Н.В., Леденев В.Н., Дорожко А.Л., Суханова Н.В., Карфидова Е.А., Коробова И.В. Основы концепции геодинамической безопасности экологически опасных сооружений // Геоэкология. 2015. № 2. С. 99-110.
4. Дорожко А.Л., Макеев В.М., Батрак Г.И., Позднякова И.А.. Геодинамически активные зоны и линеаменты Москвы и их геозекологическое значение // Геозекология. 2015, № 2. С. 173-183.
5. Григорьева С.В., Макеев В.М., Коробова И.В., Крылова В.С. Структурно-геодинамические условия Москвы // Разведка и охрана недр. 2013 г. № 2. С. 27-35.
6. Микляев П.С., Макаров В.И., Петрова Т.Б., Дорожко А.Л., Маренный М.А., Маренный А.М., Макеев В.М. Радоновое поле Москвы // Геозекология. 2013. № 2. С. 14-23.
7. Макарова Н.В., Макеев В.М., Суханова Т.В., Микляев П.С., Дорожко А.Л., Коробова И.В. Новейшая тектоника и геодинамика Нижнеокского региона (Русская плита) // Вестник МГУ. Сер. Геология. 2012, № 4. С. 4-11.
8. 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.
9. Микляев П.С., Петрова Т.Б., Макеев В.М., Казеев А.И., Петрова О.А. Роль микроструктуры глинистых пород в формировании их эманулирующей способности // Геозекология, 2012, № 3, С. 263-269.
10. Макаров В.И., Дорожко А.Л., Макарова Н.В., Макеев В.М. Геодинамически активные зоны платформ // Геозекология. 2007. № 2. С.99-110. С. 99-110.
11. Макаров В.И., Макеев В.М. Новейший перекрестный структурный план Кузнецкой перирогенной области и его влияние на горно-геологические условия месторождений в Кузбассе // Геология и разведка. 1998. № 3 С. 10-23.

12. Макеев В.М., Макаров В.И., Макеева А.А., Якин Г.В. и др. Влияние новейшей тектоники на условия разработки угольных месторождений Южного Кузбасса // Геоэкология. № 6, 1993. С. 86-93.
13. Кропоткин П.Н., Мацкив Б.В., Макеев В.М. Покровное строение Раховского массива (Восточные Карпаты) // Геотектоника. № 6. 1987. С. 52-62.
14. Кропоткин П.Н., Ефремов В.Н., Макеев В.М. Напряженное состояние земной коры // Геотектоника. № 1, 1987. С. 3-24.
15. Makarova N.V., Makeev V.M., Sukhanova T.V., Miklyaev P.S., Dorozhko A.L., Korobova I.V. The Neotectonics and Geodynamics of the Lower Oka Region (East European Craton) // Moscow University Geology Bulletin, 2012, Vol. 67, No. 4. P. 209–217.

Монографии

1. Макаров В.И., Макарова Н.В., Несмеянов С.А., Макеев В.М., Дорошко А.Л., Зайцев А.В., Зеленщиков Г.В., Серебрякова Л.И., Суханова Т.В. Новейшая тектоника и геодинамика: область сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты. М.: Наука, 2006. 206 с.
2. Макеев В.М. Кузнецкая периорогенная область: неотектоническая зональность и геодинамические условия. М.: Геос, 2008. 148 с.

Статьи в иностранных журналах

1. Dorozhko A.L., Makeev V. M. Large-scale Structural and Geodynamic Mapping of Platform Territories on the Example of Moscow // Journal of Earth Science and Engineering, USA, №3. 2013. P. 527-539.

Статьи в неперiodических изданиях, сборниках и тезисы докладов

1. Кропоткин П.Н. Макеев В.М. Современное напряженное состояние земной коры. Современная тектоническая активность Земли и сейсмичность. М.: Наука, 1987. С. 192-206.
2. Григорьева С.В., Макеев В.М., Коробова И.В. Крупномасштабное картирование структурно-геодинамических условий города для принятия проектно-планировочных решений / Сергеевские чтения. Вып. 17. М.: РУДН. 2015.
3. Макеев В.М., Макарова Н.В., Дорошко А.Л., Суханова Н.В., Коробова И.В., Карфидова Е.А., Леденев В.Н. Основы концепции геодинамической безопасности особо ответственных сооружений / Сергеевские чтения. Вып. 16. М.: РУДН. 2014. С. 590-595.
4. Макеев В.М., Макарова Н.В., Дорошко А.Л., Суханова Т.В., Коробова И.В. Геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы – принципы их выявления и классификация // Мат-лы XIX научно-практ. конференции: активные разломы и их значение для оценки сейсмической опасности: современное состояние проблемы. Воронеж: Научная книга, 2014. С. 225-229.
5. Дорошко А.Л., Макеев В.М. Геодинамически активные зоны Москвы и их геоэкологическое значение // Сергеевские чтения. Вып. 16. М.: РУДН. 2014. С. 263-269.
6. Микляев П.С., Макеев В.М., Петрова Т.Б., Беляшов А.В., Плоскин С.М., Захаров А.А. Опыт индикации геодинамически активных зон эманационным методом // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы VII Университетских геол. чтений. Минск: Изд. центр БГУ, 2013. С. 31-33.

7. Макарова Н.В., Макеев В.М., Матвеев А.В., Суханова Т.В., Санько А.Ф., Дорожко А.Л., Коробова И.В., Зерницкая В.П. Четвертичные отложения и структурно-геоморфологическая характеристика Свирско-Ошмянской территории Беларуси // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы VII Университетских геол. чтений. Минск: Изд. Центр БГУ, 2013. С. 92-94.
8. Макеев В.М., Суханова Т.В., Дорожко А.Л., Коробова И.В., Карабанов А.К., Комаровский М.Е., Полеводова С.Н. Структурно-геодинамическая зональность запада Восточно-Европейской платформы // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы VII Университетских геол. чтений. Минск: Изд. Центр БГУ, 2013. С. 20-22.
9. Макеев В.М., Макарова Н.В., Суханова Т.В., Коробова И.В., Дорожко А.Л. Структурно-геоморфологическая характеристика и четвертичные отложения Островецкого района (Беларусь) // Сборник статей VIII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода: "Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований". Ростов-на-Дону. Изд-во ЮНЦ РАН. 2013. С. 404-406.
10. Макеев В.М., Макарова Н.В., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Микляев П.С., Коробова И.В. Структурно-геодинамический анализ зоны сопряжения Окско-Мокшинского прогиба и приволжского поднятия как основа для изучения инженерно-геологических условий // Сергеевские чтения. Вып. 14. М.: РУДН, 2012. С. 119-124.
11. Макеев В.М., Карфидова Е.А., Микляев П.С., Авхимович А.Н., Дорожко А.Л., Коробова И.В. Метод изучения азимутального несогласия разновозрастных и разноглубинных горизонтов осадочного чехла при геодинамических исследованиях // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: Матер. VII Университетских геол. чтений. Минск: Изд. центр БГУ. 2013. С. 18-20.
12. Микляев П.С., Макеев В.М., Петрова Т.Б., Дорожко А.Л. Радоновое поле в пределах Сетуньско-Измайловской геодинамически активной зоны // Проблемы снижения природных опасностей и рисков. Мат-лы межд. научно-практ. конференции «ГЕОРИСК-2009». С. 241-246.
13. Макеев В.М., Коробова И.В. Средне-Русский авлакоген в условиях современных деформаций // Проблемы снижения природных опасностей и рисков. Мат-лы международной научно-практ. конференции «ГЕОРИСК-2009». С. 357-362.
14. Макеев В.М. Неотектоническая зональность района реки Салмыш (Оренбургская область) // Изменяющаяся геологическая среда: пространственно-временные взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов. Мат-лы Международ. конференции. Т. 1. Казань: Изд-во Казанского го ун-та, 2007. С. 364-368.
15. Макеев В.М., 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 // Опасные природные и техноприродные экзогенные процессы: закономерности развития, мониторинг и инженерная защита территорий. Сергеевские чтения. Вып. 9. М.: ГЕОС, 2007. С. 136-141.
16. Макаров В.И., Макеев В.М., 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.

17. Макеев В.М. Геодинамические типы новейших структур центральной части Русской плиты // Материалы XXXVIII Тектонического совещания: Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 1. М.: ГЕОС, 2005. С. 403-406
18. Макеев В.М. Неотектоническое районирование Восточно-Европейской и Скифской платформ // Материалы совещания (Сыктывкар, 23-26 августа 2005 г.) “Квартер-2005” – IV Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода. Институт геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 246-247.
19. Макаров В.И., Макарова Н.В., Макеев В.М., Дорожко А.Л., Суханова Т.В. Геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы, их ранги и типы // Материалы докладов VII Международной конференции “Новые идеи в науках о Земле”, посвященные 85-летию МГРИ-МГГРУ. Т. 1. 2005. С. 143.
20. Макарова Н.В., Макаров В.И., Дорожко А.Л., Макеев В.М., Суханова Т.В. Приволжская система новейших геодинамически активных зон // Мат-лы 11-й международной конференции «Строение, геодинамика и минерагенические процессы литосфере». Сыктывкар: 2005. С. 217-220.
21. Макаров В.И., Макарова Н.В., Макеев В.М., Несмеянов С.А., Воейкова О.А., Суханова Т.В., Зайцев А.В., Зеленщиков Г.В., Федоренко Е.Н. Новейшая тектоника и геодинамика области сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты // Эволюция тектонических процессов в истории Земли. Мат-лы 37 тектонического совещания. Т.1. Новосибирск: Изд-во СО РАН. Филиал «Гео», 2004. С. 308-311.
22. Макаров В.И., Макарова Н.В., Макеев В.М., Несмеянов С.А., Воейкова О.А., Суханова Т.В., Зайцев А.В., Зеленщиков Г.В., Федоренко Е.Н. Карта новейшей тектоники и геодинамики Ростовской области: научные результаты и практические следствия. /Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии юга России и Кавказа. Материалы IV Международной научной конференции. Т. 1. Новочеркасск: ООО НПО «ТЕМП»,. 2004. С. 94-103.
23. Макаров В.И., Макеев В.М. Суперпозиция структурных форм в неотектонике платформенных территорий // Эволюция тектонических процессов в истории Земли. Мат-лы 37 тектонического совещания. Т.1. Новосибирск: Изд-во СО РАН. Филиал «Гео», 2004. С. 311-314.
24. Макаров В.И., Макеев В.М., Дорожко А.Л. Методические подходы к оценке новейшей и современной активности платформенных территорий // Сергеевские чтения. Вып.6. М: ГЕОС, 2004. С. 511-515.
25. Макеев В.М., Макаров В.И., Дорожко А.Л. Оценка новейшей активности платформенных территорий по структурно-геодинамическим факторам // Геодинамики в решении экологических проблем развития нефтегазового комплекса. Материалы. IV Международного Рабочего совещания (Санкт-Петербург, сентябрь 2003 г.).Т. II. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. С. 33-39.
26. Макеев В.М., Макарова Н.В., Елкин В.А. Роль неотектонических факторов в развитии карстово-суффозионных процессов в Среднем Поволжье // Карстоведение – XXI век теоретическое и практическое значение: Мат-лы межд. симпозиума. Пермь, 2004. С. 109-113.

27. Макаров В.И., Макеев В.М., Дорожко А.Л. и др. Четвертичная активность Северо-Донецкой шовной зоны в условиях структурно-формационной неоднородности и ее возможные следствия // Сергеевские чтения. Вып. 6. М.: ГЕОС. 2004. С. 164-168.
28. Дорожко А.Л., Макеев В.М. Неотектонические деформации и радоновая активность территории Москвы // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов: Мат. Всерос. конференции с междунар. участием: Т. I. Архангельск. Институт экологич. проблем Севера УрО РАН, 2004. С. 248-252.
29. Дорожко А.Л., Макеев В.М. Новейшая структурная зональность и современная геодинамическая активность Московского региона // Геология и геоэкология Европейской России и сопредельных территорий. Мат-лы XV молодежной научной конференции, посвященной памяти К.О. Кратца. С-П., 2004. С. 67-68.
30. Дорожко А.Л., Макеев В.М. Сравнительный анализ новейших структур Татарстана и Москвы в аспекте геодинамической безопасности // Сергеевские чтения: материалы годичной сессии ИС РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Вып. 4, ГЕОС, 2003. С. 85-89.
31. Макеев В.М., Макаров В.И. Неотектонические основы геодинамической безопасности // Оценка и управление природными рисками: Мат-лы Всерос. конференции. "Риск-2003". Т. 1. М.: РУДН, 2003. С. 182-186.
32. Макеев В.М., Макаров В.И., Дорожко А.Л. Оценка новейшей активности платформенных территорий по структурно-геодинамическим факторам // IV Международное рабочее совещание 15-17 сентября 2003: роль геодинамики в решении экологических проблем развития нефтегазового комплекса. С. Петербург: ВНИМИ, 2003, С. 71-72.
33. Макеев В.М. Малые и большие структурные формы в неотектонике платформенных территорий. С. 151-153. // Строение, живая тектоника и дислокации платформ и их горно-складчатых обрамлений. Материалы международной конференции СЦ ИГЭ РАН Москва, 2003, С. 151-153.
34. Макеев В.М., Дорожко А.Л. Типизация новейшей геодинамической активности платформенных территорий. С. 154-156 // Строение, живая тектоника и дислокации платформ и их горно-складчатых обрамлений. Материалы международной конференции СЦ ИГЭ РАН. Москва, 2003, С. 154-157.
35. Макеев В.М., Макаров В.И., Дорожко А.Л. Современные геодинамически активные зоны – новый объект для геофизических исследований // Научное наследие академика Г.А. Гамбургцева и современная геофизика. Тез. докл., М.: ОИФЗ РАН, 2003. С. 48-49.
36. Макеев В.М., Макаров В.И., Дорожко А.Л. Методические подходы к оценке новейшей и современной активности платформенных территорий // Сергеевские чтения. Вып. 6. М.: ГЕОС. 2004. С. 511-515.
37. Макеев В.М., Дорожко А.Л. Новейшая и современная геодинамическая активность платформенных территорий: методы и прогноз // Инженерные изыскания XXI века: Мат-лы научно-произв. конференции ФГУП ПНИИС Госстроя России. Москва, 2003. С. 6-10.
38. Макаров В.И., Макеев В.М. Неотектоника территории Волго-Уральской антеклизы / Строение и история развития платформ Евразии. Науч. чтения памяти профессора М.В. Муратова. М.: МГГРУ, 2002. С. 41-43.

39. Макеев В.М., Макаров В.И., Бугаевский А.Г. Сравнительный анализ структур Среднего Поволжья и Приморского Загроса // Проблемы геодинамики и минерагении Восточно-Европейской платформы. Мат-лы междунар. конференции Воронеж: ВГУ, 2002. С. 171-174.
40. Макеев В.М. Структурно-тектонические и инженерно-геологические исследования на площадке АЭС //Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Сергеевские чтения. М.: ГЕОС, 2002. Вып. 4. С. 137-143.
41. Макеев В.М. Новейшая тектоника территории Среднего Поволжья // Тектоника и геофизика литосферы. Тез. докл. М.: ГЕОС, 2002. С. 322-324.
42. Макеев В.М. Новейшие структуры и геологические процессы //Материалы международной конференции: Экология северных территорий России проблемы, прогноз ситуаций, пути развития, решения. Архангельск: ИЭПС, 2002. Т. 2. С. 49-54.
43. Макеев В.М. Деформации поперечного изгиба Прикамья и Поволжья // Глубинное строение и геодинамика Фенноскандии окраинных и внутриплатформенных транзитных зон. Мат. 8-й межд. конференции. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2002. С. 157-159.
44. Макарова Н.В., Корчуганова Н.И., Макаров В.И., Суханова Т.В., Макеев В.М. Геодинамически активные зоны платформ (на примере Окско-Донского прогиба). //Тектоника неогена: общие и региональные аспекты. Мат-лы XXXIV Тектонич. совещания. М.: ГЕОС, 2001. С. 6-8.
45. Макеев В.М, Макаров В.И, Макарова Н.В. Плиоцен четвертичная тектоника территории Среднего Поволжья. //Матер. междунар. конференции ”Современная геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов”. Воронеж, ВГУ, 2001. С. 115-116.
46. Макаров В.И., Макеев В.М. Геодинамическая безопасность геологической среды платформенных территорий: проблемы и решения. Мат-лы совещ. «Геодинамика и техногенез». Ярославль. 2000. С. 98-99.
47. Макаров В.И., Макеев В.М. Структурно-геодинамические проблемы урбанизированных территорий // Мат-лы совещ. «Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века» С-Петербург. 2000. С. 75-78.
48. Макеев В.М. Происхождение и основные черты строения Кузнецкой периорогенной области // Мат-лы совещ. «Неотектоника и современная геодинамика континентов и океанов». М., 1996. С. 89-90.
49. Макаров В.И., Макеев В.М. Влияние региональных несогласий разновозрастных структурных планов Кузнецкого бассейна на горно-геологические условия разработки месторождений // Мат. совещ. «Гидрогеология, инженерная геология, геоэкология месторождений полезных ископаемых». Екатеринбург, УГГГА, 1994. С. 46-47.
50. Макеев В.М., Иванов А.И. Сдвиговые деформации земной коры // Мат-лы совещ. «Гидрогеология, инженерная геология, геоэкология месторождений полезных ископаемых». Екатеринбург, УГГГА, 1994. С.33-34.
51. Кропоткин П.Н., Макеев В.М. Современное напряженное состояние земной коры // Мат-лы XIX Всесоюз. тект. совещ. М.: 1986. С.10-11.

52. Makarov V.I., Grigorieva S.V., Makeev V.M. Structural-and-geodynamic researches in engineering Geology surveys // EngeoPro-2011. 2011. P.37-38.
53. Makarov V., Makeev V., Makarova N., Dorozhko A., Ramazanova T. Geodynamic active zones - new object of researches in neotectonics of platforms // 32nd IGC, Florence - Italy, August 20-28, Part 2. 2004. P. 934.
54. Makeev V.M. Neotectonics of the North-West part of the Altai-Sayan orogen //30th Intern. Geol. Congress, Beijing, China, 1996.
55. Makeev V.M. Principie features of structure and development of the North-West part of the Altai-Sayan orogen in the Quaternary //Pacon '96, Honolulu, Hawaii, 1996.