

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук

*На правах рукописи*

Коробова Ирина Валерьевна

**Структурно-геоморфологическая зональность  
северо-западной части Токмовского поднятия и ее  
геоэкологическое значение**

Специальность 1.6.21 Геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:  
доктор геолого-минералогических наук  
В.М.Макеев

Москва – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. Физико-географическое положение северо-западной части Токмовского поднятия и прилегающей территории .....	12
Глава 2. Геологическое строение северо-западной части Токмовского поднятия.....	15
2.1. История изучения геологического строения территории.....	15
2.2. Строение кристаллического фундамента и его поверхности .....	18
2.3. Строение докайнозойского осадочного чехла .....	24
2.4. Строение кайнозойского осадочного чехла .....	35
Выводы .....	40
Глава 3. История изучения новейшей тектоники, геоморфологии Токмовского поднятия и сопредельных территорий.....	42
Выводы.....	45
Глава 4. Структурно-геоморфологическая зональность северо-западной части Токмовского поднятия.....	46
4.1. Геоморфологические ступени .....	46
4.2. Новейшие структуры (неотектоника) .....	55
4.3. Геодинамически активные зоны и линейные элементы.....	60
4.4. Метод расчета амплитуд и скоростей неотектонических движений.....	63
4.5. Соотношение докайнозойских и неотектонических структур.....	66
Выводы .....	68
Глава 5. Геоэкологическое значение структурно-геоморфологической зональности.....	70
5.1. Опасные экзогенные геологические процессы, причины их развития и геоэкологическое значение.....	70
5.2. Экзогенные процессы в северо-западной части Токмовского поднятия.....	74
5.3. Экзогенные процессы в окрестностях площадки АЭС .....	87
Выводы.....	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	101
ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ .....	104
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	107

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследований.** Выбор объекта исследований, расположенного в северо-западной части Приволжской возвышенности, на сопряжении Токмовского новейшего поднятия с Окско-Донским новейшим прогибом обусловлен нахождением его среди различных зон эрозионно-тектонических поднятий и опусканий и интенсивных экзогенных геологических процессов (Макаров, 2003; Макарова и др., 2012).

Геодинамически активные зоны (ГДАЗ), рассматриваемые как геоэкологически значимые, принципиальны для оценки безопасности территорий проектирования инженерных объектов. В ГДАЗ отмечается концентрация повышенных напряжений и деформаций (Макаров, 1996-2011; Суханова, 2000, 2002; Макарова, 2016; Макеев, 2012), часто с зонами связывается развитие интенсивных экзогенных процессов (Дорожко, 2013), повышенный поток радона (Микляев, 2015; Микляев и др., 2016) и платформенная сейсмичность (Попова и др., 2019).

Несмотря на относительно высокую степень структурно-геоморфологической (неотектонической) изученности Восточно-Европейской платформы (ВЕП), неотектонические исследования достаточно противоречивы. Одним из основоположников платформенной неотектоники, В.И. Бабаком в 70-х годы XX в. впервые на Восточно-Европейской платформе были выделены блоки и блокоразделы (Бабак, 1980; Бабак, Николаев, 1983). Последние рассматривались как зоны разрывных нарушений, картографирование которых оказалось проблематичным по причине их отсутствия.

В.И. Макаров в 90-х годах прошлого столетия разработал новые методы исследования платформ с позиции развития изгибных структур (поднятий, прогибов, флексур) и геодинамически активных зон (ГДАЗ), как неразломных образований (Макаров, 2003, 2008, 1999). В основу были положены представления о глубинных структурно-геодинамических системах. Важным условием объективности их выделения являлась связь с источниками

неотектонических напряжений. Новый методологический подход для решения научных и практических задач применяется ныне целым рядом исследователей (Зыков, Полещук, 2016; Юдахин, 2002 и мн. др.).

Картографирование неотектонических структур основывается на структурно-геоморфологическом методе, разработанном при исследованиях сначала новейших горно-складчатых орогенов (Костенко, 1972; Макарова, 2007; Несмеянов, 2017, 2012) и усовершенствованном для изучения малоамплитудных платформенных структур (Макарова, 2003, 2012; Макарова и др., 2011). Особенно эффективен метод в условиях, когда плохо сохраняются или отсутствуют коррелятивные новейшему этапу олигоцен-неогеновые отложения, что характерно для центральных частей платформ. «Изучение эрозионно-денудационных поверхностей выравнивания является почти единственным прямым методом восстановления тектонических движений областей суши кайнозойского и мезозойского времени» (Хаин, 1973).

В рельефе под влиянием неотектонического (эндогенного) фактора и экзогенных процессов образуются эрозионно-денудационные ступени и речные террасы. Эрозионные и аккумулятивные процессы являются признаком изменения направленности развития неотектонических деформаций. Циклический характер их развития позволяет оценить амплитуды и скорости новейших поднятий за интервалы времени (стадии) разной продолжительности. Особенно это актуально для платформенных территорий, где эти движения малоамплитудны и сложны в идентификации из-за наличия экзогенных процессов, а необходимость оценки эндогенного фактора имеет актуальное значение.

Структурно-геоморфологический метод позволяет не только выделить или распознать в рельефе различные деформации, но и определить морфологию, возраст и условия формирования, а также тенденции их развития. Под структурно-геоморфологической зональностью подразумевается типизация рельефа по морфологии, возрасту и

происхождению. По В.И. Макарову, зональность вызвана различными по происхождению неотектоническими напряжениями, приводящими к формированию последовательно чередующихся серий (зон) эрозионно-тектонических поднятий и опусканий (Макаров, 2003). С учетом особенностей геологического строения и состава пород возможна активизация экзогенных процессов, в т.ч. скрытого характера по погребенным формам рельефа (Нововоронежская АЭС, Нижегородская и др. АЭС). Изучение закономерностей и особенностей их локализации и развития крайне актуально для решения инженерно-геологических и геоэкологических задач.

Актуальной является оценка активности погребенных (древних) зон нарушений кристаллического фундамента в связи с сейсмотектоническими исследованиями. В данном случае эффективным способом является определение соотношения (согласованности) структурно-геоморфологической (неотектонической) зональности с древними докайнозойскими зонами нарушений, локализованными, как правило, в докембрийском кристаллическом фундаменте Восточно-Европейской платформы. В противном случае дешифрирование жесткой прямолинейности и геометризации исключительно по эрозионным и аккумулятивным формам рельефа без учета глубинного строения приводит к выделению проблемных для ВЕП активных разломов без всяких на это оснований (Карта..., 1996; [http://neotec.ginras.ru/index/database/database\\_map.html](http://neotec.ginras.ru/index/database/database_map.html)).

На Восточно-Европейской платформе и особенно в ее центральных частях выявление структурно-геоморфологической зональности, геодинамически активных зон и геологических процессов является одной из ключевых проблем в связи с обеспечением безопасности площадок особо ответственных и технически сложных инженерных сооружений, какими являются АЭС, ГЭС, резервуары радиоактивных и химических отходов и др. сооружения различной категории ответственности. Объекты, опасные для окружающей среды, могут подвергаться воздействию процессов, связанных с

суффозией, оползне- и карстообразованием и т.п. Это приводит к развитию просадок и уклонов опасных для основных реакторных зданий и сооружений (Балаковская, Нововоронежская, Ростовская и др. АЭС) (Макарова и др., 2023). В этом аспекте геодинамически активные зоны, в которых локализуются негативные геологические процессы, рассматриваются как геоэкологически значимые. В районе исследований в северо-западной части Токмовского поднятия планировалось строительство Нижегородской АЭС (с. Монаково, с. Чудь), но было приостановлено в связи с активностью карстово-суффозионного и оползневых процессов (Аникеев, Леоненко, 2013).

**Район исследований** расположен на границе Владимирской и Нижегородской областей. С севера граница проходит севернее устья р. Клязьма, с запада - по восточному склону Окско-Цнинского вала, с юга немного южнее широтного участка р. Теша, с востока по верховьям р. Черная. В центральной части рассматриваемого региона располагается Нижегородская АЭС (НижАЭС), проектирование которой временно приостановлено из-за интенсивных неотектонических и экзогенных процессов.

**Цель исследований** - выявление и оценка платформенной структурно-геоморфологической зональности и ее геоэкологической значимости.

**Задачи исследований:**

1. Выявление эрозионно-денудационных ступеней, определение их происхождения, возраста и высотного положения. Оценка суммарных и поэтапных амплитуд и скоростей новейших поднятий.
2. Выделение неотектонических структур и геодинамически активных зон. Дешифрирование линеаментов и заверка в полевых условиях.
3. Определение соотношения неотектонических структур (поднятий, прогибов и геодинамически активных зон) и погребенных докайнозойских структур осадочного чехла и кристаллического фундамента.
4. Анализ особенностей распределения интенсивных экзогенных геологических процессов в связи со структурно-геоморфологической

зональностью (типизация рельефа по морфологии, возрасту и происхождению)

5. Геоэкологическая значимость интенсивных геологических процессов связи с обеспечением безопасности территории размещения инженерных объектов различной категории ответственности (в т.ч. законсервированной Нижегородской АЭС).

**Научная новизна.** В рельефе впервые установлены разновозрастные эрозионно-денудационные и эрозионно-аккумулятивные цикловые ступени, на основе которых выделена структурно-геоморфологическая (неотектоническая) зональность двух типов: 1) субширотного и 2) субмеридионального простирания. Первая формируется под влиянием Окско-Донских напряжений растяжения, вторая – под воздействием Токмовских напряжений сжатия.

На сочленении разнотипных по происхождению зональностей выявлены высокоградиентные зоны несогласий – специфические неразломного типа геодинамически активные зоны. Они не согласуются с докайнозойскими дислокациями кристаллического фундамента и рассматриваются как геоэкологически значимые зоны.

Неотектонические напряжения растяжения, наводимые со стороны геодинамически активных зон, определяют интенсивность развития экзогенных геологических процессов в окрестностях Нижегородской АЭС.

#### **Методы исследования (методология).**

- Дешифрирование материалов дистанционного зондирования, включающих спутниковые снимки, цифровые модели рельефа и местности (DEM, SRTM) и выделения разнотипных линеаментов, которые интерпретируются с учетом полевых наблюдений как зоны повышенной трещиноватости.
- Структурно-геоморфологический - с построением геологических разрезов, направленный на изучение форм и типов рельефа, неоген-четвертичных отложений и экзогенных геологических процессов. На

основе этого метода рассматривается история формирования рельефа и выделяются неотектонические структуры.

- Структурно-геодинамический метод, нацеленный на определение происхождения неотектонических структур. На основе неотектонической зональности оцениваются неотектонические напряжения в регионе и их
- морфолого-кинематический тип. Выделяются обычные для платформ геодинамически активные зоны (ГДАЗ).
- Полевой метод, направленный на описание геологического строения, форм и типов рельефа, измерение высот геоморфологических ступеней с предварительной оценкой их возраста, картирование экзогенных процессов. Заверка схем линеаментов с измерением трещиноватости и оценкой их типов.

Методология исследований связана с признанием формирования в платформенных условиях структур изгибного типа (поднятий, прогибов, ступеней) разного происхождения, возраста и ранга. Разнотипность структур является причиной образования геодинамически активных зон (ГДАЗ), как альтернативы активным разломам на Русской плите.

При построении карт использовались программы: MapInfo, Global Mapper, QGIS, SAGA GIS.

**Достоверность научных положений и выводов.** Степень разработанности научных основ и методов камеральных и полевых исследований является очень высокой. Эти методы апробированы на разных объектах, различающихся по геологическому строению. Результаты исследований опубликованы в рецензируемых журналах и неоднократно докладывались на конференциях.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Теоретическая (научная) значимость работы состоит в выявлении и оценке структурно-геоморфологической (неотектонической) зональности с новых методических позиций, связанных с признанием преимущественности изгибных деформаций (складок) над блоковыми разрывными и разнородности их

происхождения.

Практическая значимость заключается в оценке экологической безопасности территорий относительно впервые выявленных геодинамически активных зон, участков распространения интенсивных экзогенных процессов и явлений. Результаты исследований могут использоваться при оценке территорий в связи с проектированием и строительством различных инженерных объектов.

#### **Объекты исследования:**

Новейшие структуры северо-западной части Токмовского поднятия и Окско-Донского активного прогиба, включая зону их сочленения.

#### **Предмет исследования**

Геоморфологические поверхности разного возраста и генезиса, неоген-четвертичные отложения и интенсивные экзогенные процессы. Структурно-геоморфологическая зональность.

#### **Защищаемые положения**

1. В рельефе установлены разновозрастные эрозионно-денудационные и эрозионно-аккумулятивные цикловые ступени: среднего ( $N_1^2$ ) и позднего миоцена-раннего плиоцена ( $N_{1-2}$ ), плиоцена ( $N_2$ ), эоплейстоцена (E), раннего ( $Q_1$ ), среднего неоплейстоцена ( $Q_2$ ), позднего неоплейстоцена ( $Q_3$ ) и голоцена. Оценены неотектонические суммарные и поэтапные амплитуды и скорости поднятий от минимальной 0,03 мм/год в среднем миоцене до максимальной 1,56 мм/год в голоцене.

2. Новейшие структуры представлены пологими поднятиями, прогибами и ступенями, развивающимися со среднего миоцена и поныне. Эти структуры образуют зоны субширотного и субмеридионального простирания (структурно-геоморфологическая зональность), на сочленении которых развиваются геодинамически активные зоны (ГДАЗ). Разновысотные и разновозрастные геоморфологические ступени указывают на стадийность развития неотектонических структур.

3. Определено геоэкологическое значение структурно-геоморфологической зональности и геодинамически активных зон, как одной из ее составляющих. К этим зонам приурочены интенсивные экзогенные геологические процессы, в том числе вызываемые выщелачиванием сульфатно-карбонатных пород. Их развитие установлено в окрестностях площадки Нижегородской АЭС, что явилось причиной приостановки ее строительства и уточнения структурно-геоморфологических условий.

**Личный вклад автора.** Анализ и систематизация данных по геологии, геоморфологии, неотектонике и современной геодинамике на основе опубликованных статей и монографий, а также фондовых материалов по буровым скважинам, геофизике и др. смежным дисциплинам.

Построение опорных и вспомогательных структурно-геоморфологических профилей и геологических разрезов с учетом буровых скважин и полевых наблюдений. Выявление геоморфологических ступеней, оценка их возраста и происхождения. Расчет суммарных амплитуд и поэтапных скоростей поднятий на основе метода С.А. Несмеянова.

Создание структурно-геоморфологических карт и схем при помощи компьютерных программ (ГИС). Полевые маршрутные работы с описанием состава новейших отложений, строения и генезиса, а также картирование суффозионно-карстовых и оползневых форм рельефа, заверка линеаментов, как проявлений зон повышенной трещиноватости.

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались на Сергеевских чтениях (Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций, Москва, 2015), конференции, посвященной экологической безопасности и строительству в карстовых районах (Пермь, 2015), конференции «Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей» (Москва, 2015), Сергеевских чтениях (Обращение с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии, Москва, 2018), конференции "Геориск - 2018" (Москва, 2018), Сергеевских чтениях (Эколого-экономический баланс природопользования в горнопро-

мышленных районах Пермь, 2019), всероссийской научной конференции, посвященной 110-й годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909-1984 гг.) (Прикладные аспекты динамической геологии, Москва, 2019); Сергеевских чтениях (Геоэкологические аспекты реализации национального проекта „Экология“. Диалог поколений, Москва, 2020), Пятой тектонофизической конференции в ИФЗ РАН «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о земле» (Москва, 2020), на конференции «Молодые - наукам о Земле» (МГРИ, Москва, 2022), а также на семинаре ИГЭ РАН (Москва, 2022).

**Публикации.** По теме диссертации было опубликовано всего 22 работы. Статей в рецензируемых журналах ВАК 10 и в сборниках конференций 12.

**Структура работы.** Работа состоит из 5 глав, включает 47 рисунков, 3 таблицы, 122 стр.

**Благодарности:** Выражаю благодарность научному руководителю В.М. Макееву за поддержку и помощь в написании работы, всему коллективу лаборатории новейшей тектоники и современной геодинамики им. В.И. Макарова д.г.-м.н П.С. Микляеву, д.г.-м.н С.А. Несмеянову, Е.А. Фикри, О.А. Воейковой, к.г.-м.н. Е.А. Пикулик, к.г.-м.н. А.Л. Дорожко и С.Д. Васютинской за поддержку и советы; сотрудникам института д.г.-м.н А.В. Анিকেеву и к.г.н. Е.А. Карфидовой за рекомендации и ценные советы; доцентам кафедры динамической геологии МГУ им. М.В. Ломоносова к.г.-м.н. Н.В. Макаровой и к.г.-м.н. Т.В. Сухановой за совместные полевые работы, помощь и советы. Своей семье за терпение, мотивацию и понимание.

## Глава 1. Физико-географическое положение северо-западной части Токмовского поднятия и прилегающей территории

Исследуемая территория расположена в северо-западной части Приволжской эрозионно-денудационной возвышенности, сопряженной с Окско-Донской аккумулятивной низменностью на западе и Низким Заволжьем на севере (рисунок 1.1) (Геоморфологическое ..., 1980). Восточную часть территории, расположенную на высоком правом берегу Оки, занимает северо-западная часть Приволжской возвышенности (Токмовское новейшее поднятие) (Юдахин и др., 2003). Окско-Донская низменность представлена отрогами Окско-Цнинского вала, Кировско-Касимовским плато и Гороховецком отрогом. Низкое Заволжье – Лухской низменностью и Балахнинской низиной, приуроченные к левобережью Клязьмы и Оки.

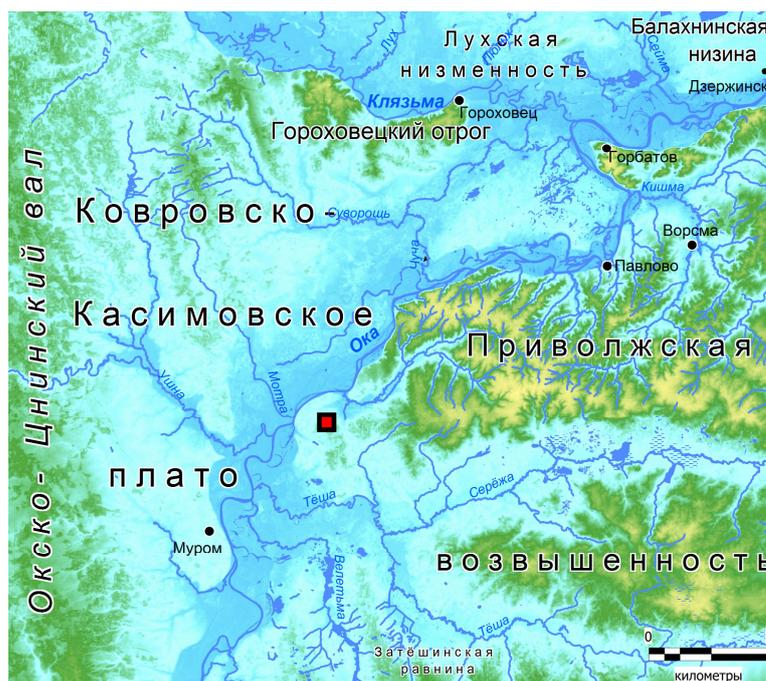


Рисунок 1.1. Физико-географическое положение исследуемого района. Красный квадрат – площадка Нижегородской АЭС (НижАЭС).

Балахнинская низина характеризуется минимальными абс. отм. рельефа. Наименьшая высота 68 м у уреза р. Ока у города Дзержинска. Приволжская возвышенность характеризуется наивысшими отметками рельефа. Максимальная высота – у города Вача 215,6 м.

В непосредственной близости находятся такие крупные мегаполисы как Москва, Владимир и Нижний Новгород. На западе территория захватывает отроги Окско-Цнинского вала, Гороховецкого отрога и Ковровско-Касимовское плато (см. рисунок 1.1). Северную часть территории занимают Лухская низменность и Балахнинская низина, расположенные в пределах левого берега рек Клязьмы и Оки. Восточную часть, расположенную на высоком правом берегу Оки, занимает северо-западная часть Приволжской возвышенности (Токмовское новейшее поднятие) (Юдахин и др., 2003). Минимальные абс. отм. рельефа 68 м в Балахнинской низине, наивысшая отметка рельефа расположена у г. Вача и достигает 215,6 м.

Территория характеризуется хорошо развитой речной, овражно-балочной сетью, многочисленными озерами различного происхождения. Самая крупная река региона – Ока. Клязьма является второй по величине рекой района. Впадает в Оку в районе г. Гороховец. Довольно крупными реками, притоками Оки на Токмовском поднятии являются: Тёша, Серёжа и Ушна.

Озера по генезису разделяются на карстовые (провальные), старичные (поемные), ледниковые и дюнные, искусственные (запруды рек) (Станков, 1938). Генезис некоторых озер до сих пор достоверно не установлен. К карстовым озерам относят: Тосканку, Большое Святое, Пустыньские озера, Рой, Подборное, Черепаха, Радионово, Комсмольское, Большое, Чарское, Нуксенское, Черное и др., более мелкие. Их глубины составляют порядка 14-20 м. Многие из озер имеют статус памятника природы (Баянов и др., 2014).

Старичные озера – это, в основном, старицы рек Оки и Клязьмы. Наиболее крупными являются озера: Глушица, Рыбинец, Старая Ока, Коломищи и др.

К ледниковым, дюнным и др. генезиса озерам относятся: Великое, (Владимирская область) и Пырское (Нижегородская). Глубина их достигает 5 м.

Овражно-балочная сеть развита, главным образом, на склонах

Приволжской возвышенности. Сильно расчленен рельеф в районе Стародубья, Перемиловских гор и Гороховецкого отрога. В Балахнинской низине и на юго-востоке вдоль долины реки Тёши территория частично заболочена.

Рельеф изучаемой территории довольно контрастен. Правобережье Оки отличается более изрезанным рельефом, а левобережье более полого, без значительных превышений.

## **Глава 2. Геологическое строение северо-западной части**

### **Токмовского поднятия**

В пределах исследуемой территории развит докайнозойский осадочный чехол, залегающий на архейском и протерозойском кристаллическом фундаменте, и позднекайнозойские отложения. На этом субстрате в условиях неотектонических напряжений формируется структурно-геоморфологическая зональность, включая поднятия и прогибы (складки основания), зоны нарушений и экзогенные геологические процессы. Рассматривается соотношение (согласованность) разновозрастных структур и их эволюция.

#### **2.1. История изучения геологического строения**

Первоначальное геологическое изучение территории началось со второй половины XVIII в. Первая геологическая карта Европейской части России масштаба 60 верст в дюйме, включая рассматриваемую территорию, была опубликована Г.П. Гельмерсеном. Р.И. Мурчисон в 1845 г. опубликовал геологическую карту Европы и Уральских гор (Гельмерсен, 1841; Мурчисон, 1845). С 1775 по 1880 гг. территория изучалась И.Н. Лепехиным, И.Г. Георги, А.И. Оливьери и мн. др. (Путешествие..., 1934; Оливьери, 1838; Меллер, 1875; Паллас, 1773).

Людвиг Р. выполнил первое геоморфологическое описание местности в районе Нижнего Новгорода, и впервые обратил внимание на асимметрию берегов Оки и Волги. Им было установлено распространение по левобережью этих рек низменной песчаной равнины, отмечено речное происхождение слагающих ее отложений и присутствие на ее поверхности эрратических валунов (Фридман и др., 2012). В это же время были установлены общие черты геологического строения территории. Систематически изучать территорию начал экспедиционный отряд под руководством В.В. Докучаева (Докучаев, 1886). Алатырский вал, осложняющий Токмовский свод, было выделено в 1886 г. Н.М. Сибирцевым и в 1906 г. Н.А. Богословским (Богословский, 1906).

Амалицкий В.П. и Симбирцев Н.М. описали стратиграфию и тектонику края, и установили преимущественное расположение пермских отложений и отдельных выходов мезозойских пород (Амалицкий и др., 1887). В.П. Амалицкий разделил пестроцветные отложения пермской системы на 5 горизонтов: А, В, С, D, Е. Палеонтологические находки В.П. Амалицкого в горизонте «С» помогли ему сопоставить разобщенные разрезы татарского яруса востока Русской платформы (Докучаев, 1886). Схема, с последующими дополнениями А.А. Чернова оставалась актуальна до середины XX века.

В 1921 г. А. В. Нечаев пермскую систему разделил на два отдела: нижний и верхний. Нижний отдел включал в себя артинский и кунгурский ярусы, а верхний состоял из уфимского, казанского и татарского ярусов (Нечаев, 1921). Аллювиальные отложения и геоморфологию долины р. Оки описали И.З. Имшенецкий (1929), Н.И. Николаев (1935), Р.А. Еленевский (1936), Кригер Н.И. (1936), Г.Ф. Мирчинк (1973) (Имшенецкий, 1929; Николаев, 1935; Еленевский, 1936 и мн. др.).

В 1917-1940 гг. проводилась мелкомасштабная геологическая съемка. В одной из работ этого времени М.С. Швецов показал отсутствие в Приокском районе верхнеказанского подъяруса и присутствие пестроцветных татарских пород на размытой поверхности нижнеказанских отложений (Швецов, 1931). В 1933 г. М.С. Швецов изучил тектоническое строение территории и пришел к выводу о самостоятельности Алатырского вала, ось которого простирается параллельно Окско-Цнинскому валу. В 1937 г. в работе под редакцией Н.С. Шатского установлено, что Алатырский вал является гетерогенной структурой (Шатский, 1937). В его состав входят Сурско-Мокшинская антиклиналь, прогиб, сопряженный с Окско-Цнинским валом; центриклинальная часть Ульяновско-Саратовской синеклизы и Катунско-Пучежские проблематичные нарушения (Белозерова, 1958). В 1939 г. Н.С. Шатский называет Алатырский вал крупным щитовым поднятием, которое позднее А.А. Бакировым выделено в самостоятельный Токмовский свод (Бакиров, 1948).

В период с 1940 по 1952 г. почти вся территория Горьковской области, Мордовской АССР, Ковровского и Судогского районов Владимирской области была покрыта разномасштабной геологической и геолого-структурной съемкой. В 1948-1949 гг. В.И. Игнатъев приводит фактический материал о строении местных пермских отложений, в которых, в частности, отмечает следы размыва и перерыва на контакте нижнепермской ангидритово-гипсовой толщи с перекрывающими нижнеказанскими породами (Игнатъев, 1955). Татарские отложения, по данным В.И. Игнатъева, залегают в Приокском районе трансгрессивно на размытой и закарстованной поверхности нижнеказанского подъяруса нижней перми и подразделяются на три горизонта: нижний («F» и «E»), средний – («D» и «C») и верхний («B» и «A») (Амалицкий, 1886; Чернов, 1917; Блом, 1949; Селивановский, 1951).

В конце 40-х и в начале 50-х в бассейнах Оки и Волги на выступах фундамента был пробурен ряд глубоких скважин, связанных с поиском нефти и газа, но бурение не дало положительного результата. Один из выступов – Первомайский, как западная вершина Токмовского свода – был выделен в 1963 г. (Давыдов, 1974.). От Окско-Клязьминского выступа он отделяется пологим Меленковским меридиональным прогибом, выделенным в 1963 г. (Троицкий, 1963 г). В 1948 г. В.И. Игнатъевым была выявлена эрозионно-тектоническая Убежицкая (Богородская) структура, на которой в 1947-1948 гг. производится структурно-картировочное бурение (Игнатъев, 1948).

В работе А.А. Асеева была рассмотрена четвертичная палеогеография долины Средней и Нижней Оки, а также описаны история формирования долины и условия накопления заполняющих ее четвертичных отложений (Асеев, 1959). Сделаны выводы о генетических связях перигляциальных и аллювиальных отложений. В 1963 г. была опубликована работа А.Н. Ильина, посвященная изучению карста в пределах Алатырско-Горьковских поднятий (Ильин, 1963). В работе описаны гидрогеологические условия, области питания и разгрузки подземных вод и распространение карстовых явлений. В 1970-х-80-х гг. были проведены работы по геологическому,

гидрогеологическому, инженерно-геологическому картированию и доизучению листов геологической карты масштаба 1:200 000.

В последующие годы основными направлениями геологических исследований на территории были детальные работы по выявлению и оценке локальных месторождений полезных ископаемых, а также весьма обширный круг работ по изучению широко распространенного здесь карста различными методами. В 2018 г. была уточнена датировка неоген-четвертичных отложений (Поздняков и др., 2018). На карте выделены ранее не датированные отложения неогена и триаса.

На исследуемой территории было зафиксировано несколько исторических землетрясений, возможно, карстового генезиса. В 1596 г., по свидетельствам А. Орлова и И. Мушкетова, ушли под землю 150 дворов (Мушкетов, Орлов 1893). На территории Волго-Уральской антеклизы, элементом строения которой является Токмовский свод, по данным А.А. Сенцова (Сенцов, 2022) в период с 1798 г. по 2020 г. произошло 73 землетрясения, в основном, с небольшой магнитудой. Большая часть землетрясений приурочена к восточной части антеклизы.

## **2.2. Строение кристаллического фундамента и его поверхности**

Исследуемая территория находится в северо-западной части Токмовского докембрийского свода Волго-Уральской палеозойской антеклизы Восточно-Европейской платформы.

Кристаллический фундамент представлен архейскими (AR) и раннепротерозойскими (PR<sub>1</sub>) породами, сильно дислоцированными в виде складчато-разрывных структур (рисунок 2.1). Складчатость огибает овальные архейские массивы, сложенные плагиомикроклиновыми плагиогнейсами. Поверхность свода залегает на глубине 1500-1700 м.

Архейские отложения сложены гранулитовыми и гранито-гнейсовыми породами. Они вскрыты в скважинах на глубинах минус 1881 м в районе Мухтолово и 1180 м в районе Балахонихи и в нескольких скважинах недалеко от Нижнего Новгорода на глубинах порядка -1500 м (Карта ..., 1978;

Залеская, Чубарова, 1959).

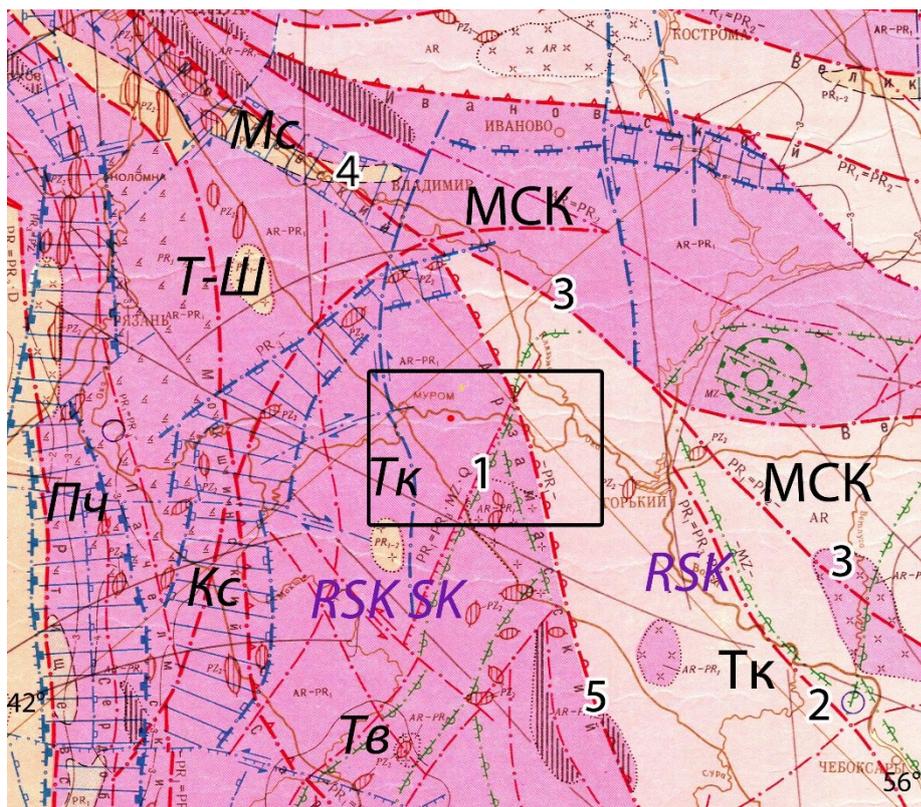


Рисунок 2.1. Карта разломов кристаллического фундамента Токмовского свода (фрагмент карты разломов СССР, оригинальный масштаб 1:2 500 000) (Карта ..., 1978).

Прямоугольник – район исследований. Светло-бежевым цветом показаны архейские породы, малиновым – архей-ранепротерозойские. Тк – Токмовский докембрийский свод; МСК – Московская палеозойская синеклиза. Рифейские авлакогены (Пч – Пачелмский, Мс – Московский и Кс – Касимовско-Сасовский как северная ветвь Пачелмского авлакогена); Тк – Токмовский свод, Т-Ш – Тумско-Шатурский выступ, Тв – Токмовский выступ. Разломы: 1 – Жайский, 2 – Волжский, 3 – Хрящевой; 4 – Павлово-Посадский и 5 – Арзамасский (разломы показаны разной цветовой гаммой, характеризующей их возраст и время активизации). Складчато-разрывные структуры фундамента: РСК – досвекофенско-карельские (архей: древнее  $2600 \pm 100$  млн лет, РСК СК – свекофено-карельской переработки (архей-ранний протерозой:  $2600 \pm 100$  млн лет –  $1750 \pm 50$  млн лет. Точками показана граница распространения вендских (V) отложений. Прямоугольник – площадь исследований.

Балахонинской скважиной вскрыта кора выветривания мощностью около 4 м на контакте архейских кристаллических пород с перекрывающими их вендскими отложениями осадочного чехла. Порода сильно дезинтегрирована

процессами каолинизации и пелитизации плагиоклазов, гидратации и разложения биотитов (Залеская, Чубарова, 1959).

Раннепротерозойские отложения представлены вендом (верхний неопротерозой, по международной классификации эдиакарий), отложения с угловым несогласием залегают на архейских образованиях (см. рисунок 2.1). Представлены волынской и валдайской сериями (верхнеповарская и редкинская свита), которые участвуют в строении обширного Балтийско-Московского бассейна (Геологическая ..., 1970). Венд вскрыт тремя скважинами: двумя Балахнинскими и Горьковской. В них различается нижняя и верхняя части разреза, разделенные разрывом. В нижней части залегают песчаники и аргиллиты с прослоями алевролитов и мергеля. Кровля отложений снижается с юго-востока с абс. отм. -1 393 м на северо-запад до -1 508 м. Верхняя часть разреза сложена алевролитами, с тонкими прослоями глин, аргиллитами с прослоем известняка. Мощность терригенно-карбонатных отложений венда от 122 до 349 м.

Поверхность кристаллического фундамента (рисунок 2.2) представляет собой сочетание поднятий и прогибов. Они дифференцируют Токмовский свод и прилегающие к нему территории на ряд более мелких структур. На востоке и юго-востоке расположена Темниковская (Первомайская) вершина Токмовского свода и Нижегородская моноклинали, относящаяся к северному склону свода. Структуры разделены Жайским разломом. Центральную часть территории занимает Муромский прогиб. Северней прогиба находится Гороховцевская седловина, разделяющая Муромский и Лухский прогибы. Ковровский и Меленковский прогиб, в свою очередь, разделяет обширный Андреевский выступ.

Структурно-тектоническому анализу фундамента посвящено множество публикаций. Весьма существенными являются работы Н.С. Шатского (1937, 1952), В.В. Белоусова (1962.) М.В. Муратова и др. (1962.), В.В. Бронгулеева (1977.), В.Е. Хаина (1977) и В.Д. Наливкина и др. (1985.) и мн. др.

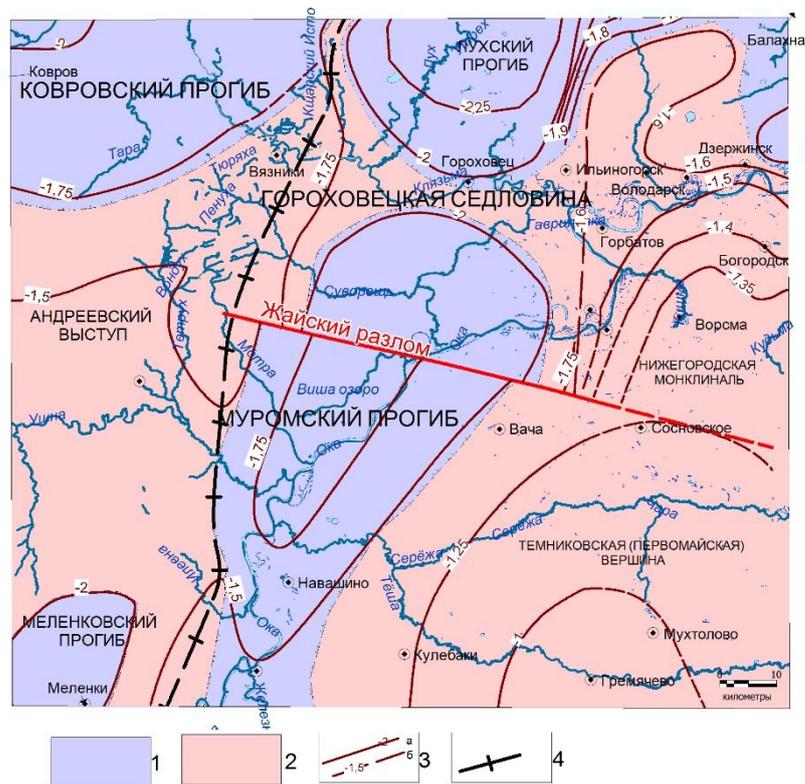


Рисунок 2.2. Схема строения поверхности фундамента исследуемой территории.

1 - прогибы; 2 - поднятия; 3 - изогипсы поверхности фундамента (а - установленные, б - предполагаемые); 4 - ось поднятия. Красной линией обозначен Жайский разлом.

Исследователями различаются Токмовский докембрийский свод или поднятие и Токмовская антиклиналь (Бронгулеев, 1977; Пекин ..., 1999). Токмовский свод – обширная структура с севера и с юга, и отчасти с запада ограниченная Владимирским и Касимовско-Сасовским желобами. Токмовское поднятие проявляется по всем опорным горизонтам чехла.

На основе геологических карт был произведен структурно-тектонический анализ (рисунок 2.3, 2.4). Он показал, что в докайнозойском строении территории условно пассивного геологического субстрата существуют дислокационные зоны и участки вещественно-структурного рассогласования, являющиеся возможными очагами концентрации и разрядки дополнительных напряжений. Изгибные и разрывные структуры, образовавшиеся и активизировавшиеся в разные тектонические циклы, в основном, являются устойчивыми и унаследованными по месту локализации и по простиранию.

На карте гипсометрической поверхности фундамента северо-западная часть Приволжской возвышенности и прилегающие территории расположены на сопряжении Касимовского прогиба и западного склона Токмовского свода. Свод на юго-западе от изучаемой территории сопряжен с Касимовско-Сасовским желобом, на северо-западе с Владимирским (см. рисунок 2.4). Желоба ограничивают Токмовский свод с севера, запада и юга, благодаря чему он приобретает вытянутость в субмеридиональном направлении. Крыло свода, сопряженное с Касимовско-Сасовским желобом, более высокое и крутое, чем крыло, отвечающее Нижегородскому склону. Последний протяженный, широкий и нарушается поперечными второстепенными деформациями субмеридионального простирания.

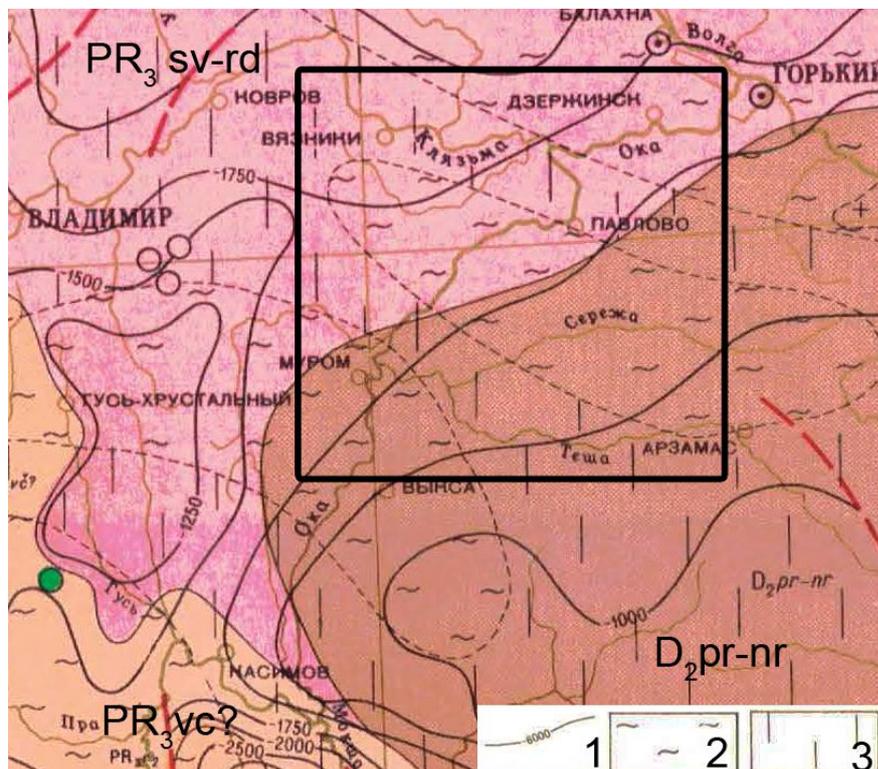


Рисунок 2.3. Фрагмент геологической карты нижней поверхности осадочного чехла Токмовского свода и прилежащих территорий (Геологическая ..., 1970).

1 - Изолинии поверхности кристаллического фундамента; 2 - Архейские образования (гнейсы различного состава, гранито - гнейсы и амфиболиты); 3 - Нижнее-среднепротерозойские образования (кристаллические сланцы, филлиты, роговики, кварциты, гнейсы, гранито - гнейсы и др.). Красный пунктир - главнейшие разломы. D<sub>2</sub> pr-nr - прянский и наровский горизонты живетского яруса среднего девона; PR<sub>3</sub>vc? - Вильчанская свита верхнерифейского комплекса верхнего протерозоя, PR<sub>3</sub>sv -

rd - свислочский-редкинский горизонты валдайской серии вендского комплекса.

Глубина заложения фундамента в пределах изучаемой территории составляет  $-(1200-1400)$  м. Градиент деформаций зоны сопряжения в среднем составляет  $0,004$  м/км. Таким образом, суммарная деформация, накопившаяся за весь фанерозой, незначительна, и вероятно, вклад четвертичных деформаций (2,59 млн. лет) в суммарную деформацию еще меньше.

Касимовско-Сасовский желоб, расположенный к югу от изучаемой территории, сочленяется с Касимовским прогибом. На сочленении двух структур образовался Касимовский сброс северо-западного простирания. В районе Окско-Цнинского вала Касимовский и Ковернинский разломы объединяются в Непейцинский субмеридиональный разлом. Вместе они относятся к зоне бортовых разломов западного склона Токмовского свода. Прилежащая к Непейцинскому разлому поверхность фундамента деформирована с образованием очень узкого линейного поднятия (изогипса  $-1300$  м) (см. рисунок 2.4).

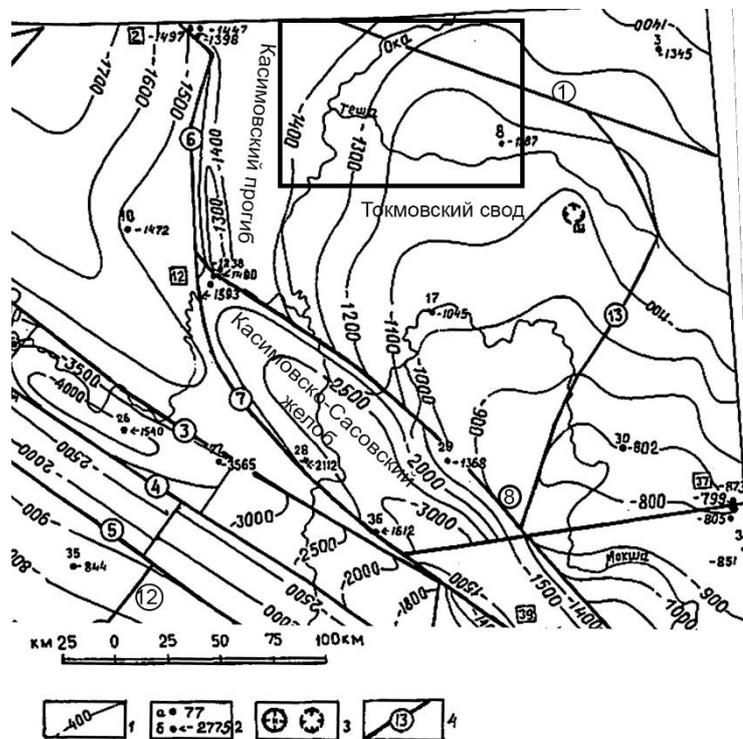


Рисунок 2.4. Фрагмент гипсометрической карты поверхности кристаллического фундамента Токмовского свода и прилежащих территорий (Пекин, 1999).

1 – изогипсы в м, 2 – скважины, их номера; в квадратах – номера групп скважин и абсолютные отметки поверхности в м, 3 – предполагаемые кольцевые вулкано-плутонические структуры (Ш – Шатковская); 4 – разломы и их номера: (1 – Павлово-Посадский, 3 – Коломенский, 4 – Зарайско-Сердобойский, 5 – Каширско-Вернадовский, 6 – Непейцинский, 7 – Каверинский, 8 – Касимовский, 12 – Лосевско-Мамонтовский, 13 – Новохоперско-Лысковский). Прямоугольником выделен район исследования.

### 2.3. Строение докайнозойского осадочного чехла

Осадочный чехол представлен отложениями девонского, каменноугольного, пермского, триасового, юрского и мелового возрастов (рисунок 2.5).

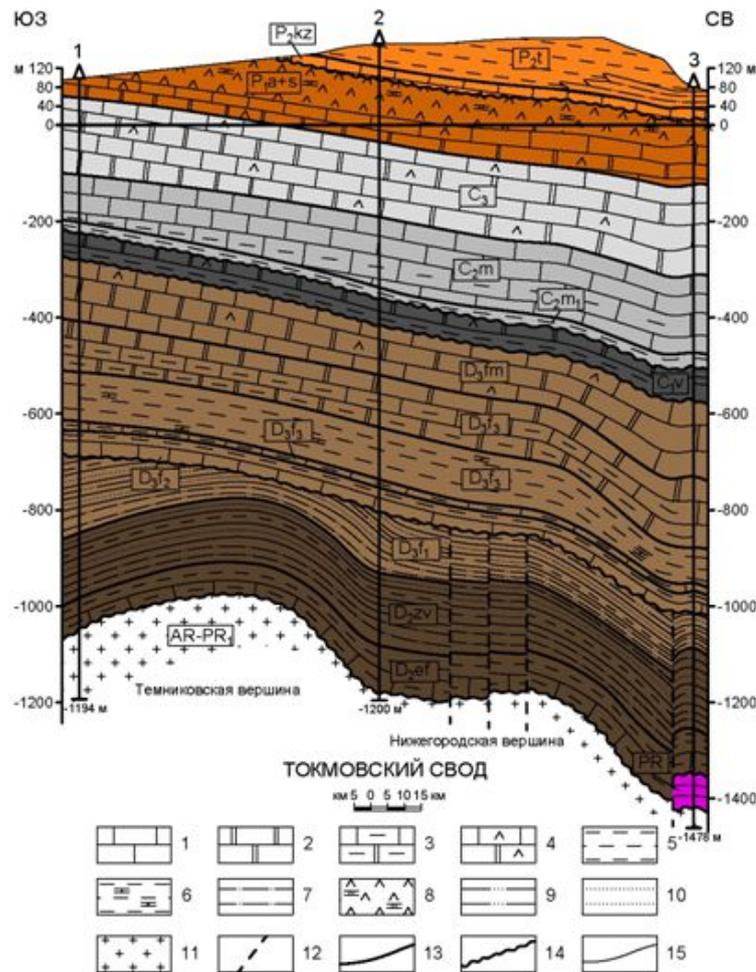


Рисунок 2.5. Геологический разрез по скважинам (Коробова, 2021).

1 – Известняки, 2 – доломиты, 3 – известняки, доломиты с тонкими прослоями аргиллитов; 4 – известняки, доломиты с прослоями и гнездами аргиллитов; 5 – аргиллиты, глины с редкими прослоями песчаников; 6 – аргиллиты, глины с тонкими прослоями известняков и мергелей; 7 – песчаники, алевролиты с тонкими прослоями аргиллитов; 8 – ангидриты с прослоями доломитов; 9 – песчаники глинистые; 10 – пески, песчаники,

алевролиты; 11 – кристаллические породы фундамента. 12 - разломы нижней части осадочного чехла. Границы: 13 –согласные, 14 – несогласные, 15 разных по составу пород. Скважины: 1 - Теньгушевская; 2 - Балахонихская; 3 - Кстовская.

**Девонские отложения** представлены средним и верхним отделами. Средний отдел состоит из эмского и живетского ярусов и верхний – из франского и фаменского ярусов. В разрезе выделяется терригенная и карбонатная толщи, мощность которых увеличивается с юго-запада на северо-восток. Отложения несогласно и с большим перерывом залегают на вендских.

**Эмский ярус.** Отложения, вскрытые Горьковской скважиной, представлены алевролитами, среди которых встречаются слои песчаников и глин мощностью порядка 70 м. **Живетский ярус.** Терригенно-глинистые породы обнаружены Балахонинской скважиной. Их мощностью составляет 250 м. **Франский ярус** представлен глинистыми и песчаными породами, мергелями с прослоями известняков, известковистых глин с конгломератами. Мощность отложений достигает до 300 м. **Фаменский ярус.** Нижняя часть сложена известняками, в которых встречаются слои мергелей и глин. Верхняя часть представлена известняками с гипсом, доломитами, мергелями со слоями гипса и ангидритов. Мощность отложений яруса достигает до 160 м (Бороздина и др., 1981).

**Каменноугольная система** представлена нижним, средним и верхним отделами. Нижний отдел включает в себя отложения визейского и серпуховского ярусов. В состав среднего входят верейский горизонт, касимовский и гжельский ярусы. Верхний отдел представлен гжельским ярусом (Бороздина и др., 1981).

**Визейский ярус.** В окрестностях г. Балахна состоит из карбонатно-известняковой толщи, Ее мощность составляет 56 м. **Серпуховский ярус** представлен доломитами, в верхней части известняками доломитизированными. Мощность отложений колеблется от 17 м (г. Ниж.

Новгород) до 51 м (г. Балахна).

*Верейский горизонт.* Отложения представлены глинами с алевролитами и мергелями, доломитами с прослоями гипса и известняков, и известняками с прослоями глин. Мощность отложений колеблется от 80 до 137 м. *Касимовский ярус.* В разрезе преобладают известковистые глины, известнякис прослоями доломитов и глин. Мощность до 97 м. Отложения *жельского яруса* представлены известняками и доломитами, мощностью до 108 м (Фадеева, 1997).

*Пермская система* представлена нижним и верхним отделами (таблица 2.1). Нижний отдел представлен ассельским и сакмарским ярусами, средний (Биармийский) – представлен казанским и уржумским ярусами.

Таблица 2.1. Стратиграфические схемы пермского периода (Жамойдо, 2006)

Новая шкала (после 2005 г.)			Традиционная шкала (до 2005 г.)			
Система (период)	Отдел/подотдел (эпоха)	Ярус (век)	Система (период)	Отдел / под-отдел (эпоха)	Ярус (век)	
Пермская (P)	Татарский P <sub>3</sub>	Вятский P <sub>3v</sub>	Пермская (P)	Верхний P <sub>2</sub>	Татарский P <sub>2t</sub>	
		Северодвинский P <sub>3s</sub>				Казанский P <sub>2kz</sub>
	Биармийский P <sub>2</sub>	Уржумский P <sub>2ur</sub>			Уфимский P <sub>2u</sub>	
		Казанский P <sub>2kz</sub>				
	Приуральский P <sub>1</sub>	Уфимский P <sub>1u</sub>			Кунгурский P <sub>1k</sub>	
		Кунгурский P <sub>1k</sub>			Аргинский P <sub>1ar</sub>	
		Аргинский P <sub>1ar</sub>		Сакмарский P <sub>1s</sub>		
		Сакмарский P <sub>1s</sub>		Ассельский P <sub>1a</sub>		
		Ассельский P <sub>1a</sub>				

*Ассельский ярус* присутствует повсеместно. Его отложения представлены доломитами с гнездами гипса и ангидрита мощностью от 20 до 42 м (Фадеева, 1997). На участках неглубокого залегания в отложениях развит карст. Местами породы разрушены до образования доломитовой или

известково-доломитовой муки (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6. Трещиноватые пермские известняки.

*Сакмарский ярус* сложен морскими карбонатными и лагунно-морскими сульфатными отложениями. Представлен тастубским и стерлитамакским горизонтами, сложенными доломитами с прослоями известняка, гипсово-ангидритовой толщей, которая является маркирующим горизонтом Поволжья. Общая мощность отложений 63-151 м (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7. Выходы гипсов в затопленном карьере у с. Филинское.

*Казанский ярус* представлен нижеказанскими известняками и доломитами мощностью 38-64 м, вскрытыми значительным количеством скважин. *Уржумскому ярусу* соответствует *уржумская серия*, представленная глинистыми алевролитами мощностью 40–50 м (Поздняков и др., 2018;

Уланов, 1980).

*Татарский отдел северодвинского яруса* представлен светло-серыми песками, переслаивающимися глинами, алевролитами, мергелями и песчаниками. Их мощность 32 м в устье р. Кузомы, 20 м у с. Сапун и 5 м у с. Чудь. Отложения выходят на дневную поверхность в районах г. Городца, в правобережье Оки, ниже устья Бол. Кутры, в долинах рек Кузомы, Бол. Кутры и их притоков. *Вятский ярус* обнажается в правобережье р. Оки, долинах рек Кузомы, Бол. Кутры и правых притоков р. Сережи. Отложения, главным образом, состоят из песков с прослоями конгломератов с галькой и переслаивающимися глинами (с прослоями песков) и алевролитами. Мощность отложений доходит до 24-40 м (Бобров, 1980).

Таким образом, нижний отдел перми представлен морскими и лагунно-морскими сульфатно-карбонатными отложениями, верхний отдел – континентальными отложениями, которые несогласно перекрываются мезозойскими отложениями (рисунок 2.8). Мощность карбонатно-сульфатных отложений увеличивается в северо-восточном направлении с 50 м до 200 м. В юго-западном направлении в сторону Окско-Цнинского вала эти отложения выклиниваются.

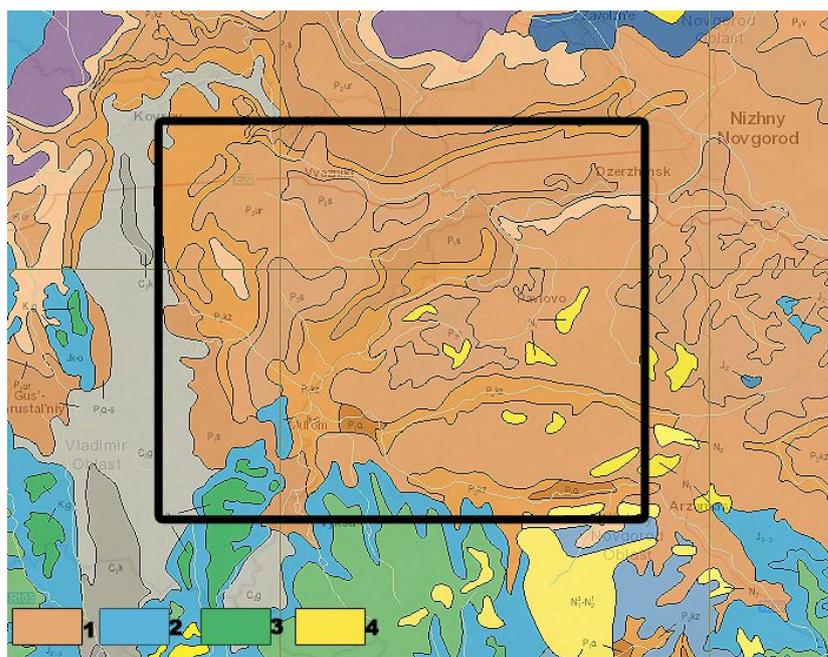


Рисунок 2.8. Фрагмент геологической карты дочетвертичных отложений (масштаб 1:2 500 000) (<https://wega.vsegei.ru/site/gisatlas>).

1 - пермские отложения, 2 – юрские отложения, 3 – меловые отложения, 4 - неогеновые отложения.

**Триасовые отложения** представлены нижним отделом, в котором выделяются *индский ярус* и *вохминский горизонт*, частью которого является *вохминская свита*. Триас распространен локально в районе с. Окулово, где выходят на поверхность. В г. Гороховец (Жуковский враг), где были обнаружены представители поднепермской и раннетрасовой фауны (Сенников и др., 2014). Восточнее г. Вязники (правый берег р. Клязьма) и в верхней части правого берега р. Оки у г. Горбатов. Отложения представлены песками, песчаниками, конгломератами и алевролитами, переслаивающиеся с глинами, мощностью от 5,5 м до 24 м. Мощность отложений близ с. Илевники достигает 59 м. Отложения залегают трансгрессивно с четко выраженным размывом на северодвинских отложениях и перекрываются четвертичными.

**Юрская система.** На юге и юго-западе исследуемой территории распространены отложения батского и келловейского ярусов средней части юрской системы, а также оксфордского яруса верхней юры.

*Средний отдел. Батский ярус* сложен глинами, переслаивающимися с песками мелкозернистыми и алевролитами, развитыми в левобережье Оки (с. Чаадаево, г. Муром, с. Панфилово), на левом берегу Тешы у г. Кулебаки и в правобережье Оки. Отложения залегают трансгрессивно с глубоким размывом на уржумских (г. Кулебаки, с. Чаадаево, с. Панфилово) и казанских (г. Выкса, с. Досчатое) и ассельских (д. Бочиха) отложениях. Мощность отложений до 19 м. В кровле яруса наблюдаются следы размыва. В районе д. Коровино (юго-западная окраина территории) отложения батского яруса сохранились в карстовых воронках.

*Верхний отдел* представлен отложениями келловейского и оксфордского ярусов.

*Келловейские* отложения распространены в южной части территории, на водоразделах Ветельмы, Желаницы, Шилокши, Ломовки и левобережье

Оки между рр. Илевой и Ушной. Залегают на ассельских, казанских и татарских со следами перерыва. Представлены, главным образом, песками, с прослоями глин и алевроитов. Мощность отложений до 23 м

*Оксфордский ярус.* Отложения нижнего подъяруса распространены на водоразделе рек Железницы и Ветельмы, Шилокши и Ломовки. Залегают отложения на размытой поверхности келловейского яруса. Представлены глинами с линзами и тонкими прослоями песка. Мощность от 3 до 12 м (Уланов, 1983).

***Меловая система*** Представлена валанжинским, готеривским, барремским, аптским ярусами нижнего отдела. Общая мощность отложений достигает 17 м.

*Валанжинский и готеривский ярусы* расположены на юге изучаемой территории на водоразделах рек Железницы, Ломовки, Шилокши и Ветельмы. *Валанжинский ярус* представлен песками мощностью до 2 м. *Готеривский ярус* представлен глинами мощностью до 10 м. *Барремский ярус.* Отложения развиты на междуречье Ветельмы и Шилокши (юг территории). Сложен глинами, песками и алевролитами мощностью до 5 м. *Аптский ярус* распространен у с. Меленки. Он представлен, главным образом, песками мощностью до 17 м (Уланов, 1983).

Эволюция докайнозойского осадочного чехла связана с тремя тектоно-магматическими циклами: байкальским, герцинским и альпийским.

*Байкальский тектоно-магматический цикл* выразился верхнепротерозойскими рифейскими и вендскими отложениями, участвующими в строении Московской синеклизы, а точнее, Балтийско-Московского бассейна (Геологическая..., 1970; Кириков и др., 2017). В рифее заложились Пачелмский авлакоген и его северная ветвь Касимовско-Сасовский желоб, расположенный в 100 км к юго-западу от исследуемой территории. На продолжении желоба в северном направлении образовался Непейцинский субмеридиональный сброс, в пределах которого локализовался впоследствии Окско-Цнинский вал. В связи с образованием рифейских впадин Токмовский свод принял ас-

симметричное строение: южный склон стал круче северного. Отложения венда распространены на северо-западе исследуемой территории. Таким образом, рассматриваемая территория расположена в зоне выклинивания рифейских и вендских отложений (см. рисунок. 2.3, 2.4).

*Герцинский тектоно-магматический цикл* представлен отложениями среднего девона, карбона и перми, включая их структуры.

Согласно строению кровли кыновского горизонта девона (рисунок 2.9), Токмовский свод, проявленный по этому горизонту, уменьшился в размерах относительно байкальского свода и приобрел овальную форму. Его центральная часть распалась на отдельные вершины (стратоизогипсы 0,6 и 0,7 км), разделенные узкими понижениями.

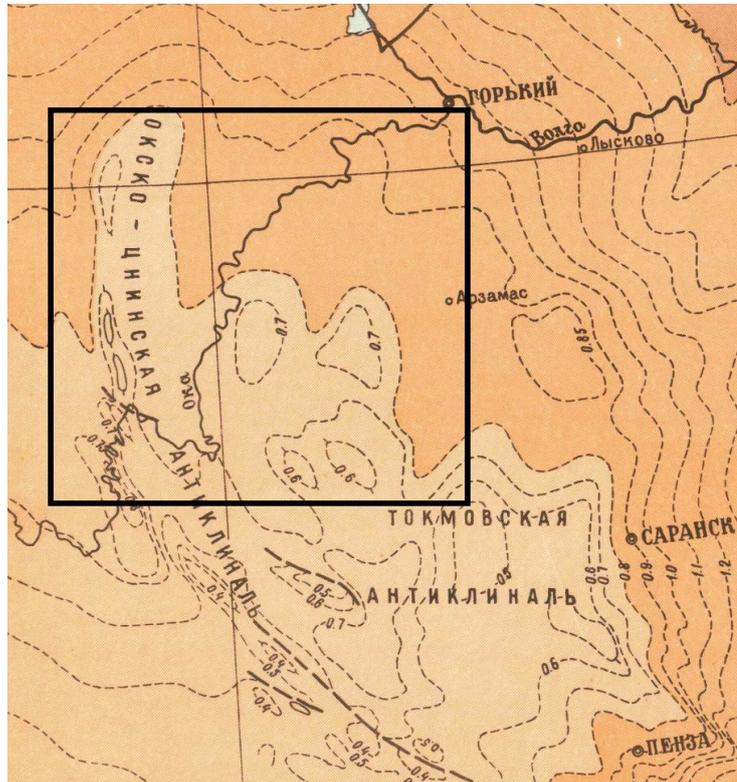


Рисунок. 2.9. Структурная карта кровли кыновского горизонта франского яруса верхнего отдела девонской системы Токмовского свода и прилегающих территорий ВЕП (фрагмент) масштаба 1:2 500 000 (Структурная ..., 1972). Оттенками и изолиниями коричневого цвета показана разная мощность отложений.

По изопахитам девонских и каменноугольных отложений выделяются оси увеличения мощности отложений до 1000 м, связанные с прогибами (ри-

сунок 2.10). Через один из прогибов прослеживается субмеридиональное разрывное нарушение. Относительно девона, структурный план к концу карбона изменился.

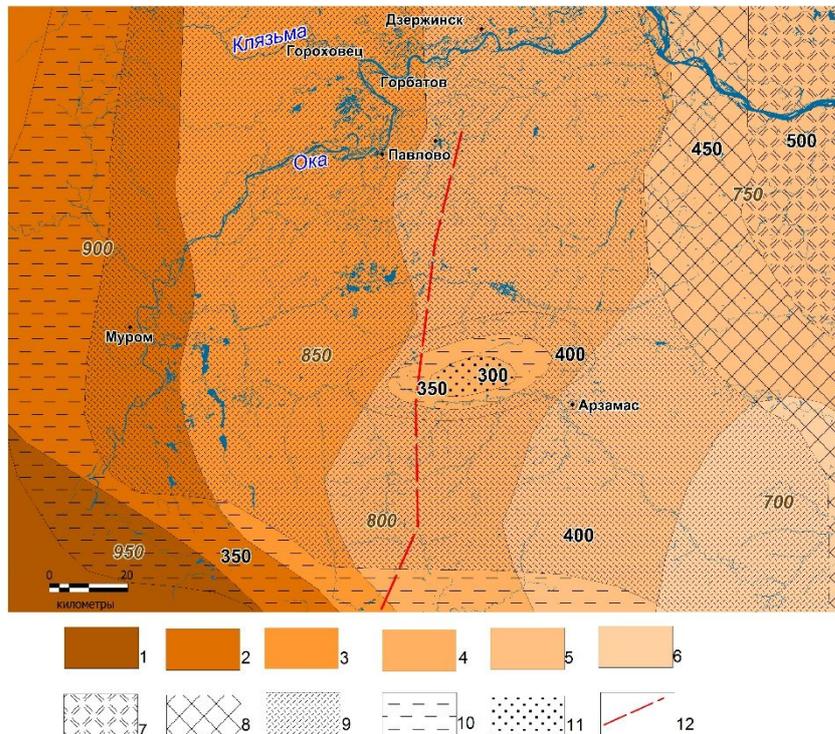


Рисунок 2.10. Схема структурного районирования девонских и каменноугольных отложений (Шапошников, 1999).

1 - Мощность девонских отложений 950 м и более; 2 - мощность девонских отложений 950 м и более; 3 - мощность девонских отложений 900-950 м; 4 - мощность девонских отложений 850-900 м; 5 - мощность девонских отложений 750-800 м; 6 - мощность девонских отложений 700-750 м; 7 - мощность каменноугольных отложений 500 м и более; 8 - мощность каменноугольных отложений 500 м и более; 9 - мощность каменноугольных отложений 450–500 м; 10 - мощность каменноугольных отложений 400–450 м; 11 - мощность каменноугольных отложений 400–350 м; 12 - разлом, выявленный в девонских отложениях. Коричневым цветом обозначены мощности девонских отложений, черной штриховкой – каменноугольных.

По изопакитам каменноугольных отложений исследуемая территория находится в пределах постепенного увеличения мощности в северо-восточном направлении. В девоне увеличение мощности отложений происходит в обратном западном направлении (рисунок 2.11). Полярное увеличение мощности разновозрастных и разнотипных отложений указывает на зону рассогласования структурных планов или, точнее, вещественно-структурного рассогласования. Эти зоны считаются ослабленными и проницаемыми. В них

возможны концентрация добавочных напряжений и интенсивные деформации в новейшее время.

Средняя пермь ознаменовалась прогибанием и накоплением морских отложений. В сакмарский век бассейн осадконакопления сократился в связи с поднятием территории. В казанский век снова возобновилось морское осадконакопление. В уфимский век снова произошла регрессия моря. При его закрытии в зоне сопряжения Московской синеклизы и Токмовского свода начала формироваться Муромско-Сердобская зона протяженных структур, включая частично попадающая на исследуемую территорию Окско-Цнинское поднятие (антиклиналь).

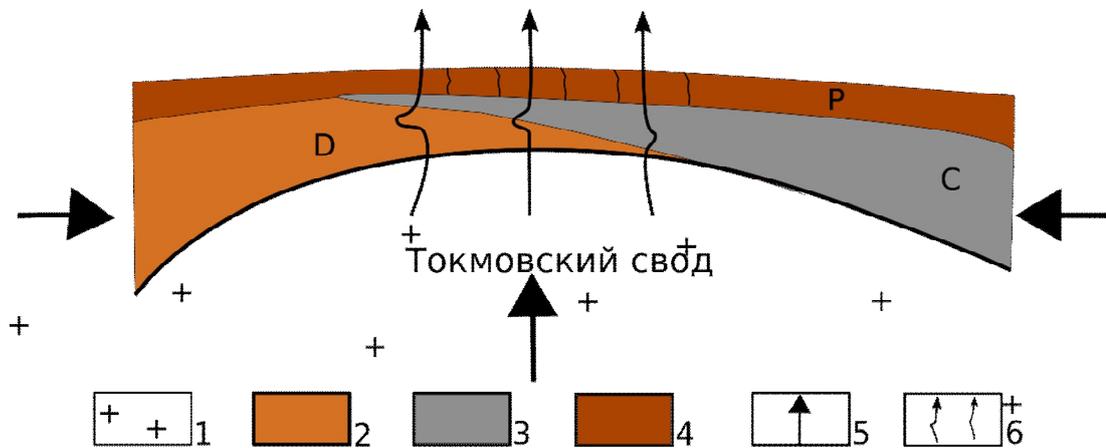


Рисунок 2.11. Схема строения осадочного чехла Токмовского свода.

1 - кристаллический фундамент, 2 - девонские отложения, 3 - отложения карбона, 4 - пермские трещиноватые отложения, 5 - неотектонические напряжения сжатия, 6 - деформации скважин.

Окско-Цнинское поднятие сопряжено с Касимовским (Меленковским) прогибом и осложнено Непейцинским разломом, который согласуется с прогибом, выраженным по поверхности кристаллического фундамента (см. рисунок 2.4). Поднятие дугообразно изгибается в западном направлении, подчеркивая форму западного склона Токмовского поднятия. В заключительную стадию герцинского тектогенеза в конце пермского периода после отложений уржумского яруса произошло поднятие территории, которое не прекращалось до среднеюрско-мелового времени.

*Альпийский тектоно-магматический цикл* начался со средне-позднеюрской эпохи, в которую произошла кратковременная трансгрессия

моря из-за опускания в Прикаспийской впадине, входящей в зону обширного Причерноморского прогиба. Отложения этого возраста небольшим заливом входят в пределы изучаемой территории. В последующее время снова произошло поднятие, которое продолжается поныне. Континентальные условия привели к частичному размыву мезозойских и пермских отложений. Карбонатно-сульфатная толща подверглась выщелачиванию и образованию карста.

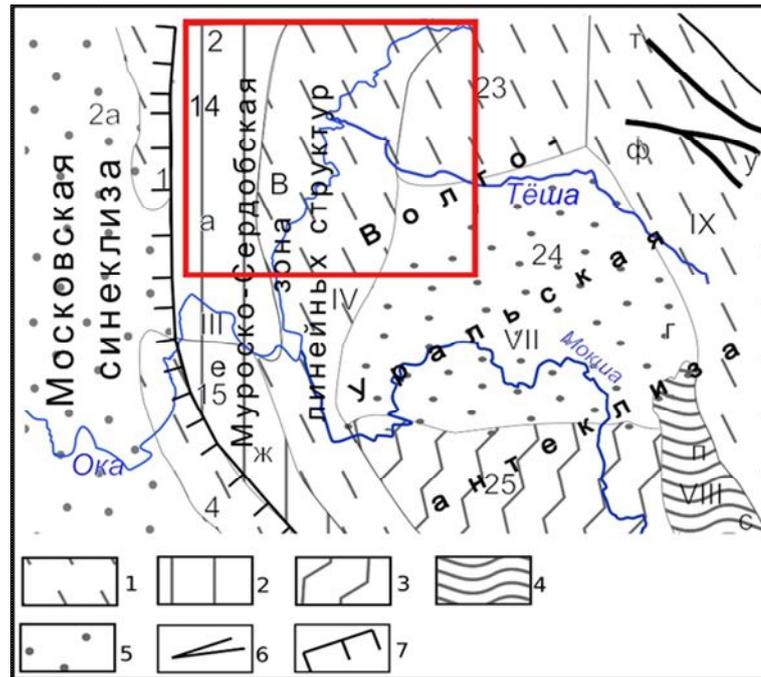


Рисунок 2.12. Структурная схема осадочного чехла зоны сопряжения Московской и Волго-Уральской антеклизы (фрагмент) (Шапошников, 1999).

1 - прогибы и впадины; 2 - поднятия и валы; 3 - вершина свода; 4 - Дальнеконстантиновско - Шишкеевская система структур в пределах поднятия. 5 - моноклинали; 6 - валы третьего порядка; 7 - основные флексуоробразные перегибы. Буквами и цифрами на карте обозначены: В - Муромско-Сердобская зона линейных структур; Г - юго-западная часть Волго-Уральской антеклизы (Токмовский свод); III - Клязьминско-Цнинская система валов; IV - Муромско - Пензенский прогиб; VII - Токмовско - Павловская система структур; VIII - Дальнеконстантиновско-Шишкеевская система структур; IX - Сурско -Мокшинская система структур. 1 - Судогодский прогиб; 2а - Московско-Рязанская моноклинали; 4 - Шиловский прогиб; 14 - Клязьминско-Окский вал; 15 - Окско-Баландинский вал; 23 - Павловский прогиб; 24 - Ардатовская моноклинали; 25 - Вершина Токмовского свода. а - Щелковское поднятие; ж - Гремячевско-Азовский вал; е - Ламшинско-Увязовский вал; п - Сивинское поднятие; с - Сурско-Мокшинский вал; т - Вельденяковское поднятие; у - Борисовопольско-Ичаловское поднятие; ф - Дубенско-Силинское поднятие. Красной рамкой обозначен район исследований.

Таким образом, в течение нескольких тектоно-магматических циклов в осадочном чехле сформировались разнотипные структуры, которые привели к образованию Муромско-Сердобской зоны на сочленении структур Токмовского свода Волго-Уральской антеклизы и Московской синеклизы (рисунок 2.12.)

#### **2.4. Строение позднекайнозойского осадочного чехла.**

На исследуемой территории развиты неогеновые и четвертичные континентальные отложения.

**Неогеновая система.** Отложения неогенового возраста выделены, в основном, в пределах Приволжской возвышенности, где представлены континентальными миоценовыми и плиоценовыми отложениями палеодолин, врезанных в пермские отложения. Возраст их датируются довольно неоднозначно. Часть палеодолин, ранее отнесенных к неогену, ввиду изменения возраста его верхней границы, в 2009 г., на более поздних картах была передатирована четвертичным возрастом (ильинская нижненеоплейстоценовая, мучкапско-окская и лихвинская палеодолины). Отложения, расположенные на высоких водораздельных поверхностях правого берега р. Оки ранее также относились к кинельской свите верхнего плиоцена (акчагыл).

В настоящее время неогеновые отложения Токмовского поднятия и окрестностей, в большинстве случаев они приуроченные к водоразделам, и их относят миоцену и плиоцену. Эти отложения представлены бушуевским горизонтом (нижняя часть понтического яруса) верхнего миоцена, шешминско-челнинским горизонтом верхнего миоцена-нижнего плиоцена и воеводским горизонтом верхнего плиоцена (Поздняков и др., 2018).

Бушуевская свита одноименного *горизонта* (верхний миоцен,  $N_1^{2b\check{s}}$ ) впервые выделена на данной территории в 2018 г. В пределах правобережья реки Оки эти отложения приурочены к водоразделам. Они выполняют эрозионную ложбину, врезанную в пермские отложения. Ложбина сохранилась в виде фрагментов и перекрыта четвертичными отложениями.

Подошва находится на абс. высоте 197–146 м, кровля 205–164 м. Максимально переуглубленные участки сложены песками мощностью до 3 м, которые перекрыты суглинками и глинами. Общая мощность отложений достигает 23 м).

Гунаевская свита *шешминско–челнинского горизонта* (N<sub>1-2</sub> верхний миоцен-нижний плиоцен, понт-нижний киммерий) также впервые выделена в пределах правобережья р. Оки. Отложения свиты представлены песками, глинами и алевритами, которые выполняют палеодолину, врезанную в уржумские глины пермского возраста. Она сохранилась в виде фрагментов, прислоненных к отложениям бушуевской свиты, и перекрытых четвертичными отложениями. Подошва свиты находится на высоте 131–116 м, кровля 164–139 м. Мощность отложений достигает 28 м.

Афонинская свита *воеводского горизонта* верхнего плиоцена (акчагыл, N<sub>2</sub>) впервые выделена в пределах правобережья р. Оки в 2018 г. Отложения свиты выполняют палеодолину, врезанную в пермские уржумские глины. Палеодолина сохранились в виде отдельных фрагментов, перекрытых делювиальными и элювиальными четвертичными отложениями. Подошва свиты расположена на высоте 107–100 м, кровля 132–119 м. Свита представлена песками с гравием и глинами с прослоями алевритов. Общая мощность отложений до 30 м (Поздняков и др., 2018).

**Четвертичные отложения.** Согласно новой стратиграфической шкале, четвертичный период начался примерно 2,59 млн. лет назад (<https://stratigraphy.org/ICSchart/Quaternary-Chart1.jpg>). За основу описания четвертичных отложений была принята стратиграфическая схема из легенд к государственному геологическим картам 2014 г., как наиболее актуализированная (Карпузова, Кириков, 2014; Шик, 2014).

Условия залегания четвертичных отложений и мощность определяются погребенным рельефом поверхности дочетвертичных отложений и интенсивностью эрозионных процессов.

Максимальная высота (абс. отм.) дочетвертичного рельефа

Приволжской возвышенности составляет 279 м. Минимальная - долина древней Оки -38 м. Диапазон абсолютных высот залегания четвертичных отложений находится в пределах от 211 до -23 м.

Отложения четвертичной системы состоят из флювиогляциальных, аллювиальных, ледниковых и элювиально-делювиальных образований (рисунок 2.13, 2.14).

Раннечетвертичные отложения это погребенные аллювиальные отложения. К ним, ввиду изменения нижней границы четвертичного периода, относят верхнюю часть акчагыльского и апшеронский ярусы. На исследуемой территории выделены отложения воеводского горизонта, ранее являющиеся верхнеакчагыльскими.

*Воеводский горизонт*, афонинская свита (палеоплейстоценовый раздел). Отложения: в нижней части пески, выше - глины с прослоями алевролитов. Общая мощность отложений достигает 30 м.

*Эоплейстоценовый раздел* (Е) на изучаемой территории, в основном, представлен аллювиально-коллювиальными образованиями, заполняющими карстовые впадины. Представлены отложения песками, глинами и щебнем (Бобров, 1980).

Неоплейстоценовый раздел представлен нижним ( $Q_1$ ), средним ( $Q_2$ ) и верхним ( $Q_3$ ) звеньями.

Нижнее звено ( $Q_1$ ) представлено *петропавловским, покровским и ильинским горизонтами* (Шик, 2014). Последний вместе с павловской аллювиальной свитой выделены впервые (Поздняков и др., 2018). На правом берегу р. Оки были обнаружены верховья разветвленной системы палеодолин субширотного и субмеридионального простирания. Тальвег палеодолин находится на абс. высоте около 70 м. Кровля выполняющих палеодолину отложений на абс. отм. 130–86 м. Верховья палеодолин сложены глинами с остатками растительности. Притальвеговая часть представлена сцементированными обломками пермских пород. Мощность отложений до 25 м. Отложения перекрыты надпойменным речным аллювием.



Рисунок 2.13. Обнажение аллювиальных отложений в пойме р. Оки.

*Донской горизонт* представлен флювиогляциальными отложениями времени наступания ледника. Горизонт выделен на левобережье Оки. Флювиогляциал залегает с размывом на аллювиальных отложениях ильинского горизонта и дочетвертичных отложениях в диапазоне абс. высот 107–87 м (Поздняков и др., 2018). Участками он перекрывается фрагментами донской морены в диапазоне высот 122–115 м. В разрезе отмечаются линзы суглинков с гравием, галькой и валунами. Мощность отложений до 11 м. Ледниковые отложения, представленны мореной, сохранившейся фрагментарно. Отложения залегают на поверхности дочетвертичных образований. Представлены суглинками красновато-коричневыми и коричневыми мощностью до 9 м. В морене встречаются гальки и валуны кварца, кварцитов, окварцованных песчаников.

*Мучкапско-окский горизонт* является аллювиальным. Он выделен на левобережье Оки и выполняет глубоко врезанные в дочетвертичные образования субширотные палеодолины. Его ранее относили к венедской палеодолине Оки (Горецкий, 1966). Абс. высота тальвега палеодолин снижается с запада на восток от 40 м до 26 м (Поздняков и др., 2018). Кровля расположена на абс. высоте 75 м. Аллювий перекрывается аллювиальными лихвинскими отложениями среднего звена. Палеодолина сложенная в

ОСНОВНОМ ПЕСКАМИ МОЩНОСТЬЮ ДО 32 м.

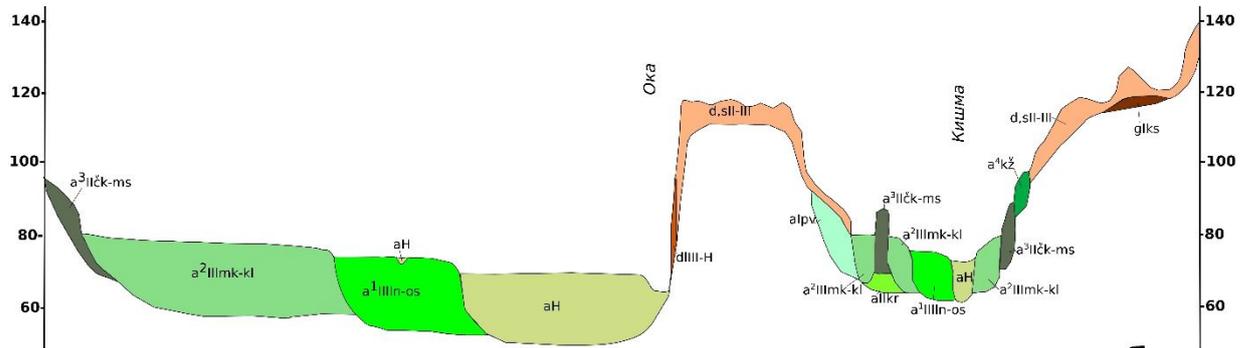


Рисунок 2.14. Фрагмент разреза с карты четвертичных отложений. Террасы р. Оки и прилегающих территорий. Аллювиальные отложения террас, покровные отложения (Поздняков и др., 2018).

Среднее звено ( $Q_2$ ) представлено *лихвинским горизонтом и среднерусским надгоризонтом*. Лихвинский горизонт состоит из кривичской свиты, сложенной аллювиальными отложениями. Вероятно, данные отложения соответствуют нижнекривичской палеодолине по Г.И. Горецкому (Горецкий, 1966). Аллювий – это преимущественно пески с линзами суглинков и алевритов мощностью до 28 м, залегающие на дочетвертичных и аллювиальных отложениях мучкапского и окского горизонта. Отложения в виде отдельного фрагмента выделены в погребенном состоянии на правобережье р. Оки в долине р. Кишмы. Подошва расположена на абс. высотах 66–55 м. Отложения перекрыты флювиогляциалом и аллювием надпойменных речных террас на абс. высотах 96–60 м.

Среднерусский надгоризонт представлен Калужским, Чекалинским и Московским горизонтами.

*Калужский горизонт* представлен отложениями четвертой надпойменной террасы. Отложения, по данным записки к геологической карте О-38-XXXII распространены, в основном, на левобережье Оки и отдельным фрагментом на правом берегу р. Оки. Залегают на абс. высотах 80–78 м с размывом на лихвинском и ильинском аллювии. На правом берегу р. Оки отложения калужского горизонта расположены на размывной дочетвертичной поверхности на высоте 80 м. Над урезом воды высота

террасы достигает 45 м. Аллювий террасы – это пески с линзами и прослоями суглинков и глин мощностью 26 м (Поздняков и др., 2018).

*Чекалинско-московский горизонт* представлен аллювием третьей речной террасы, распространенной на левобережье р. Оки и в устье правого притока Оки - р. Кишмы. Отложения расположены на размытой поверхности дочетвертичных и аллювиальных мучкапских и окских и лихвинских отложениях. Абс. высоты террасы составляют 72–70 м. Отложения представлены песками и суглинками (до 4 м) мощностью до 23 м.

Верхнее звено (Q<sub>3</sub>) состоит из микулинского горизонта и валдайского надгоризонта.

*Микулинско–калининский горизонт* сложен аллювиальными отложениями второй надпойменной террасы. Отложения залегают на дочетвертичных коренных породах и лихвинском аллювии среднего горизонта. Поверхность террасы находится на абс. отм. 78–85 м. Аллювий представлен песками с редкой галькой и гравием, а также линзами глин и суглинков мощностью до 25 м.

Валдайский надгоризонт представлен калининским, ленинградским и осташковским горизонтами.

*Ленинградско–осташковский горизонт* соответствует аллювию первой надпойменной террасы. Отложения залегают на дочетвертичных образованиях и лихвинском аллювии среднего звена на абс. высотах 64–54 м. Поверхность террасы находится на абс. высотах 75–77 м. Аллювий представлен песками, глинами и суглинками мощностью до 23 м.

*Голоценовый надраздел (Q<sub>4</sub>)* представлен аллювием пойм мощностью до 26 м. В основании разреза обычно пески с гравием и галькой кристаллических пород. Выше – пески и суглинки. В разрезе отмечаются прослой и линзы глин, торфов и суглинков.

**Выводы.** Северо-западная часть Токмовского поднятия и прилегающая к ней территория расположена в пределах погребенного до 1500-1700 м архейско-раннепротерозойского высокометаморфизованого фундамента,

разбитого разломами и перекрытого осадочным чехлом.

В доплатформенный архейский, раннепротерозойский и рифейский этапы в кристаллическом фундаменте образовалось наибольшее кол-во разломов. В платформенный этап, согласно стратоизогипсам опорных горизонтов и изопахитам девонских, каменноугольных и пермских отложений, большая их часть практически не проявляла своей активности. На разных стадиях эволюции чехла кратковременно смогли активизироваться несколько разломов: Павлово-Посадский и Жайский разломы. Они характеризуются разным возрастом, протяженностью, глубиной заложения и являются потенциальными на активизацию в новейшее время.

Установлена общая тенденция к унаследованности развития Токмовского свода и сопряженной с ним окраины Московской синеклизы от верхнепротерозойского к четвертичному времени. На локальном уровне согласованность структурных планов нарушается. В местах рассогласования могут образоваться разрывные нарушения.

К началу верхнего мела на исследуемой территории установился континентальный режим, который продолжается поныне. Неоген ознаменовался развитием речной сети, фрагменты которой (палеодолины) устанавливаются и поныне. В четвертичное время территория подвергалась, как минимум, нескольким оледенениям, одно из которых было раннечетвертичное донское. В течение неоплейстоцена образовались четыре надпойменных террасы р. Оки и три террасы р. Клязьмы.

### **Глава 3. История изучения новейшей тектоники, геоморфологии Токмовского поднятия и сопредельных территорий**

Изучением геоморфологической и структурно-неотектонической зональности Восточно-Европейской платформы занимались многие исследователи: Бабак В.И., Макаров В.И., Макарова Н.В., Макеев В.М., Копп М.Л., Костенко Н.П., Корчуганова Н.И., Суханова Т.В., Хаин В.Е., Щукин Ю.К. и др. Под руководством В.И. Бабака была издана карта геоморфолого-неотектонического районирования нечерноземной зоны РСФСР, в которой были заложены основные современные подходы к районированию и зональности неотектонических структур (Бабак, 1980).

Исследования неотектонического строения Восточно-Европейской платформы (ВЕП) с применением автоматизированных систем обработки линеаментов проводят Панина Л.В., Зайцев В.А, Сенцов А.А и др. Эти исследователи придерживаются слоисто-блоковой модели выделения новейших структур (Панина и др., 2016).

Предшественником современных исследователей неотектоники северо-западной части Токмовского поднятия можно считать А.А. Асеева, который в своей монографии, посвященной изучению палеогеографии долины средней и нижней Оки в четвертичный период (1959 г.), сделал попытку восстановить цикличность проявления долинных геоконплексов. Также он дифференцировал плейстоцен-голоценовый период на этапы и связал их, в том числе, с неотектоническими движениями (Воробьев, 2021).

Систематическое изучение неотектонического строения северо-западной части Токмовского поднятия и прилегающих территорий началось с исследований В.И. Макарова, Н.В. Макаровой и Т.В. Сухановой, которыми впервые была построена карта неотектонической зональности этой территории и описано происхождение Окско-Цнинского вала (Макаров и др., 1999). Ими отмечено отсутствие активных разрывных нарушений в осадочном чехле и преимущественное развитие изгибных деформаций на данной территории. Также изучением этой и смежных территорий

занималась Н.И. Корчуганова, исследовавшая Окско-Донской прогиб и его зонально-секторальное структурно-геоморфологическое строение и охарактеризовавшая основные новейшие структуры прогиба (Корчуганова и др., 2012<sup>2</sup>). М.Л. Копп также изучает данную территорию и смежные с ней. Он рассматривает геодинамику денудационных уступов и их связь с региональными неотектоническими напряжениями (Копп, 2011).

В.И. Макаровым, Н.В. Макаровой и Т.В. Сухановой на данной территории были впервые выделены ГдАЗ (геодинамически активные зоны), являющиеся зонами повышенной трещиноватости. По В.И. Макарову: «они представляют пространственно изолированные линейные или изометричные объемы (участки) земной коры разного масштабов, в которых в силу разных причин имеются или могут возникнуть условия для концентрации и разрядки тектонических напряжений и повышенных градиентов движений и деформированности пород. Таковы, в частности, зоны, развивающиеся в условиях динамического сопряжения структурных форм или неоднородных геолого-геофизических сред между собой, которые сопровождаются аномалиями тектонических напряжений и деформируемости» (Макаров и др., 2007). В пределах Токмовского поднятия и прилегающих к нему территорий, геодинамически активные зоны являются зонами концентрации современных напряжений, приуроченных к границам разнородных и разнотипных неотектонических структур. Также с ГдАЗ зачастую связано интенсивное карстообразование и суффозия. Зоны повышенных напряжений и интенсивные экзогенные процессы как непосредственно, так и опосредованно могут негативно отразиться на безопасности людей.

По данным Н.В. Макаровой, В.И. Макарова, Н.И. Корчугановой «минимальное погружение поверхности М тяготеет к Окско-Донскому геодинамически активному прогибу» (Макарова и др., 2003). Вероятно, подъем мантийного вещества вызывает утонение земной коры под Окско-Донским прогибом и растекание его в стороны, в том числе, под Приволжскую возвышенность. Это послужило одной из причин отнести

Оксо-Донской прогиб к геодинамически активным, генерирующим напряжения растяжения в приповерхностной зоне рельефа. Очевидно, что в этих условиях древние отложения и структуры, в т. ч. и разломы, подвергаются преобразованию в условиях современного поля напряжений.

*Геоэкологическая значимость неотектонической зональности.* Одной из основных задач геоэкологии является снижение ущерба окружающей среде от природных и природно-техногенных катастроф и обеспечение безопасного проживания людей (Осипов, 1993). В связи с этим, проблемы геоэкологии и устойчивого природопользования особенно актуальны для изучаемой территории. При проектировании особо сложных и ответственных объектов необходимо минимизировать ущерб, наносимый окружающей среде во время их строительства и эксплуатации. Исследования, проведенные в Муромском филиале ВлГУ, выявили обеспокоенность возможным строительством АЭС жителей и администрации городов, находящихся в непосредственной близости от объекта в связи с большим количеством карстовых провалов (Чайковская, 2013). Их развитие определяется наличием сульфатно-карбонатных пород, гидрогеологическими условиями и структурно-геоморфологической зональностью территории. Поэтому, при проведении исследований необходимо учитывать эти особенности строения территории, включая ГДАЗ и линеаменты.

Также при выборе площадки для размещения АЭС необходимо обращать внимание на НП-032-01 и СП 499.1325800 (Федеральные нормы..., 2002; Инженерная ..., 2021; Рекомендации ..., 2012) и ТСН 22-308-98НН (Территориальные..., 1999). В рекомендациях по проведению инженерных изысканий и ТСН 22-308-98НН отдельные разделы посвящены геоэкологическим аспектам карстовых процессов, которые необходимо учитывать при хозяйственном освоении закарстованных территорий. Основными аспектами являются: оценка скорости растворения карстующихся пород, определение нагрузки на кровлю полостей и уязвимости закарстованных территорий к техногенным загрязнениям. Эти

аспекты влияют на вероятность проявления внезапных провалов.

На основе данных, полученных при тщательном изучении участка предполагаемого строительства, можно выделить как участки наиболее подверженные распространению опасных процессов, так и относительно безопасные. Для каждого планируемого объекта необходимо, помимо прочего, проводить детальное крупномасштабное изучение структурно-геоморфологической зональности и выяснение структурно-геодинамических условий территории, поскольку они являются значимыми для размещения техногенных объектов (Макеев и др., 2015).

**Выводы.** Первые региональные схемы неотектонического районирования, включающие исследуемую территорию, были составлены В.И. Бабаком. Однако, детальные структурно-геоморфологические исследования, позволяющие районировать интенсивные экзогенные процессы, не проводились.

Важной особенностью исследуемой территории является наличие двух региональных неотектонических структур - Токмовского поднятия и Окско-Донского прогиба. Место сочленения этих структур выражено в рельефе Окско-Муромским и Окско-Клязьминским локальными прогибами сдвигового типа. Эти прогибы рассматриваются в качестве геодинамически активных зон, которые впервые были выделены В.И. Макаровым, Н.В. Макаровой и Т.В. Сухановой. В этих зонах развиваются интенсивные экзогенные процессы, которые имеют геоэкологическое значение.

На основе данных, полученных при тщательном изучении участка предполагаемого строительства, можно выделить как участки наиболее подверженные распространению опасных процессов, так и относительно не подверженные этим процессам, т.е. безопасные. Для каждого проектируемого объекта необходимо, помимо прочего, проводить детальное структурно-геоморфологическое картирование и выяснение структурно-геодинамических условий площадок. Эти исследования являются значимыми для безопасного размещения техногенных объектов.

## **Глава 4. Структурно-геоморфологическая зональность северо-западной части Токмовского поднятия**

Структурно-геоморфологическая или неотектоническая зональность основана на анализе рельефа и геологического строения территории исследований.

### **4.1. Геоморфологические ступени**

Представление о связи морфологии рельефа, климата и новейшей тектоники появилось достаточно давно, В.Е. Хаин в 1950 г писал: «Строение рельефа определяется повторяющимися эрозионно-аккумулятивными (тектоно-климатическими) циклами, связанными с неравномерным или непрерывно-прерывистым развитием неотектонических движений и глобальными циклическими изменениями климата» (Хаин, 1959).

В то же время, А.А. Асеев связывал ритмичность неотектонических, и в частности, четвертичных движений Восточно-Европейской платформы как с общей ритмикой тектонических движений, так и с локальными эффектами гляциоизостазии (Асеев, 1972 г.). В настоящее время основными источниками неотектонических деформаций в центральных частях Восточно-Европейской платформы считаются напряжения, распространяющиеся со стороны геодинамически активных областей (Кавказский ороген и Прикаспийский прогиб) и, возможно, мантийные плюмы. Гляциоизостатические движения считаются одним из основных факторов, объясняющих современную активность Фенноскандии.

Установление скорости неотектонических деформаций рельефа осуществляется, главным образом, при определении возраста поверхностей выравнивания и речных террас, рассматриваемых в качестве циклических (Макарова и др., 2011).

В рельефе отражение цикличности проявляется в ступенчатых склонах. С ними связана последовательность накопления коррелятных отложений во впадинах. Каждый цикл включает врез, выраженный невысоким склоном и прилежащую к его подножию поверхность выравнивания – педимент. Врез

формируется в период тектонического поднятия территории с учетом климата, а поверхность выравнивания, сопряженная с аккумуляцией – во время его прекращения. При этом принимается, что глубина вреза равна амплитуде поднятия.

Для выделения в рельефе геоморфологических ступеней (рисунок 4.1) были построены структурно-геоморфологические разрезы. Один из них приведен на рисунке 4.2. Разрезы были построены с использованием топокарт, ЦМР (DEM ALOS, 30 м), космоснимков и геологических карт 1: 200 000 и 1: 1 000 000 масштаба. В результате было выделено 6 эрозионно-денудационных поверхностей и 4 надпойменные террасы, проведен анализ геологического строения, выявлено положение каждой поверхности в рельефе и определен ее возраст.



Рисунок. 4.1. Геоморфологические ступени, выделяемые на местности (показаны пунктиром).

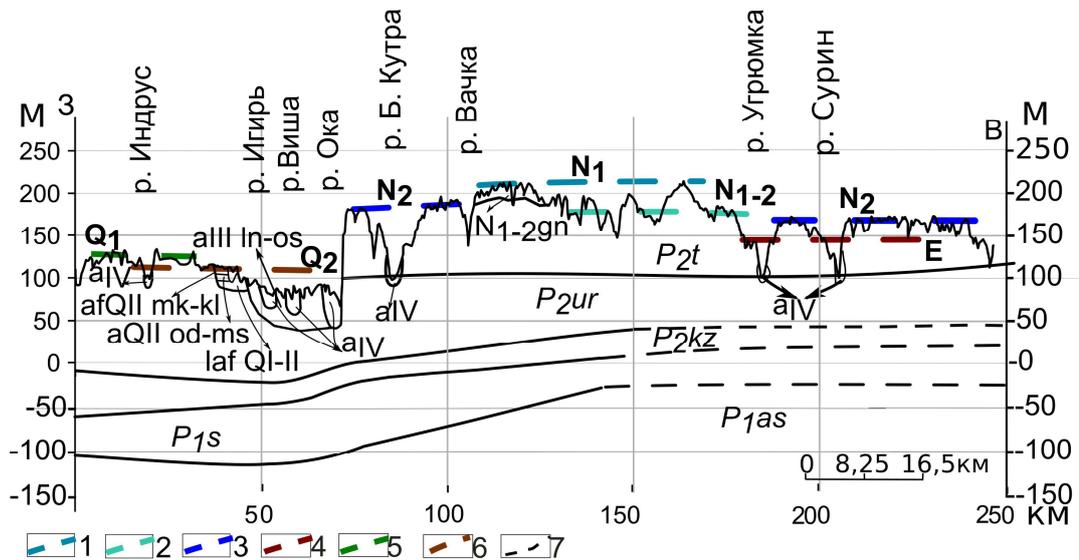


Рисунок 4.2. Структурно-геоморфологический разрез по линии 1-1 (положение профиля см. на рисунок. 4.9).

Денудационные поверхности и их возраст: 1  $N_1^2$ , 2  $N_{1-2}$ , 3  $N_2$ , 4  $E$ , 5  $Q_1$ , 6  $Q_2$ ; 7 – скважины и их номер; 8 – предполагаемые стратиграфические границы (сплошные линии – достоверные). Пермские отложения. Нижний отдел:  $P_{1as}$  – ассельский и  $P_{1s}$  – сакмарский ярус; средний отдел:  $P_{2kz1}$  – нижняя часть казанского яруса,  $P_{2kz}$  – казанский ярус,  $P_{2ur}$  – уржумский ярус и  $P_{2t}$  – татарский ярус. Миоцен, свиты:  $N_{1bs}$  – бушуевская и  $N_1^3gr$  – горелкинская. Речные террасы:  $a_{III} ln-os$  – первая (ленинградско-осташковский горизонт),  $af_{QII} mk-kl$  – вторая (микулинско-калининский горизонт),  $a_{QII} od-ms$  – третья (одинцовско-московский горизонт) и  $a_{IV}$  – пойма. Отложения:  $e-d_{QII-IV}$  – элювиально-делювиальные,  $laf_{QI-II}$  – озерные, аллювиальные и флювиогляциальные (Коробова и др., 2021).

Ступени были продатированы согласно современной стратиграфической шкале. При этом учитывалось изменение нижней границы четвертичных отложений с 1,8 млн. лет до 2,59 млн. лет (Борисов, 2010).

*Денудационные поверхности.* Первая (среднемиоценовая) поверхность ( $N_1^2$ ) является самой высокой из всех и наиболее древней. Развита весьма ограниченно. Ее фрагменты сохранились на водоразделах с абс. отметками 200-220 м (рисунок. 4.3). Расположена в пределах самой высокой части Токмовского поднятия у города Вача и занимает небольшие участки. Данная поверхность выработана в пермских коренных отложениях и перекрыта четвертичными лессовидными суглинками мощностью до 10 м. Ей соответствуют аллювиальные отложения бушуевской свиты миоцена.

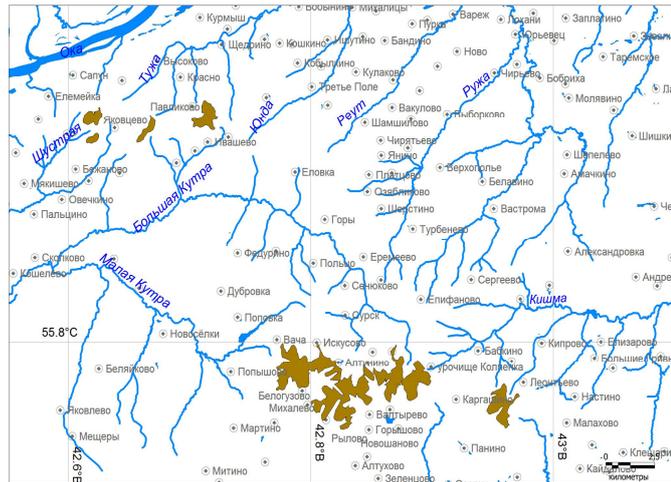


Рисунок 4.3. Распространение среднемиоценовой денудационной поверхности. Показана светло-коричневым цветом.

Вторая (позднемиоценовая) поверхность ( $N_{1-2}$ ) врезана в первую. Абс. отметки поверхности – 180-200 м. Расположена в пределах Токмовского поднятия, занимает ее северную часть, доходя до широтного участка Оки и небольшую площадь у с. Мухтолово на юго-востоке территории (рисунок. 4.4.). Выработана, в основном, в коренных пермских отложениях и перекрыта покровными-четвертичными покровными суглинками, мощностью до 10 м. Ей соответствуют аллювиальные отложения шешминских слоев конца миоцена и челнинских слоев начала плиоцена (Ликина, Петрова, 2015).

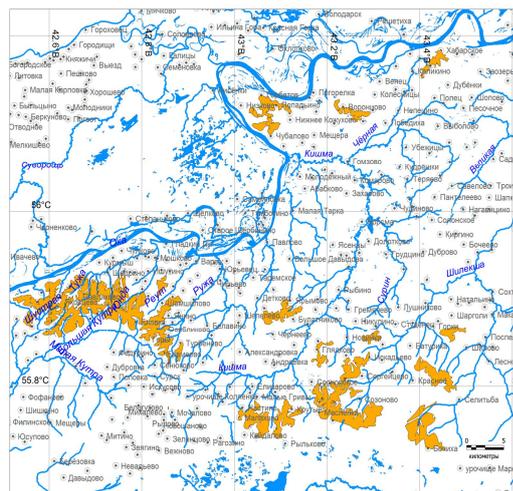


Рисунок 4.4. Распространение денудационной поверхности  $N_{1-2}$ . Показана темно-желтым цветом.

Третья (плиоценовая) поверхность ( $N_2$ ) врезана во вторую. Поверхность находится на абс. отметках 160-180 м. Распространена в

междуречье Теши и Серези, также занимает часть северного склона Токмовского поднятия, обращенную к р. Кишма и Гороховецкое поднятие (левобережье Оки) (рисунок 4.5). Выработана в коренных пермских отложениях татарского яруса. Выше залегают покровные четвертичные. Поверхности соответствует аллювий афонинской свиты плиоцена.

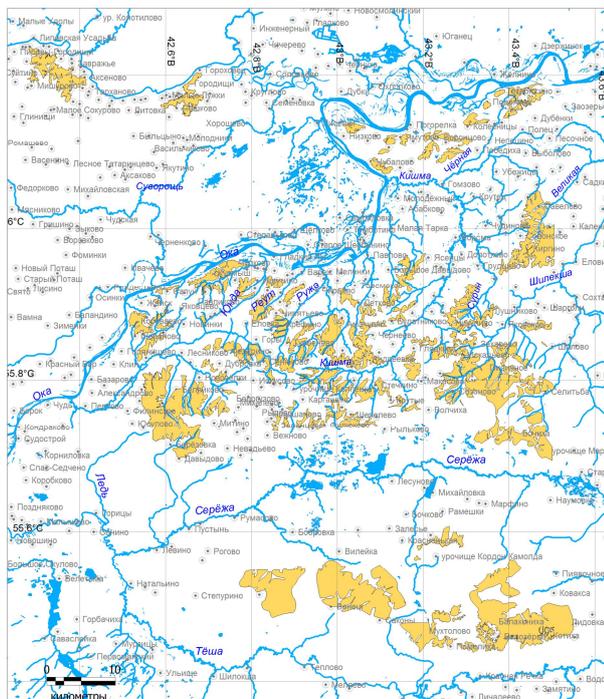


Рисунок 4.5. Распространение денудационной поверхности  $N_2$ . Показана желтым цветом.

Четвертая (верхнезоплейстоценовая-нижнеоплейстоценовая) поверхность (E) развита на абс. отм. 140-160 м. Основная область распространения-междуречье Теши и Серези, занимает среднюю часть северного склона Токмовского поднятия, обращенную к р. Кишма и Гороховецкое поднятие (левобережье Оки) (рисунок. 4.6). Также расположена на отрогах Окско-Цнинского вала на юго-западе территории. Ее образование связано с аллювиально-коллювиальными отложениями конца эоплейстоцена и петропавловско-покровским циклом, завершающим этапом которого является донское оледенение. Поверхность выработана на глинах и мергелях татарского яруса верхней перми.

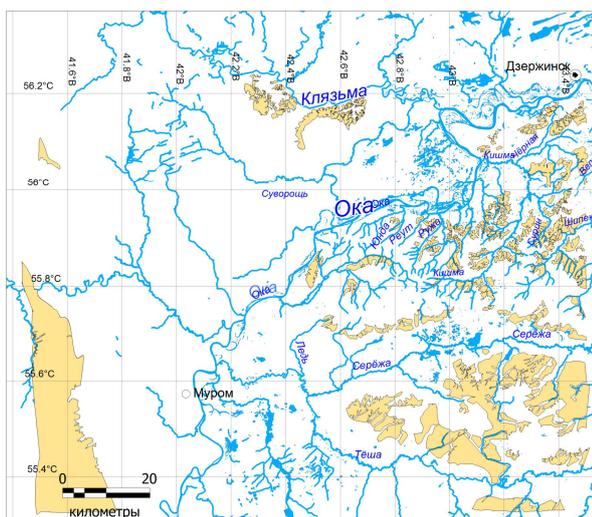


Рисунок 4.6. Распространение эоплейстоценовой поверхности (E). Показана желтым цветом.

Пятая поверхность образовалась во вторую половину раннего неоплейстоцена (мучкапско-окский цикл,  $Q_1$  мс-ок), находится на абс. отметках 120-140 м. Развита на Монаковской ступени Токмовского поднятия и довольно широко на левобережье Оки (рисунок 4.7). Поверхность расположена на флювиогляциальных и гляциальных донских отложениях.

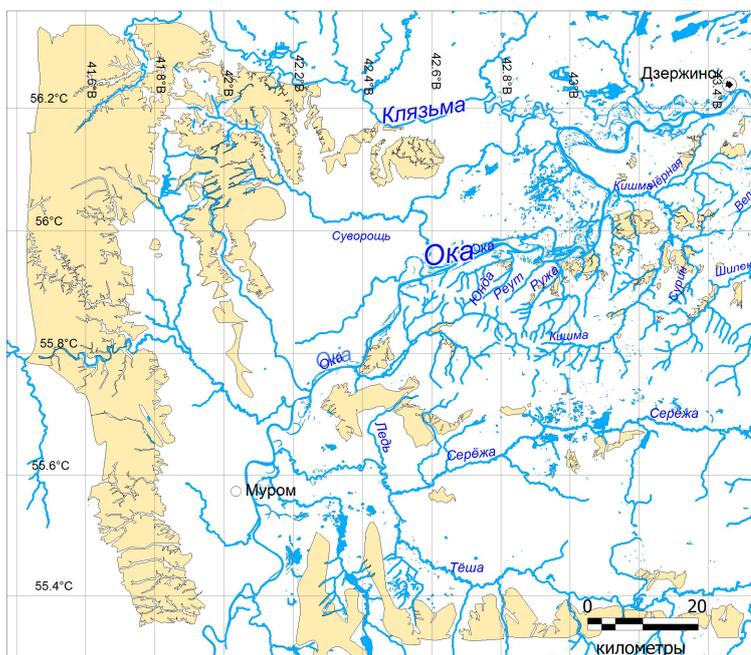


Рисунок 4.7. Распространение раннеоплейстоценовой поверхности ( $Q_1$ ). Показана желтым цветом.

Шестая поверхность сформировалась в первую половину среднего неоплейстоцена (калужского цикла,  $Q_2$  кж), расположена на абс. отметках 100-

120 м и коррелируется с четвертой надпойменной террасой (115-117 м). Зачастую примыкает к 4-й террасе, развита повсеместно (рисунок 4.8). Расположена на делювиальных образованиях нижнего и среднего неоплейстоцена и неогеновых аллювиальных отложениях.

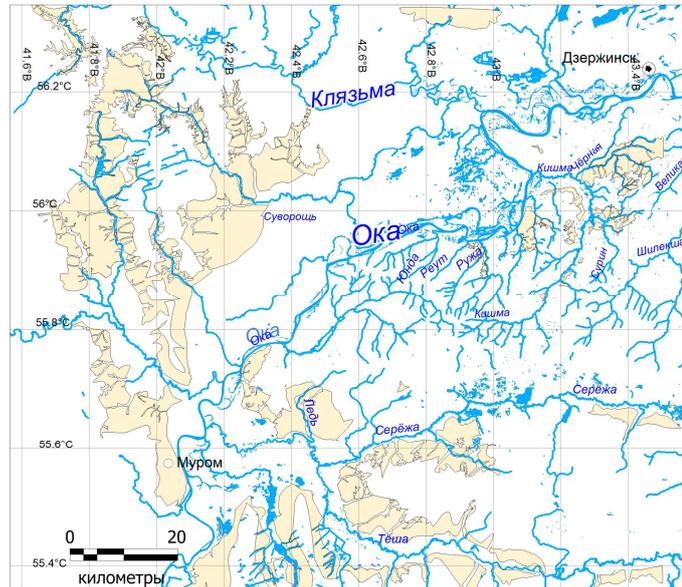


Рисунок 4.8. Распространение поверхности первой половины среднего неоплейстоцена ( $Q^1_2$ ). Показана светло-желтым цветом.

*Речные террасы.* Четвертая терраса представлена отложениями калужского горизонта, ( $a_4\Pi k\check{z}$ ). Распространена в верховьях речных долин на левобережье Оки, Кишмы и Илевны. Сопряжена с шестой (самой низкой) поверхностью выравнивания, в ряде случаев сложно дифференцируема. По данным из записок к геологическим картам и описаний скважин терраса сложена песками с линзами и прослоями суглинков мощностью до 26 м. Абс. отметки поверхности – 110-120 м.

Третья терраса представлена отложениями чекалинско-московского (одинцовско-московского) горизонта ( $a_3\Pi\check{c}k-ms$ ). Распространена повсеместно, в том числе, на левом берегу Клязьмы, Суворови, Илевны, Оки, Кишмы, Тешы и Сережи. Представлена аллювиальными песками и суглинками мощностью до 23 м (Шестакова, 1977<sup>2</sup>). Абс. отметки поверхности 100-110 м.

Вторая терраса представлена отложениями микулинско-калининский горизонта ( $a_2\Pi\Pi k-k_l$ ). Распространена на левом берегу Клязьмы, Суворови,

Илевны, Оки, Кишмы, Теши и Сережи. Выполнена песками иногда с гравием, суглинками и глинами мощностью до 25 м. Абс. отметки поверхности террасы 90-100 м.

Первая терраса представлена отложениями ленинградско-осташковского горизонта, ( $a_1III_{n-os}$ ). Распространена повсеместно, в том числе, на левом берегу Клязьмы, Суворочи, Илевны, Оки, Кишмы, Теши и Сережи. Сложена аллювиальными песками (в основании с гравием), суглинками и глинами мощностью до 23 м. Абс. отметки поверхности террасы – 80-90 м.

Пойма ( $aIV$ ) развита на всей территории. Особенно широкая она в пределах субширотного участка Оки и в устье Клязьмы, местами достигает 30 км. Сложена преимущественно песками в основании с гравием, в приповерхностной части - суглинки, глины и торф. Общая мощность до 26 м. Абс. отметки поверхности – 70 м.

С учетом разрезов, ступеней, террас и неоген-четвертичных отложений была построена структурно-геоморфологическая карта (рисунок 4.9). В распределении поверхностей прослеживается определенная зональность. В западной части исследуемой территории, относящейся к восточной части Окско-Донского прогиба и склону Окско-Цнинского вала, поверхности (ступени) имеют субмеридиональное и северо-восточное простирание. Как правило, они невысокие, плоские и выровненные, иногда сложно отличимые от террас. Наиболее расчлененный рельеф в устье Клязьмы, в районе г. Гороховец и Вязники. Ока расположена в восточной части Окско-Донского прогиба и является естественной границей между структурами Токмовского поднятия и Окско-Донского прогиба.

Восточная часть территории, относящаяся к Токмовскому поднятию, на наиболее высоких участках представлена фрагментами самой древней (среднемиоценовой) поверхности выравнивания. Эти фрагменты имеют преимущественно субширотный характер распространения. Более молодые поверхности миоценового возраста распространены более широко и также

имеют субширотное простирание. Особенно их простирание подчеркивается долинами рек, в которых развиты четыре речные террасы. Это может указывать на устойчивое развитие Токомвского поднятия.

В центральной части территории в пределах участка, примыкающего к Оке, развиты отложения неогеновых палеодолин северо-восточного простирания.

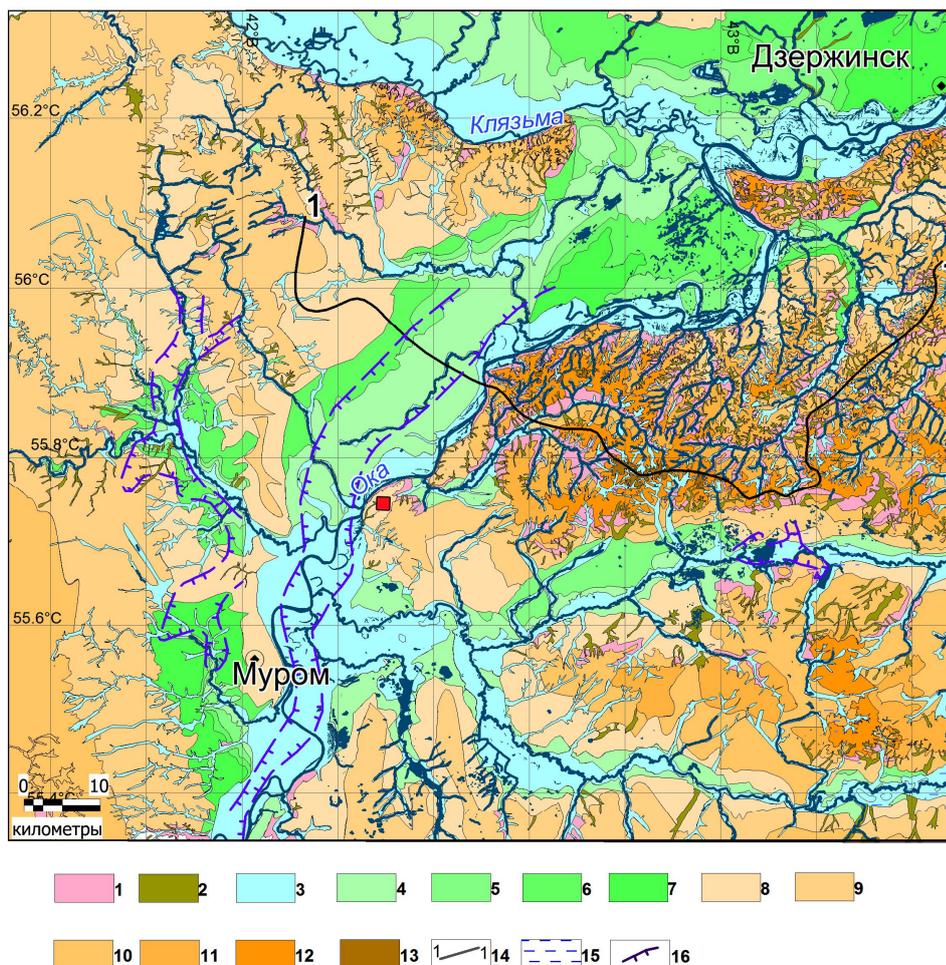


Рисунок 4.9. Структурно-геоморфологическая карта северо-западной части Токомвского поднятия.

1 - склоны, 2 - овраги и ложбины, 3 - пойма, 4 - 7 речные террасы: 4 - I; 5 - II; 6 - III; 7 - IV; 8 - 13- поверхности выравнивания (ступени): 8 - Q<sub>2</sub>; 9 - Q<sub>1</sub>; 10 - E; 11 - N<sub>2</sub>; 12 - N<sub>1-2</sub>; 13 - N<sub>1</sub><sup>2</sup>; 14 - линия разреза; 15 - заболоченные участки, 16 - палеодолины.

Поверхности выравнивания и речные террасы разного возраста и происхождения имеют различное простирание, связанное с характером развития Токомвского поднятия и Окско-Донского прогиба, как новейших

структур. Токмовское поднятие, формирующееся устойчиво с позднего миоцена, характеризуется четвертичной субширотной структурно-геоморфологической зональностью. Окско-Донской прогиб является более молодым. В его пределах Ковровско-Касимовское субмеридиональное плато начало формироваться в эоплейстоцене. До этого времени в его пределах происходило осадконакопление. Изменение знака движения связано с активизацией движений в прогибе, как источника современных тектонических напряжений (Юдахин и др., 2003).

#### **4.2. Новейшие структуры (неотектоника)**

Анализ структурно-геоморфологических поверхностей (рисунок 4.9), в т.ч. речных террас позволил выделить новейшие структуры разных порядков – первого и второго. Структурами первого порядка являются: 1. Ковровско-Касимовское плато, занимающее западную часть территории, 2. Окско-Муромский прогиб, расположенный в центральной и северной частях, и 3. северо-западная часть Токмовского поднятия, находящаяся на востоке. Эти структуры, в свою очередь, делятся на ряд более мелких структур второго порядка.

1. Ковровско-Касимовское плато состоит из структур второго порядка: восточного склона Окско-Цнинского поднятия (ОЦ), Муромской ступени (МрС), Гороховецкого поднятия (ГП) и Окско-Муромского прогиба (ОМ).

*Восточный склон Окско-Цнинского поднятия (вала)* занимает самое западное положение. Возраст поверхностей, ее слагающих, был определен как эоплейстоцен-ранний неоплейстоцен. Их высоты порядка 120-160 м над ур. моря. Встречаются карстово-суффозионные процессы с неравномерным характером распределения. Некоторое сгущение наблюдается в южной половине вала.

*Муромская ступень* является частью Ковровско-Касимовского плато. Основные высоты 120-140 м. Согласно выделенным геоморфологическим поверхностям, возраст Муромской ступени – ранний и средний неоплеистоцен.

Экзогенные процессы в основном эрозионные: овраги, ложбины и карст. Карст развит в меньшей степени, чем на ОЦ.

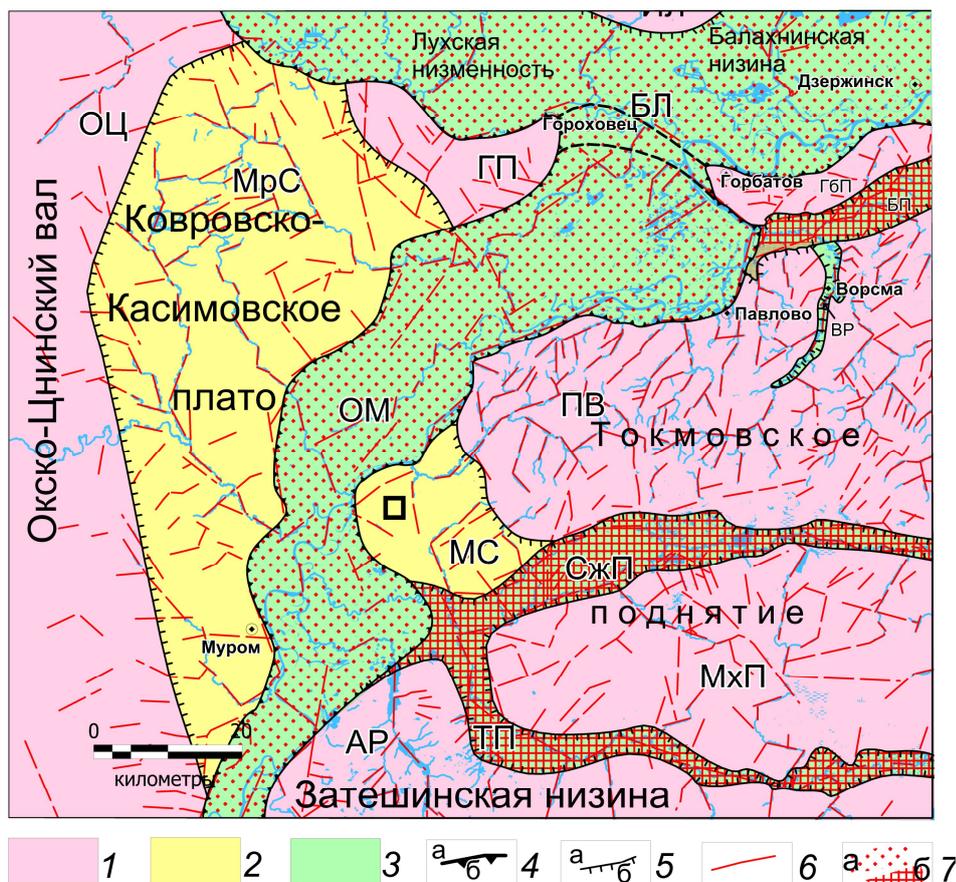


Рисунок 4.10. Неотектоническая карта северо - западной части Токмовского поднятия с ГДАЗ.

1 - поднятия, 2 - ступени, 3 - прогибы, 4 - границы структур I порядка, 5 - границы структур II порядка, 6 - линеаменты, 7 – ГДАЗ: а - региональные; б - локальные. Названия структур на карте: Поднятия: ОЦ - Окско - Цнинский вал, ГП - Гороховецкое ПВ - Павловское МхП - Мухтоловское Ар - Ардатовское, ГбП - Горбатовское. Структурные ступени: МрС - Муромская, МС - Монаковская. Прогибы: Ом - Окско - Муромский, БЛ - Балахнинский, БП - Богородский, ВР - Ворсменский, СжП - Серезинский, ТП - Тешинский.

*Гороховецкое поднятие* в рельефе представлено Гороховецким отрогом. Высоты поднятия до 160 м, возраст поверхностей — поздний плиоцен-эоплейстоцен. Экзогенные процессы представлены в основном овражной эрозией и оползневыми, развивающимися по донским моренным отложениям.

2. Окско-Муромский прогиб занимает центральную часть территории исследований и сливается на севере с Балахнинским прогибом (низиной). К

прогибу приурочен террасовый комплекс рек Оки и Клязьмы. Прогибы приурочены к крупным геодинамически активным зонам, отвечающим границам неотектонических структур: Токмовского поднятия и Ковровско-Касимовского плато. Здесь выражены процессы суффозии, карст, оползневые процессы, также выражена заболоченность. Развита 4 террасы Оки и 3 Клязьмы.

### 3. Новейшие структуры северо-западной части Токмовского поднятия.

В северо-западной части Токмовского поднятия выделены Горбатовское поднятие (ГБП), Богородский (БП) и Ворсменский (ВР) прогибы, Павловское поднятие (ПВ), Монаковская ступень (МС), Мухтоловское поднятие (МхП), Тешинский прогиб (ТП), Ардатовское поднятие (АР) и Сержинский прогиб (СжП).

*Горбатовское поднятие* выделено на правом, высоком берегу субширотного участка р. Оки. Возраст развитых поверхностей здесь – не древнее позднего миоцена. Средняя высота поднятия порядка 180 м. По коренным породам развиты овражная эрозия и гравитационные процессы. Карст приурочен к склонам и разновозрастным палеодолинам.

*Богородский и Ворсменский* прогибы наследуются р. Кишма. Богородский прогиб имеет северо-восточное простирание. Ворсменский прогиб – субмеридиональный и, возможно, является карстовым по происхождению. Сильно выражен карст у города Ворсма в пределах одноименного прогиба.

*Павловское поднятие* – обширное широтное поднятие с более крутым северным склоном и более пологим южным. В его пределах развиты все поверхности выравнивания, известные на изучаемой территории. Самая высокая среднемиоценовая (200-210 м). Карст проявляется на склонах поверхностей и приурочен к небольшим палеодолинам, вскрывающим уржумские глины и сульфатно-карбонатные породы перми. Самые высокие участки поднятия перекрыты мореной и покровными отложениями, в которых карстовые провалы образуются реже.

*Монаковская ступень* расположена на сопряжении с Оксо-Муромским прогибом. Для нее характерны поверхности ранне- и среднечетвертичного возраста высотой до 140 м. Ступени выработаны по уржумским глинам и перекрыты моренными суглинками, тем самым, не допуская интенсивного развития карста. Но так же как и в пределах других структур, присутствуют неогеновые палеодолины, что является дополнительным фактором для развития карстового процесса. На правобережье Оки также развиваются гравитационные и в пойме суффозионные процессы.

*Сержинский прогиб* – субширотный и наследуется одноименной рекой. Он заложен в зоне сопряжения двух поднятий: Павловского и Мухтоловского. В его пределах хорошо выражены экзогенные процессы, главным образом, карст.

*Мухтоловское поднятие* является субширотным. Максимальные высоты достигают 160-180 м, возраст поверхностей – плиоценовый. Структура также имеет ассиметричное строение – северная часть поднятия более высокая, южная положе. Экзогенные процессы (карст, суффозия, овражная эрозия) сильнее выражены на более низких участках, чем на высоких из-за покровных отложений. На низких их мощность небольшая.

*Тешинский прогиб* наследуется долиной р. Тёша. По данному прогибу выделяется локальная ГдАЗ. В пределах ТП также интенсивно развиты экзогенные процессы, основным из них является карст.

*Ардатовское поднятие* занимает южную часть территории. На нем развиты поверхности среднего и раннего неоплейстоцена (абс. отм. около 140 м). На поднятии выделяются карстовые процессы, а также овражная эрозия и оползни на крутых участках склонов.

Итак, анализ структурно-геоморфологических поверхностей, в т.ч. речных террас позволил выделить новейшие структуры, которые делятся на ряд более мелких. Рассмотренные структуры имеют разную морфологию, в т.ч. простирание, возраст и масштаб проявления, позволяющие сгруппировать их в зональность субмеридионального и субширотного простирания.

Анализ происхождения неотектонических структур.

Согласно региональной неотектонической схеме (рисунок 4.11), исследуемая территория подвергается воздействию разнородных неотектонических (современных) напряжений со стороны одной из вершин Токмовского свода (Темниковской) и Окско-Донского активного прогиба (Макарова и др., 2015).

В связи с поднятием Токмовского свода по глинистым отложениям среднего девона происходит постепенное смещение осадочного чехла с юга сотороны Темниковской вершины в северном направлении в сторону широтного участка Клязьмы и Оки. На эти движения указывает южная асимметричность поднятий и прогибов субширотного простирания, развитых на склоне Токмовского поднятия. У этих складок северные крылья пологие, а южные крутые. По этой причине они рассматриваются как складки тектон-гравитационного происхождения. В их формировании участвуют сбросового типа напряжения тектонического (рост свода) и гравитационного типа (сползание чехла, включая рельеф) субмеридионального простирания.

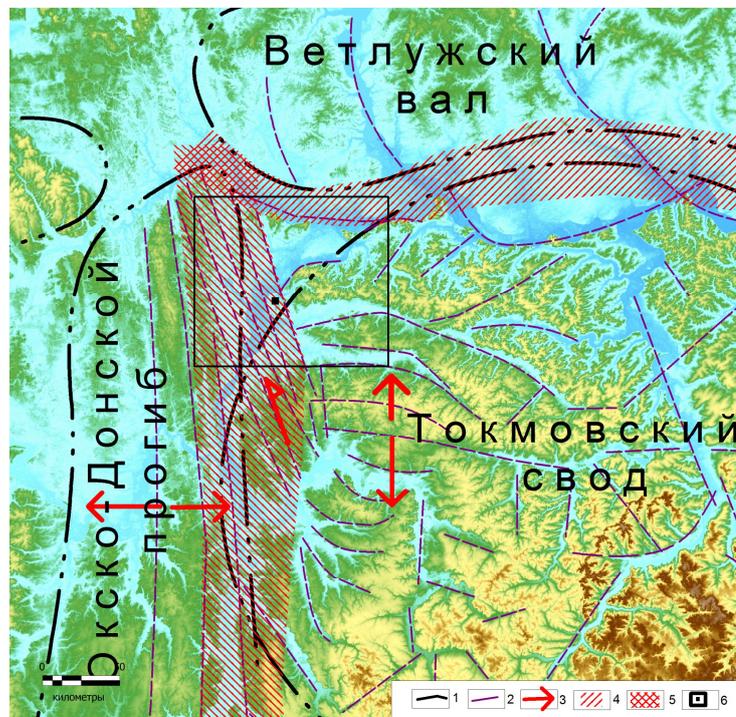


Рисунок 4.11. Региональная неотектоническая схема.

1 – условные границы структур, 2 – линеаменты, 3 – направления неотектонических движений, 4 – региональные ГдАЗ, 5 – участки наложения ГдАЗ, 6 – участок исследований.

Окско-Донской региональный прогиб является активным (Корчуганова и др.; Суханова, 2000) с точки зрения генерации современных полей напряжений растяжения. При воздействии напряжений субширотного растяжения происходит формирование поднятий и прогибов субмеридионального простирания (Окско-Цнинский вал и др.). Эти напряжения распространяются и на окраину Токмовского свода с формированием в его пределах небольших по размеру поднятий и прогибов субмеридионального простирания. На одном из них на Монаковском поднятии находится площадка НижАЭС с окрестностями.

На несогласном сочленении Токмовского поднятия и Окско-Донского прогиба развивается Окско-Муромская геодинамически активная зона сдвигового типа. Подобного типа зоны считаются концентраторами повышенных напряжений и простирания, в связи с сочленением (пересечением) в их пределах неотектонических структур субмеридионального и субширотного простирания. По этой причине они являются сдвиговыми, сопровождающимися образованием открытых трещин в рельефе и пермских отложениях. Это подтверждается дешифрированием линеаментов и полевыми наблюдениями.

#### **4.3. Геодинамически активные зоны и линеаменты**

Под термином ГдАЗ (геодинамически активные зоны) понимаются «...зоны, развивающиеся в условиях динамического сопряжения структурных форм или неоднородных геолого-геофизических сред между собой, которые сопровождаются аномалиями тектонических напряжений и деформаций» (Макаров и др, 2007).

На исследуемой территории на основе неотектонического строения выделены ГдАЗ: региональные (Окско-Муромская и Окско-Клязьминская) и локальные (Тешинская, Серезинская и Богородская).

*Окско-Муромская ГдАЗ* северо-восточного простирания (см. рисунок

4.10) приурочена к несогласному сопряжению меридиональных структур Ковровско-Касимовского плато (Окско-Донского активного прогиба) и широтных структур Токмовского поднятия. Она выражена одноименным прогибом, который наследуются нижним течением р. Оки. С точки зрения геологического строения эта зона приурочена к сочленению постепенного погружения погребенной поверхности Токмовского докембрийского свода и Московской палеозойской синеклизы (на северо-западе).

*Окско-Клязьминская ГдАЗ* является широтной. К этой зоне приурочены долины рек Оки и Клязьмы на севере рассматриваемой территории. Зона выделена впервые В.И. Макаровым как элемент строения более крупной панрегиональной Смоленско-Дмитровско-Ветлужской ГдАЗ. Ее происхождение связывается с сочленением Скандинавской и Альпийской геодинамических систем (Юдахин и др., 2003). Эта зона находится практически за пределами исследуемой территории, что не позволяет определить ее строение и условия формирования в данной работе.

С локальными ГдАЗ (Тешинская, Серезинская и Богородская) согласуются широтные Богородский, Серезинский и Тешинский прогибы, которые наследуются долинами рек Кишма, Тёша и Серёжа. Данные ГдАЗ в значительной степени контролируют локализацию и развитие карстовых и суффозионных процессов. К зонам приурочены погребенные долины различного порядка. Карстовые процессы в пределах этих зон в настоящее время довольно активны, периодически происходят провалы, например, в Белозерье. Их образование связывается с зонами концентрации напряжений и повышенной трещиноватости пермских и более молодых отложений. Формирование широтных ГдАЗ, сопряженных с южно-асимметричными поднятиями, происходит в условиях сбросовых напряжений растяжений. Они вызваны тектоно-гравитационным смещением осдочного палеозойского чехла по погребенной наклонной поверхности кристаллического фундамента в сторону широтного отрезка Оки. Основание палеозоя, сложенного глинистыми отложениями среднего девона, деформируется (смещается) под

воздействием растущего Токмовского поднятия. Это приводит к формированию асимметричных структур в северо-западной части Токмовского поднятия (Макарова и др., 2012).

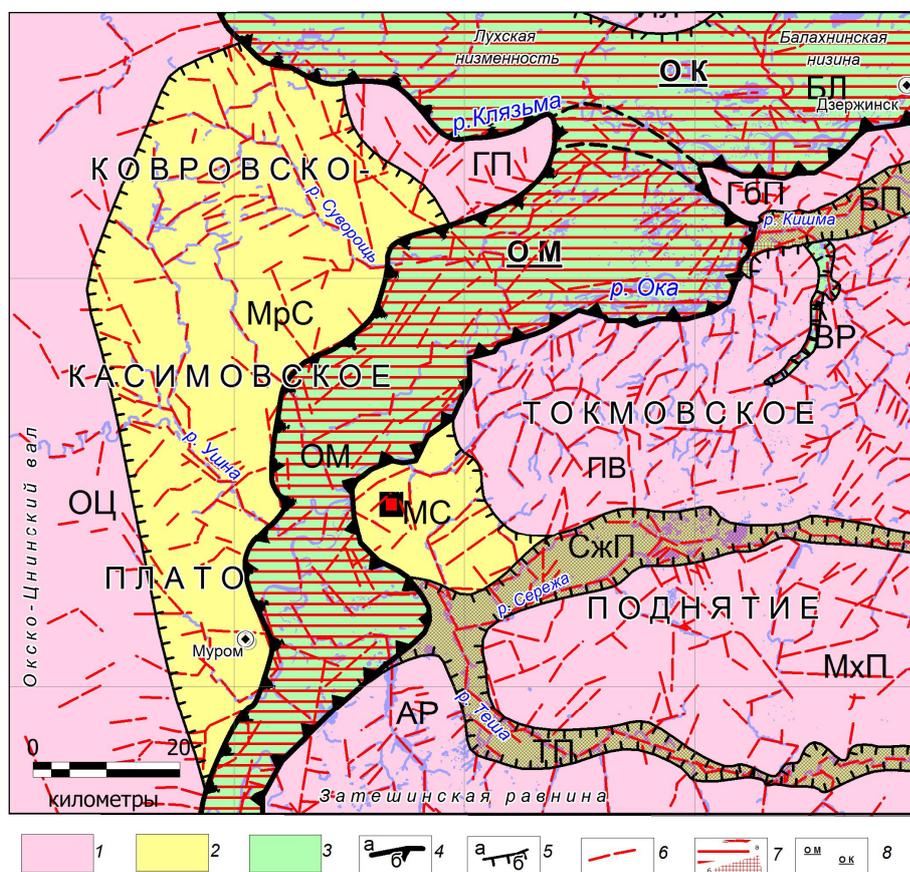


Рисунок 4.12. Линеаменты и геодинамически активные зоны (ГДАЗ).

1 - ГДАЗ: а - региональные, б - локальные; 2 - линеаменты, 3 - местоположение площадки Ниж АЭС.

На основе дешифрирования топокарт, SRTM и различных спутниковых снимков была выявлена сеть линеаментов различной ориентировки. На северо-западе Токмовского поднятия преобладают северо-восточные и меридиональные простирания. На склоне Окско-Цнинского поднятия (вала) и Ковровско-Касимовском плато, в основном, выделяются линеаменты северо-западного и меридионального простирания. Диагональные линеаменты характерны для Окско-Муромской ГДАЗ, широтные - для локальных ГДАЗ. Линеаменты, в основном, соотносятся с современной и погребенной эрозионной сетью и ею контролируются. линеаментов и

Итак, несогласное сочленение субширотных токмовских и

субмеридиональных окско-донских неотектонических структур приводит к формированию региональной Окско-Муромской ГдАЗ. Локальные ГдАЗ образуются в условиях концентрации напряжений и зон повышенной трещиноватости сбросового типа под влиянием тектоно-гравитационных деформаций структур Токмовского свода. Развитие открытых трещин растяжения подтверждается сгущением проявлений воронок карстово-суффозионного происхождения и оползневых форм рельефа.

#### **4.4. Метод расчета амплитуд и скоростей неотектонических движений**

На основе истории геологического развития территории, характера и местоположения отложений можно предположить, что в неогене произошло заложение речных долин, продолжавшееся в плиоцене и эоплейстоцене, до начала донского оледенения. В среднем неоплейстоцене рельеф начал приобретать современные черты, с образованием речных террас и голоценовой поймы, формирующейся и поныне.

Исходя из схемы, приведенной на рисунке 4.13, можно предположить существование, по крайней мере, двух крупных и множества мелких палеодолин неогенового возраста в пределах изучаемой территории или в непосредственной близости от нее. Точная датировка отложений весьма проблематична. Отложения относятся или к бушуевской, гунаевской, и афонинской свитам (Поздняков и др., 2018) или к среднемиоценовым ламкинским и горелкинским (Фадеева, 1997) и более ранним.

Для упрощения расчетов примем за наиболее корректные данные из карты и записки 2018 г., где выделяются  $N_1$  bs,  $N_{1-2}$  gn,  $N_{2af}$ . Наличие, как минимум, двух разновозрастных долин свидетельствует об интенсивных движениях в неогене.

Была произведена оценка скорости осадконакопления по формуле (Несмеянов, 2004г):

$$v = A/t,$$

где  $v$  – средние суммарные или постадийные скорости поднятий, они

выражаются в скорости осадконакопления (мм/год);

$A$  – амплитуда поднятия за этап (глубина вреза плюс высота эрозионного уступа террасы). (Если неизвестна высота эрозионного уступа, учитывалась мощность отложений) (мм);

$t$  – время, отвечающее продолжительности этапа (млн. лет)  
(<https://stratigraphy.org/ICSchart/QuaternaryChart1.jpg>).

У цикловых террас оценивается относительная глубина вреза и высота уступа над поверхностью террасы, а также продолжительность этапа. Согласно полевым наблюдениям, в рассматриваемом регионе высота уступа террас в среднем составляет 1,5-2,5 м. Глубина вреза и мощность отложений определялась по фондовым и литературным материалам (Седайкин, 1985), (записки к геологическим картам). У денудационных поверхностей оценивалась абсолютная высота и продолжительность этапа.

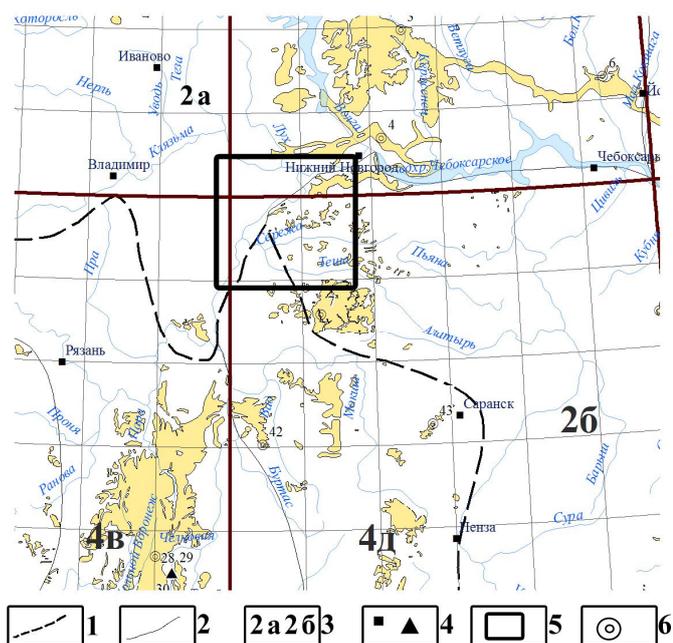


Рисунок 4.13. Границы распространения неогеновых палеодолин (Карпузова, Кириков, 2014).

1 - границы бассейнов, 2 - границы зон внутри бассейнов, 3 - бассейны (2а - Бассейн палео-Волги, зона Верхнее-Волжская, 2б - Бассейн палео-Волги, зона Восточно-Приволжская, 4в - Бассейн палео - Дона, зона Окско - Донская, 4д - Бассейн палео-Дона, зона Западно - Приволжская) 4 - обнажения или карьеры, 5 - территория исследований, 6 - скважины. Масштаб схемы 1:6 000 000.

В случае наличия корреляционных аллювиальных неогеновых

отложений, расчет производился, как в случае с четвертичными террасами. На основе полевых исследований установлено, что относительная высота уступа денудационных поверхностей обычно не превышает 20 м. На этих поверхностях и, особенно в тыловой их части часто накапливаются делювиальные и лессовые отложения, сглаживающие ступенчатость, что вызывает затруднения при их картографировании. Мощность покровных отложений (лессовидные суглинки) вычитается при оценке амплитуд и скоростей.

В рельефе рассматриваемого региона было выделено 6 денудационных поверхностей выравнивания (ступеней) и исследовано 4 речные террасы (см. рисунок 4.9).

На основе оценки мощности четвертичных, неогеновых отложений и глубины врезов (таблица 4.1) было установлено, что средняя скорость движений за четверичное время составляет около 1,5 мм/год. За неоген - 0,03 мм/год. Наибольшие скорости за четвертичный период в голоцене составляют 1,56 мм/год. В неогене и эоплейстоцене скорости оставались довольно низкими 0,03-0,02 мм/год. В первой половине среднего неоплейстоцена скорость движения увеличилась до 0,23 мм/год. Снижение скоростей характерно для первой половины среднего неоплейстоцена – 0,08 мм/год. Средняя амплитуда поднятия за четвертичный период составляет 13,08 м, а за неоген – 29,8 м.

Таблица 4.1. Оценка неотектонических движений Владимирско-Нижегородского региона (Коробова и др., 2022).

Эрозионно-аккумулятивные циклы и их возраст	Продолжительность, млн лет	Мощность аллювия, м	Абс. отм., м	Амплитуда поднятия, м	Скорость движения, мм/год
Речные террасы					
Пойма, aIV	0,011	13,6	70	16,6	1,56
Первая терраса, a <sub>1</sub> III ln-os	0,046	12,8	80-90	14,8	0,32
Вторая терраса, af <sub>2</sub> III mk-kl	0,07	4,3	90-100	6,3	0,09
Третья терраса, a <sub>3</sub> IIĉk-ms	0,115	10,8	100-110	12,8	0,11

Четвертая терраса, а <sub>4</sub> Шкž	0,185	12,9	110- 120	14,9	0,08
Денудационные поверхности выравнивания (ступени)					
Калужский цикл, Q <sub>2</sub> (шестая ступень)	0,126	28	100- 120	30	0,23
Мучкапско-окский цикл, Q <sub>1</sub> (пятая ступень)	0,781	32	120- 140	34	0,04
Петропавловско- покровский цикл, E (четвертая ступень)	1,80	26	140- 160	28	0,015
Воеводский, N <sub>2</sub> (третья ступень)	1,30	30	160- 180	32	0,025
Шешминско- челнинский цикл, N <sub>1-2</sub> (вторая ступень)	1,90	28	180- 200	30	0,016
Бушуевский цикл, N <sub>1</sub> (первая ступень)	0,90	23	200- 220	25	0,027

#### 4.5. Соотношение докайнозойских и неотектонических структур

Территория исследований расположена в зоне сочленения крупных неотектонических структур – северо-западной части Токмовского поднятия и Окско-Муромского прогиба (см. п. 4.2) (рисунок 4.14). По кристаллическому фундаменту выделены Темниковская (Первомайская) вершина с абс. отм. -1 км, Андреевский выступ с отм. -1,5 км, Нижегородская моноклираль с отм. -1,35 км до -1,6 км и Гороховецкая седловина с отм. -2 км. К прогибам относятся: Муромский (от -1,75 до -2 км) Меленковский (-2 км и ниже), Ковровский (от -1,75 до -2 км) и Лухский (-2,25 до -2 км). Центральное место на исследуемой территории занимает Муромский прогиб. Все остальные прогибы расположены в краевых частях территории и включены в нее частично. В поверхности фундамента выражен только один Жайский разлом запад – северо-западного простирания. В осадочном чехле, а конкретно в девонских отложениях также выделен один разлом субмеридионального простирания (см. главу 2).

Сопоставление разновозрастных крупных и локальных структур показало следующие результаты.

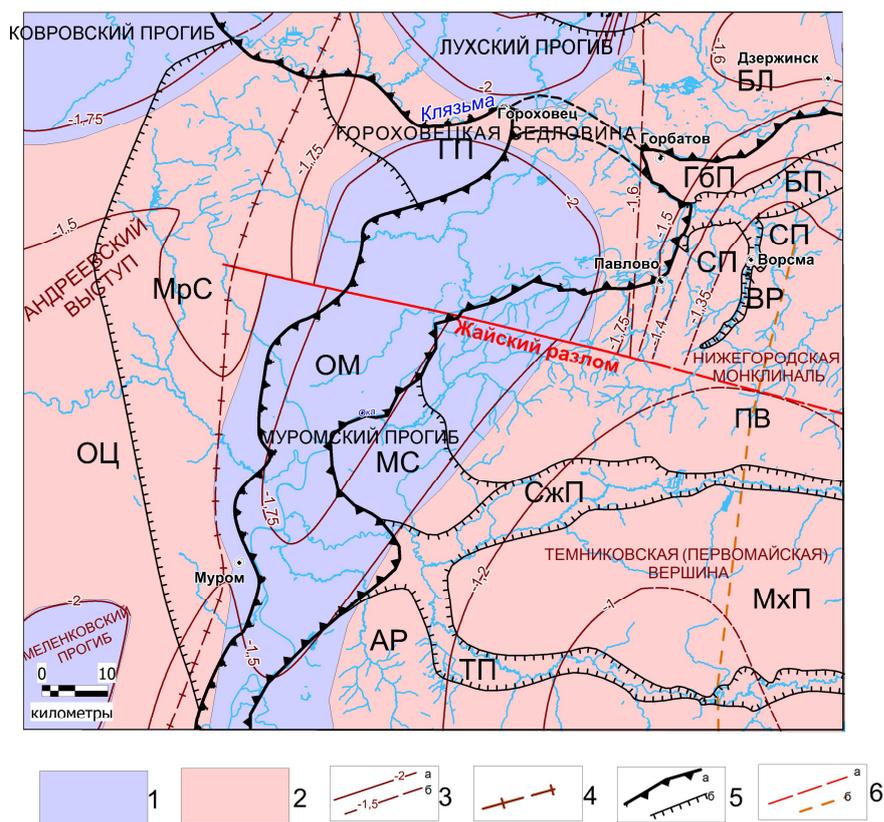


Рисунок 4.14. Наложение новейших структур на структуры фундамента района исследований.

Структуры фундамента: 1 - прогибы, 2 – поднятия, 3 - изогипсы поверхности фундамента, 4 - ось поднятия по фундаменту; 5 - новейшие структуры: а - региональные, б – локальные. 6 - Разломы: а - в фундаменте, б - в девонских отложениях. Неотектонические структуры. Поднятия: ОЦ - Окско - Цнинский вал (восточные отроги), ГП - Гороховецкое ПВ - Павловское МхП - Мухтоловское АР - Ардатовское, ГбП – Горбатовское; ступени: MrC - Муромская, MC – Монаковская; прогибы: OM - Окско - Муромский, БЛ - Балахинский, БП - Богородский, ВР - Ворсменский, СжП - Серезинский, ТП - Тешинский.

*Соотношение крупных структур.* Северо-западная часть Токмовского неотектонического поднятия, сопряженная с Окско-Муромским прогибом (как западная граница поднятия), согласуется со структурами поверхности кристаллического фундамента. Поднятию соответствует Темниковская вершина со склонами. Северный склон этой вершины переходит в Нижегородскую моноклираль. Окско-Муромский прогиб северо-восточного простирания согласуется с Муромским прогибом кристаллического фундамента. При этом Муромский прогиб замыкается в пределах Гороховецкой седловины.

*Соотношение локальных структур.* На западе территории новейший Окско-Цнинский субмеридиональный вал, согласно изолиниям кристаллического фундамента, несогласно соотносится с Андреевским выступом, Меленковским прогибом на юге и Ковровским прогибом на севере (рисунок 4.14). Неотектоническая структура Токмовского поднятия, выраженная в субширотных прогибах и поднятиях (Богородский, Серезинский, Тешинский прогибы и сопряженные с ними Павловское, Мухтоловское, Горбатовское Ардаатовское, поднятия), является несогласно наложенной на Темниковскую вершину и Нижегородскую моноклинали.

Таким образом, при сопоставлении неотектонических и древних тектонических структур было установлено, что, в основном, крупные неотектонические структуры согласуются со строением фундамента. Локальные структуры являются наложенными. Жайский разлом, секущий структуры фундамента с востока на запад (см. рисунок 4.14), и девонский разлом в современном рельефе не выражены, что может говорить об отсутствии их активности на протяжении новейшего и, возможно, более ранних тектонических этапов.

**Выводы.** На основании анализа геоморфологического строения исследуемой территории были выделены 6 эрозионно-денудационных поверхностей и 4 речные террасы, отличающиеся по возрасту, геологическому строению и положению в рельефе. Также были выделены неотектонические структуры как региональные (крупные), так и локальные.

Новейшие структуры, выделенные в результате структурно-геоморфологических исследований, в целом, совпадают со структурами поверхности кристаллического фундамента. Разлом, выделенный по поверхности фундамента, не находит своего отражения в новейших структурах.

Одними из основных элементов структурно-геоморфологической зональности являются ГдАЗ. Выделены 2 типа зон региональные (Окско-Муромская и Окско-Клязьминская) и локальные (Тешинская, Серезинская и

Богородская). К зонам приурочены интенсивные экзогенные процессы: суффозия, карст, оползни.

Неотектонические суммарные и поэтапные амплитуды поднятий в целом, относительно не велики и характерны для платформенных территорий. Оценены неотектонические суммарные и поэтапные амплитуды и скорости поднятий от минимальной 0,03 мм/год в среднем миоцене до максимальной 1,56 мм/год в голоцене.

На основании вышеизложенного сформулированы два защищаемых положения:

**Первое защищаемое положение.** В рельефе установлены разновозрастные эрозионно-денудационные и эрозионно-аккумулятивные цикловые ступени: среднего ( $N_1^2$ ) и позднего миоцена-раннего плиоцена ( $N_{1-2}$ ), плиоцена ( $N_2$ ), эоплейстоцена (E), раннего ( $Q_1$ ), среднего неоплейстоцена ( $Q_2$ ), позднего неоплейстоцена ( $Q_3$ ) и голоцена. Оценены неотектонические суммарные и поэтапные амплитуды и скорости поднятий от минимальной 0,03 мм/год в среднем миоцене до максимальной 1,56 мм/год в голоцене.

**Второе защищаемое положение.** Новейшие структуры представлены пологими поднятиями, прогибами и ступенями, развивающимися со среднего миоцена и поныне. Эти структуры образуют зоны субширотного и субмеридионального простираия (структурно-геоморфологическая зональность), на сочленении которых развиваются геодинамически активные зоны (ГДАЗ). Стадийность развития структур выражена разновысотными и разновозрастными геоморфологическими ступенями.

## **Глава 5. Геоэкологическое значение структурно-геоморфологической зональности**

Под структурно-геоморфологической зональностью понимается выделение в пределах северо-западной части Токмовского поднятия и прилегающих территорий структурно-геоморфологических или неотектонических структур, линейментов и ГдАЗ, включая оценку их происхождения.

### **5.1. Опасные экзогенные геологические процессы, причины их развития и геоэкологическое значение**

Изучение зональности данной территории невозможно без знаний об истории изучения экзогенных процессов, широко распространенных здесь.

Основную геоэкологическую опасность в пределах северо-западной части Токмовского свода и прилежащих территорий представляют карстовые, суффозионные и оползневые процессы. Регулярно возникающие карстовые провалы, описаны во множестве публикаций и освещаются в местных СМИ (Давыдко, 2013; Михайлов, 2011; Погорелова, 2015; Шарапов, 2014; Щербаков, Катаев, 2014; Яшнова, 2014; Уткин и др., 2015).

На данной территории изучение карста началось с академической экспедиции второй половины XVIII в, участники которой Н.П. Рычков (1770) (Рычков, 1770), И.И. Лепехин (Лепехин, 177-1805), П.С. Паллас (Паллас, 1773, 1786, 1788) и др. уделили внимание изучению карстовых явлений на восточной части Русской возвышенности. Они связали их с деятельностью природных вод, циркулирующих в легкорастворимых породах. И.И. Лепехин исследовал карст Поволжья и восточной окраины Русской равнины. В бассейне р. Пьяны он обратил внимание на периодически исчезающее озеро Возьянское (Чикишев, 1978).

В 1905 г. были составлены инструкция по наблюдению за карстовыми провалами на местности вблизи железной дороги в районе Нижнего Новгорода. Основные принципы инженерно-геологического изучения карста были сформулированы Ф.П. Саваренским в 1933-1935 гг. Заключались в

необходимости выявления региональных закономерностей развития карстового процесса в связи с задачами гидротехнического строительства. (Толмачев, Ройтер, 1990). Также Саваренский в 1939 г. отнес карст к физико-геологическим явлениям, связанным с деятельностью поверхностных и подземных вод. Он считал, что в местах развития карста возникают вполне основательные опасения в отношении устойчивости сооружений (Максимович, 1963).

Впервые районирование карста Алатырско-Горьковских поднятий было произведено А.Н.Ильиным и А.В. Ступишиным (Ильин, 1963) инженерно-геологическое районирование г. Дзержинска И.А. Саваренским. А.Н. Ильин и А.В. Ступишин на территории Алатырско-Горьковских поднятий выделили несколько районов с карстом нижнепермских гипсов и ангидритов, перекрытых карбонатными и терригенными верхнепермскими и рыхлыми четвертичными отложениями. (Горбунова, 1977).

Чикишев А.Г. в 1978 г. произвел районирование карста изучаемой территории. В пределах района Токмовского поднятия и прилегающих территорий им было выделено 3 карстовых округа: Окско-Цнинский, Клязьминский и Нижнеокский, которые, в свою очередь, разделены на 10 карстовых районов: Цнинский, Гусь-Ушнинский, Судогдинский, Уводьский, Лухский, Балахнинский, Суворощьский, Сережа-Онский, Тешинский, Мокша-Алатырский. Все эти округа отличаются активным развитием карста, в основном, в пермских сульфатных и карбонатных породах. В Окско-Цнинском округе карстуются также вернекаменноугольные карбонатные породы (Чикишев, 1978).

Проблемами активизации экзогенных процессов на данной территории занимаются также А.В. Аникеев, Н.В. Макарова, Г.А. Максимович, М.В. Леоненко, В.Н. Хоменко и мн. др.

Начиная с 1952 г. по 1991 г. в Нижегородской области карст изучался на Дзержинской карстовой станции. При участии специалистов был разработан СНиП 2.02.01.83 – «Основания зданий и сооружений» (Гантов, Толмачев,

2004). На данный момент изучением карста занимается ряд организаций г. Дзержинска и Нижнего Новгорода.

Для определения роли неотектонической составляющей было изучено распространение провалов в пределах изучаемой территории и в окрестностях площадки Нижегородской АЭС (НижАЭС).

Максимович Г.А. понимал под **карстом** процесс химического и отчасти механического воздействия подземных и поверхностных внеусловных вод на растворимые проницаемые горные породы (карбонаты, гипс и ангидрит, соли, соду и другие) (Максимович, 1963).

Аникеев А.В. понимает под **карстом** «процесс коррозии (растворения и выноса вещества), выщелачивания (избирательной коррозии) и отчасти эрозии (размыва) растворимых горных пород просачивающимися и подземными водами, а также обусловленные этим процессом явления – подземные и поверхностные аккумулятивные и эрозионные формы – натечные образования, брекчии, «известковая накипь», полости, воронки, рвы и многие другие. Таким образом, термин «карст» трактуется двояко – и как процесс, и как явление» (Аникеев, 2017).

**«Карст (карстовый процесс)** – совокупность природных геологических и инженерно-геологических процессов, обусловленных в той или иной мере растворением скальных горных пород, в результате которых в земной коре происходит образование полостей, изменение структуры и состояния горных пород и связанные с ним деформации земной поверхности (провалы, оседания, коррозионные воронки и т.д.), а также создается особый режим подземных вод и гидрографической сети» (Толмачев и др., 1986).

**«Карстово-суффозионные процессы** – взаимосвязанное развитие карстового процесса и суффозии. При изучении и оценке карста включаются в состав карстового процесса как его неотъемлемая составляющая» (Хоменко, 2003).

**«Суффозия (суффозионный процесс)** – разрушение и вынос потоком подземных вод отдельных компонентов и крупных масс дисперсных и

сцементированных обломочных пород, в том числе, слагающих структурные элементы скальных массивов» (Хоменко, 2003).

Таким образом, под карстом можно понимать процесс химического растворения горных пород, а под суффозией механическое их разрушение. Оба этих процесса активно развиваются на изучаемой территории, зачастую их сложно дифференцировать. Поэтому в работе зачастую используется термин «карстово-суффозионный процесс», под которым, согласно А.В. Аникееву (2017), понимается «гравитационное и фильтрационное деформирование и разрушение покровной толщи закарстованных массивов в результате выноса несвязанных и раздробленных связанных грунтов в трещинно-карстовые коллекторы».

В настоящее время изучением карстовых и суффозионных процессов на территории Токмовского поднятия занимаются М.В. Леоненко, В.Н. Хоменко, А.В., Аникеев, Н.В. Макарова и многие другие исследователи в связи с интенсивным промышленным освоением данной территории.

Изучением оползневого процесса занималось множество исследователей, производивших геологическую съемку и описанием данной территории. Некоторые сведения об изучении оползней приводятся в обзоре гидрогеологических исследований в Нижегородской губернии Ю.В. Порошина (Порошин, 1923). В основном, в настоящее время, изучением оползней занимаются, в связи со строительством каких-либо объектов, инженерно-геологические организации, такие как «Геоцентр-Москва» и многие другие.

Постоев Г.П. и Казеев А.И. под термином оползень понимают:

«**Оползень** (как явление) – это геологическое тело, представленное смещенными горными породами, сформировавшееся в результате развития на склоне оползневого процесса.

**Оползень** (как процесс) – это перемещение образовавшегося оползневого тела по поверхности скольжения без потери контакта с несмещаемым ложем.

Термину «**оползень**» («**landslide**») за рубежом соответствует понятие «гравитационные процессы», понимая под этим термином также обвалы, оползни, сели, осыпи, крип, их комбинации и др.» (<http://opolzni.ru/оползни-что-это/>).

Оползни распространены, в основном, по склонам рек и оврагов. В густонаселенных районах процесс оползания грунта может нанести серьезный ущерб местным жителям.

Появление воронок, провалов и развитие оползней существенным образом сказывается на эксплуатации зданий и сооружений, угрожает безопасности и жизни людей. Воронки и провалы могут быть местом стока загрязненных поверхностных вод и проникновению их в более глубокие горизонты, ухудшая качество подземных вод. Поэтому эти процессы и явления относятся к категории опасных.

## **5.2. Экзогенные процессы на северо-западной части Токмовского свода**

На большей части территории карст развит в пермских породах. Карстующаяся толща представлена доломитами, известняками, гипсами и ангидритами сакмарского и нижней части казанского подъярусов. На юго-западе района исследований (с. Меленки, отроги Окско-Цнинского вала) карстуются известняки и доломиты клязьминского яруса верхнего карбона. Воронки заполнены бат-келловейскими глинами, песками, алевролитами и пермскими татарскими отложениями (Шестакова, 1977<sup>2</sup>).

В камеральных условиях предварительно были отдешифрированы космоснимки (Google, Bing), топографические и геологические карты и цифровые модели рельефа (ЦМР) (DEM Alos, 30 м). Результаты дешифрирования, представленные в виде линеаментов и изометричных форм, возможно, карстового происхождения, заверялись во время полевых наблюдений в 2011 г. и 2014 г. На основе этих данных в рельефе установлены проявления карста, оврагов, ложбин и оползней.

Суффозионно-карстовый процесс выражен в виде воронок, пологих

депрессий, озер, слепых русел и долин. Также известны пещеры, развитые в гипсах, например, Балахонинская у одноименного села, Борнуковская на берегу р. Пьяна (немного восточней изучаемой территории), исследованная еще в XVIII в. и др.

Суффозионно-карстовый процесс развит практически повсеместно. На наиболее высоких эрозионно-денудационных поверхностях с абс. высотами более 160-180 м проявлений карста меньше, поскольку на них развиты, и отложения донской морены и покровные суглинки мощностью до 10 м, которые играют роль местного водоупора и препятствуют интенсивному развитию карстового процесса (Макарова и др., 2012; Дорожко и др., 2015).

Рассматриваемый процесс наиболее широко развит в долинах рек, на склонах и поверхностях речных террас, особенно в пределах междуречья Оки и Сережи. Там карст проявляется в пределах долин рек и не затрагивает водоразделы (Горбунова, 1977). Многочисленными исследователями был изучен карстовый процесс различными методами моделирования. Гусев Ю.В. при физико-химическом моделировании процессов карстообразования сделал выводы о том, что на активизацию карстового процесса в интервале глубин 50-60 м влияет возможность доступа углекислого газа и кислорода в систему (переход от закрытой к открытой системе) (Гусев, 2014). В этом случае породы могут быть подвержены процессу карстообразования.

В поймах рек и местах с большой мощностью песков также развиты суффозионно-карстовые воронки. Они были обнаружены в пойме р. Оки у с. Чудь (рисунок 5.1).

В пределах Балахнинской низины (г. Дзержинск) было установлено несколько эпох развития карста. Он унаследовано развивался в бортах древних эрозионных долин, постепенно смещавшихся в сторону современного русла Оки (Нещеткин, 2001; Макарова и др., 1998). В городе, расположенном на террасах р. Оки, в период 1979-1988 гг. из-за изменения режима подземных вод произошла активизация суффозионно-карстового процесса (рисунок 5.2).



Рисунок 5.1. Воронка в пойме реки Оки.

Как отмечают А.В. Аникеев и М.В. Леоненко, в 1989-2000 гг. антропогенная нагрузка на подземные воды снизилась, промежуточные карстовые полости обрушились, открытые – заполнились и интенсивность процесса уменьшилась. В условиях, сложившихся в Дзержинске к 2008 г., было спрогнозировано дальнейшее развитие воронок со скоростью не более 1 воронки за 10 лет (Аникеев, Леоненко и др., 2013).

Подобный механизм наблюдался в гипсово-мергелистых многоуровневых пещерах Испании (Сорбас). В результате понижения пьезометрического уровня воды в пещерах произошло развитие поверхностной эрозии и обрушения части карстовых полостей (Calaforra, Pulido-Bosh, 2003).

Крашенинников А.В. отметил, что «состояние покрывающей толщи также является индикатором опасности развития карстового процесса. К признакам опасности он отнес погребенные поверхностные проявления покрытого карста (оседания и провалы), зоны суффозионного разуплотнения пород и зоны разупрочнения пород над полостями» (Крашенинников, 2017).

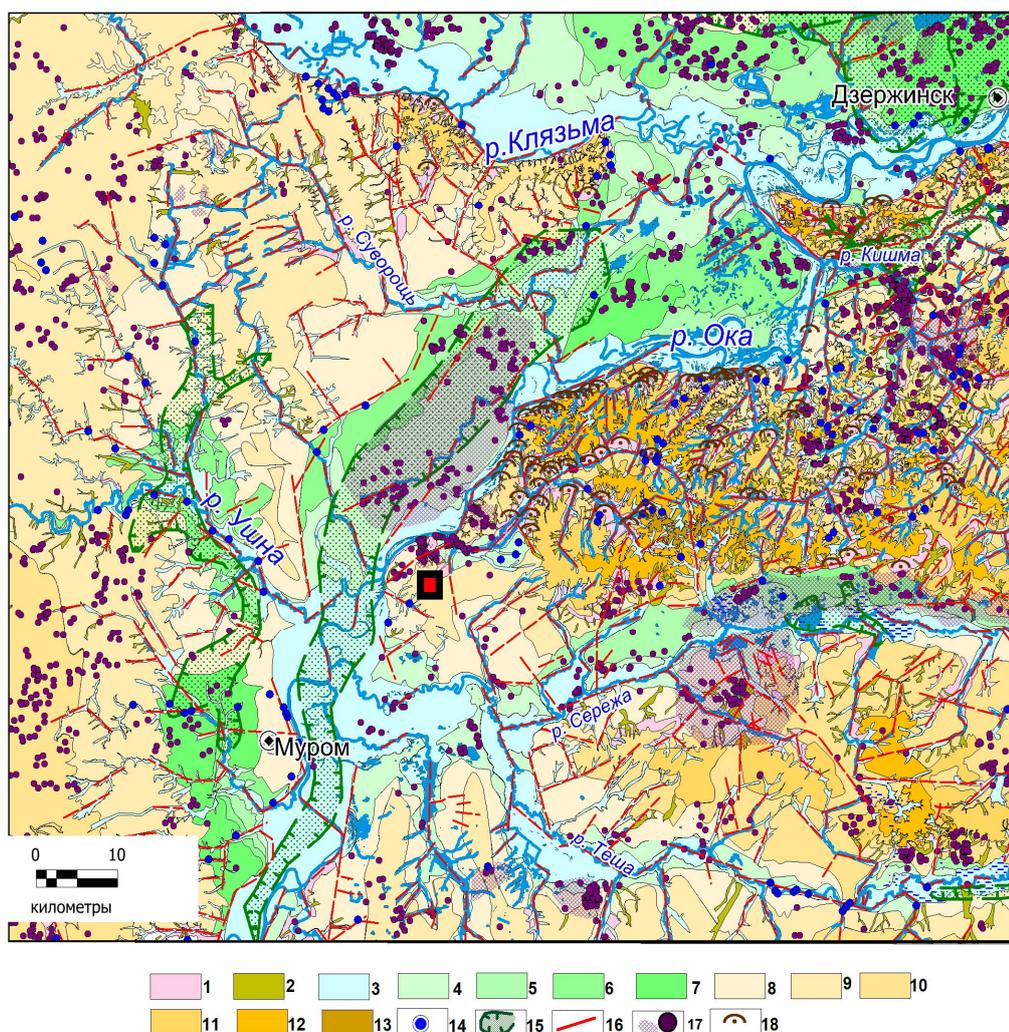


Рисунок 5.2. Распространение экзогенных процессов.

1 - склоны, 2 - ложбины, 3 - пойма, 4 - первая терраса, 5 - вторая терраса, 6 - третья терраса, 7 - четвертая терраса, 8 - первая поверхность, 9 - вторая поверхность, 10 - третья поверхность, 11 - четвертая поверхность, 12 - пятая поверхность, 13 - шестая поверхность, 14 - ключи, родники 15 - палеодолины; 16 - линеаменты; 17 - воронки (темно-фиолетовая точка) и площади развития карста (косая клетка), 18 - оползни; 5 - местоположение площадки НижАЭС.

«Наиболее безопасными участками на поверхности земли в отношении карстообразования и протекания карстово-суффозионного процесса Щербаковым С.В. и Катаевым В. Н. считаются останцы коренных карстующихся пород. Межостанцовые депрессии характеризуются повышенной трещиноватой расчлененностью и широким развитием суффозионных процессов в карстово-обвальной толще. Эти депрессии же являются наиболее опасными участками» (Щербаков, Катаев, 2014).

Участки с особо интенсивным развитием карста расположены, как правило, в местах размыва глинистых пермских (уржумских) отложений современной и погребенной речной сетью (рисунок 5.3). В пределах района исследований существует большое количество таких участков, на многих из них образуются провалы большого размера.

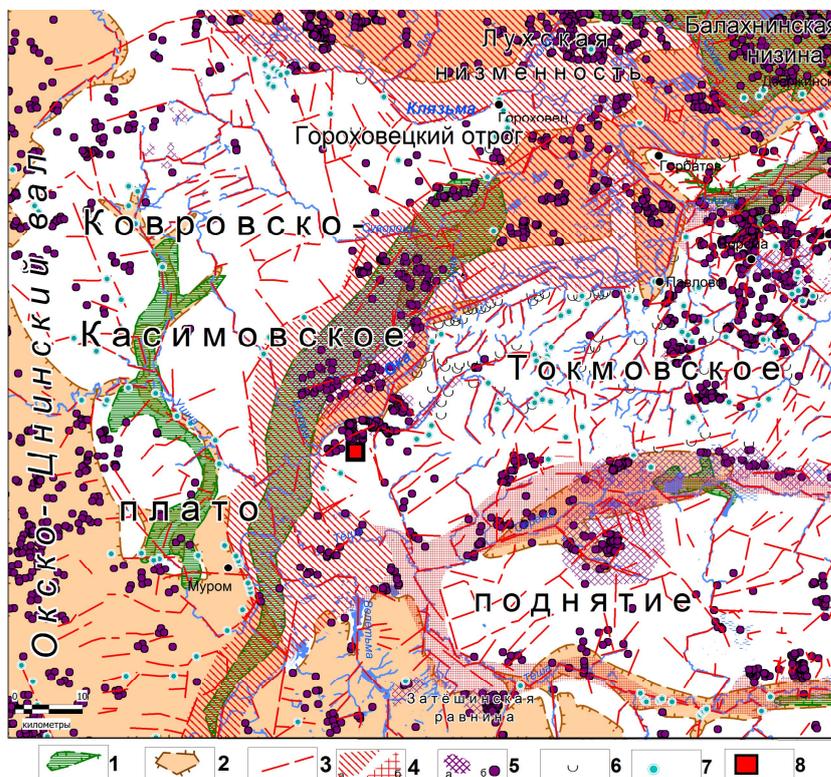


Рисунок 5.3. Распространение уржумских глин и погребенных аллювиальных отложений.

1 - палеодолины различного возраста; 2 - области отсутствия уржумских отложений 3 - линеаменты; 4 - ГдАЗ: а - региональные, б - локальные 5 - проявления карста: а - площадной карст, б - воронки и просадки 6 - места распространения оползней; 7 - родники и ключи; 8 - площадка АЭС.

На снимках деревни Белозерье (рисунок 5.5, 5.6) (юго-восток территории, у р. Теша) можно увидеть образование и развитие провала за период 2011-2018 гг. Провал образовался в августе 2012 г. В 2011 г. до образования провала на этом месте, по всей видимости, судя по снимку (рисунок 5.6), уже существовала западина неясного генезиса. Белозерье расположено на склоне поверхности верхнеэоплейстоцен-нижнеэоплейстоценового возраста с абс. отм. 140-160 м. Населенный пункт

расположен в пределах Мухтоловского неотектонического поднятия

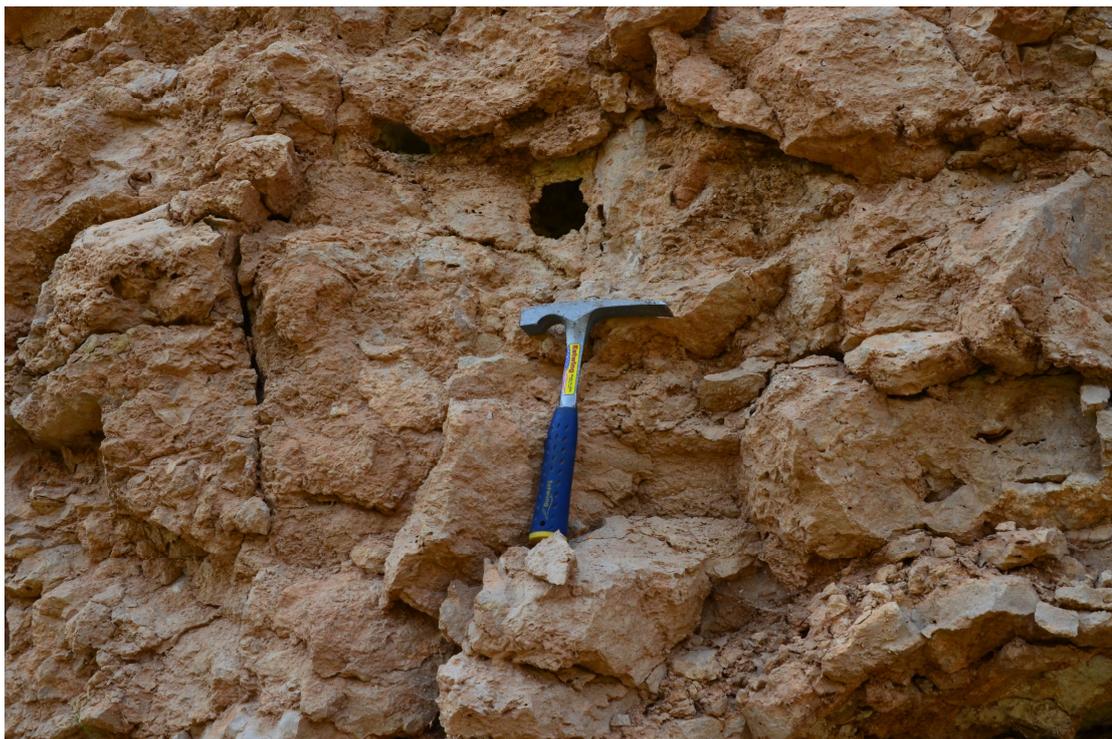


Рисунок 5.4. Ичалковский карьер, левобережье р. Пьяна. В карьере вскрыты пермские закарстованные известняки нижнеказанского подъяруса.

При дешифрировании различных материалов выявлены слепые долины, состоящие из соединяющихся суффозионно-карстовых воронок. Они распространены в верховьях некоторых оврагов в пределах Павловского и Горбатовского неотектонических поднятий.

В пределах Павловского поднятия также развиты карстовые депрессии, например, Ворсменская. Она расположена в пределах одноименного новейшего тектонического прогиба, заложившегося в субмеридиональной зоне линеаментов (рисунок 5.7). Прогиб осложнен большим количеством карстовых озер и воронок, свежих и более древних. Плотность воронок по краям депрессии составляет до 200 ед. на 1 км<sup>2</sup> (Коробова, 2021).

Карстовые озера широко распространены на водоразделе Теши и Сережи (с. Сарское, Чарское, Пустынное и др.) и в долинах рек Сережи, Теши и Кишмы. Они сообщаются между собой и питают водами притоки рек Сережи и Теши. Выходы карстовых вод в виде источников в долинах рр. Кишмы, Сережи, Теши и др. приурочены к зоне разгрузки карстовых вод.

Выходы подземных вод (родников и ключей) приурочены к линеаментам, что свидетельствует о связи их с зонами повышенной трещиноватости.



Рисунок 5.5. Провал в д. Белозерье, произошедший в ночь с 13 на 14 августа 2012 г.

2011 г.

2012 г.



Рисунок 5.6. Район пос. Белозерье. Развитие карстового провала, произошедшего в августе 2012 г. Слева - понижение, справа – провал с водой.

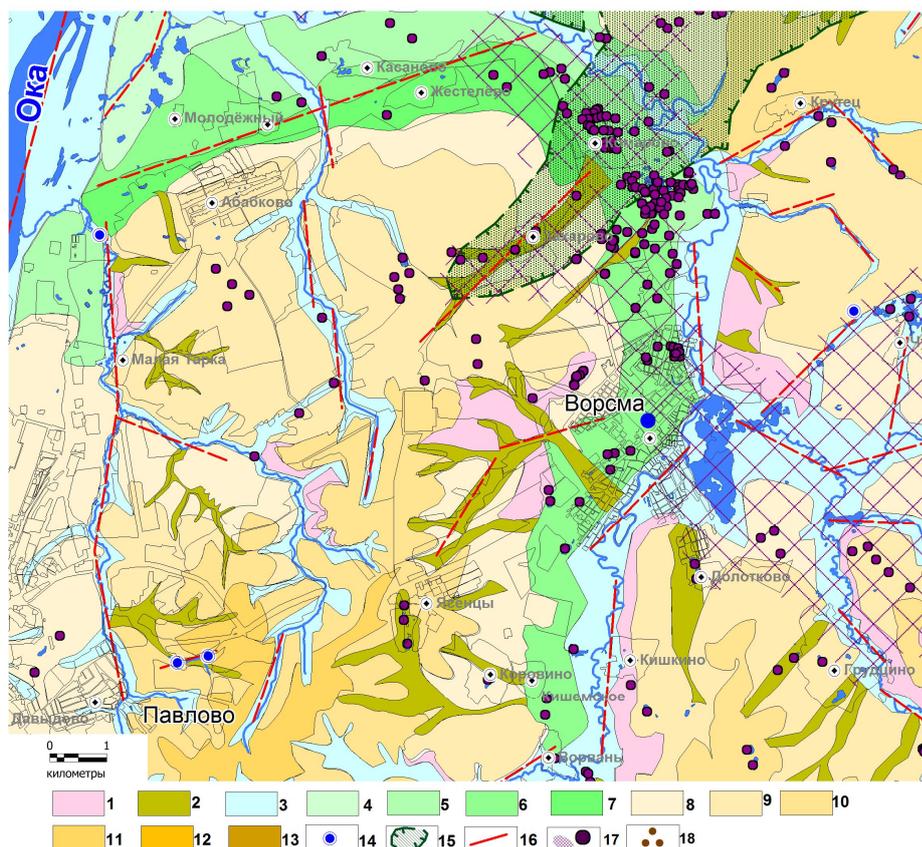


Рисунок 5.7. Проявление карста в черте города Ворсма (условные обозначения см. на рисунке 5.2).

В связи с общим падением каменноугольных и пермских отложений в направлении на север и северо-восток, в этом же направлении происходит и циркуляция подземных вод. Наиболее интенсивно она осуществляется вдоль зон эрозионных и тектонических понижений, согласующихся с геодинамически активными зонами (ГДАЗ) и линеаментами.

Если поверхность карстующихся пород находится выше базиса эрозии р. Оки (долины рек Теши, Сережи, Кишмы), то здесь наблюдаются выходы напорных трещинно-карстовых вод повышенной минерализации (Борбов, 1980). Поднятия с небольшой мощностью покровных отложений в местах неглубокого залегания карстующихся пород являются площадями местных водосборов. Подземные воды циркулируют по трещинам и пустотам, выраженным в рельефе линеаментами.

По результатам изучения геологического строения на исследуемой территории были установлены несколько эпох активизации карста, включая

современную (таблица 5.1).

Таблица 5.1. Этапы карстообразования на территории исследований

Система	Отдел, раздел	Ярус, звено, серия	Продолжительность, млн. лет	Мощность, м	Характеристика пород								
			0,6	Карстообразование									
Четвертичная	Плейстоцен-голоцен	Нижне-современное	2,59	12-80	Пески с прослоями и линзами глин, суглинки								
Неоэоценовая, палеогеновая, меловая			160,92	Карстообразование									
Орская	Средний	Батский, нижняя часть келловейского	4,8	Около 2	Глины с прослоями песков								
Триасовая-нижняя часть юрской			168,3	Карстообразование									
Пермская	Бирармийский	Уржумский	3,7	0-25	Глины, песчаники пестроцветные, известковистые								
		Казанский	2	Карстообразование									
				1	4,15	0-4	Известняки, доломиты, мергели						
	Приуральский		Уфимский	17,15	Карстообразование								
					Кунгурский								
										Артинский			
	Ассельский	5,4	Карстообразование										
Каменно-угольная	Верхний	Гжельский	4,8	60-68	Доломиты, известняки, глины								
			303,7										

Эпохи соответствуют континентальным этапам развития территории, когда прекращалось осадконакопление в т.ч. накопление морских карбонатных и сульфатных отложений. Разрушение пород происходило под влиянием экзогенных и денудационных процессов в ассельское (5,4 млн. лет), артинское, кунгурское и уфимское (17,15 млн. лет) время, а также во второй половине казанского яруса (ок. 2 млн. лет), триасе, нижней части юры (96,8 млн. лет), мелу, палеогене, неогене (160,92 млн. лет) и после донского

оледенения в связи потеплением.

В современный период, начавшийся с отступления донского ледника, развитие карста активизировалось, в т.ч. в связи с большей частью унаследованным развитием современных долин относительно доледниковых и более ранних долин. Это указывает на то, карст развивается долго и устойчиво с некоторыми перерывами, связанными с изменением морского осадонакопления на континентальное и климата.

При помощи анализа ЦМР в программе SAGA GIS, описанного в публикации Е.В. Поляковой, Ю.Г. Кутинова (Полякова и др., 2021), на изучаемой территории было установлено наличие большого количества замкнутых понижений, не выявляемых при обычном визуальном дешифрировании материалов дистанционного зондирования (ДЗ) (рисунки 5.8, 5.9).

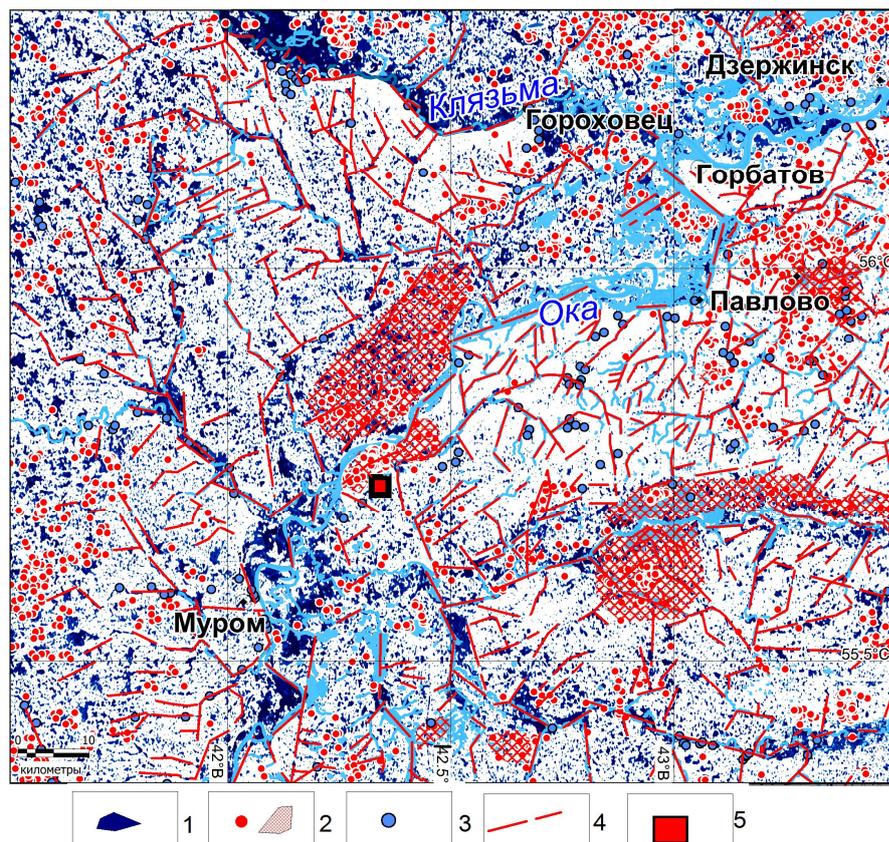


Рисунок 5.8. Экзогенные процессы северо-западной части Токмовского свода (по данным ЦМР).

1 - Выделенные замкнутые понижения, 2 - воронки и просадки, выделенные по результатам дешифрирования, 3 - родники, 4 - линеаменты, 5 - площадка НижАЭС.

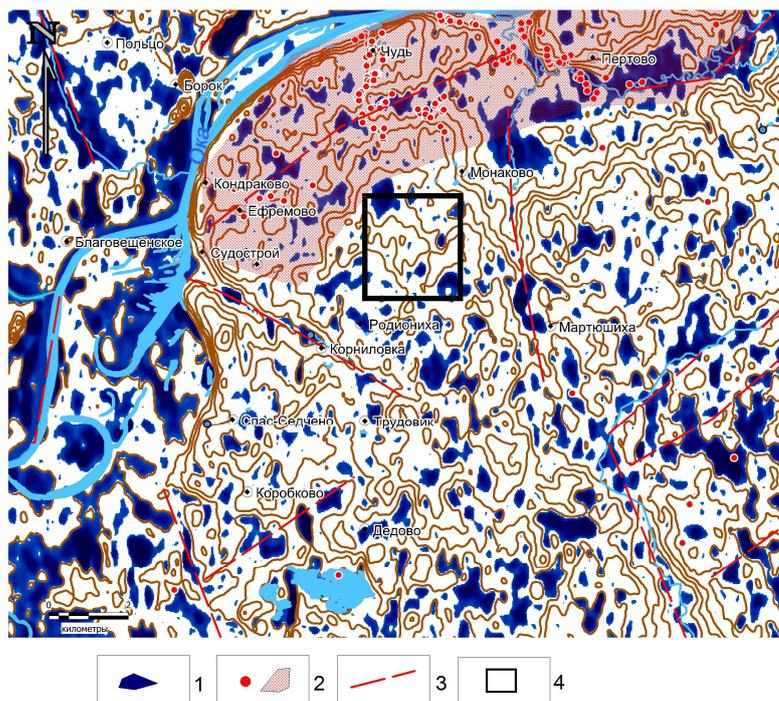


Рисунок 5.9. Экзогенные процессы в районе площадки.

1 - Выделенные замкнутые понижения, 2 - воронки и просадки, выделенные по результатам дешифрирования; 3 - линеаменты, 4 - площадка АЭС.

Но, по большей части, места наибольшей концентрации выделенных таким способом замкнутых понижений совпадают с выделенными ранее понижениями другим способом. Эти понижения согласуются с линеаментами (см. рисунок 5.5, 5.6). Наименьшее количество замкнутых понижений приурочено к наиболее высоким водоразделам. При этом их концентрация и глубина увеличивается с водоразделов вниз по склону и достигает максимума в пределах речных террас.

На исследуемой территории распространены *овраги, ложбины (поверхностная эрозия), оползни и промоины*.

Овражная эрозия наиболее ярко выражена на сильно расчлененных возвышенных участках рельефа (Перемиловские горы, Стародубская и Городецкая возвышенности), т.е. в пределах Приволжского поднятия. Овраги также развиты на левобережье Оки, в основном, в пределах Гороховецкой возвышенности. Встречаются овраги как с U образным, так и с V образным профилем. Овраги обычно врезаны в склоны эрозионно-денудационных поверхностей (рисунок 5.10). Для некоторых из них, находящихся в пределах

зон интенсивного развития карстовых процессов, характерно такое явление, как перехват оврагов.



Рисунок 5.10. Овраг у с. Борисоглеб в долине р. Ушна, развитый в пределах Муромской структурной ступени.

Ложбины часто занимают вершинные части оврагов. В оврагах и ложбинах зачастую может наблюдаться развитие карстовых воронок и западин.

Оползневые формы рельефа развиваются там, где наблюдается вершинный рост оврагов, вторичные врезы в днища балок (глубинная эрозия), перехват оврагов и подмыв руслами рек склонов. Оползни развиты на множестве крутых склонов, выработанных преимущественно в пермских уржумских глинах, в особенности, на правобережье Оки и ее притоков (рисунок 5.11).

Оползни развиваются в местах выхода на дневную поверхность глинистых моренных или пермских (уржумских) отложений при значительной крутизне склона, наличии источника увлажнения пород и незакрепленности верхнего слоя почвы (крутизна склона может составлять от 5 до 45° в зависимости от его литологии) (рисунок 5.12). В пределах долины р. Большая Кутра и около с. Чудь погребенные оползни приурочены к древним позднеплиоцен-ранненеоплейстоценовым долинам (Фадеева, 1999)



Рисунок 5.11. Оползневой склон р. Вачка



Рисунок 5.12. Оползневой склон р. Ока у с. Жайск. Приволжское поднятие (Google Photo С. Новиков). Пунктирной линией показан смещающийся склон по глинам уржумского горизонта ( $P_2$ ).

Таким образом, интенсивные экзогенные процессы часто локализуются в пределах неотектонических структур, на их границе, в т.ч. в зонах повышенной трещиноватости и ГдАЗ. Часть их приурочена к бровкам погребенных долин разного возраста, которые дешифрируются в качестве линеаментов. К этим зонам приурочено интенсивное врезание русел, включая погребенные, ложбины и овраги, которые разрушают моренные четвертичные суглинки, верхнепермские глины и проч. отложения буферного типа, что

является причиной активизации в четвертичных песчаных и нижнепермских сульфатно-карбонатных отложениях интенсивной суффозии и карстообразования.

### 5.3. Экзогенные процессы в окрестностях площадки АЭС

Площадка НижАЭС и ее окрестности (площадь исследований 50 км<sup>2</sup>) находятся в пределах эрозионно-денудационного плато мучкапско-окского возраста (Q<sub>1</sub>) (рисунок 5.13). Плато является выровненным и обрывается к Оке. В новейшей тектонической структуре данная поверхность выражена Монаковской ступенью, которая деформирована с образованием зон повышенной трещиноватости (Коробова, 2021, Коробова и др., 2022). Нарушенность подтверждается эманационными исследованиями.



Рисунок 5.13. Площадка Нижегородской АЭС (НижАЭС).

На востоке плато связано с долиной р. Б. Кутра и долиной Монаковского ручья, входящими в Монаковско-Кутринский прогиб. На севере – с долиной р. Оки, протекающей в пределах Окско-Муромского прогиба. Самые высокие абс. отметки рельефа – 130-131 м, а низкие – 70 м (урез р. Оки) (рисунок 5.14). Относительная амплитуда рельефа составляет 60 м. Плато выработано в породах уржумского яруса верхней перми (P<sub>2ur</sub>) и перекрыто четвертичными отложениями преимущественно ледникового и водноледникового генезиса, относящимися к донскому оледенению (f,gIdn)

(криушскому горизонту местной стратиграфической шкалы, f,gIkš) (Коробова и др., 2022).

На плато и его склонах развиты: 1. Эрозионно-денудационные ступени, 2. Водноледниковый и ледниковый рельеф, 3. Созданный постоянными потоками и 4. временными потоками (овраги и ложбины). 5. Склоновый рельеф, 6. Суффозионно-карстовый рельеф и 7. Погребенный рельеф. Эрозионно-денудационный и водноледниково-ледниковый типы рельефа развиты на новейших поднятиях и их склонах, остальные в пределах прогибов (рисунок 5.14).

*Эрозионно-денудационный* поверхности перекрыты комплексом водноледниковых и ледниковых отложений. Строение плато – ступенчатое (три ступени). Данные ступени сформировались в процессе циклического поднятия территории. Они выработаны в коренных породах, и перекрыты четвертичными отложениями. При поднятии территории происходит врезание и формирование ступени, а при ослаблении или прекращения движений происходит выравнивание территории.

Возраст самой верхней ступени в окрестностях площадки АЭС - додонской (Q<sub>1</sub>). В доледниковую поверхность врезана ложбина стока вод времени наступания донского оледенения. В более высокую врезаны две более низкие поверхности, которые также относятся к раннему неоплейстоцену. Четвертая терраса - средненеоплейстоценовая наиболее высокая. Прослеживается у реки Куляковки, Большой Кутры и Монаковского ручья (Уланов, 1980).

На водоразделах находится самая высокая – первая ступень (130-128 м.) Без учета четвертичных отложений ее высота до 120 м. На ней расположена южная часть площадки НижАЭС.

Вторая и третья ступени развиты на склонах Монаковского и Филинского поднятий. Правый склон первой ступени, обращенный к Монаковскому ручью относительно пологий, а левый склон, обращенный к р. Муромке более крутой. Вторая ступень развита на абс. отметках 127-125 м

(по подошве четвертичных отложений – 118 м). Третья ступень спускается до 120 м и до 116 м по подошве четвертичных отложений (Коробова, Макеев, 2017, 2018). На поверхности этих ступеней расположены северная и центральная части площадки АЭС.

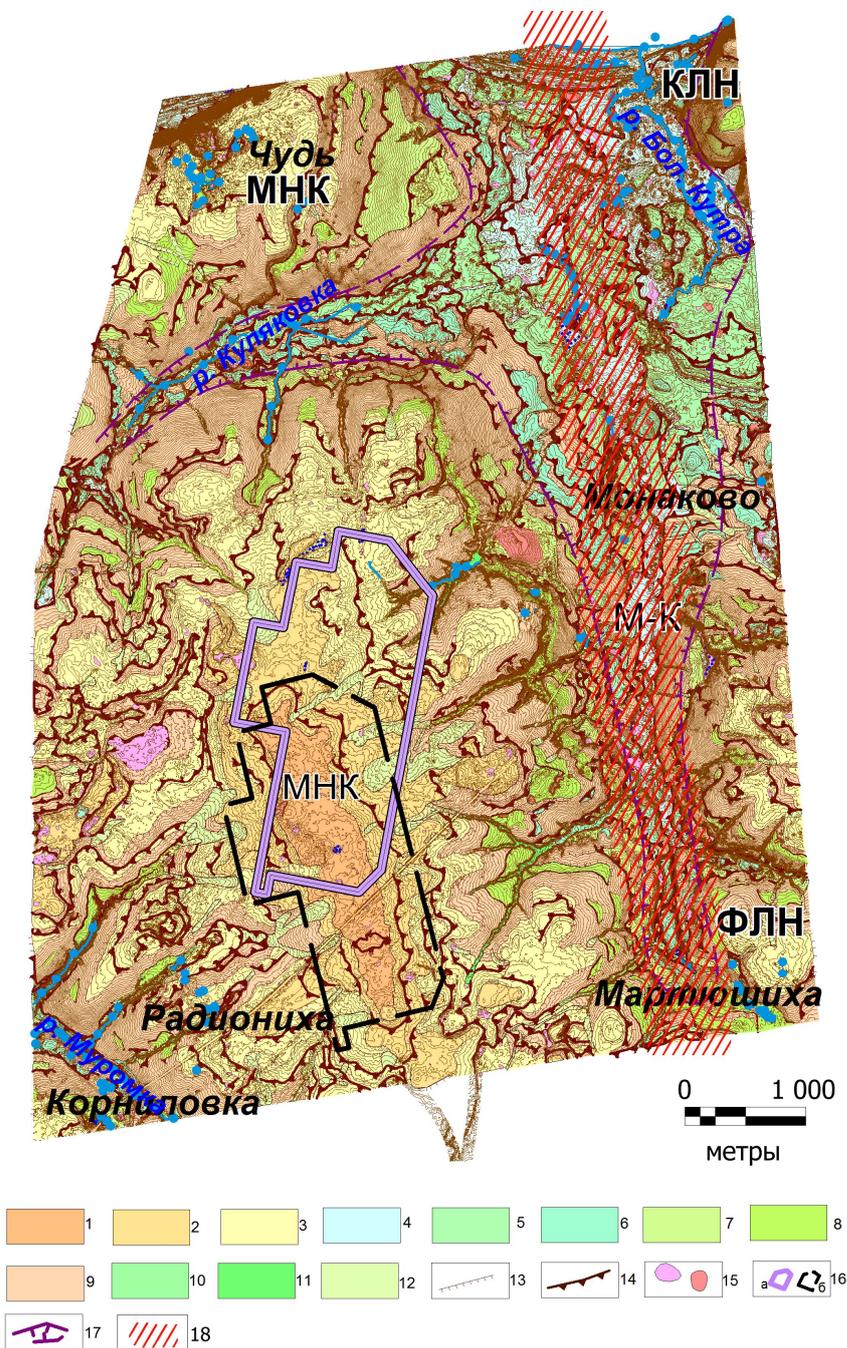


Рисунок 5.14. Структурно-геоморфологическая карта площадки Монаковской АЭС и ее окрестностей.

Эрозионно-денудационные уровни: 1 - высокий (130 - 128 м), 2 - средний (127 - 125 м), 3 - низкий (125 - 120 м). 4 - пойма, 5 - 1-я терраса, 6 - 2-я терраса, 7 - 3-я терраса, 8 - 4-я терраса, 9 - склоны, 10 - склоны оврагов, 11 - дно оврагов, 12 - ложбины, 13 - бровки террас, 14 - тыловые швы террас, 15 -

суффозионно-карстовые воронки и понижения, 16 а - первоначальное положение площадки, б - после корректировки, 17 - палеодолины, 18 - Монаковская линеаментная зона. Буквами обозначены: ФЛН - Филинское поднятие, МНК - Монаковское поднятие, КЛН - Клинское поднятие, М-К - Монаковско-Кутринский прогиб.

*Водноледниковый и ледниковый типы рельефа* имеют наибольшее распространение на площадке АЭС и ее окрестностях. Они перекрывают эрозионно-денудационные ступени. Представлены водораздельными слабонаклонными поверхностями. Разрез состоит из трех частей. В нижней, самой древней части (время наступания донского ледника) преобладают пески. Средняя часть разреза сложена мореной донского возраста, состоит, главным образом, из суглинков. Выше - песчаные отложения времени отступления донской морены. В рельефе это флювиогляциальные равнины высотой до 105 м, на равнине выделены замкнутые понижения изометричной формы.

*Созданный постоянными потоками рельеф.* Выделяются эрозионно-аккумулятивные отложения террас и аккумулятивные – пойм. Данные типы рельефа распространены в долинах Монаковского ручья, реки Б. Кутра, Куляковки, Муромки.

Недалеко от впадения в Оку, в устье Большой Кутры, ширина поймы достигает до 2 км. Над Окой высота поймы около 6-8 м, над руслом Кутры до 3-4 м. Пойма сложена песчаными и суглинистыми с прослоями глинистыми отложениями. Мощность 15-18 м. На поверхности поймы присутствуют как прирусловые валы и старицы, так и воронки и западины (рисунок 5.15). Под поймой залегают карстующиеся гипсы и известняки поймы, так как глины уржумского возраста размыты. Не исключено, что дешифрируемые здесь замкнутые понижения, являются суффозионно-карстовыми. Аналогичные понижения развиты по долинам Куляковки и Монаковского ручья.

У села Чудь высокая пойма р. Оки имеет высоту 7-9 м, низкая - 4-5 м. В уресе реки местами обнажаются красные глины уржумского яруса. Притеррасное понижение, локализованное у тылового шва поймы, имеет

глубину 2-2,5 м. Расположенные вдоль русла прирусловые валы находятся выше уреза р. Оки на 0,5-1 м. К некоторым старицам приурочены воронки. Голоценовый врез поймы оценивается в 25-26 м.



Рисунок 5.15. Воронка у с. Чудь

В долинах рек исследуемой территории развиты 4 террасы. У них относительные высоты над урезом воды р. Оки являются следующими: 1-я 12-13 м, 2-я 15-17 м, 3-я 20-25 м, 4-я 40 м. Террасы сложены аллювием, в составе которого преобладают пески, переслаивающиеся с супесями и суглинками (Уланов, 1980). Мощность аллювия у всех террас примерно одинаковая и составляет около 20 м.

Поверхности первой и второй террас изобилуют многочисленными суффозионно-карстовыми формами. Некоторые террасы Монаковского ручья выработаны на оползневых телах.

*Созданный временными потоками рельеф (овраги и ложбины) развит на водоразделах и их склонах.*

Распространены овраги на склонах р. Муромки и Монаковского ручья. В основном, залесены. Нижние части оврагов перегорожены дамбами. Длина до 2 км. Возраст оврагов от среднего неоплейстоцена до голоцена. В верхней

части оврагов, как правило, развиты ложбины. В тальвегах встречаются западины и суффозионно-карстовые воронки. Глубина оврагов в местах отрыва древних и современных оползней и в Монаковской зоне линеаментов до 10 м. Овраги у пос. Монаково и на склоне р. Куляковки имеют подвешенные тальвеги. Самые глубокие овраги более 10 м прорезают водноледниковые и ледниковые отложения, а также уржумские глины. Также овраги прорезают террасовые отложения и открываются на пойму. Прямолинейность оврагов или отдельных их участков, а также выдержанная ориентировка (северо-восточная на склонах р. Муромки) позволяет приурочивать их к зонам повышенной трещиноватости (линеаментам).

Ложбины развиты практически повсеместно, включая площадку АЭС. Это линейные понижения с пологими склонами и плоскими днищами. Они относятся к плоскостному или делювиальному смыву, развивающемуся в весеннее время на водоразделах и склонах. Линеаменты могут соответствовать ложбинам. При слиянии ложбин могут образовываться западины, являющиеся участками фильтрации поверхностных вод. Также на дне ложбин встречаются пологие замкнутые понижения и воронки, вероятно, имеющие карстовое или суффозионное происхождение.

Некоторые ложбины являются техногенными. Это сравнительно узкие (первые метры) понижения - кюветы вдоль автодорог, а также сеть параллельных понижений, формирующихся вдоль борозд распаханного поля (рисунок 5.16).

*Склоновый рельеф* занимает большую часть территории окрестностей площадки АЭС и обычно пологий. У некоторых оврагов крутизна склонов достигает 30-40°. Большинство склонов ступенчатое. У них выделяются бровки и тыловые швы. Зачастую данные формы связаны с неравномерным процессом развития поднятия. Склоны большей частью выработаны на последонском флювиогляциале.



Рисунок 5.16. Ложбина у с. Чудь.

*Оползневой рельеф* развит на склонах р. Оки (в окрестностях села Чудь, рисунок 5.17) склонах Монаковского ручья, р. Б. Кутры и Куляковки. В окрестностях площадки присутствуют основные факторы развития оползней, такие как крутые склоны и глинистые отложения уржума. На формировании оползней оказывают влияние трещиноватые породы, которыми сложен склон и атмосферные осадки. Вдоль левого склона Б. Кутры, по левому берегу Монаковского ручья и на склонах Куляковки ярко выражена стенка отрыва оползневых масс.

Стенку отрыва оползня Монаковского ручья прорезают овраги в верховьях Монаковского ручья и ручей Куляковка. Овраги, которые оканчиваются на этой стенке, являются подвешенными. Б.А. Гантов связывает эту стенку отрыва со смещением древних уржумских оползневых блоков к руслу погребенной палеодолины позднеплиоцен-раннеплейстоценового возраста ( $N_2^3-Q_1$ ) (Характеристика ..., 2010).

Подошва отложений уржумского яруса смещена разновозрастными оползнями с высоты 80 м до 40 м у устьев Монаковского ручья, Куляковки и Б. Кутры. «Древние оползни погребены под четвертичным аллювием и современными оползнями. Местами, в стенке отрыва оползней обнажаются

уржумские глины, флювиогляциальные пески и морена. К ней приурочены многочисленные поздненеоплейстоцен-голоценовые оползни.



Рисунок 5.17. Оползневой склон у с. Чудь.

Стенка обновилась в четвертичное время. Местами сползает делювий, иногда и коренные породы. Оползневые тела имеют холмистый рельеф. К «заколам», развитым вдоль стенки отрыва, приурочены карстовые воронки, замкнутые суффозионные понижения и эрозионные ложбины. Прямолинейность тыловых швов, как и стенок отрыва, видимо, связана с зонами повышенной трещиноватости» (Макеев и др., 2012).

*Суффозионно-карстовый рельеф* в окрестностях площадки АЭС представлен 649 понижениями различного диаметра и глубины. Были определены условия проявления карста в рельефе, а также распределение и развитие карстовых и суффозионных форм. Анализировалось распределение всех замкнутых впадин (воронок, западин, провалов), глубина которых превышала 1 м (рисунок 5.18). Из анализа были исключены понижения явно техногенного характера (Макеев и др., 2012).

Изометричные замкнутые понижения были разделены по геоморфологическим уровням (рисунок 5.18). Установлено, что воронки, которые интерпретируются, как карстово-суффозионные, расположены

относительно близко к площадке АЭС. Высокая (мучкапско-окская) водораздельная поверхность, на которой расположена площадка НижАЭС, оказалась слабо подвержена суффозионно-карстовому процессу. На I и II эрозионно-денудационных уровнях воронки практически отсутствуют, из-за наличия моренных суглинков мощностью 10 м. Исключение - участок на севере территории (в районе села Чудь), где встречены 6 воронок. Этот участок относится ко II уровню с абс. отметками 125-126 м. По данным предыдущих исследований установлено, что образование этих воронок связано с активизацией неоген-нижнечетвертичных оползней, вскрывших защитную моренную покрывку. Процесс активизации повлиял на развитие овражного и карстового рельефа (Макарова и др., 1998; Коробова, Макеев, 2018).

Воронки приурочены к заколам оползня и оврагам. Большая часть воронок связана с низкой флювиогляциальной равниной и долинным комплексом с высотами порядка 120-125 м. На территории окрестностей площадки АЭС выявлена Монаковская линеamentная зона субмеридионального простирания и секущие ее отдельные линеamentы северо-восточного простирания.

Так как цепочки карстовых воронок, приурочены к линеamentам и пересекают различные геоморфологические уровни и разные элементы рельефа, то можно предположить, что основной причиной образования воронок являются, скорее всего, зоны повышенной трещиноватости и повышенной проницаемости пород. Большинство исследованных воронок дифференцировано по возрасту относительно времени формирования поверхностей (рисунок 5.18).

Известны даты нескольких провалов, зафиксированных в ходе изысканий для строительства НижАЭС.

«В масштабах геологического времени, можно предположить существенную активизацию суффозионного и карстового процессов в позднем плейстоцене и голоцене, на что указывает рост плотности

поверхностных карстовых форм по мере уменьшения возраста формирования геоморфологических уровней» (Макеев, 2015).

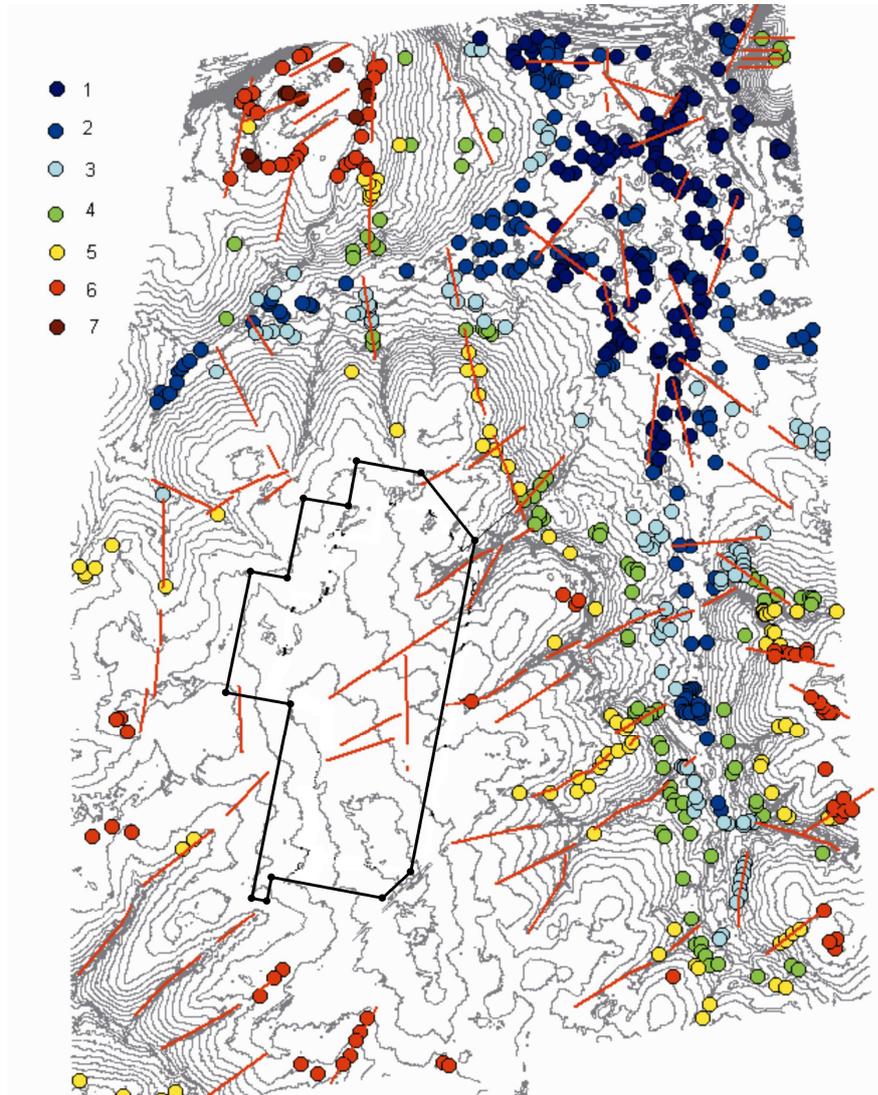


Рисунок 5.18. Распределение карстовых воронок в окрестностях площадки НижАЭС.

Цветом показана приуроченность воронок к элементам рельефа. 1-5 – воронки, расположенные: 1 - на пойме, 2 - на I-й террасе, 3 - на II-й террасе, 4 - на III-й террасе, 5 - на IV террасе; 6-7 воронки, расположенные в пределах флювиогляциальной равнины: 6 - на III эрозионно-денудационном уровне; 7 - на II эрозионно-денудационном уровне. Красные линии – линеаменты.

Гидрогеологические условия площадки также способствуют растворению гипсов. От II-III и к IV надпойменным террасам мощность покровных лессовидных суглинков увеличивается до 40-60 м; мощность водоупорных моренных суглинков достигает максимум 20-40 м. В

карстующихся породах присутствует тектоническая и экзогенная трещиноватость. В результате в покровной толще складываются условия, благоприятные для возникновения и развития локальных зон гидродинамической активности с относительно высокими скоростями движения подземных вод. Специальными карстологическими исследованиями выявлено присутствие на территории окрестностей площадки локальных разуплотнений в карстующихся породах и в покровной толще (Гантов, 2010), что подтверждено результатами эманационной (радоновой) съемки.

На территории же самой площадки Аникеевым А.В. была произведена оценка устойчивости промплощадки Ниж АЭС и установлено, что площадка основных сооружений НижАЭС характеризуется некоторым запасом устойчивости, ввиду большой мощности уржумских отложений, отсутствия поверхностных форм карста и малой скорости растворения пород и небольшой активностью провалообразования (14 воронок за 53 года, с 1957 по 2009) (Аникеев, 2017, 2023).

*Погребенный рельеф* представлен палеодолинами (врезами), которые были вскрыты бурением по Монаковскому ручью (Характеристика ..., 2010). Одна из них, соответствующая палеодолине р. Ока, продолжается на юг под р. Ледь в Серезинский прогиб. Тальвег долины находится на 40 м ниже современного русла и понижается с абс. отм. 40-45 м до 35 м у впадения в р. Ока. Эта долина достигает поверхности карстующейся толщи сакмарско-казанского горизонтов нижней перми. По данным бурения, долина выполнена аллювиальными песками с прослоями глин общей мощностью 10 м. Вместе с оползневыми образованиями – их мощность достигает 30 м. «Погребенные оползни представлены блоками раздробленных уржумских глин и карстующихся пород. Возраст палеодолины Оки условно относят к позднему плиоцену-раннему неоплейстоцену ( $N_2^3-Q_1$ ), но возможен ее раннеоплейстоценовый возраст» (Макеев и др., 2015).

Эманационные исследования плотности радона в грунтах были

проведены под руководством проф. РАН Микляева П.С. в окрестностях НижАЭС с целью инструментального подтверждения результатов выделения зонг повышенной трещиноватости (Микляев и др., 2008). В ходе работ были получены следующие результаты:

1. Рассматриваемая территория характеризуется в целом фоновыми показателями плотности потока радона из грунтов, что связано с незначительным содержанием радионуклидов уранового ряда в моренных суглинках. Фоновые значения плотности потока радона (ППР) составляют от 8 до 20 мБк/м<sup>2</sup>с, редко достигая 40 мБк/м<sup>2</sup>с.

2. На этом фоне выделяются максимальные аномалии, в которых плотность потока радона достигает значений 100-200 мБк/м<sup>2</sup>с. Как показывают проведенные исследования, эти аномалии не связаны с литологическими неоднородностями территории (изменчивостью содержания радионуклидов в горных породах), и экзогенными процессами, а обусловлены наличием зон повышенной трещиноватости и раздробленности коренных пород, к которым приурочен повышенный водо- и газообмен.

3. Эманационными методами подтверждена выраженность Монаковской линеаментной зоны повышенной трещиноватостью и раздробленностью пермских пород.

4. Установлена аномалия плотности потока радона, приуроченная к левому борту р. Б. Кутра в районе с. Филинское. Она указывает на существование здесь зоны трещиноватости, связанной с Кутринской линеаментной зоной, предположительно прослеживающейся вдоль левого борта долины р. Большая Кутра.

Значение неотектонического фактора в развитии опасных процессов.  
Растущее поднятие Токмовского свода влияет на интенсивность развития экзогенных процессов: увеличивается относительное превышение водоразделов над врезами, увеличивается крутизна склонов, происходит понижение уровня грунтовых вод. Эти процессы приводят к интенсивному развитию экзогенных процессов, которые также активизируются в зонах

повышенной трещиноватости (линеаментах) и ГдАЗ. Одним из основных неотектонических факторов является наличие открытых трещин в карбонатных и сульфатных породах, образующихся в условиях растущего поднятия и влияния Окско-Донского активного прогиба. Эманационные исследования (радона) подтверждают наличие зон повышенной трещиноватости в окрестностях площадки, в которых отмечается сгущение карстово-суффозионных воронок. Максимальные величины плотности потока радона (ППР) связываются с наличием зон повышенной трещиноватости открытого типа.

Интенсификация карстово-суффозионного процесса в позднеплейстоцен-голоценовое время может быть связана с увеличением скорости поднятия территории.

**Выводы.** Из проведенного анализа выводятся закономерности развития интенсивных экзогенных процессов в северо-западной части Токмовского поднятия и окрестностях площадки НижАЭС.

1. В северо-западной части Токмовского поднятия интенсивные экзогенные процессы часто локализуются на границе неотектонических структур, в т.ч. в зонах повышенной трещиноватости и ГдАЗ. Часть их приурочена к бровкам разновозрастных погребенных долин, которые дешифрируются в качестве линеаментов. К зонам активных нарушений приурочены ложбины, русла и овраги, которые разрушают моренные четвертичные суглинки, верхнепермские уржумские глины и проч. отложения буферного типа, что является причиной активизации в четвертичных песчаных и нижнепермских сульфатно-карбонатных отложениях интенсивной суффозии и карстообразования. Относительно меньшее их количество установлено на самых высоких водоразделах-поднятиях относительно большее на относительно низких поверхностях, развитых в прогибах.

2. В окрестностях площадки НижАЭС развиты суффозионно-карстовые воронки, которые приурочены к участкам размыва раннечетвертичных

моренных суглинков и глин уржумского яруса (пойма, I-я терраса), а также к тыловым швам террас, т.е. к местам сосредоточения поверхностного стока. Воронки развиты на склонах древних эрозионных врезов, где уржумские глины частично размыты и нарушены трещиноватостью. В пределах II и III эрозионно-денудационных уровней и IV надпойменной террасы развитие карста обусловлено специфическими условиями, связанными с разрушением моренных суглинков в пределах древних оползневых цирков (трещин отрыва). Присклоновые трещины отрыва в оползневом теле являются зонами активного водообмена, что обуславливает активизацию карстовых процессов в условиях деструктурированного оползневого массива.

Активизация карстового и суффозионного процессов, установленная в окрестностях площадки Нижегородской АЭС, явилась одной из причин приостановки ее строительства. Но в то же время присутствие мощного слоя уржумских глин и моренных суглинков, а также почти полное отсутствие воронок в пределах непосредственно самой площадки АЭС указывает на некоторую ее безопасность и стабильность в условиях, когда отсутствует техногенное воздействие на окружающую территорию.

3. Выявлены этапы развития карстовых воронок указывающие на то, карст развивается долго и устойчиво с конца палеозоя с некоторыми перерывами, связанными с изменением морского осадонакопления на континентальное и климата в четвертичное время.

На основании исследования было сформулировано **третье защищаемое положение**. Определено геоэкологическое значение структурно-геоморфологической зональности и геодинамически активных зон, как одной из ее составляющих. К этим зонам приурочены интенсивные экзогенные геологические процессы, в том числе вызываемые выщелачиванием сульфатно-карбонатных пород и суффозией. Их развитие установлено в окрестностях площадки Нижегородской АЭС, что явилось причиной приостановки ее строительства и уточнения структурно-геоморфологических условий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований геологического, геоморфологического и неотектонического строения территории была выявлена структурно-геоморфологическая и неотектоническая зональность северо-западной части Токмовского поднятия и сопредельных территорий, выраженная в формировании широтных и меридиональных структур.

Впервые, по результатам дешифрирования профилей с учетом неоген-четвертичных отложений выделены и продатированы поверхности эрозионно-денудационного выравнивания, установлены амплитуды и скорости неотектонических движений, рассмотрена связь интенсивно развивающихся экзогенных процессов с новейшей тектоникой.

При наличии в кристаллическом фундаменте большого количества разломов в верхней части осадочного чехла и в рельефе они не установлены. В рельефе выделены структуры изгибного типа и зоны повышенной трещиноватости (ЗПТ). На основе полевых наблюдений подтверждается наличие большого количества зон трещиноватости, в основном, в пермских породах. Их индикаторами служат линеаменты и связанные с ними многочисленные выходы подземных вод на дневную поверхность, а также радон, изучение эманаций которого проводилось в окрестностях площадки НижАЭС.

Согласно закономерностям развития неотектонических структур, впервые установлены геодинамически активные зоны (ГДАЗ) разного ранга – региональные и локальные. Региональные связаны с зонами сочленения ортогонально сочленяющихся неотектонических структур. Локальные выделяются в зонах сопряжения асимметричных поднятий и прогибов Токмовского свода в связи с тектоно-гравитационными процессами. ГДАЗ маркируются долинами рек и связаны с интенсивным развитием экзогенных процессов.

При изучении состава и мощности отложений осадочного чехла установлено рассогласование каменноугольных и девонских структурных

планов. В условиях неотектонического поля напряжений сжатия рассогласование структур активизируется и влияет на заложение зон повышенной трещиноватости, выраженных линеаменами.

С целью возможной активизации зон разрывных нарушений изучено соотношение структур поверхности фундамента и неотектонических структур, выраженных в рельефе. Региональные и устойчиво развивающиеся неотектонические структуры, в основном, согласуются с однопорядковыми структурами поверхности кристаллического фундамента. У локальных структур такая согласованность отсутствует. Неотектонические структуры не согласуются со структурами кристаллического фундамента, что является одной из причин формирования субширотных ГдАЗ.

Геоэкологическое значение выявленной структурно-геоморфологической и неотектонической зональности состоит в повышенной активности эндогенных (ГдАЗ) и опасных экзогенных процессов на территориях проектирования инженерных сооружений. Их развитие происходит под влиянием различных факторов: общего поднятия Токмовского свода и его дифференциации на локальные структуры (поднятия и прогибы), геодинамически активных зон и открытой трещиноватости, наличия сульфатно-карбонатных пород, вскрытых палео- и современными долинами, а также на участках отсутствия уржумских глинистых и моренных отложений.

Суффозионно-карстовый процесс проявляется интенсивно в пределах палеодолин и современных речных долин, местах отсутствия уржумских глинистых и моренных отложений, в том числе, в пределах плиоценовых поверхностей выравнивания, нарушенных зонами трещиноватости. Эти процессы практически не проявлены там, где присутствует значительная мощность глинистых отложений. Оползневые процессы развиваются на крутых склонах, в местах выходов на дневную поверхность пермских глин и распространения мореных суглинков.

В дальнейшем необходимо исследовать напряженное состояние и

трещиноватость Окско-Муромской ГДАЗ, отвечающей несогласному сочленению структур Окско-Донского прогиба и Токмовского поднятия. Вследствие сочленения разнотипных структур, зона является источником дополнительных напряжений и деформаций, которые влияют на геоэкологическую безопасность территории размещения инженерных объектов различной категории ответственности (в т.ч. законсервированной Нижегородской АЭС).

**Публикации по теме диссертации***Статьи в периодических изданиях, рекомендованные ВАК*

1. Коробова И.В., Макеев В.М. Оценка неотектонических движений в центральной части восточно-европейской платформы // Геозкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2021. - № 6. - С. 17-27. (ВАК)
2. Коробова И.В. Структурно-геоморфологическая зональность Владимирско-Нижегородского региона и ее геозкологическое значение // Вестник Пермского университета. Геология. 2021. - Т. 20. - №1. - С. 63-74. (ВАК)
3. Макеев В.М., Суханова Т.В., Макарова Н.В., Коробова И.В. Геолого-геоморфологическое строение и геозкологические условия Ногинско-Клязьминского района московской области // Геозкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2019. - № 4. - С. 68-78. (ВАК)
4. Макарова Н.В., Макеев В.М., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Коробова И.В. Геодинамические системы и геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. 2017. - Т. 91. - № 4-5. - С.9-26. (ВАК)
5. Макеев В.М., Карфидова Е.А., Коробова И.В. Субгоризонтальные геодинамически активные зоны платформенной территории - методы выявления и оценка // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016.- №4. - С. 16-22. (ВАК)
6. Макарова Н.В., Макеев В.М., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Коробова И.В. Геодинамические системы и геодинамически активные зоны восточно-европейской платформы // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. 2016. - Т. 91. - № 4-5.- С. 9-26. (ВАК)
7. 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 инженерных объектов // Геозкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2015. - № 2. - С. 99-110. (ВАК)

8. Makarova N.V., Makeev V.M., Sukhanova T.V., Dorozhko A.G., Korobova I.V., Karfidova E.A. The neotectonics and geodynamics of the south-west Voronezh anticline slope // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seria 4: Geologiya. 2015. - № 1. - С. 10-19. (ВАК)
9. Григорьева С.В., Макеев В.М., Коробова И.В., Крылова В.С. Структурно-геодинамические условия Москвы // Разведка и охрана недр. 2014. -№ 1. - С. 64-70. (ВАК)
10. Макарова Н.В., Макеев В.М., Суханова Т.В., Микляев П.С., Дорошко А.Л., Коробова И.В. Новейшая тектоника и геодинамика Нижнеокского района (Русская плита) // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2012. - № 4. - С. 3-11. (ВАК)

*Статьи в неперiodических изданиях и тезисы докладов*

1. Коробова И.В., Макеева Е.А., Макеев В.М. Оценка геологических факторов в связи с обеспечением безопасности территорий атомных станций. Молодые — наукам о Земле. — М.: РГГУ им. С. Орджоникидзе, 2022. - Т.3. С.163-168.
2. Свалова В.Б., Коробова И.В. Проблема геоэкологической оценки территорий для размещения объектов утилизации и глубокой переработки отходов. Сергеевские чтения. Геоэкологические аспекты реализации национального проекта „Экология“. Диалог поколений. М.: РУДН, 2020.- С. 152-159.
3. Коробова И.В., Макеев В.М. Современные экзогенные геологические процессы Приволжской возвышенности Восточно-Европейской платформы // В сб. Строение литосферы и геодинамика. Иркутск, 22–28 мая 2017 года. — Иркутск: Институт земной коры Сибирского отделения РАН, 2017. — С. 127-129.
4. Коробова, И. В. Макеев В. М. Структурно-геоморфологические исследования для решения инженерно-геологических задач // Анализ, прогноз и управление природными рисками с учетом глобального изменения климата "ГЕОРИСК - 2018". — М: РУДН, 2018. — Том I. - С. 194-199.
5. Григорьева С.В., Макеев В.М., Коробова И.В. Крупномасштабное картирование структурно-геодинамических условий города для принятия проек-

но-планировочных решений. Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций:–М.: Вып. 17. РУДН, 2015. – С. 11-16.

6. Дорожко А.Л., Коробова И.В., Суханова Т.В. Структурно-геоморфологические условия карстово-суффозионных процессов Нижегородской области. Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах, Пермь: ПГНИУ, 2015. – С. 298-302.

7. Макарова Н.В., Макеев В.М., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Коробова И.В. Геодинамические системы и геодинамически активные зоны в новейшей структуре Восточно-Европейской платформы. Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей. – Екатеринбург: Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН, 2015. – С. 233-237.

8. Макеев В.М., Макарова Н.В., Дорожко А.Л., Суханова Н.В., Коробова И.В., Карфидова Е.А., Леденев В.Н. Основы концепции геодинамической безопасности особо ответственных сооружений // Сергеевские чтения. Юбилейная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения академика Е.М. Сергеева. – Москва: РУДН, 2014. - Вып. 16 – С. 590-595.

9. Коробова И.В., Григорьева С.В., Макеев В.М. Структурно-геодинамические условия - один из главных факторов стабильности территорий освоения (на примере Москвы). Сергеевские чтения. Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геокриологические аспекты). – М.: РУДН, 2013. - Вып. 15– С. 255-259.

10. Григорьева С.В., Макеев В.М., Коробова И.В. Оценка геодинамических опасностей территорий на предпроектных этапах строительного освоения. Сергеевские чтения. Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий.– Москва: РУДН, Вып. 14. - 2012. – С. 18-22.

11. Макаров В.И., Макеев В.М., Дорожко А.Л., Микляев П.С., Григорьева С.В., Коробова И.В., Маренный А.М. Тектоника и радоновое поле Москвы.

Сейсмологические наблюдения на территории Москвы и Московской области М.: ФГБУН Геофизическая служба Российской академии наук, 2012. – С. 52-61.

12. 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. Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий.– Москва: РУДН, Вып. 14. – 2012 - С. 119-123.

### **Список использованной литературы**

1. Актуализированная Центрально-Европейская легенда серии к Государственной геологической карте РФ масштаба 1:1 000 000. Объяснит. записка и схемы неогена и кватернера. М.: Изд-во ВСЕГЕИ. - 2014. Прил. 16, 16 А, 16 Б, 17 А, 17 Б.
2. Амалицкий В.П. О возрасте яруса пестрых мергелей в Волжско-Окском бассейне. Тр. Сп-б общество естествоиспытат. Т. XVII. Выпуск I. Санкт-Петербург: тип. В. Демакова, - 1886. - 32 с.
3. Амалицкий В.П., Зайцев В.М., Симбирцев Н.М., Докучаев В.В. Перская система Нижегородской губернии. Выпуск XIII, Санкт-Петербург: Типография Е. Евдокимова, - 1887. - 570 с.
4. Аникеев А.В. Провалы и воронки оседания в карстовых районах: Механизмы образования, прогноз и оценка риска: монография. – Москва: РУДН, -2017. - 328 с.
5. Аникеев А.В., Леоненко М.В Прогноз провалообразования при изменении гидродинамического режима на примере Дзержинского карстового района // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. - 2013.- №2. - С. 130-146.
6. Аникеев А.В. Карстово-суффозионная опасность и риск на участке Нижегородской АЭС. Сергеевские чтения. Фундаментальные и прикладные во-

просы инженерной геодинамики. М.: ГЕОС. Вып. 24. – М.: ГеоИнфо, - 2023. – С. 146-150.

7. Асеев А.А. Палеогеография долины Средней и Нижней Оки в четвертичный период. М., Изд. АН СССР, - 1959. -201с.

8. Асеев А.А., Благовлин Н.С., Доскач А.Г., Серебряный Л.Р. Основные этапы геоморфологического развития Русской равнины в четвертичном периоде // Геоморфология, -1972. - №4. - С. 19-24.

9. Баянов Н.Г., Кривдина Т.В., Логинов В.В. Озера юго-запада Нижегородской области. Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. – 2014. – № 12. – С. 241-263.

10. Бабак В.И. Карта геоморфолого-неотектонического районирования нечерноземной зоны РСФСР (за исключением горной части Урала, Зауралья и Калининградской области). Масштаб 1: 1 500 000 - М., - 1980.

11. Бабак В.И., Николаев Н.И. Пояснительная записка к карте геоморфолого-неотектонического районирования Нечерноземной зоны РСФСР. Масштаб 1: 1 500 000.- М.: ВИЭМС, -1983. - 46 с.

12. Бакиров А.А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности палеозойских отложений Среднерусской синеклизы. Ленинград: Гостоптехиздат, - 1948. - 284 с.

13. Бачманов Д.М., Кожурин А.И., Трифонов В.Г. База данных активных разломов Евразии // Геодинамика и тектонофизика. - 2017.- Т. 8. № 4. - С. 711–736.

14. Белоусов В.В. Основные вопросы геотектоники. М.: Госгеотехиздат, - 1962. - 640 с.

15. Белозерова А.М. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000 Серия Средневожская. Лист N-38-III. - М. - 1958.

16. Блом Г.И. Геологическое строение водораздела рек Теши и Мокши в пределах их среднего течения. Отчет о работе Ардатовской геологосъемочной партии в пределах планшетов N-38-26-Б, N-38-27 и N-38-28. Горький, - 1949 (Фонды ВСЕГЕИ).

17. Бобров С.П. Отчет о групповой геологической, гидрогеологической и инженерно-геологической съемках и геологическом доизучении масштаба 1:200 000 листов N-38-I, N-38-II, N-38-VII, N-38-XIII, проведенных Горьковской геологоразведочной партией в 1975-1980 гг. Дзержинск, - 1980 (Фонды ВСЕГЕИ).
18. Богословский Н.А. Труды геологического комитета. Новая серия. Выпуск 16. Общая геологическая карта России. Лист 73-й. Елаьтма, Моршанскъ. Санкт-Петербург: типография М.М. Стасюлевича, - 1906. - 210 с.
19. Борисов Б.А. Об изменении уровня нижней границы четвертичной системы и уточнении возраста границ ее основных подразделений // Региональная геология и металлогения. - 2010. - № 41. – С. 26–28.
20. Бороздина З.И., Шаталова О.И., Данилова Л.В. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 Серия Средневожская. Лист О-38-XXXI Объяснительная записка. - М. - 1981. - 100 с.
21. Бронгулеев В.В. О построении карт структурного соответствия рельефа земной поверхности и фундамента Восточно-Европейской платформы. // Геоморфология. - 1977. -№4. - С. 44-52.
22. Воробьев А.Ю. «Почвенно-геологический» этап развития представлений о рельефе и ландшафтах долины средней Оки (1950-1970-е годы) // Вестник Рязанского университета.- 2021. -№4. - С. 110-122.
23. Гантов Б.А., Толмачев В.В. Деятельность Дзержинского карстового стационара в новых условиях хозяйствования. Карстоведение XXI век: теоретическое и практическое значение: Пермь: ПГНИУ, - 2004. – С. 143-147.
24. Гельмерсен Г.П. Пояснительные примечания к генеральной карте горных формаций Европейской России // Горный журнал. -1841; 2(4) - С. 29–68.
25. Геология СССР. Редактор Леоненко И.Н. – Москва: Недра, - 1971. - Том IV. – 755 с.
26. Геология СССР. Поволжье и Прикамье. Ред. Чепиков К.Р. – Москва: Недра, - 1967 – Т. XI. Ч. 1. - 877с.

27. Геологическая карта дочетвертичных отложений масштаба 1:2500 000. ВСЕГЕИ, - 2016.
28. Геологическая карта нижней поверхности осадочного чехла Русской платформы с обозначением структурных комплексов фундамента и коры выветривания кристаллических пород. Под ред. Н.С. Иголкиной. 1970.
29. Геологическая, гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка и геологическом доизучении масштаба 1:200 000 листов N-38-I (Муром), N-38-II (Арзамас), N-38-VII (Выкса), N-38-XIII (Кадом). Отчет в 6 томах. Дзержинск. - 1980 (Фонды ВСЕГЕИ).
30. Геоморфологическое районирование СССР и прилегающих морей. М.: Высшая школа, - 1980. - 343 с.
31. Горбунова К.А. Карст гипса СССР. Учебное пособие по спецкурсу. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та. -1977. - 84с.
32. Горецкий Г. И. Формирование долины р. Волги в раннем и среднем антропогене. Аллювий пра-Волги. Тр. Комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР. – М.: Наука, - 1966. - 412 с.
33. Гусев Ю.В. Исследование процесса карстообразования методом физико-химического моделирования // Профессиональное образование и общество. – 2014. – № 2(10). – С. 51-55.
34. Давыдко Р.Б., Махнатов С.А., Уткин М.М., Зотов Р.В. Гигантские карстовые провалы в Нижегородской области // Природа. – 2013. – № 5(1173). – С. 59-60.
35. Давыдов Р. Б. Тектоника и нефтеносность Среднего Поволжья: Авт. дисс. канд. геол.- мин. наук. М. - 1974. - 30 с
36. Докучаев В.В. Отчет Нижегородскому губернскому земству. Выпуск XIII. Геологическое описание Нижегородской г. съ очеркомъ полезныхъ ископаемыхъ и геологическою картою. СПб: Нижегородское губернское земство, - 1886.–594 с.
37. Дорожко А.Л., Коробова И.В., Суханова Т.В. Структурно-геоморфологические условия карстово-суффозионных процессов Нижегород-

ской области. Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах. Пермь: ПГНИУ, - 2015. – С. 298-302.

38. Еленевский Р. А. Вопросы изучения и освоения пойм. Москва: Всес. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, - 1936. - 100 с.

39. Жамойдо А.И. Стратиграфический кодекс России и некоторые вопросы современной стратиграфии // Отечественная геология. - 2006. – №6. – С. 54-61.

40. Залеская Г.И., Чубарова И.А. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000 Серия Средневожская. Лист N-38-II. Объяснительная записка - М. - 1959. -75 с.

41. Зыков Д.С., Полещук А.В. Взаимодействие геодинамических систем на Восточно-Европейской платформе в новейшее время // Бюлл. моск. о-ва испытателей природы. Отд. Геол. - 2016. - Т. 91. Вып. 1.- С. 3-14.

42. Игнатъев В.И. Отчет о геологической съемке масштаба 1:100 000 в пределах планшетов Южной части О-38-35 и северной N-38-3 (Богородский, Соновский и Павловский районы Горьковской области). - 1948 (Фонды ВКГРЭ, ВСЕГЕИ).

43. Игнатъев В.И. Строение казанского яруса по профилю Муром – Горький – Киров – Глазов // Доклад АН СССР, - 1955 - Т. 105. №5. - 44 с.

44. Ильин А.Н. Гидрогеологические условия областей питания, стока и разгрузки в пределах Алатырско-Горьковских поднятий и их влияние на развитие карста. Горьк. обл. изд-во, - 1963. -111 с.

45. Имшенецкий И.З. Почвенные районы Рязанской губернии / Очерк проф. И. З. Имшенецкого, Рязань: Рязгостиполит, - 1929. - 40 с.

46. Инженерная геология СССР. В восьми томах. Т. 1. Русская платформа/ под ред. Комарова И.С. // М.: Изд-во Моск. ун-та, - 1978. - 528 с.

47. Карпузова Н.У., Кириков В.П. Отчет о результатах работы по объекту «Провести актуализацию Центрально-Европейской СЛ-1000/3 и мониторинг входящих в нее действующих серийных легенд ГК-200/2 с использованием

технологического комплекса «Легенда» ГК № АМ-02-34/52. М.: - 2014 г. (Фонды ВСЕГЕИ).

48. Карта разломов территории СССР и сопредельных стран. Главный редактор А.В. Сидоренко. Масштаб 1:2500000. - 1978.

49. Карта активных разломов Северной Евразии. Масштаб 1:2 500 000. Гл. ред. В.Г. Трифонов., М.: Изд-во ГИН РАН.- 1996

50. Копп М.Л. Денудационные уступы как индикатор региональных неотектонических напряжений // Геотектоника. - 2011. - №5. - С. 71-90.

51. Костенко Н.П. Развитие складчатых и разрывных нарушений в рельефе. М.: Недра, - 1972. - 320 с.

52. Кириков В.П. Вербицкий В.Р., Вербицкий И.В. Тектоническое районирование платформенных чехлов на примере Восточно-Европейской платформы // Региональная геология и металлогения. - 2017. - №72. - С. 15-25.

53. Коробова И.В., Макеев В.М Структурно-геоморфологические исследования для решения инженерно-геологических задач. Анализ, прогноз и управление природными рисками с учетом глобального изменения климата «ГЕОРИСК – 2018». М.: РУДН, - 2018. - С. 194-199.

54. Коробова И.В., Макеева Е.А., Макеев В.М. Оценка геологических факторов в связи с обеспечением безопасности территорий атомных станций. Молодые — наукам о Земле. – М.: РГГУ, - 2022. - Т. 3. - С. 163-168.

55. Коробова И.В., Макеев В.М. Современные экзогенные геологические процессы Приволжской возвышенности Восточно-Европейской платформы. Строение литосферы и геодинамика. – Иркутск: Институт земной коры Сибирского отделения РАН, - 2016. – С. 127-129.

56. Коробова Пермь 2021 Структурно-геоморфологическая зональность Владимирско-Нижегородского региона и ее геоэкологическое значение // Вестник Пермского университета. Геология. 2021. -Т. 20. - №1. - С. 63-74.

57. Корчуганова Н.И., Загубный Д.Г., Соколов С.А. Неотектоническое районирование Русской плиты //Разведка и охрана недр. – 2012<sup>1</sup>.- №2. - С. 13-20.

58. Корчуганова Н.И., Соколов С.А., Загубный Д.Г. Геологическое строение и современная структура Окско-Донского прогиба // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2012<sup>2</sup>. - №1. – С. 3-10.
59. Крашенинников В.С., Хоменко В.П. Изучение покрывающей толщи, как один из важных компонентов инженерных изысканий в районах покрытого карста // Вестник МГСУ. – 2011. – № 5. – С. 113.
60. Крашенинников В.А. Локальная оценка карстовой опасности с учетом перекрывающей толщи: Автореф. дис. канд.г.-мн. наук: Москва, - 2017. – 24 с.
61. Кригер Н. И. Четвертичные отложения долины среднего течения Оки и Окско-Пронского водораздела в связи с историей рельефа // Землеведение. - 1936. - Т. 38. Вып. 2. - С. 168–182.
62. Костенко Н.П. Развитие складчатых и разрывных деформаций в орогенном рельефе. М.: Недра, - 1972. - 320 с.
63. Лепехин И.И. Дневные записки путешествия доктора и Академии наук адъюнкта Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства. – Санкт-Петербург: При Имп. Акад. наук, 1771-1805. Т. 1-4. 333 с.
64. Ликина Л.И., Петрова Е.В. Климатические и ландшафтные условия Среднего Поволжья на рубеже миоцена и плиоцена. // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2015. – Т. 157, № 1. – С. 34-48.
65. Макаров В.И., Макарова Н.В., Гантов Б.А., Балашова Т.А. Структурно - геологические и геоморфологические условия развития карстово - суффозионных процессов в районе г. Дзержинска (Нижне-Окский район) // Геоэкология. - 1998. - №2. - С.38-49.
66. Макаров В.И., Макеев В.М., Дорожко А.Л., Микляев П.С., Григорьева С.В., Коробова И.В., Маренный А.М. Тектоника и радоновое поле Москвы. Сейсмологические наблюдения на территории Москвы и Московской области. – М.: ФГБУН Геофизическая служба РАН, - 2012. – С. 52-61.

67. Макаров В.И. Дорожко А.Л., Макарова Н.В. Современные геодинамически активные зоны платформ // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, - 2007 - №2. - С. 99-110.
68. Макаров В.И. Четвертичная тектоника и геодинамика платформенных территорий: актуальные проблемы изучения // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода, - 2008. - №68. - С. 10-25.
69. Макаров В. И., Макарова Н.В., Суханова Т.В. Новейшая тектоника Окско-Цнинского вала. // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 4. Геология, - 1999. - №3. С. 22-28.
70. Макаров В.И. Новейшая тектоника и рельеф Восточно-Европейской платформы (общие и частные вопросы). Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, - 2003. – С. 145-245.
72. Макарова Н.В. Макеев Н.В., Дорожко А.Л. Геодинамические системы и геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы // Бюл. МОИП. Отдел геологический. – 2016. Вып. 4-5. - С. 9-26.
73. Макарова Н.В., Макаров В.И., Корчуганова Н.И., Соколовский А.К., Суханова Т.В. Окско-Донской прогиб неотектоническая активная зона Восточно-Европейской платформы // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. М.: МГРИ. - 2003, – №2. - С. 3-13.
74. Макарова Н.В., Макеев В.М., Суханова Т.В., Микляев П.С., Дорожко А.Л., Коробова И.В. Новейшая тектоника и геодинамика Нижнеокского региона // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2012. – №4. - С. 3–11.
75. Макарова Н.В., Макаров В.И., Постоленко Г.А. Представительность аллювия для стратиграфии и корреляции четвертичных отложений // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2011. Т. 19. – №4. – С. 89-112.
76. Макарова Н.В., Балашова Т.А., Суханова Т.В. О роли суффозии в образовании просадочных форм в Нижнеокском районе // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4, - 1998. – №2. - С. 60–65.

77. Макарова Н.В., Макеев В.М., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Коробова И.В. Геодинамические системы и геодинамически активные зоны в новейшей структуре Восточно-Европейской платформы. Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей. – Екатеринбург: ИГФ им. Ю.П. Булашевича УрО РАН, – 2015. - С. 233-237.
78. 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. Развитие научных идей академика Е. М. Сергеева на современном этапе. – М.: РУДН, – 2012. – С. 119-123.
79. Макеев В.М., Макарова Н.В., Леденев В.Н. Основы концепции геодинамической безопасности экологически опасных инженерных объектов // Геоэкология. – 2015. – №2. - С. 99-110.
80. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Пермь: Перм. гос. ун-т им. А. М. Горького, - 1963. Т. 1. - 444 с.
81. Маренный А.М., Цапалов А.А., Микляев П.С., Петрова Т.Б. Закономерности формирования радонового поля в геологической среде. – М.: Перо, – 2016. - 394 с.
82. Меллер В.И. Очерк геологического строения южной части Нижегородской губернии. Санкт-Петербург: типография Императорской Академии наук. - 1875. - 89 с.
83. Микляев П.С., Петрова Т.Б. Цапалов А.А. Принципы оценки потенциальной радоноопасности территории // АНРИ. -2008. - №4(55). - С. 14-19.
84. Михайлов В.В., Чернышев С.Н. Провалы на территории Свято-Троицкого Серафимо-Дивеевского монастыря и села Дивеева Нижегородской области // Вестник МГСУ. - 2011. – №1. - С. 417-423.
85. Муратов М.В., Микунов М.Ф., Чернова Е.С. Основные этапы тектонического развития Русской платформы // Изв. вузов. Геология и разведка. 1962. – №11. - С. 3-35.

86. Мурчисон Р.И. Карта Европейской России и Урала. Масштаб прибол. 1:5 000 000. – М. - 1845.
87. Мушкетов И., Орлов А. Каталог землетрясений Российской Империи. Санкт-Петербург. Типография Императорской академии наук. – 1893. – 599 с.
88. Наливкин В.Д., Якобсон К.Э., Дедеев В.А. и др. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 1 Русская платформа. – Л.: Недра, - 1985. - 356 с.
89. Несмеянов С. А. Инженерная геотектоника. – Москва: Наука 2004 – 778 с
90. Несмеянов С.А. Оротектонический метод. – М.: Миттель Пресс, - 2017. – 375 с.
91. Несмеянов С.А. Инженерная геотектоника. – М.: Наука, - 2012. – 560 с.
92. Нечаев А. В. Геология России. Т. 2. Палеозойская группа. Пермская система. Перхнепермские отложения. Петроград: Геол. комитет, - 1921. Ч. 5. Вып. 8. - 133 с.
93. Николаев Н. И. Четвертичные отложения окрестностей Старой Рязани // Известия Московского геогидрогеодезического треста. – 1935. Т. 3. Вып. 2. С. 15–22.
94. Нещеткин О.Б., Сафронова А.А., Ильин А.Н. Геодинамика сульфатного карста Окско-Волжского междуречья // Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий. Екатеринбург: «Аква-Пресс», - 2001. – С. 317-324.
95. Оливьери А. И. Геогностическое обозрение некоторых частей берегов реки Оки и других речек, в нее с обеих сторон в губерниях Тамбовской, Нижегородской и Владимирской впадающих // Горный журнал. – 1838. 3(9). - С. 301–377.
96. Осипов В.И. Геоэкология-междисциплинарная наука о геологических проблемах геосфер // Геоэкология. - 1993. - №1. - С. 4-19.
97. Полякова Е.В., Кутинов Ю.Г., Минеев А.Л., Чистова З.Б., Беленович Т.Я. Применение глобальной цифровой модели рельефа Aster Gdem V.2 для выде-

ления районов возможной активизации карстовых процессов на территории Архангельской области // Ученые записки Казанского Университета. Серия Естественные науки. – 2021.- Т. 161. Кн. 2. - С. 302-319.

98. Панина Л.В., Зайцев В.А., Сенцов А.А., Агибалов А.О. Неотектоника центральной части Восточно-Европейской Платформы // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. – 2016. Т. 91. - № 4-5. - С. 51-60.

99. Паллас П. С. Путешествие по разным провинциям Российской империи. – Санкт-Петербург: Императорская Академия Наук. – 1773. Ч. 1. - 786 с.

100. Паллас П. С. Путешествие по разным местам Российского государства. – Санкт-Петербург: Императорская Академия Наук, – 1786. -Ч. 2. Кн. 1. - 476 с.

101. Паллас П. С. Путешествие по разным провинциям Российского государства. Санкт-Петербург: Императорская Академия Наук, – 1788. -Ч. 3, половина 2. - 481 с.

102. Пекин А.А. Геологическая карта. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист О-37, (38) – Москва. Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ. - 1999.

103. Поздняков Л.Н., Клинк Б.Е., Купрющина Н.И. Государственная Геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. – 2-е издание. Серия Средневожская. Лист О-38-XXXII. Объяснительная записка. - М.: -2018. - 102 с.

104. Попова О.Г., Попов М.Г. Оценка изменения напряженного состояния во времени по глубине и по латерали на примере долговременного сейсмо-экологического мониторинга в районе Минераловодского выступа // Геоэкология. - 2019. -№5. - С. 15-22.

105. Порошин Ю.В. Гидрогеологические работы по изучению Нижегородской губернии. – Нижний Новгород: Губвыском, - 1923. - 22 с.

106. Путешествие академика И. И. Лепехина по северу Европейской России в 1771 и 1772 гг. // Труды института науки и техники (Архив истории науки и техники). – АН СССР, - 1934. -Сер. 1. Вып. 4.- С. 349-364.

107. Рекомендации по проведению инженерных изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области. – Нижний Новгород, – 2012. - 139 с.
108. Рекомендации по использованию инженерно-геологической информации при выборе способов противокарстовой защиты. – М.: Стройиздат, – 1987. 78 с.
109. Рычков Н. П. Журнал или Дневные записки путешествия капитана Рычкова по разным провинциям Российского государства, 1769 и 1770 году. – Санкт-Петербург: Императорская Академия наук. - 1770. - 190 с.
110. Селивановский Б.В. Геологическое строение района средних течений рек Теши и Сережи и верхнего течения р. Кудьмы. – 1951. – 111 с. (Фонды ВКГРЭ, ВСЕГЕИ).
111. Сейсмическое микрорайонирование для конкурентных площадок АЭС и результаты регистрации землетрясений. – 2008. – 65 с. (Отчет. Фонды ОАО АЭП, Ниж. Новгород).
112. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от карстово-суффозионных процессов (СП 499.1325800.2021, правила проектирования). – М., – 2021. 72 с.
113. Сенцов А.А. Сеймотектоника опасных областей Восточно-Европейской платформы. Автореф. канд. дисс. – М.,- 2022. - 26 с.
114. Погорелова А.С. Исследование поверхностных вод карстового провала в с. Чудь Нижегородской области // Мониторинг и безопасность жизнедеятельности. - 2015. – №2 - С. 21-25.
115. Сенников А.Г., Голубев В.К., Буланов В.В. Уникальные разрезы пограничных отложений перми и триаса в районе Гороховца (Владимирская область). Материалы 2-х научно-практических чтений им. Акад. Ф.П. Саваренского. Гороховец. - 2014 – Вып.2 – С.45-50.
116. Седайкин В. М., Разумова К. Н., Пролеткин И. В. и др. Новейшие отложения, рельеф и неотектоника северной части Приволжской возвышенности. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, – 1985. - 207 с.

117. Станков С.С. Очерки физической географии Горьковской области. Горький: Обл. изд-во, - 1938. - 272 с.
118. Структурная карта кровли кыновского горизонта франского яруса верхнего отдела девонской системы Токмовского свода и прилегающих территорий ВЕП м-ба 1:2500000. Под ред. Бронгулеева В.В. – М.: Всесоюз. заоч. политехн. ин-т, – 1972.
119. Структурная карта поверхности фундамента платформенных территорий СССР. Масштаб: 1:5000000. Под ред. В.В. Семенович и др. – М.: Центр геология, – 1983.
120. Суханова Т.В. Новейшая тектоника и эволюция Окско-Цнинского вала (Русская плита). Автореф. канд. дисс., - 2000. - 36 с.
121. Суханова Т.В. Четвертичные отложения как индикатор новейшего развития Окско-Цнинского вала. 3-е всероссийское совещание по изучению четвертичного периода. Смоленск, - 2002. - Т.2. – С. 88-90.
122. Территориальные строительные нормы Нижегородской области. Инженерные изыскания, проектирование, строительство и эксплуатация зданий, строений и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области (ТСН 22-308-98 НН) Ниж. Новгород, – 1999. – 42 с.
123. Толмачев В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М.: Стройиздат, - 1986. - 176 с.
124. Толмачев В.В. Ройтер Ф. Инженерное карстование. М.: Недра, - 1990. –151с.
125. Троицкий В.Н. Анализ и обобщение геофизических материалов по центральным районам Русской платформы (Отчет). – 1963. – 111 с. (Фонды ВСЕГЕИ).
126. Карта активных разломов СССР и сопредельных территорий. М-б 1:8 000 000. Объяснит. Записка/ Под ред. В.Г. Трифонова. – М.: ГИН, – 1987. 48 с.
127. Уткин М.М., Протасова М.А., Давыдько Р.Б. Результаты инженерных изысканий в зоне крупного карстового провала и последующее назначение комплекса мероприятий // Инженерная геология. - 2015. – №2. - С. 42-51.

128. Уточнение исходной сейсмичности конкурентных площадок АЭС (Отчет). – 2008. – 165 с. (Фонды ОАО АЭП, Ниж. Новгород).
129. Уланов Е.И., Уланова Е.И. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Средневожская. Лист N-38-I. – М., -1975.
130. Уланов Е.И., Уланова Е.И. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 Серия Средневожская. Лист N-38-I. Объяснительная записка. - М., - 1983. – 102 с.
131. Уланов Е.И. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000 Серия Средневожская. Лист N-38-II. - М. – 1980.
132. Уланов Е.И., Писанникова Е.Л. Легенда Средневожской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000. – 2-е издание. Нижний Новгород. – 2005. 97с.
133. Фадеева Л.И. Геологическая карта. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист N-37, (38). – Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ. -1997.
134. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Размещение атомных станций. основные критерии и требования по обеспечению безопасности (НП-032-01).- М., - 2002. - 6 с.
135. Фридман Б.И. Манаева Н.В., Варенов А.Л. Берега и нагорные береговые откосы Оки и Волги в Нижегородском Поволжье // Геоморфология. - 2012. – №2. - С. 78-85.
136. Хаин В.Е. О непрерывно-прерывистом течении тектонических процессов // Изв. АН СССР. Серия геология. 1950. – № 6. - С. 26-44.
137. Хаин В.Е. Очередные проблемы региональной тектоники СССР // Вестник МГУ. Серия 4. Геология - 1977. – № 5. - С. 27-44.
138. Хаин В.Е. Общая геотектоника. 2-е изд. – М.: Недра,- 1973. - 512 с.
139. Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов. – М.: ГЕОС, - 2003. – 216 с.
140. Характеристика района и площадки АЭС. Предварительный отчет по обоснованию безопасности. Ниж. Новгород,- 2010. Гл. 2. Кн. 4. - С. 33-44. (Фонды ОАО АЭП, Ниж. Новгород).

141. Чайковская Н.В., Кузичкин О.Р., Шарапов Р.В. Проблемы размещения Нижегородской АЭС на площадке Монаково // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. Мониторинг окружающей среды. - 2013. – №3. - С. 27-36.
142. Чернов А.А. Геологические исследования Окского косогора в Ниж. Новгороде, выполненные в 1915 г. // Сборник Московско-Казанской железной дороги. - 1917. – № 4. - 191 с.
143. Чикишев А.Г. Карст Русской равнины. М.: Наука, – 1978. – 196 с.
144. Шапошников Г.Н. Геологическая карта. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист N-37, (38) – Москва. Объяснительная записка. – Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ. - 1999.
145. Шарапов Р.В., Кузичкин О.Р., Ермолаева В.А. Исследование карстового провала в С. Чудь Нижегородской области // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2014. - №4. - С. 47-56.
146. Шатский Н.С. О тектонике Восточно-Европейской платформы // Бюлл. Моск. общ. испыт. природы. – 1937. -Т. XI. №1. - С. 33-44.
147. Шатский Н.С. О границе между палеозоем и протрехозом и о рифейских отложениях Русской платформы // Изв. АН СССР. Серия геологическая. - 1952. – № 5. - С. 36-49.
148. Шестакова В.В., Коваленко И.И. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 Серия Московская. Лист О-37-XXXVI. Объяснительная записка. М., – 1977<sup>1</sup>. - 153 с.
149. Шестакова В.В., Никитин С.Н., Коваленко И.И. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Средневожская. Лист N-37-VI. Объяснительная записка. М., – 1977<sup>2</sup>. - 134 с.
150. Швецов М.С. Новая схема строения пермских отложений юга б. Нижегородской губернии. // Бюлл. Моск. общ. испыт. природы. Отд. Геологии. Т. 9(1-2). – 1931. - С. 22-33.
151. Шик С.М. Горизонты неоплейстоцена центра Европейской России: Сопоставление со ступенями общей стратиграфической шкалы, стратотипы и

гипостратотипы // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода, - 2014. - №73. - С. 52-62.

152. Щербаков С.В., Катаев В.Н Особенности геоморфологического строения карстовых массивов // Фундаментальные исследования, - 2014 – №12(4). - С. 774-778.

153. Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской Платформы. – Екатеринбург: УрО РАН, – 2003. – 299 с.

154. Юдахин Ф.Н. Геодинамические процессы в земной коре и сейсмичность континентальной части Европейского Севера // Литосфера. – 2002. – № 2. – С. 3-23.

155. Яшнова Т.В. Проявления карста на территории Нижегородской области // Молодой ученый. - 2014. – №21 (80).- С. 62-66.

156. Calaforra J.M., Pulido-Bosh A. Evlution of the gypsum karst of Sorbas (SE Spain) // Geomorphology.– 2003. – №50. – P. 173-180.

157. <https://stratigraphy.org/ICSchart/QuaternaryChart1.jpg>

158. <http://opolzni.ru/оползни-что-это/> (дата обращения 15.01.2024)

159. <https://wega.vsegei.ru/site/gisatlas> (дата обращения 2.02.2024)

160. <http://neotec.ginras.ru/database.html> (дата обращения 6.02.2024)

### **Фондовая литература**

1. Технический отчет о результатах геодезических измерений, выполненных в 2010 г. «Атомэнергопроект» ОАО «НИАЭП». Ниж. Новгород, - 2011. . 222 с. (Фонды АЭП Ниж. Новгорода).

2. Уточнение исходной сейсмичности района и сейсмическое микрорайонирование конкурентных площадок Нижегородской АЭС. Отчет. - 2008. - 22 с. (Фонды АЭП Ниж. Новгорода).